

НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№1(41)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МОСКВА, 2021



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

№ 1 (41)
Январь 2021 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2021

УДК 51/53+62

ББК 22+3

НЗ4

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.

НЗ4 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам XLI междунар. науч.-практ. конф. – № 1 (41). – М.: Изд. «МЦНО», 2021. – 36 с.

ISSN 2541-8394

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

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2021

Оглавление	
Технические науки	4
Раздел 1. Технические науки	4
1.1. Строительство и архитектура	4
ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ В КОНСТРУКЦИЯХ ИЗ LVL-БРУСА	4
Рыжов Владислав Витальевич	
Червоный Владислав Александрович	
Бызов Виктор Евгеньевич	
1.2. Электроника	10
РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО ПРИБОРА ДЛЯ	10
ЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ И МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ	
Струнин Роман Михайлович	
Ромодановская Мария Павловна	
Физико-математические науки	22
Раздел 2. Механика	22
2.1. Механика деформируемого твердого тела	22
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО	22
СОСТОЯНИЯ В МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ	
Энес Ахмед Зюлфикар	
Кертбиева Мадина Хасеновна	
Раздел 3. Физика	29
3.1. Оптика	29
ОСОБЕННОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГИПЕРЗВУКА	29
В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ НЕЭЛЕКТРОЛИТОВ	
В ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОКРЕСТНОСТИ ОСОБОЙ ТОЧКИ	
Сабиров Леонард Мухаммеджанович	
Хайдаров Хайрилло Сафарович	
Кадиров Шавкат Абдуллаевич	
Каршибоев Шавкат Эсиргапович	
Жураев Йулчи Тошмамадович	
Вапаев Мурод Эргашевич	
Халиков Алишер Убайдуллаевич	

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.11. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ВИДЫ СОЕДИНЕНИЙ В КОНСТРУКЦИЯХ ИЗ LVL-БРУСА

Рыжов Владислав Витальевич

магистрант,

*Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Червоний Владислав Александрович

магистрант,

*Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Бызов Виктор Евгеньевич

канд. техн. наук, доцент,

*Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Широкий ряд достоинств LVL позволяет применять его в ответственных конструкциях (стойках, главных и второстепенных балках, ригелях, поясах и решетке ферм). В связи с этим встает актуальный вопрос соединения конструкций. В данной работе рассмотрим основные виды соединений.

Рассмотрим клеевые соединения. Клеевое соединение – неразъемное соединение элементов конструкций с помощью клея, образующего между ними тонкую прослойку [1].

Клеевые соединения получили в последние годы широкое распространение благодаря появлению клеящих материалов (конструкционных клеев) на основе синтетических полимеров. Клеевое соединение полностью обеспечивает монолитность соединения. Клеевое соединение предназначено в основном для работы на сдвиг вдоль клеевых швов. В отдельных случаях клеевые швы подвергаются работе на растяжение перпендикулярно шву (на отрыв). Работа на отрыв понижает прочность клеевых соединений, поэтому ее следует ограничивать. При склеивании элементы соединяются без ослабления их поперечного сечения. Сечению может быть придана двутавровая (рис. 1), коробчатая (рис. 2) и другая, наиболее рациональная форма для работы элементов.



Рисунок 1. OSB-балки двутаврового сечения

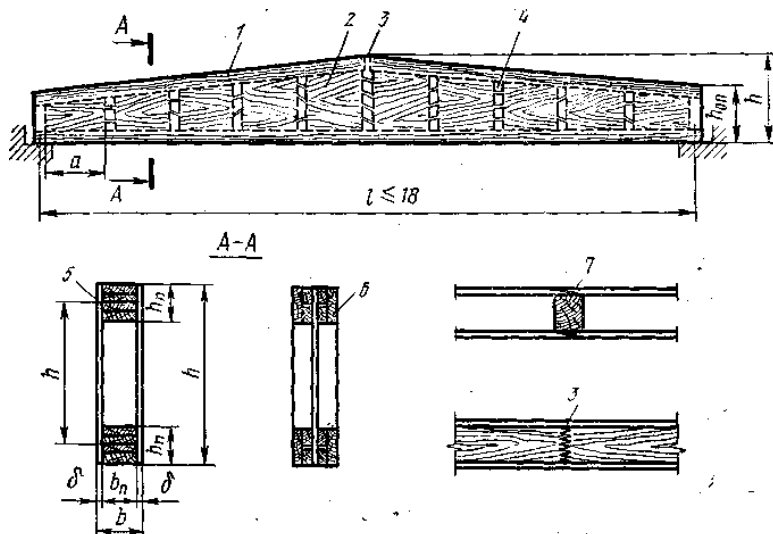


Рисунок 2. Клефанерная балка коробчатого сечения

Одним из широко применяемых видов соединений элементов из LVL является нагельное соединение. Нагельми называют вкладыши, препятствующие взаимному сдвигу соединяемых элементов и работающие в основном на изгиб. По форме нагели бывают цилиндрическими и пластинчатыми. К цилиндрическим нагельм относят: болты, штыри, гвозди, винты. К пластинчатым нагельм относятся дубовые пластинки (закладные) и стальные пластинки (закладные, забивные) [1].

Область применения нагелей: болты, гвозди, штыри – в стыках элементов для сжатия составных сжатых элементов, в узловых соединениях; пластинчатые нагели – для сплачивания брусьев в составных балках; глухари и шурупы – в соединениях со стальными накладками.

В зависимости от вида деформаций нагелей, относительно середины их длины, различают: симметричные соединения и несимметричные [2]. По числу плоскостей сдвига между соединяемыми элементами делятся: односрезные, двухсрезные и многосрезные [1].

Наиболее широко применяемые является соединения на стальных цилиндрических нагельм (рис.3). Узлы деревянных конструкций с использованием стальных цилиндрических нагелей по виду зависимости упругости деформаций от прилагаемой нагрузки характеризуются нелинейной зависимостью.

Преимуществом применения нагелей может служить относительная легкость монтажа, невысокая стоимость.

Основным недостатком нагельных соединений является местное ослабление элементов конструкций, а также контроль за качеством нагелей.

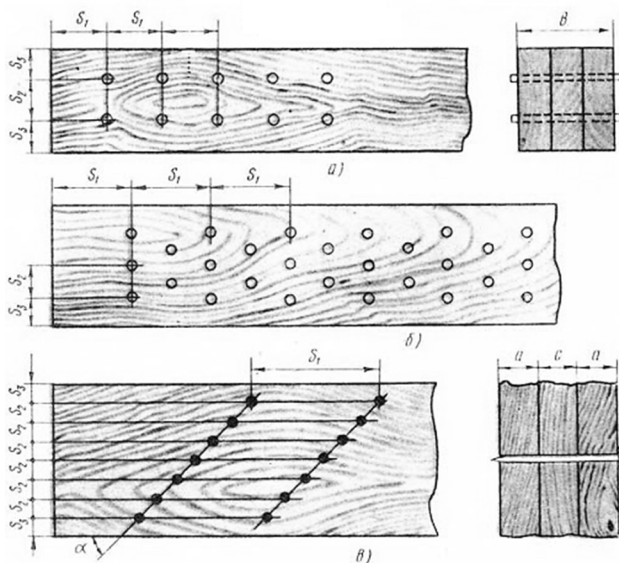


Рисунок 3. Нагельные соединения

Соединения на вклеенных стержнях (рис.4) являются универсальным видом соединений. Для работы соединений характерна их малая деформативность, связанная с наличием клеевой прослойки, являющейся неподатливым соединением. Вклеенные стержни используются: для устройства узловых сопряжений плоских и пространственных конструкций; анкеровки закладных деталей, воспринимающих усилия разных направлений; узловых соединений, воспринимающих сдвиг; локализации главных растягивающих напряжений в приопорных зонах клеевых деревянных конструкций и в окрестностях больших сосредоточенных нагрузок [3].

Вклеенные стержни, работающие в зависимости от вида воспринимаемых стержнем усилий при нагружении, подразделяют: на сжатие, продавливание; на растяжение, выдергивание; на сжатие с изгибом, продавливание с изгибом; на растяжение с изгибом, выдергивание с изгибом; на изгиб. Вклеиваемые стержни могут быть одиночными или групповыми в виде сборной детали с двумя и более стержнями [3].

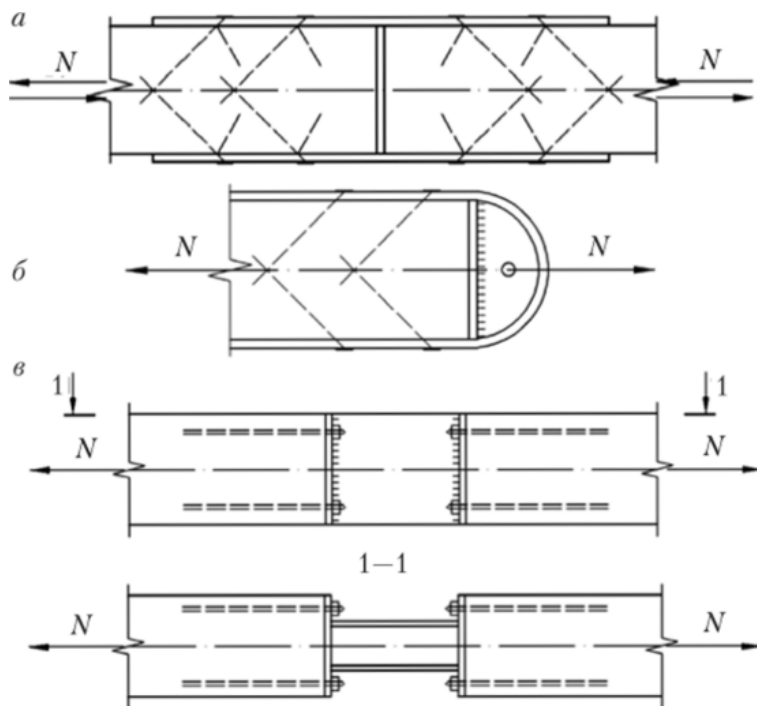


Рисунок 4. Соединения на клееных стержнях

Также существует соединение конструкций на врубках (рис. 5) - вид соединения, при котором усилия передаются непосредственным упором контактных поверхностей [2]. Все рабочие поверхности современных врубок образуют сквозным пропилом без дробления гнезд. Для предотвращения сдвига конструкций устанавливают аварийные болты. Основными видами врубок являются: врубка лобовым упором, лобовые врубки с одним зубом, лобовые врубки с двумя зубьями, врубки с подушками.

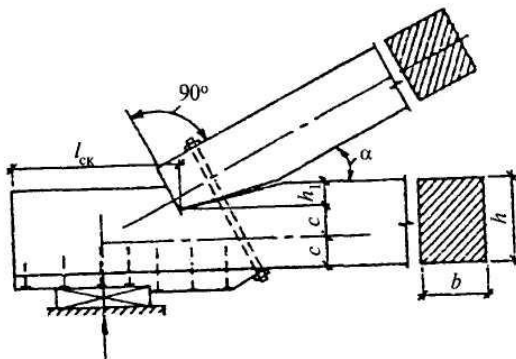


Рисунок 5. Опорный узел фермы на лобовой врубке

Основным преимуществом соединения на врубках является открытость и доступность осмотру, вследствие чего легко осуществляется контроль за качеством изготовления и работой врубок во время эксплуатации.

Отрицательными свойствами врубок являются: значительное местное ослабление элементов; сравнительно большая трудоемкость при изготовлении.

Выводы:

1. Наиболее распространенным и эффективным является соединение конструкций на стальных цилиндрических нагелях.
2. Клеевое соединение позволяет соединять конструкции без местного повреждения, а также для такого типа соединения отсутствует деформативность в узлах, в отличие от нагельных соединений.
3. Соединение с помощью вклеенных строжней позволяет усилить узел конструкции воспринимающих нагрузки как на сжатие, так и на смятие, продавливание, изгиб, так и на комбинацию этих усилий.
4. Соединение на врубках является наиболее трудозатратным, однако позволяет осуществлять контроль во время эксплуатации.

Список литературы:

1. Иванов В.А., Клименко В.З. Конструкции из дерева и пластмасс. Киев: Высшая школа. Головное изд-во 1983. 279 с.
2. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80.
3. ГОСТ Р 56710-2015 Соединения на вклеенных строжнях для деревянных конструкций. Технические условия.

1.2. ЭЛЕКТРОНИКА

РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО ПРИБОРА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ И МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ

Струнин Роман Михайлович

магистрант,
ФГБОУ ВО Владимирский Государственный Университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,
РФ, г. Владимир

Ромодановская Мария Павловна

канд. хим. наук, доцент
ФГБОУ ВО Владимирский Государственный Университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,
РФ, г. Владимир

PORTABLE DEVICE DEVELOPMENT FOR TREATMENT WITH THERMAL AND MAGNETIC FIELDS

Roman Strunin

Master's student, Vladimir State University
named after Alexander and Nikolay Stoletovs,
Russia, Vladimir

Maria Romodanovskaya

Candidate of chemistry,
associate professor of Vladimir State University
named after Alexander and Nikolay Stoletovs,
Russia, Vladimir

Аннотация. Статья посвящена разработке портативного медицинского прибора для воздействия тепловыми и магнитными полями на организм человека.

Abstract. The article is devoted to the development of a portable medical device for exposure to thermal and magnetic fields on the human body.

Ключевые слова: магнитное поле; тепловое воздействие; физиотерапия; медицинское оборудование.

Keywords: magnetic field; thermal effect; physiotherapy; medical equipment.

В настоящее время физиотерапию рассматривают как область медицины, изучающую действие на организм природных и искусственно создаваемых физических факторов, применяемых для лечения больных, профилактики заболеваний и медицинской реабилитации.

Предметом изучения физиотерапии являются лечебные физические факторы. В соответствии с видами энергии и типами ее носителей лечебные физические факторы принято делить на две группы: искусственные и природные.

Преимущества физиотерапии обычно рассматривают как альтернативу химио - или фармакотерапии, несмотря на то, что в лечении большинства заболеваний зачастую применяют комплекс физических факторов и лекарственных веществ.

Целью работы является создание аппарата для магнитотермии, в котором совмещаются такие физиотерапевтические методы как лечение тепловыми и магнитными полями.

В качестве прототипа была выбрана схема Ю.Р. Мединца «Аппарат для магнитотермии», опубликованная в журнале «Радиолобитель» №6, 1999 г. и обладающая рядом недостатков:

- генератор выполнен на генераторных лампах ГУ-29, которые имеют эксплуатационные недостатки (время наработки на отказ, надежность) и в настоящее время не выпускаются;
- рассеивание тепловой энергии, обусловленное низким КПД;
- генератор настроен на частоту 27,12 МГц.

В связи с этим основной **задачей** является построение генератора на транзисторах и разработка схемы прибора.

Структурная схема разрабатываемого устройства, представленная на рисунке 1, состоит из четырех основных блоков.

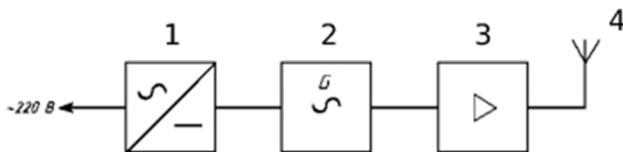


Рисунок 1. Структурная схема разрабатываемого прибора

На вход подаётся напряжение 220 В, которое через блок питания -1 попадает на генератор прямоугольных импульсов -2, откуда через операционный усилитель -3 поступает на передающую антенну -4.

С учетом всех недостатков структурной схемы была разработана электрическая принципиальная схема прибора (рис. 2).

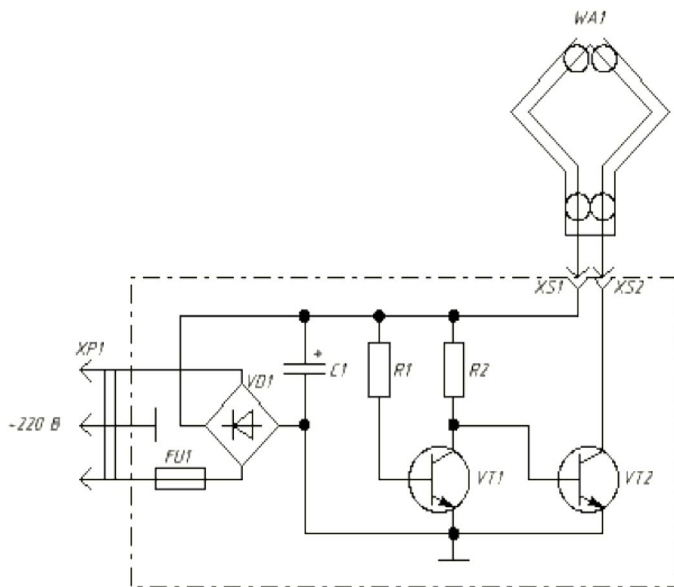


Рисунок 2. Принципиальная схема разрабатываемого прибора

В таблице 1 приводятся обозначения элементов разработанной принципиальной схемы (рис. 2).

Таблица 1.

Обозначения элементов схемы

Позиционное обозначение	Наименование
C1	Электролитный конденсатор ED-400 В-47 мкФ±20%
FU1	Предохранитель LittleFuse 0217004
R1, R2	Резисторы постоянные МЛТ-0,5-300 кОм±10% ГОСТ 7113-78
VD1	Мост DF005S
VT1	Транзистор n-p-n 2N2222
VT2	Транзистор n-p-n 2SC5388
WA1	Рамка Ø200 PK-50-7-311 ГОСТ Р 53880-2010
XP1	Вилка 703W-00/07
XS1, XS2	Розетка BNC-114

С точки зрения функционального назначения прибора, единственно полезной мощностью является реактивность рамки – она не питается от сети во время холостого хода, не нагревает рамку и элементы прибора, поэтому если поднести рамку к телу пациента (или вообще к любому проводнику) передает ему энергию напрямую из сети за счет наведения токов Фуко, тем самым нагревая тело. Для обеспечения чисто реактивного характера нагрузки, ею должен быть сам источник колебаний. С учетом сказанного, а также специфического представления нагрузочного контура (цепью с распределенными параметрами), многие варианты генераторов оказываются неэффективными в транзисторном исполнении, поскольку они либо рассчитаны на небольшую нагрузку, либо требуют трехточечного исполнения контура. Поэтому было принято решение построить генератор инверторного типа на двух транзисторах: каждый из транзисторов является фазоинвертором и в сумме они обеспечивают не инвертированное усиление, а положительная обратная связь с выхода на вход передается через резисторы R1 и R2.

В момент, когда потенциал левой точки рамки из-за автоколебаний превышает напряжение питания, ток через резисторы усиливается, потенциал базы VT2 уменьшается, и, поскольку транзистор VT1 открывается, в определенный момент становится меньше нуля, тогда транзистор VT2 закрывается, ограничивая подпитку контура ровно тем количеством энергии, которое необходимо для автогенерации.

Расчет и выбор элементов принципиальной схемы

Проведем проверку правильности выбора элементов с позиции их устойчивости к внешним воздействиям.

Индуктивность рамки:

$$L = \mu_0 R \left(\ln \frac{8R}{r} - 1,75 \right).$$

При радиусе рамки $R=0,1$ м и радиусе кабеля $r=0,004$ м:

$$L = 1,26 \times 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot \left(\ln \frac{8 \cdot 0,1}{0,004} - 1,75 \right) = 0,447 \text{ мкГн}.$$

Погонную емкость кабеля примем равной $C_{\text{пог}} = 150$ пФ/м, сопротивление (как жилы, так и оплетки) $R_{\text{пор}}=0,01$ Ом/м. Тогда полная емкость и сопротивление жилы и оплетки рамки составят соответственно:

$$C = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot 150 = 94,2 \text{ нФ},$$

$$R = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot 10 = 6,28 \text{ мОм}.$$

Поскольку рамка является цепью с распределенными параметрами, то при моделировании ее следует разделить на конечное число элементов емкости, индуктивности и сопротивления, при этом индуктивности жилы и оплетки образуют трансформатор с коэффициентом трансформации равном единице, поскольку они находятся в одном магнитном потоке. При разделении рамки на 6 элементов ее эквивалентная схема будет выглядеть так, как показано на рисунке 3. Чем на большее количество элементов будет разделена рамка, тем выше будет качество моделирования. Оплетка замкнута в части, не имеющей индуктивной связи с жилой, и имеет разрыв ровно посередине.

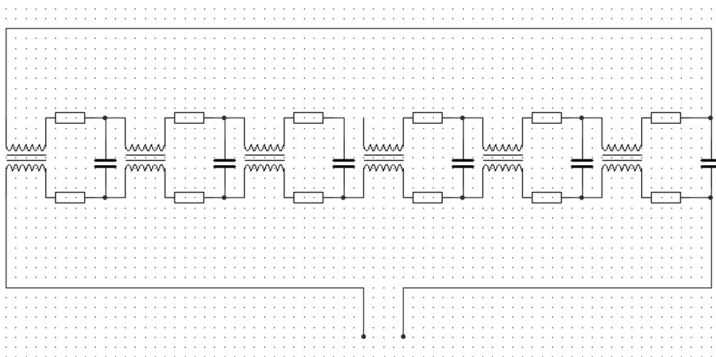


Рисунок 3. Эквивалентная схема рамки

Параметры элементов модели:

$$L' = \frac{L}{6} = 75 \text{ нГн} - \text{индуктивность каждой из обмоток,}$$

$$C' = \frac{C}{6} = 16 \text{ пФ}, R' = \frac{R}{6} = 1 \text{ мОм}.$$

Мощность, подводимая к рамке, делится на активную, реактивную и излучающую. Активная мощность рассеивается в рамке совершенно бесполезно на ее нагрев, она зависит от отстройки частоты тока в рамке от резонансной и от активного сопротивления рамки (оно чрезвычайно мало и им можно пренебречь). Мощность излучения зависит от силы тока в рамке, его частоты и площади рамки:

$$P_s = I^2 R_s,$$

где I – эффективный ток рамки,

$$R_s = \frac{8\pi^3 S^2}{3\lambda^4} Z_0 - \text{волновое сопротивление вакуума.}$$

Для круглой рамки $S = \pi R^2$.

Волновое сопротивление вакуума $Z_0 = 120\pi$.

Длину волны излучения можно найти, исходя из резонансной частоты рамки:

$$f = \frac{1}{8\pi R \sqrt{L_{\text{пог}} C_{\text{пог}}}}$$

Погонная индуктивность:

$$L_{\text{пог}} = \frac{L}{2\pi R},$$

тогда:

$$f = \frac{1}{\sqrt{32\pi R L C_{\text{пог}}}} = \frac{1}{\sqrt{32 \cdot 3,14 \cdot 0,1 \cdot 0,447 \times 10^{-6} \cdot 150 \times 10^{-12}}} = 385 \times 10^6 \text{ Гц} = 38,5 \text{ МГц}$$

Подставляя в значения в формулу, получим мощность излучения:

$$P_s = \frac{320 I^2 \pi^6 R^4 f^4}{c^4}.$$

Эта мощность излучается в эфир бесполезно, но уменьшить ее невозможно никакими способами, и ее необходимо учитывать при расчете энергопотребления прибора.

Выпрямленное сетевое напряжение будет иметь значение 311 В (в $\sqrt{2}$ раз), емкость конденсатора С1 принимается как у аналога – 47 мкФ. На транзисторе VT2 практически не рассеивается мощность, поскольку он передает в рамку только реактивность, что выгодно отличает данный генератор от аналогов. Поэтому VT2 выбирается исходя из допустимого напряжения коллектор-эмиттер: оно должно быть не менее чем удвоенное напряжение питания (622 В) и по возможности большим коэффициентом усиления по току. Исходя из вышеописанных требований, выбираем в качестве VT2 транзистор 2SC5388, его допустимое напряжение коллектор-эмиттер составляет 700 В, допустимый ток коллектора 5 А, допустимая рассеиваемая мощность 5 Вт без радиатора, коэффициент усиления по току 100. Транзистор VT1 выберем исходя из требования максимального коэффициента усиления, поскольку

практически все напряжение питания будет падать на R2, а сам транзистор будет работать в режиме малого сигнала, поэтому выбираем 2N2222.

Номиналы резисторов выберем, задавшись начальным током баз транзисторов 1 мА. Тогда R1=R2=300 кОм. Мощность, рассеиваемая на резисторах:

$$P_R = \frac{U_{\text{пит}}^2}{R} = \frac{31^2}{300000} = 0,32 \text{ Вт, выбираем резисторы МЛТ-0,5.}$$

Основной оценкой эффективности прибора является реактивность в оплетки – та мощность, которая потенциально может быть выделена в теле пациента, она составляет

$$Q = U_{XMM2} I_{XMM1} = 276 \cdot 1,964 = 542 \text{ ВАР,}$$

что вполне сопоставимо с мощностью бытовых электронагревательных приборов. При поднесении рамки к телу пациента ее электромагнитное поле наводит в нем токи Фуко, прогревающие ткань, при этом мощность, затрачиваемая на этот нагрев, передается от сети практически без потерь, поскольку в цепях прибора она преобразуется в реактивность и не тратится на бесполезный нагрев элементов цепи.

Для полной оценки энергопотребления необходимо рассчитать потери, уносимые излучением, для этого возьмем средний ток рамки, равный 2 А (излучают как оплетка, так и жила), а частоту – рассчитанную аналитически, тогда:

$$P_S = \frac{320 \cdot 2^2 \cdot 3,14^6 \cdot 0,1^4 \cdot (38,5 \times 10^6)^4}{(3 \times 10^8)^4} = 0,033 \text{ Вт.}$$

Суммируя потери на излучение с внутренними потерями прибора, получим мощность, потребляемую устройством в режиме холостого хода:

$$P_0 = U_{\text{пит}} I_{XMM4} + P_S = 311 \cdot 0,0025 + 0,033 = 0,81 \text{ Вт,}$$

КПД прибора может достигать

$$\eta < \frac{Q}{Q + P_0} = \frac{542}{542 + 0,81} = 0,9985 = 99,85\%,$$

что чрезвычайно выгодно отличает его от аналогов, у которых огромное количество энергии бесполезно рассеивается в тепло.

При полной нагрузке вся реактивная мощность на рамке превращается в активную в тканях пациента, и прибор потребляет от сети:

$$I_{\max} = \frac{P_0 + Q}{U_{\text{сети}}} = \frac{542 + 0,81}{220} = 2,47 \text{ А.}$$

С учетом разброса параметров и значительного пускового тока «накачки» реактивности в контур выбираем предохранитель на ток 4 А.

При моделировании схемы в Multisim 11 (рис. 4) были подключены приборы, описываемые в таблице 2.

Таблица 2.

Приборы, используемые для моделирования

Прибор	Тип	Назначение
XMM1	Амперметр AC	Ток оплетки
XMM2	Вольтметр AC	Ток жилы
XMM3	Амперметр AC	Напряжение на разрыве оплетки
XMM4	Амперметр DC	Потребляемый прибором ток
XSC1	Осциллограф	Сигнал на зажимах рамки
XWM1	Ваттметр	Мощность, рассеиваемая на транзисторе VT2
XFC1	Частотомер	Частота тока в рамке

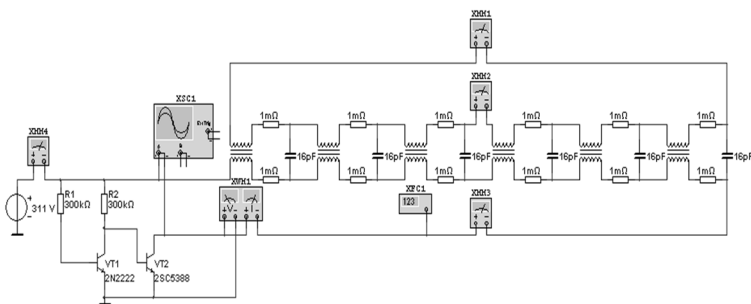


Рисунок 4. Схема моделируемого прибора

Ниже представлены показания приборов (рис. 5, 6, 7). Для моделирования используется шаг (timestep) 10^{-10} с, поскольку при меньшем шаге моделирование на таких высоких частотах происходит некорректно. Как видно из результатов моделирования, рамка входит в токовый резонанс на частоте 40,68 МГц, что несколько отличается от рассчитанной теоретически ввиду неточности модели рамки, однако это не влияет на суть происходящих в схеме процессов. Ток в оплетке в 20 раз выше, чем ток в жиле антенны, причем эти токи сдвинуты по фазе на 90° от соответствующих напряжений, являются реактивными и не потребляются от сети, а лишь циркулируют по контурам цепи. Из-за высокой добротности контура потребляемый от сети ток в режиме холостого хода (когда рамка не поднесена к телу пациента), чрезвычайно мал и имеет порядок нескольких миллиампер, этот ток подпитывает затухающие автоколебания. Мощность, рассеиваемая на транзисторе VT2, составляет доли Ватта, поскольку практически вся передаваемая им в рамку мощность является реактивной, что видно из показаний ваттметра (коэффициент мощности 0,01127).

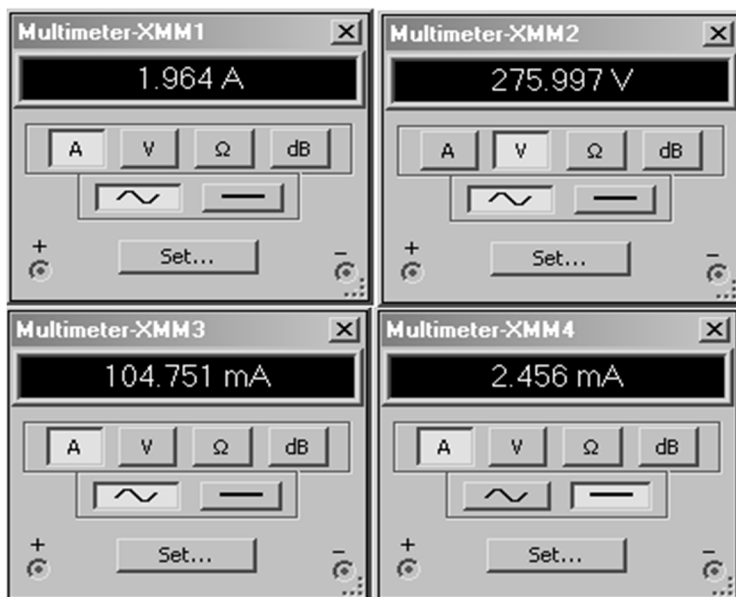


Рисунок 5. Показания мультиметров

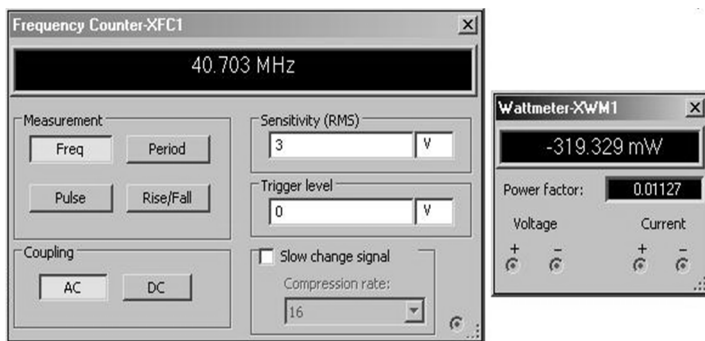


Рисунок 6. Показания частотомера и ваттметра

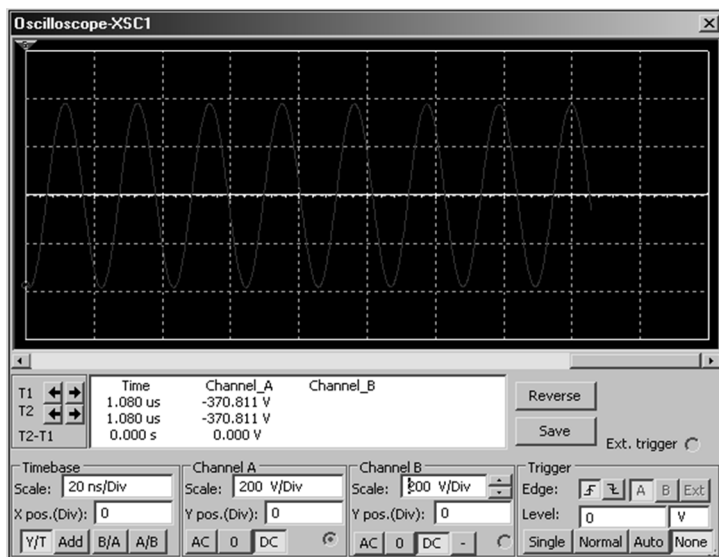


Рисунок 7. Осциллограмма напряжения на зажимах рамки

В данной статье представлена разработка медицинского прибора для лечения тепловыми и магнитными полями. В результате модернизации прототипа прибора, было достигнуто повышение качества, удобства эксплуатации, минимизированы габаритные размеры и масса изделия. Аппарат имеет следующие преимущества:

- 1) транзисторный генератор;
- 2) КПД = 99,85%;
- 3) частотный диапазон 40,68 МГц.

Список литературы:

1. Боголюбов В.М. Общая физиотерапия: учебник для студентов медицинских вузов / Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Медицина, 2003. – 432 с. – ISBN 5-225-04410-7.
2. Елин А.М. Воздействие электромагнитных излучений на здоровье человека. Меры по обеспечению безопасности / Елин А.М. // Справочник специалиста по охране труда. - 2007. - №7. – С. 33-36.
3. Мединец Ю.Р. Аппарат для магнитотермии / Мединец Ю.Р. // Радиолобитель – 1999. - №6. – С. 31-33.
4. Физиология терморегуляции: руководство во физиологии / под ред. Иванова К.П. – Ленинград: Наука, 1984. – 470 с.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 2. МЕХАНИКА

2.1. МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ В МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ

Энес Ахмед Зюлфикар

аспирант,

*Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова,*

РФ, г. Нальчик.

Кертбиева Мадина Хасеновна

аспирант,

*Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова,*

РФ, г. Нальчик

Аннотация. Целью работы является повышение надежности и безопасности трубопроводного транспорта в нефтегазовой отрасли. Для нефтепровода был произведён расчет по стандартам. Также при помощи программного комплекса SolidWorks была рассчитана модель нефтепровода на основе метода конечных элементов.

Ключевые слова: нефтепровод, давление, эксплуатация, напряженно - деформируемое состояние, прочность.

При эксплуатации магистральных нефтепроводов, проложенных в особых климатических условиях (горная местность, неустойчивые грунты), на нее действуют различные нагрузки, в результате чего происходит движение труб.

Повышение надежности и безопасности трубопроводного транспорта является актуальной задачей в нефтегазовой отрасли. Трубопроводы, проложенные в сложных геотехнических условиях, испытывают такие нагрузки, как вес трубопровода с продуктом, вес грунта на трубопроводе, реакция грунта на деформацию трубопровода, внутренние рабочие давления и температурные напряжения, а также нагрузки, связанные с изменением физико-механических характеристик грунта. Чтобы избежать отказов и аварий трубопроводов, необходимо установить влияние конструктивных особенностей, изменения условий эксплуатации и параметров на прочность и устойчивость трубопровода.

Для оценки прочности и дальнейшей оценки остаточного ресурса трубопроводных систем необходимо знать развивающийся уровень эксплуатационных напряжений и деформаций в нефтепроводе. Информация о НДС является ключевой для анализа прочности и долговечности конструктивных элементов, в том числе трубопроводных транспортных систем. Исходя из этого, следует, что для правильной оценки работоспособности любой системы в первую очередь важна точность информации о напряженно-деформированном состоянии системы.

Проверка на прочность и деформацию нефтепровода

Общие данные:

Рабочее давление: $P = 7,4$ МПа;

Труба прямошовная $DH = 530$ мм, марка стали 09ГСФ;

Номинальная толщина стенки δ_n : 10 мм;

$\sigma_{вр} = 510$ МПа, $\sigma_{т} = 353$ МПа;

Модуль упругости стали: $E = 206\,000$ МПа;

Плотность стали $\rho_{ст} = 7700$ кг/м³;

Продукт перекачки: нефть;

Коэффициент линейного расширения стали: $0,000012$ град⁻¹

Коэффициент поперечной деформации в стадии упругой работы металла (коэффициент Пуассона): $\mu = 0,3$

Подземный участок трубопровода:

Определяем расчетную толщину стенки трубопровода по формуле:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_H}{2(R_1 + n \cdot P)} = \frac{1,10 \cdot 7,4 \cdot 530}{2(286,224 + 1,10 \cdot 7,4)} = 7,32 \text{ мм}, \quad (1)$$

где $n=1,10$ - коэффициент надежности по нагрузке - внутреннему рабочему давлению в трубопроводе;

$P = 7,4$ МПа - рабочее давление в трубопроводе;

$D_H=720$ см – наружный диаметр трубы;

R_I – расчетное сопротивление растяжению, определяется по формуле:

$$R_1 = \frac{R_I^H \cdot m_0}{k_1 k_H} = \frac{510 \cdot 0,825}{1,47 \cdot 1,00} = 286,224 \text{ МПа} \quad (2)$$

где $m_0=0,825$ - коэффициент условий работы трубопровода;

$k_I=1,47$ - коэффициент надежности по материалу;

$k_H=1$ - коэффициент надежности по назначению трубопровода, применяется в зависимости от категории трубопровода;

$R_I^H=510$ МПа- нормативное сопротивление растяжению металла труб и сварных соединений, принимается равным минимальному значению временного сопротивления $\sigma_{вр}$, МПа;

Внутренний диаметр нефтепровода определяется по формуле:

$$D_{BH} = D_H - 2\delta = 720 - 14 = 696 \text{ мм} \quad (3)$$

Абсолютные значения максимального положительного и максимального отрицательного температурных перепадов определяются по формулам:

$$\Delta T_{(+)} = \frac{\mu \cdot R_1}{a \cdot E} = \frac{0,3 \cdot 286,224}{0,000012 \cdot 206\,000} = 34,007 \text{ град} \quad (4)$$

$$\Delta T_{(-)} = \frac{R_1 \cdot (1-u)}{a \cdot E} = \frac{286,224 \cdot (1-0,3)}{0,000012 \cdot 206\,000} = 81,05 \text{ град} \quad (5)$$

Величина продольных осевых сжимающих напряжений находится по формуле:

$$\sigma_{PP.N} = -a \cdot E \cdot \Delta T + \mu \frac{n \cdot p \cdot D_{BH}}{2\delta} \quad (6)$$

$$\sigma_{PP.N} = -0,000012 \cdot 206\,000 \cdot 81,05 + 0,3 \frac{1,10 \cdot 7,40 \cdot 696}{0,014} = -110,350 \text{ МПа}$$

Находим коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла.

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{|\sigma_{ПР.Н}|}{R_1} \right)^2} - 0,5 \left(\frac{|\sigma_{ПР.Н}|}{R_1} \right), \quad (7)$$

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{110,350}{286,224} \right)^2} - 0,5 \left(\frac{110,350}{286,224} \right) = 0,749$$

Пересчитываем толщину стенки с учетом коэффициента двухосного напряженного состояния:

$$\sigma_{кц} = \frac{n \cdot P \cdot D_H}{2(R_1 \cdot \psi_1 + n \cdot P)} = \frac{1,10 \cdot 7,4 \cdot 530}{2(286,224 \cdot 0,749 + 1,10 \cdot 7,4)} = 9,693 \text{ мм}, \quad (8)$$

Принимаем толщину стенки до $\delta = 10$ мм.

Таким образом, ранее принятая толщина стенки равная $\delta = 10$ мм может быть принята как окончательный результат.

$$|\sigma_{ПР.Н}| \leq \psi_2 \cdot R_1 \quad (9)$$

где ψ_2 – коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб определяется по формуле:

$$\psi_2 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{\sigma_{КЦ}}{R_1} \right)^2} - 0,5 \left(\frac{\sigma_{КЦ}}{R_1} \right), \quad (10)$$

Кольцевые напряжения от рабочего давления определяются по формуле

$$\sigma_{КЦ}^H = \frac{p \cdot D_{ВН}}{2\delta} = \frac{7,4 \cdot 0,516}{0,020} = 190,92 \text{ МПа} \quad (11)$$

Кольцевые напряжения от расчетного внутреннего давления определяются по формуле:

$$\sigma_{KC} = n_1 \cdot \sigma_{KC}^H = 1,10 \cdot 190,92 = 210,012 \text{ МПа} \quad (12)$$

Рассчитаем коэффициент ψ_2

$$\psi_2 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{210,012}{286,224} \right)^2} - 0,5 \left(\frac{210,012}{286,224} \right) = 0,405,$$

Вычисляем условие:

$$\begin{aligned} |-27,709| &\leq 0,405 \cdot 286,224 \\ 27,709 &\leq 115,920 \end{aligned}$$

Условие прочности выполняется.

Анализ полученных результатов с помощью программного комплекса SolidWorks

В данном эксперименте сравним расчетные величины, сделанные стандартным методом расчета с расчетами, сделанными по методу конечных элементов в SolidWorks.

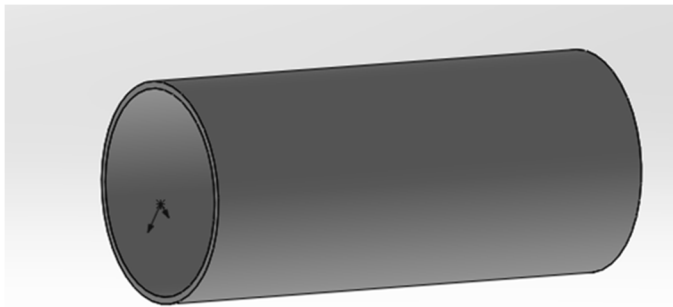


Рисунок 1. Общий вид расчетной области

Размерность конечно-элементной сетки в обоих вариантах расчетных схем составила 9399 элементов и 19034 узлов. Конечно-элементная сетка представлена на рис. 2.

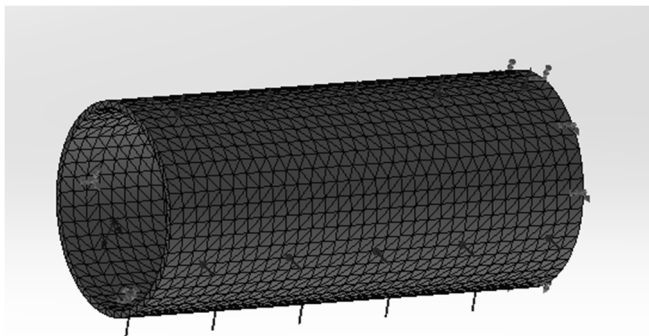


Рисунок 2. Конечно-элементная сетка

Для определения соответствия модели проведенным расчетам приложим на нее нагрузку. Для этого на созданную модель трубопровода приложим нагрузку равную 7,4 Мпа и произведем расчет. Результаты расчета представлены на рис. 3.

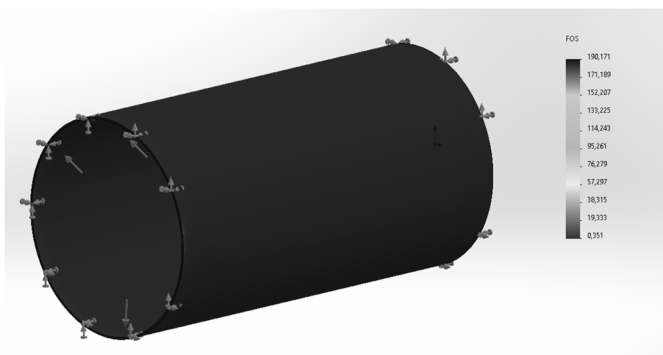


Рисунок 3. Расчет напряжения исследуемой области

Максимальные напряжения под действием приложенных сил по методу конечных элементов $\sigma_{ЭКСП} = 190,171$.

Рассчитанное напряжение $\sigma_{ЭКСП} = 190,92$.

Погрешность расчета:

$$\frac{190,171 - 190,92}{190,171} \times 100\% = 0,39\%$$

Таким образом, модель рассчитанная при помощи метода конечных элементов в SolidWorks соответствует общепринятой модели, рассчитанной классическим образом.

Проведения расчетов НДС трубопроводов классическим способом и сравнения результатов расчетов с результатами определения НДС методом конечных элементов позволяет повысить точность расчетов.

Предложенный метод оценки прочностных свойств магистральных нефтепроводов может использоваться для трубопроводов различных марок сталей при проверке прочности и устойчивости.

Список литературы:

1. Магистральные трубопроводы. Свод правил. СП 86.13330.2014. - М.: Проспект, 2017. - 885 с.
2. Магистральные трубопроводы. Свод правил. СП 36.13330.2012. - М.: Проспект, 2016. - 114 с.
3. СНиП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы. –Взамен СНиП II-45-75; введ. 01.01.1986. –Москва : Госстрой России.
4. Деловой журнал «Neftegaz.RU» - [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://magazine.neftgaz.ru/articles/transportirovka/526295-methodicheskie-osnovy-analiza-napryazhenno-deformirovannogo-sostoyaniya-mgp-s-defektnymi-svarnymi-sty/>.
5. Марочник стали и сплавов - [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=3071.
6. Боровков В.М. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов. Гриф МО РФ / В.М. Боровков. - М.: Академия (Academia), 2016. - 407 с.
7. ГОСТ 10704 –91 Трубы стальные электросварные прямошовные. Взамен ГОСТ 10704 –76; дата введ. 15.11.1991.: ИПК Издательство стандартов, 1991.

РАЗДЕЛ 3. ФИЗИКА

3.1. ОПТИКА

ОСОБЕННОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГИПЕРЗВУКА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ НЕЭЛЕКТРОЛИТОВ В ТЕМПЕРАТУРНОЙ ОКРЕСТНОСТИ ОСОБОЙ ТОЧКИ

Сабиров Леонард Мухаммеджанович

*д-р. физ.-мат. наук, профессор,
Самаркандский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Самарканд*

Хайдаров Хайрилло Сафарович

*канд. физ.-мат. наук, доцент,
Самаркандский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Самарканд*

Кадиров Шавкат Абдуллаевич

*ассистент,
Ургенчский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Ургенч*

Каршибоев Шавкат Эсирганович

*аспирант,
Самаркандский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Самарканд*

Жураев Йулчи Тошмамадович

*ассистент,
Самаркандский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Самарканд*

Vapaev Murod Ergashevich

*аспирант,
Ургенский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Ургенч*

Халиков Алишер Убайдуллаевич

*технический лаборант,
Самаркандский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Самарканд*

**SPECIFICITY OF HYPERSOUND PROPAGATION IN
AQUEOUS SOLUTIONS OF NON-ELECTROLYTES IN THE
TEMPERATURE VICINITY OF THE SINGULAR POINT**

Leonard Sabirov

*Dr. physical-mat. sciences, professor,
Samarkand State University,
Uzbekistan, Samarkand*

Khairillo Khaidarov

*Cand. physical-mat. sciences, associate professor,
Samarkand State University, Uzbekistan, Samarkand
Shavkat Kadirov
Assistant, Urgench State University,
Uzbekistan, Urgench*

Shavkat Karshiboev

*Graduate student, Samarkand State University,
Uzbekistan, Samarkand
Juraev Yulchi Toshmamadovich
assistant, Samarkand State University,
Uzbekistan, Samarkand*

Murod Vapaev

*Graduate student, Urgench State University,
Uzbekistan, Urgench*

Alisher Khalikov

*Technical laboratory assistant,
Samarkand State University,
Uzbekistan, Samarkand*

Аннотация. Методом Мандельштам-Бриллюэновской спектроскопии получена информация о характере распространения гиперзвука в зависимости от частоты и температуры в водных растворах неэлектролитов. В окрестности особой точки растворов обнаружено нетривиальное температурное поведение гиперзвука при малых углах рассеяния М-Б.

Проведен анализ температурной зависимости скорости гиперзвука от частоты в водных растворах метилпиридинов.

Abstract. The specific features of hypersound propagation in aqueous solutions of nonelectrolytes in dependence of frequency and temperature have been investigated using Mandelstam-Brillouin spectroscopy. Nontrivial temperature behavior of hypersound at small Mandelstam-Brillouin scattering angles is observed in the vicinity of solution singularity. The temperature dependences of hypersonic velocity in aqueous solutions of methylpyridines at different frequencies have been analyzed.

Ключевые слова: Гиперзвук, компоненты Мандельштам-Бриллюэна, тонкая структура линии Релея, дисперсия, водные растворы, особая точка.

Keywords: hypersound, Mandelstam-Brillouin components, Rayleigh-line fine structure, dispersion, aqueous solutions, singularity.

В чистых жидкостях и обычных нерасслаивающихся растворах зачастую наблюдается положительная дисперсия скорости звука [1]. В этом случае, скорость растет, если частота звука увеличивается. Величина дисперсии обычно составляет несколько процентов от среднеарифметической суммы ультра и гипер скоростей. Значение дисперсии обычно сохраняется в температурном интервале исследования. Зависимость скорости звука от частоты в этих случаях связывается с процессом релаксации объемной вязкости, природа которой обусловлена разными механизмами.

Чаще всего дисперсию скорости звука оценивают по разнице величин скоростей на ультра и гиперзвуковых частотах. Изменяя угол рассеяния света от малых углов θ близкое к 0 и до θ порядка 180° можно измерить скорость распространения низкочастотного и высокочастотного гиперзвука. Однако, изучение низкочастотного гиперзвука представляет собой трудную экспериментальную работу. Наиболее комфортным

является работа по определению характеристик распространения гиперзвука при углах рассеяния близких к $\theta=90^\circ$. Для изучения дисперсии скорости гиперзвука в водных растворах неэлектролитов мы расширили диапазон наблюдения гиперзвука для углов рассеяния $\theta=135^\circ$ и $\theta=45^\circ$.

Температурные зависимости скорости гиперзвука были изучены методом одновременной регистрации КМБ [2] на разных углах рассеяния θ и $(180-\theta)$ (в нашем случае 45° и 135°). Скорость гиперзвука зависит от угла рассеяния света следующим образом.

$$V = \frac{\Delta\omega_{\text{мб}} \cdot \lambda}{4\pi n \sin^2 \frac{\theta}{2}} \quad (1)$$

Здесь $\Delta\omega_{\text{мб}}$ – циклическая частота смещения КМБ, λ – длина волны возбуждающего света, n – показатель преломления среды и θ – угол рассеяния.

Скорость гиперзвука, измеренная по смещению КМБ при малых углах рассеяния обнаружило нетривиальное температурное поведение скорости в водных растворах β -пиколина и γ -пиколина. Особенность заключается в том, что скорость гиперзвука на частотах $2\text{ГГц} < f < 3\text{ГГц}$ не является линейно зависящей от температуры (см. рис. 1-2).

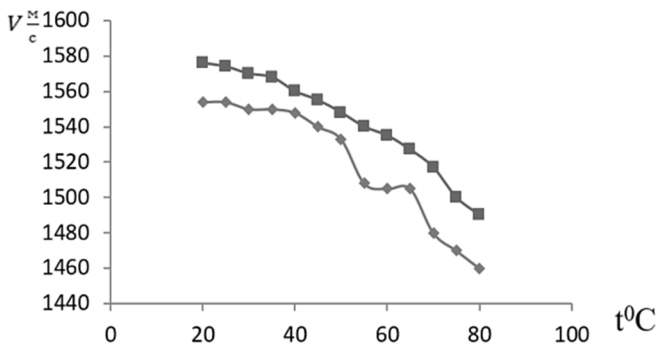


Рисунок 1. Зависимость скорости гиперзвука в растворе β -пиколин-вода (0.06 м.д-пиколина) от температуры для $f=2,6$ ГГц (●), для $f=6,2$ ГГц (■)

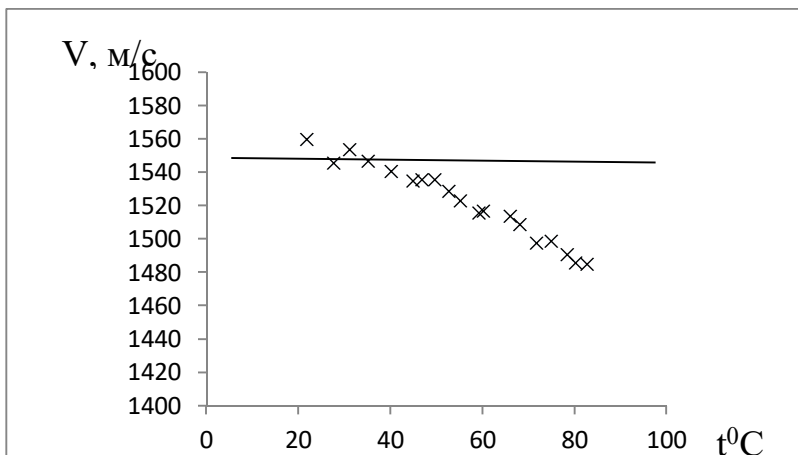


Рисунок а.

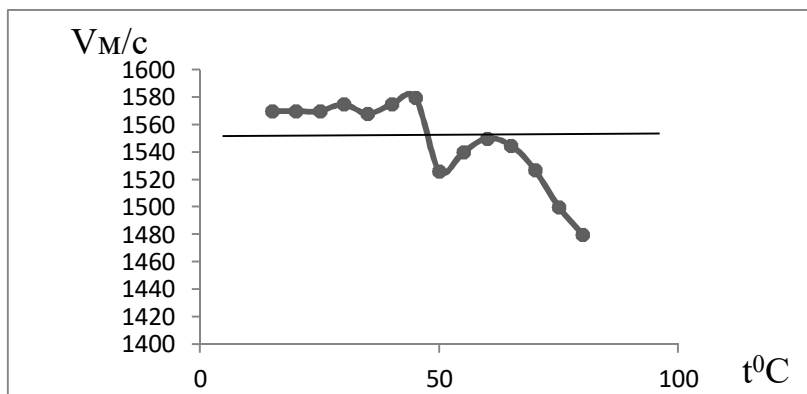


Рисунок б.

Рисунок 2 а. б. Зависимости скорости гиперзвука от температуры в растворах γ - пиколин-вода (0.06 м.д. - γ - пиколина) для а) $f \cong 6.2$ ГГц (x), для б) $f \cong 2.5$ ГГц (•)

Сравнивая температурные зависимости скоростей на частотах 6.2 ГГц и 2.6 ГГц в растворе β -пиколин-вода (0.06 м.д. β -п.) можно видеть следующее: а) скорость гиперзвука на частоте 6.2 ГГц имеет плавное уменьшение величины температурного градиента скорости с уменьшением температуры. б) скорость гиперзвука на частоте ~ 2.6 ГГц в

этом же температурном интервале имеет по крайней мере три линейных интервала зависимости.

Другими словами, величина градиента скорости изменяется существенно в разных температурных интервалах. Более сложная картина зависимости скорости гиперзвука в интервале частот 6.2 ГГц и 2.6 ГГц наблюдается в растворе γ -пиколин-вода (0.06 м.д. γ -п.). Из рисунка 2 видно, что здесь также, как и в водном растворе β -пиколина особенность скорости наблюдается в окрестности температуры $t=50^{\circ}\text{C}$.

Наши прежние исследования водных растворов γ -пиколина в широком интервале температур [3] показали, что температура $t=50^{\circ}\text{C}$ находится между максимумами, соответствующими нижней критической точки расщепления (НКТ= 62°C) и верхней критической точкой расщепления (ВКТ= 35°C) и является температурой особой точки. Это удовлетворительно согласуется с фазовой диаграммой представленной [4].

Известно, [4] что водные растворы неэлектролитов в исследованных нами температурных интервалах имеют так называемую «особую точку» на фазовой диаграмме (давление – P , температура – T , концентрация – C) представленной в [4]. Согласно [4] растворы пиколинов с водой при нормальном давлении $P_{\text{н}}=10^5\text{Па}$ пребывают в смешанном состоянии.

Увеличение температуры ($t>50^{\circ}\text{C}$) приводит раствор к нижней температуре расщепления (НТР). Уменьшение температуры ($t<50^{\circ}\text{C}$) ведет раствор к верхней температуре расщепления (ВТР).

Таким образом, температура особой точки представляет собой границу раздела природы межмолекулярных взаимодействий при $t>50^{\circ}\text{C}$ и при $t<50^{\circ}\text{C}$. Общее между ними то что, как при повышении, так и при понижении температур, раствор стремится к расщеплению. Разница только в различной природе молекулярного взаимодействия ведущему к процессу расщепления. По-видимому, это граница раздела межмолекулярных взаимодействий проявилась в нетривиальной зависимости скорости гиперзвука от температуры на частоте гиперзвука $f=2.6\text{ГГц}$.

Список литературы:

1. Фабелинский И.Л. Молекулярное рассеяние света. - М.: Наука, 1965 г.
2. Кашаева Л.М., Сабиров Л.М., Туракулов Я., Утарова Т.М. Методика одновременной регистрации компонент Мандельштам-Бриллюэна при существенно различных углах рассеяния. Краткие сообщения по физике. 1981 г. № 5, с. 41-44.
3. Л.М. Сабиров, Ф.Р. Исмаилов, Ш.А. Кадиров, Ш.Э.Каршибоев Температурные и концентрационные зависимости соотношения Ландау–Плачека в водных растворах γ -пиколина. Оптика и спектроскопия 2020, том 128, вып. № 12.
4. Schneider G.H. Phase behavior and critical phenomenes in fluid mixtures under pressure// Ber. Bunsenges Phys. Chem. – 1972 76 $\frac{3}{4}$ p. 325-331.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

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

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

№ 1 (41)
Январь 2021 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 14.01.21. 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



**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru