

ВЛИЯНИЕ ВКЛЮЧЕНИЙ ИЗ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ НА СВОЙСТВА ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА



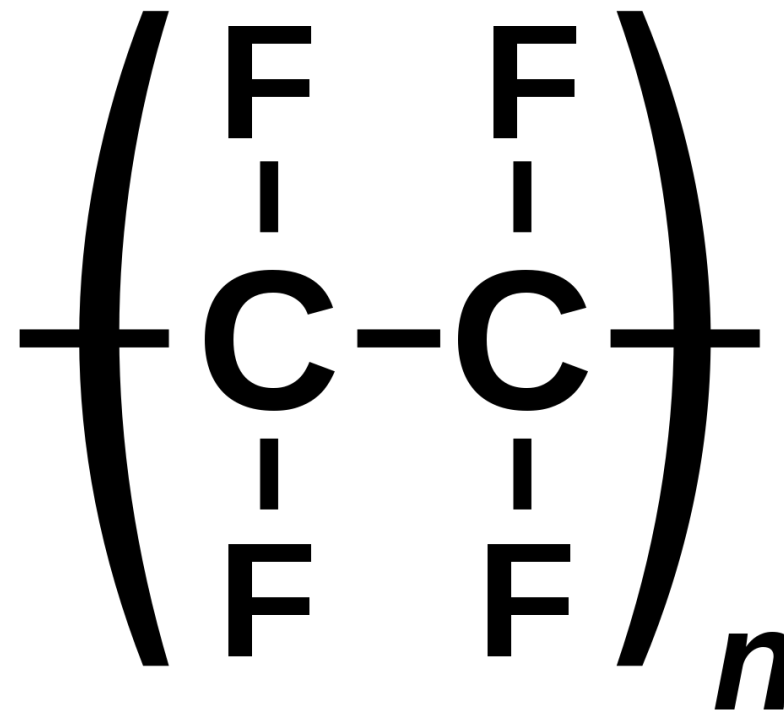
Авторы:
Закранцов А. Р.
Ильин А. А.
Грецких А. С.
Научный руководитель:
Ласица А. М.



ПОЛИТЕТРОФТОРЭТИЛЕН

ПТФЭ((C₂F₄)_n) – синтетический полимер, состоящий из углерода и фтора. Он получен из тетрафторэтилена и обладает редкими физическими и химическими свойствами.

Политетрафторэтилен материал с большим потенциалом применения во многих отраслях, однако при его использовании необходимо учитывать его некоторые недостатки, которые заключаются в его низкой износостойкости и повышенной ползучести при длительных нагрузках, что не позволяет использовать материал достаточно широко. Для устранения данных недостатков применяются модификации ПТФЭ различными наполнителями.



МЕТОД МОДИФИКАЦИИ

ПТФЭ можно модифицировать различными материалами для придания ему необходимых свойств. В нашей работе представлена модель политетрафторэтилена модифицированного частицами диоксида циркония.

На практике политетрафторэтилен модифицированный диоксидом циркония получают путем прессования смеси порошков из этих материалов и их дальнейшем спекании при температуре 370 °С и атмосферном давлении 101325 Па.





ДИОКСИД ЦИРКОНИЯ

Диоксид циркония (ZrO_2) - материал, получаемый различными путями обработки циркона – минерала, относящегося к силикатам. Диоксид циркония широко используется при получении огнеупорных изделий, жаростойких эмалей, тугоплавких стекол, различных видов керамики и тому подобное, так как обладает высокими жаростойкими и прочностными свойствами.





ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

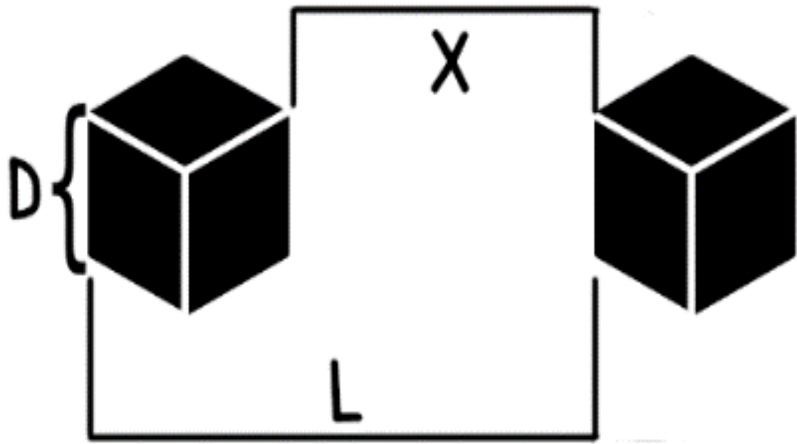
Механические свойства политетрафторэтилена и диоксида циркония

	Массовая плотность, кг/м ³	Модуль упругости, Н/м ² × 10 ⁶	Коэффициент Пауссона	Предел прочности при сжатии, Н/м ²
ПТФЭ	2160	550	0,45	0,162
Диоксид циркония	6000	210000	0,20	2062

Для получения корректных результатов необходимо добиться репрезентативности используемой компьютерной модели свойствам всего материала. Для того, то бы построить модель ПТФЭ модифицированного диоксидом циркония, необходимо узнать на каком расстоянии друг от друга будут располагаться частицы диоксида циркония в политетрафторэтилене. Для создания моделей были выбраны данные параметры.

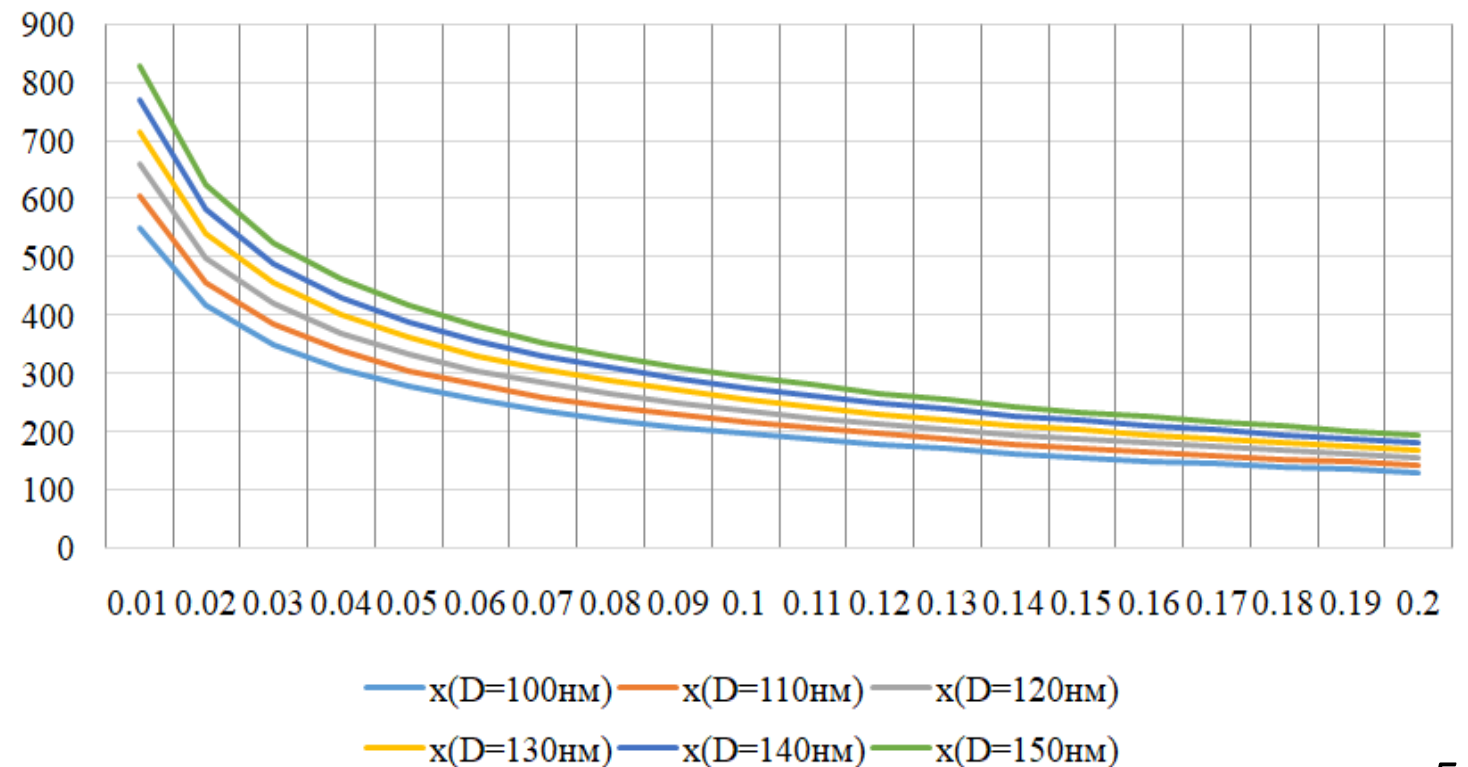
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для того что бы построить модель, нам необходимо узнать объемную концентрацию диоксида циркония, её можно выразить из массовой концентрации. Количество частиц диоксида циркония будет зависеть от его концентрации в ПТФЭ (практически используются массовые концентрации в пределах от 4 до 20%). Возьмем одну частицу диоксида циркония в виде куба размером от 100 до 150нм, что соответствует реальным размерам частиц.



D – сторона частицы;
 L – период структуры композиционного материала;
 X – расстояние между частицами.

Зависимость расстояния между частицами диоксида циркония от его концентрации



Влияние наполнителя из
диоксида циркония на
рабочий диапазон нагрузок
композиционного материала
на основе ПТФЭ

Моделирование проводилось в двух программах, SolidWorks и Ansys.

В каждой создавалась модель чистого ПТФЭ, на которую прикладывалось давление в 12 атмосфер:

SolidWorks: **1,962**

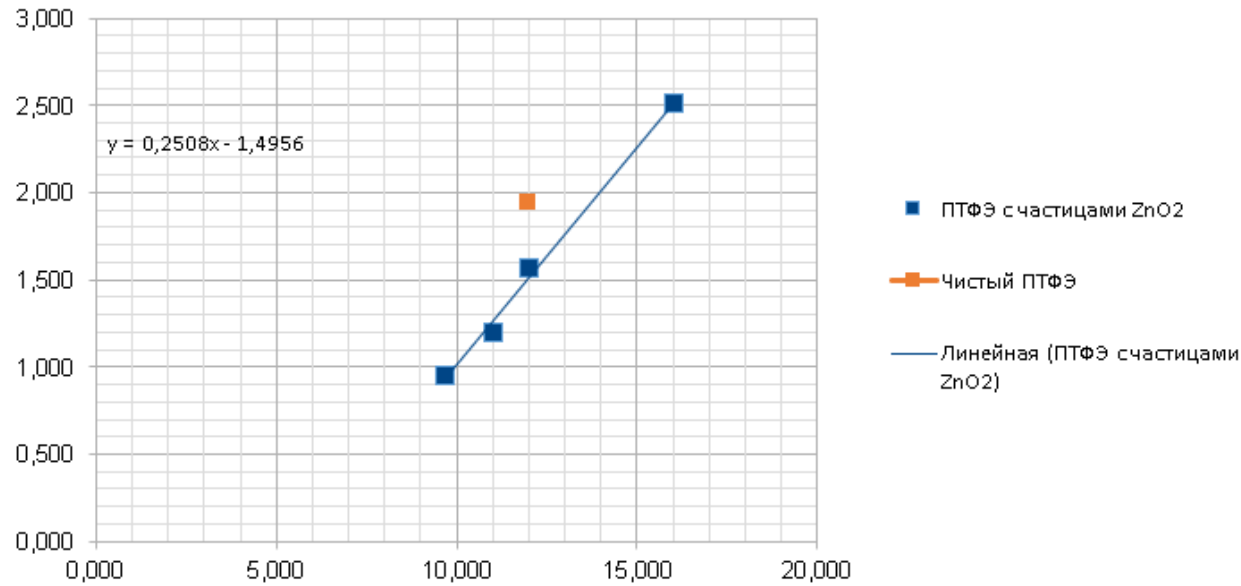
Ansys: **1,942**

После чего создавались модели ПТФЭ с внедрениями диоксида циркония 12%, на которые прикладывалось давление в 9,68; 11; 12; 16 атмосфер.

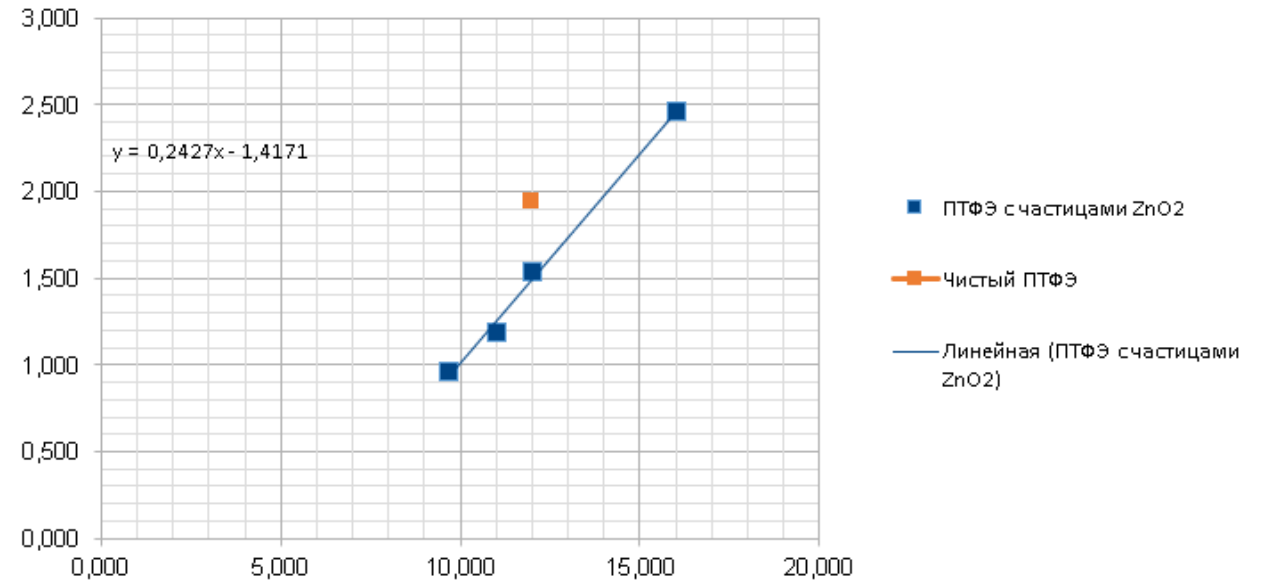
SolidWorks		Ansys	
Прикладываемое давление	Максимальное значение относительной деформации	Прикладываемое давление	Максимальное значение относительной деформации
9.68 атмосфер	$0,986 \cdot 10^2$	9.68 атмосфер	$0,962 \cdot 10^2$
11 атмосфер	$1,198 \cdot 10^2$	11 атмосфер	$1,186 \cdot 10^2$
12 атмосфер	$1,549 \cdot 10^2$	12 атмосфер	$1,533 \cdot 10^2$
16 атмосфер	$2,497 \cdot 10^2$	16 атмосфер	$2,467 \cdot 10^2$

Для того, чтобы найти давление, которое будет создавать такую же деформацию, как и при чистом ПТФЭ, строится график с линией тренда.

SolidWorks



Ansys



По полученным уравнениям высчитываем требуемое давление:

SolidWorks: **13,79** атмосфер

Ansys: **13,84** атмосфер

Проведено исследование влияния наполнителя из диоксида циркония на рабочий диапазон нагрузок композиционного материала на основе ПТФЭ.

Для верификации моделирование проводилось в двух системах компьютерного моделирования: SolidWorks и Ansys; результаты получились следующие:

SolidWorks - Деформация, которая была в чистом ПТФЭ при 12 атмосфер, достигается давлением в 13,79 атмосфер для ПТФЭ модифицированного частицами диоксида циркония. Для Ansys же это значение в 13,84 атмосфер

Таким образом, анализируя полученные результаты, можно сказать, что модификация ПТФЭ диоксидом циркония в количестве 12% позволяет уменьшить деформацию композита почти на 14% .

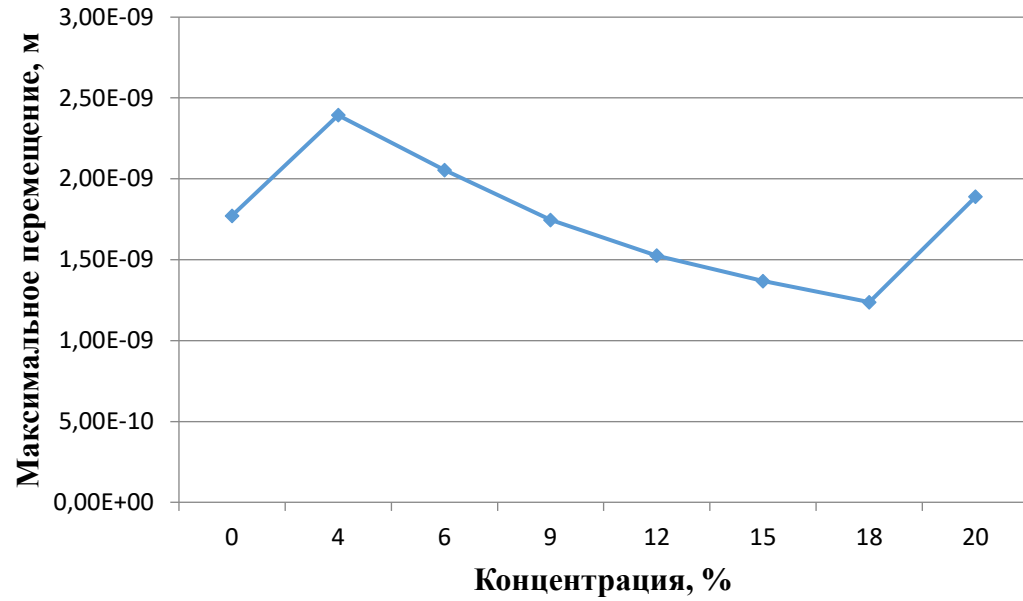
Влияние концентрации включений наночастиц диоксида циркония на распределение деформации в политетрафторэтилене

Моделирование нагрузки проводилось в программах SolidWorks и Ansys. На одну из граней модели прикладывалась давление величиной в 12 атмосфер. Остальные грани модели фиксировались неподвижным креплением.

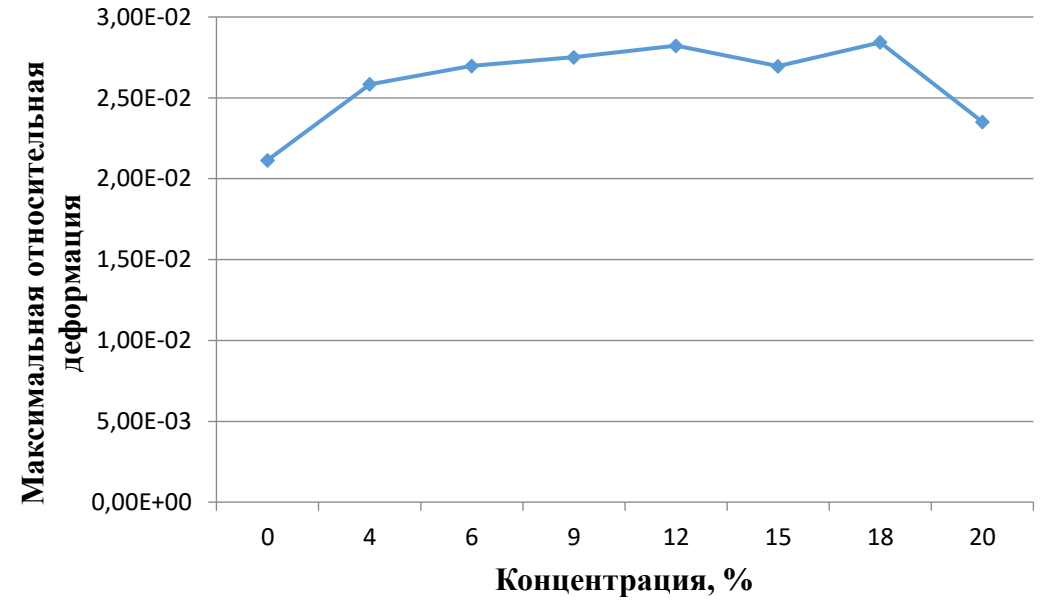
Получены результаты представлены в таблице:

Концентрация ZnO ₂ , %	ANSYS		
	Перемещение, м	Относительная деформация	Напряжение, Н/м ²
0	$1,771 \cdot 10^{-9}$	$2,114 \cdot 10^{-2}$	$1,781 \cdot 10^7$
4	$2,394 \cdot 10^{-9}$	$2,584 \cdot 10^{-2}$	$2,216 \cdot 10^8$
6	$2,054 \cdot 10^{-9}$	$2,698 \cdot 10^{-2}$	$2,013 \cdot 10^8$
9	$1,746 \cdot 10^{-9}$	$2,751 \cdot 10^{-2}$	$1,147 \cdot 10^8$
12	$1,525 \cdot 10^{-9}$	$2,822 \cdot 10^{-2}$	$1,057 \cdot 10^8$
15	$1,368 \cdot 10^{-9}$	$2,696 \cdot 10^{-2}$	$9,040 \cdot 10^7$
18	$1,237 \cdot 10^{-9}$	$2,843 \cdot 10^{-2}$	$1,084 \cdot 10^8$
20	$1,889 \cdot 10^{-9}$	$2,351 \cdot 10^{-2}$	$1,872 \cdot 10^8$

Результаты моделирования в Ansys



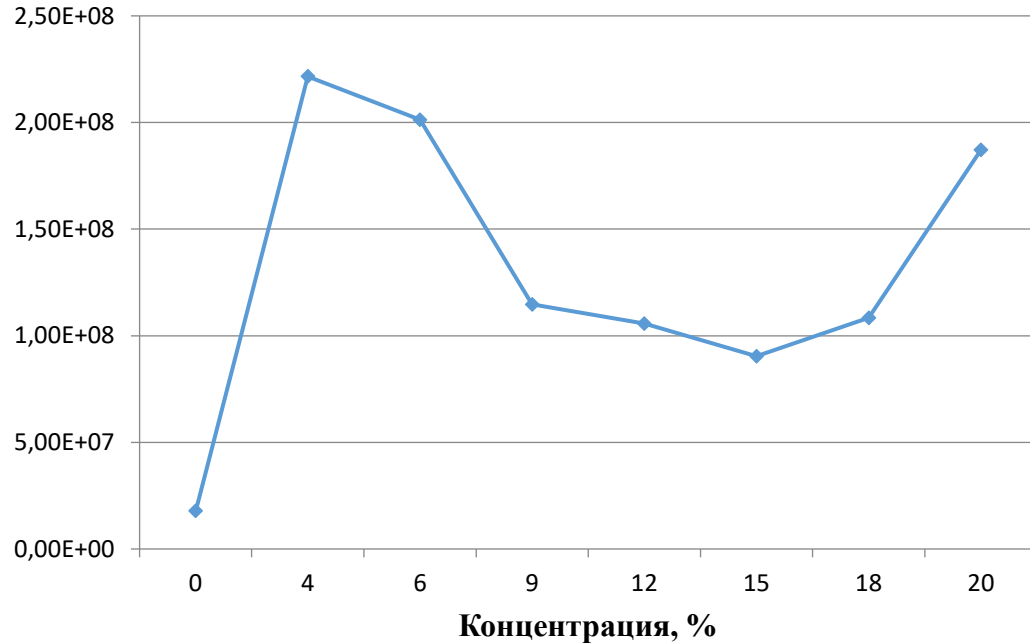
Результаты максимального перемещения



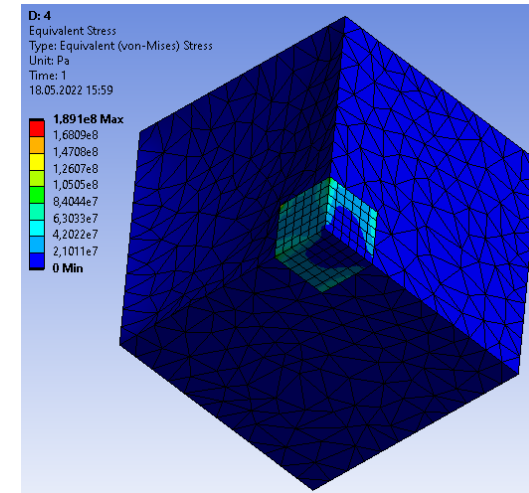
Результаты относительной деформации

Результаты моделирования в Ansys

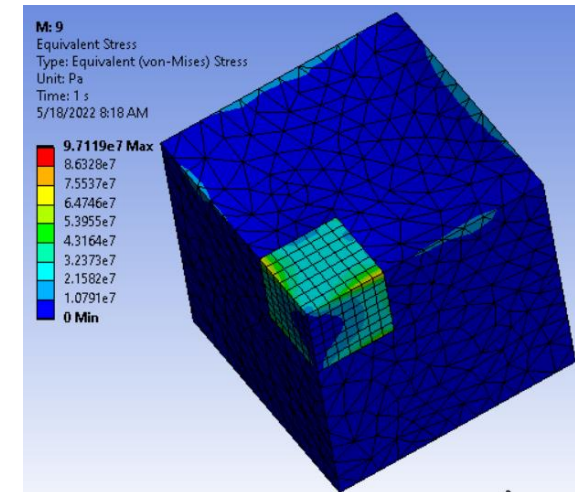
Максимальное напряжение, Н/м²



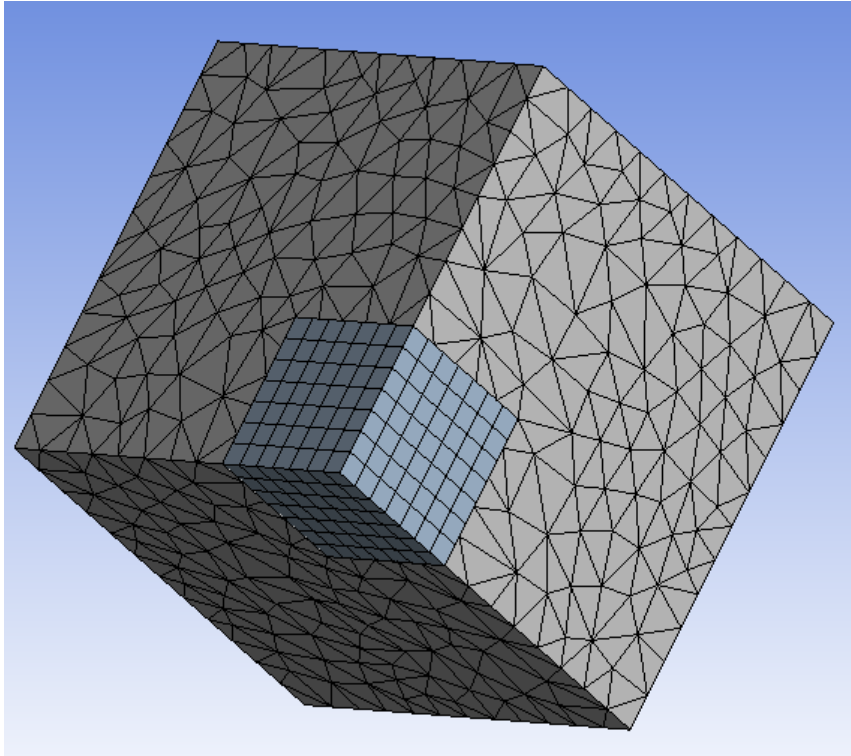
Результаты максимального напряжения



Распределения напряжения при концентрации диоксида циркония 4%



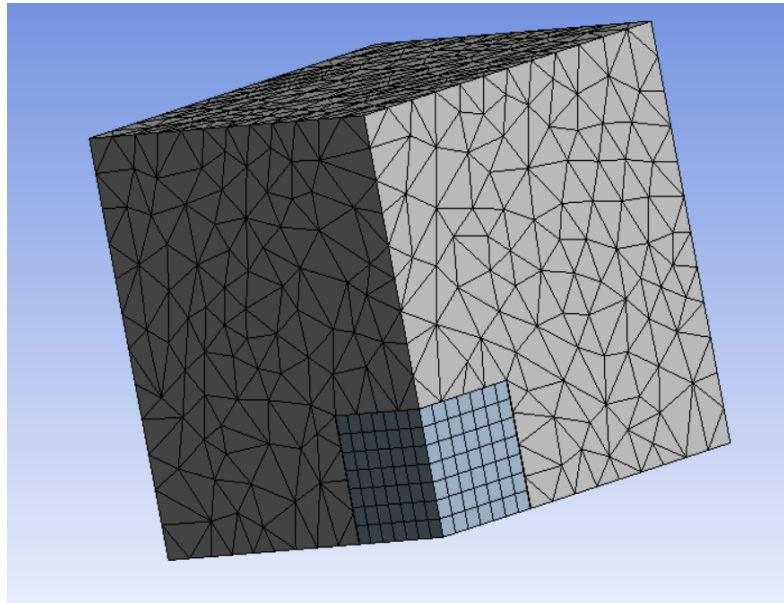
Распределения напряжения при концентрации диоксида циркония 6%

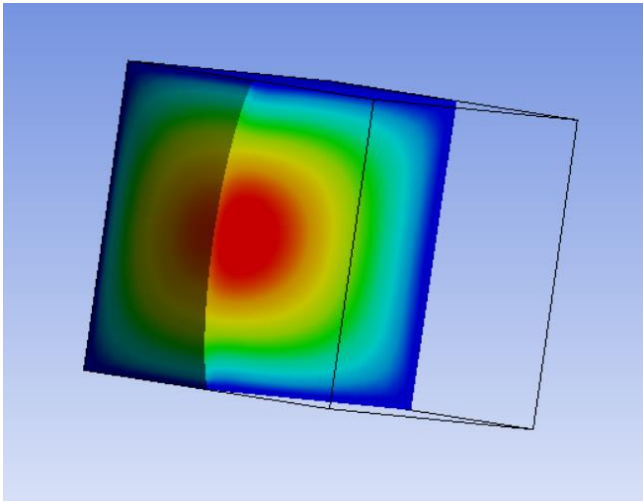


На всех 3-х графиков видно, что после 20% начинают преобладать свойства диоксида циркония, так как максимальное перемещение и напряжения в материале начинают возрастать.

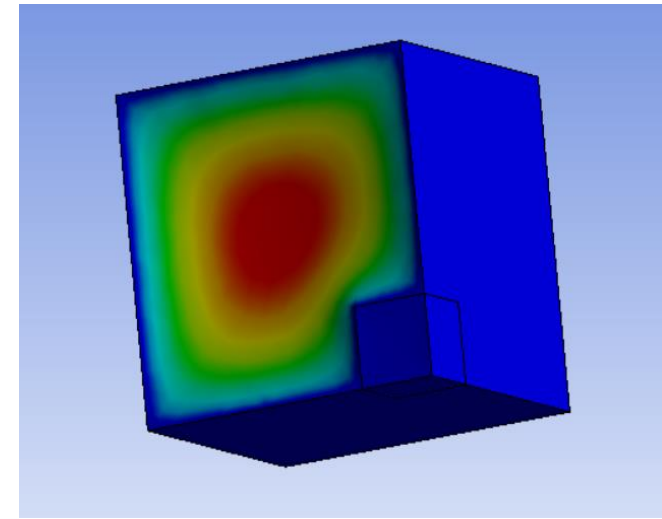
Влияние концентрации наночастиц из диоксид циркония на термомеханические свойства композита на основе ПТФЭ

Моделирование термомеханических нагрузок проводилось в программе Ansys. На каждой модели, с концентрацией диоксида циркония 0%, 4%, 12% и 20% создавалась расчетная сетка, с минимальным размером кромки 0.1 микрометр. На одну из граней модели прикладывалась термическая нагрузка 250°C и тепловой поток в 290 Ватт, а также давление величиной 12 атмосфер. Остальные грани модели фиксировались неподвижным креплением.

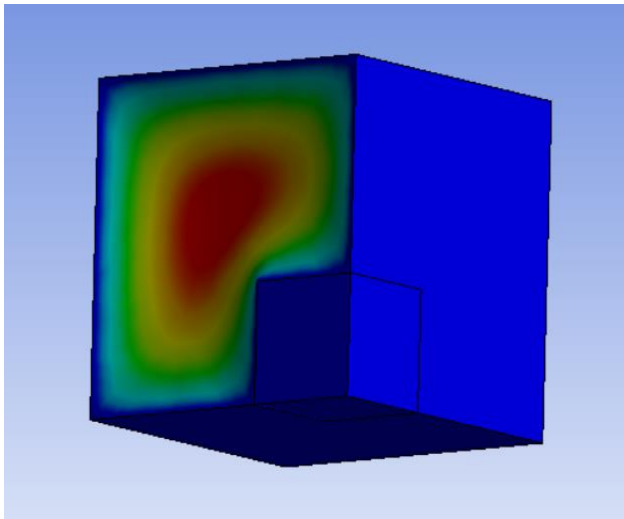




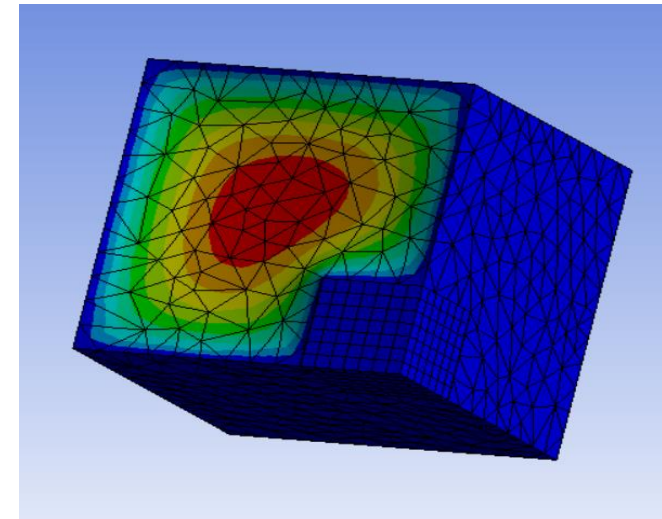
Распределение деформаций
в чистом ПТФЭ



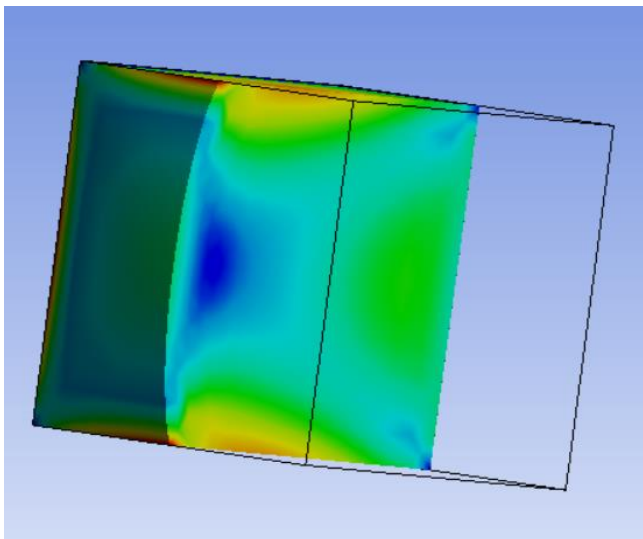
Распределении деформаций в ПТФЭ
с примесью диоксида циркония 4%



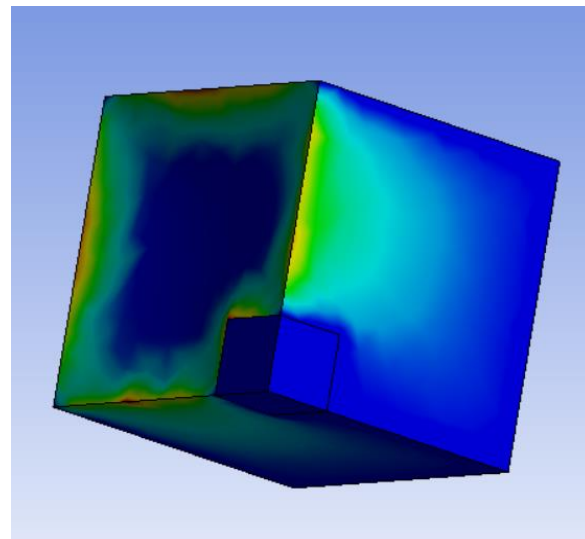
Распределении деформаций в ПТФЭ
с примесью диоксида циркония 12%



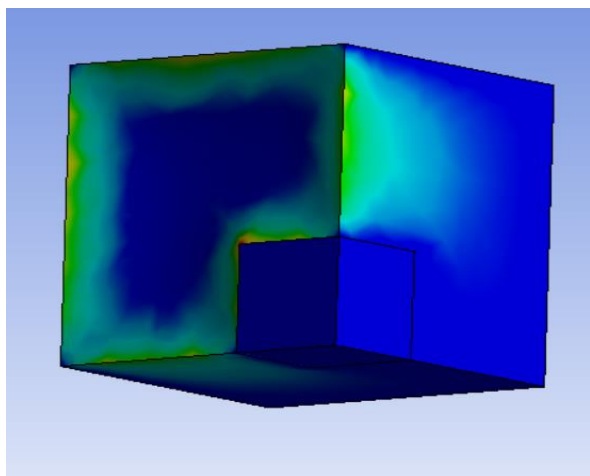
Распределении деформаций в ПТФЭ
с примесью диоксида циркония 20%



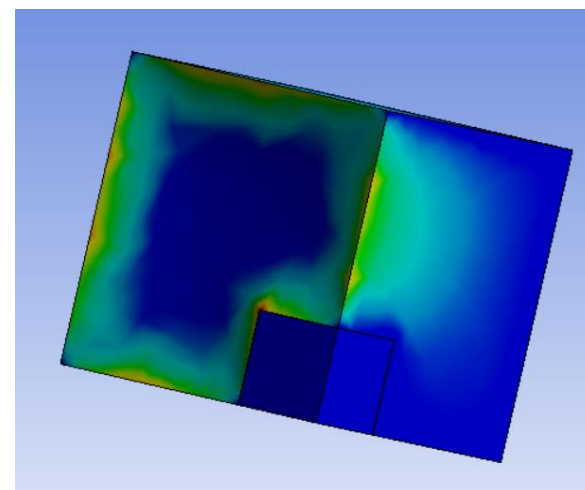
Распределении напряжений
в чистом ПТФЭ



Распределении напряжений в ПТФЭ
с примесью диоксида циркония 4%



Распределении напряжений в ПТФЭ
с примесью диоксида циркония 12%



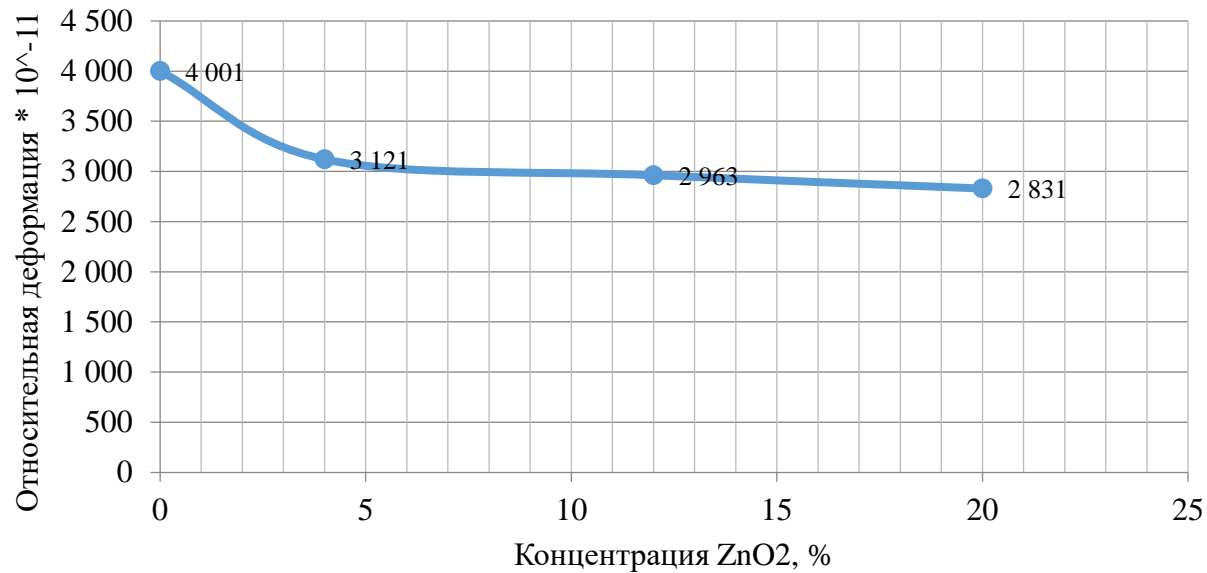
Распределении напряжений в ПТФЭ
с примесью диоксида циркония 20%

Результаты эксперимента

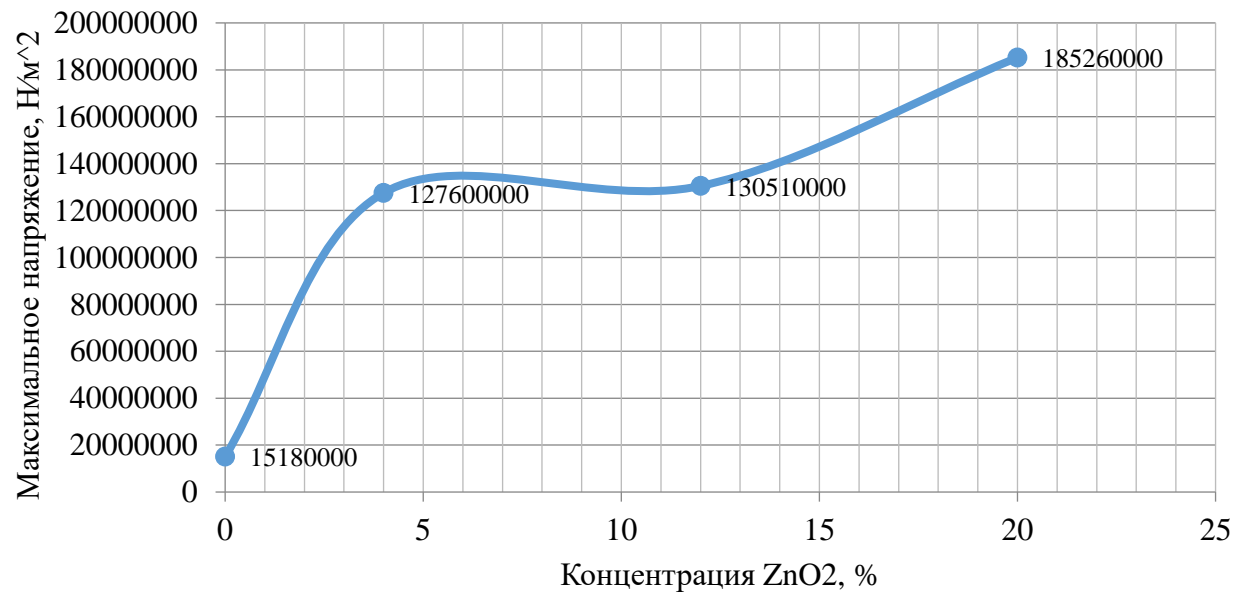
Сравнение свойств ПТФЭ модифицированного диоксидом циркония различной концентрации

Номер модели	Концентрация ZnO ₂ , %	Относительная деформация	Максимальное напряжение, Н/м ²
1	0	$4,001 * 10^{-11}$	15 180 000
2	4	$3,121 * 10^{-11}$	127 600 000
3	12	$2,963 * 10^{-11}$	130 510 000
4	20	$2,831 * 10^{-11}$	185 260 000

Относительная деформация



Максимальное напряжение



По полученным в ходе исследования графикам (которые по своим зависимостям и форме аналогичны графикам полученным при воздействии на модели только механических нагрузок), можно сделать вывод, что концентрация наночастиц диоксида циркония в композите на основе политетрафторэтилена значительно влияет на его механические свойства. Это видно по увеличивающимся напряжениям, и уменьшающимся деформациям в моделях.

При сравнении данных в таблицах четыре и пять, наблюдается, что относительная деформация в моделях на которые давление воздействует совместно с температурой заметно больше, чем в моделях, на которые воздействует только давление. Это говорит о том, что прочность композита, под воздействием температуры значительно снижается. Максимальное напряжение в нагретых моделях значительно больше чем в ненагретых.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!