

Разработка антифрикционного материала, содержащего добавки оксида графена

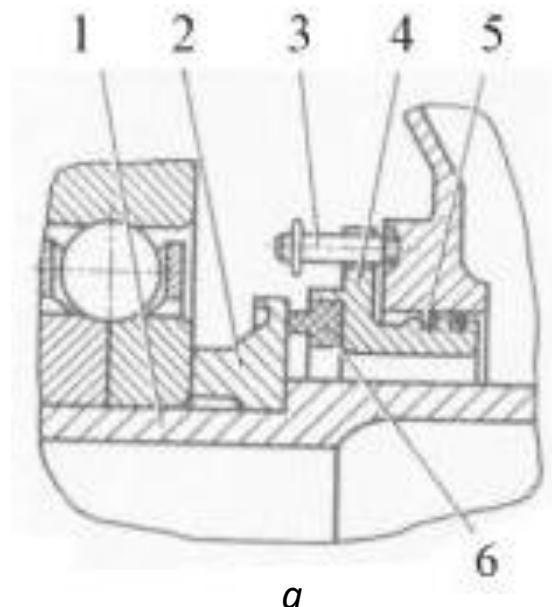
**Балабанов Р.Д., Сергеев М.М., Титов Г.А., Туголуков Е.Н.,
д.х.н. Дьячкова Т.П.**

Актуальность работы

- **Рост** объемов перевозок и производство воздушных судов в России (программа развития авиации, 2023)
- Сложности в производстве **газотурбинных двигателей** — ключевого узла летательных аппаратов
- Широкое применение **графитовых материалов** в уплотнениях авиационных двигателей
- **Остановка** производства нефтяного кокса *КНПС* в 90-х годах — ограничение сырьевой базы
- Необходимость разработки новых антифрикционных материалов на **отечественном сырье**

Цель работы

Разработка антифрикционного материала на основе графита для уплотнений авиационных двигателей.

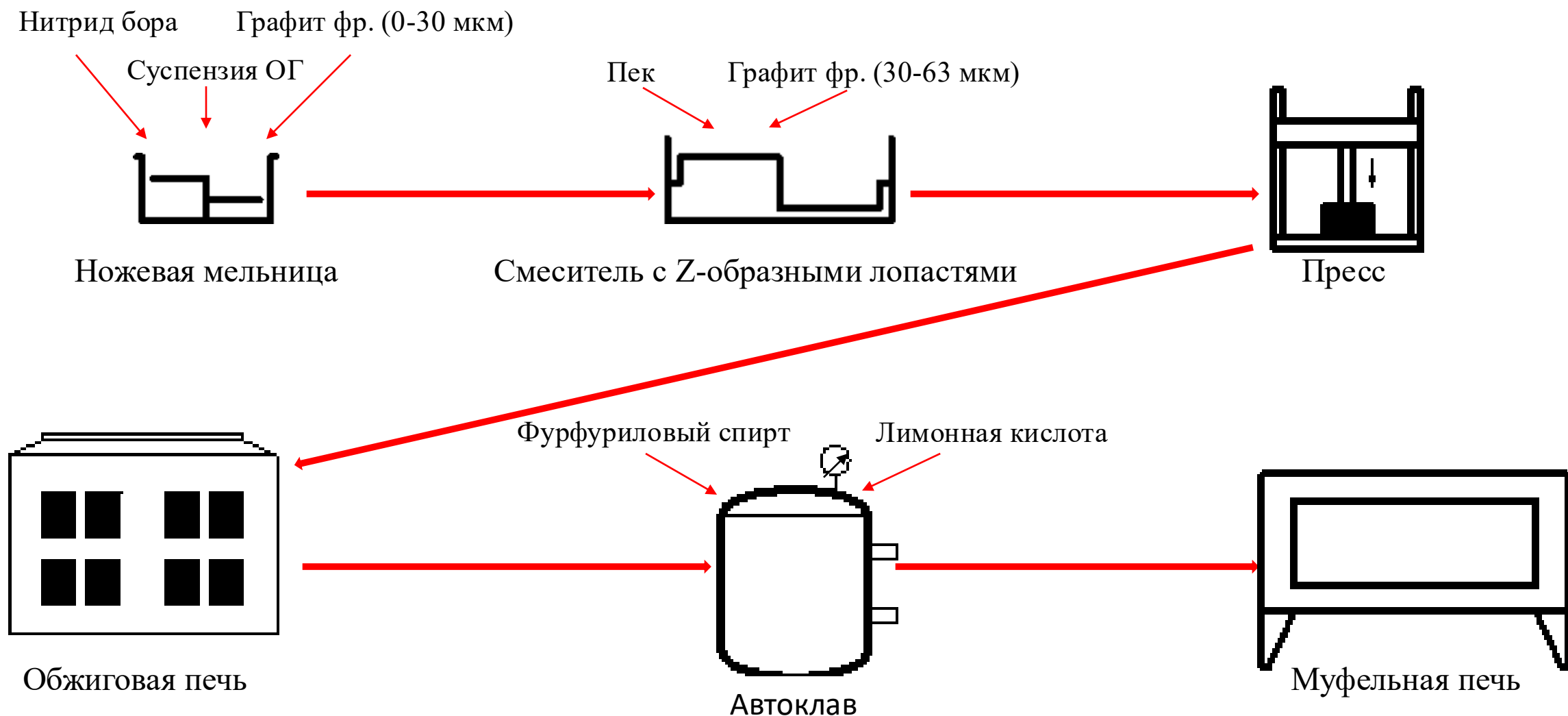


а - торцовое контактное уплотнение (1 – вал ротора; 2 – втулка уплотняющая; 3 - направляющие штифты; 4 – втулка прижимная; 5 – кольца уплотнительные; 6 – графитовое кольцо); б - Уплотнительное кольцо на основе графита

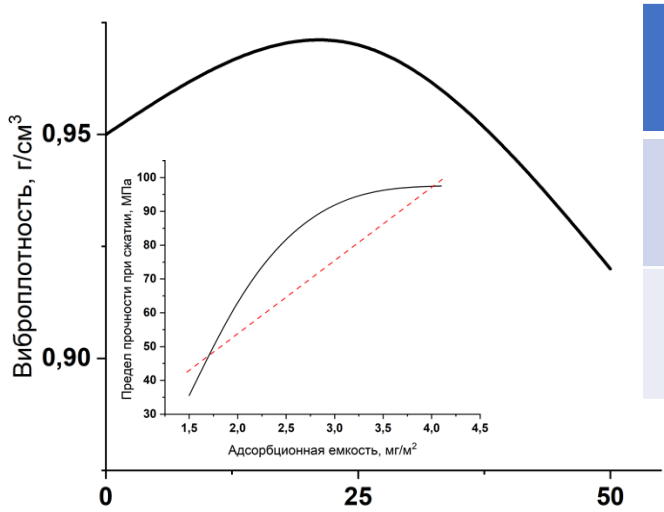
Состав материала

№	Компонент	Назначение	Примечание
1	Графитированный бой	Основной наполнитель	Продукт графитации при температуре 2400 °С
2	Нитрид бора	Улучшение смазочных свойств	ТУ 2112-003-49534204-2002
3	Высокотемпературный пек	Связующее вещество	ГОСТ 1038
4	Суспензия оксида графена (ОГ)	Повышение спекаемости и адсорбции	ООО "НаноТехЦентр" г. Тамбов
5	Фурфуроловый спирт	Импрегнат	ГОСТ Р 57243-2016
6	Лимонная кислота	Катализатор	ГОСТ 908-2004

Методика получения материала



Состав и свойства наполнителя

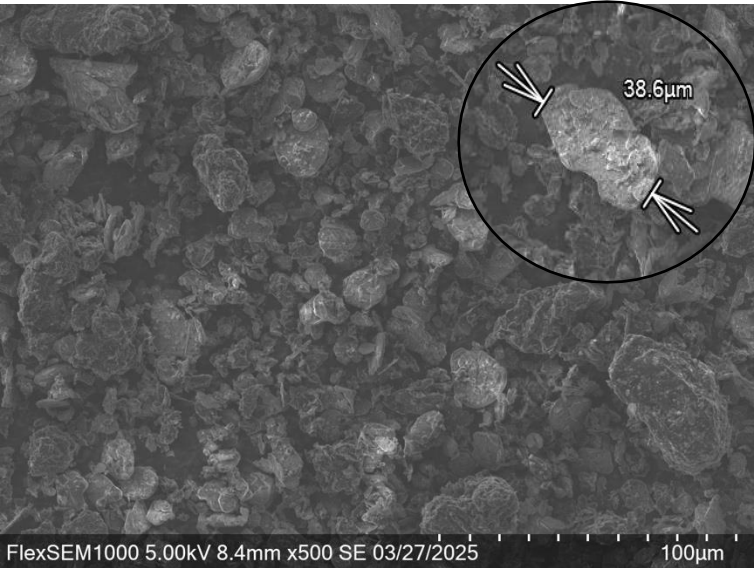


Содержание ОГ, %	0	0,5	1,2	1,64	2,8	3,66
Уд. поверх., м²/г	9,57	9,04	10,53	8,73	9,33	9,47
Адсорб. емкость, мг/м²	3,8	3,9	3,8	4,3	2,7	2,3

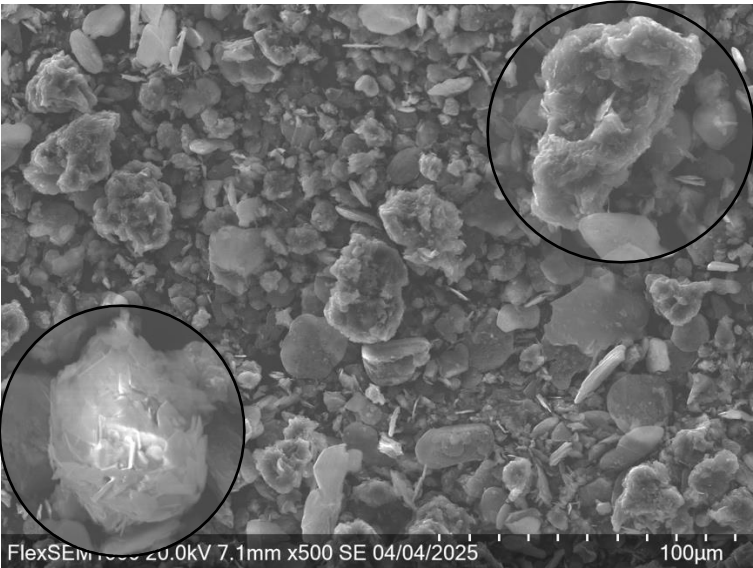
Графит: (0-30 мкм) - 25% и (-30+63 мкм) - 75%

Содержание фр. (0-30 мкм) от общего количества графита, %

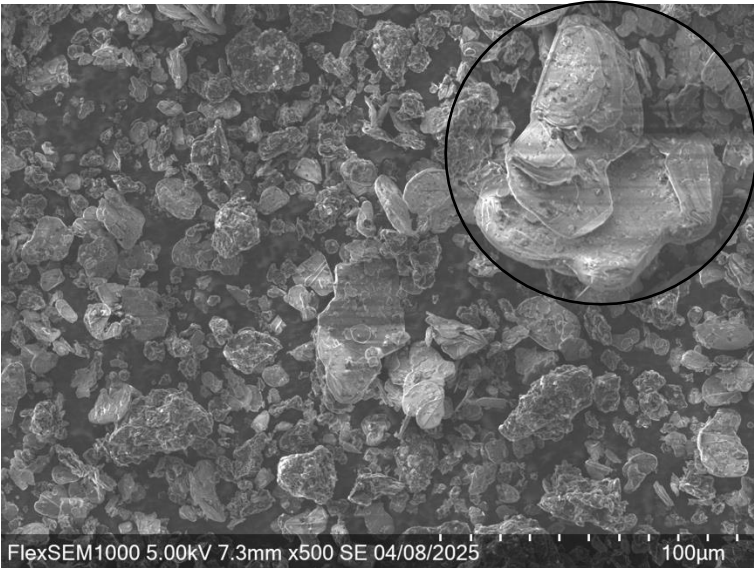
0 % ОГ



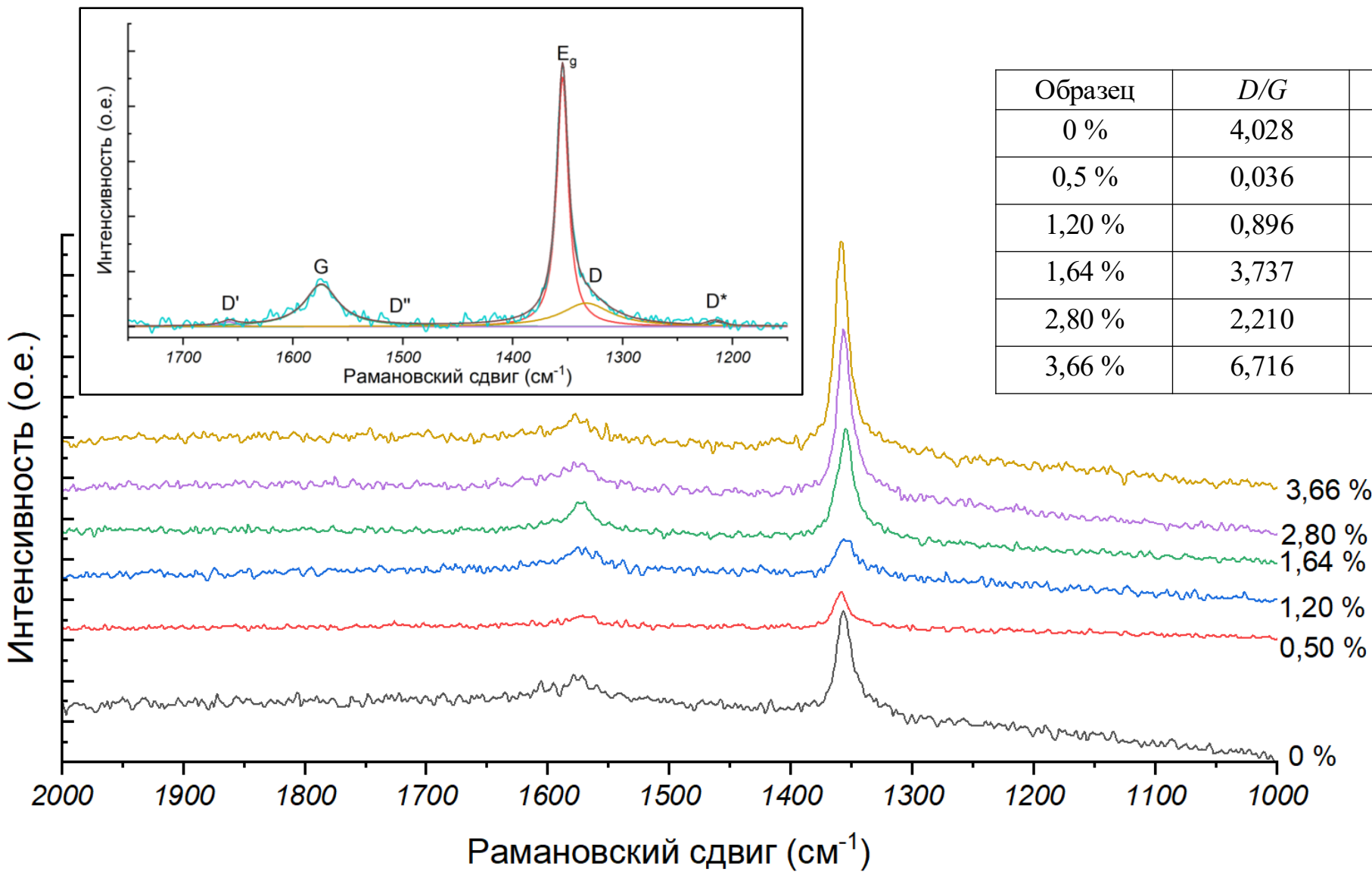
1,6 % ОГ



3,7 % ОГ

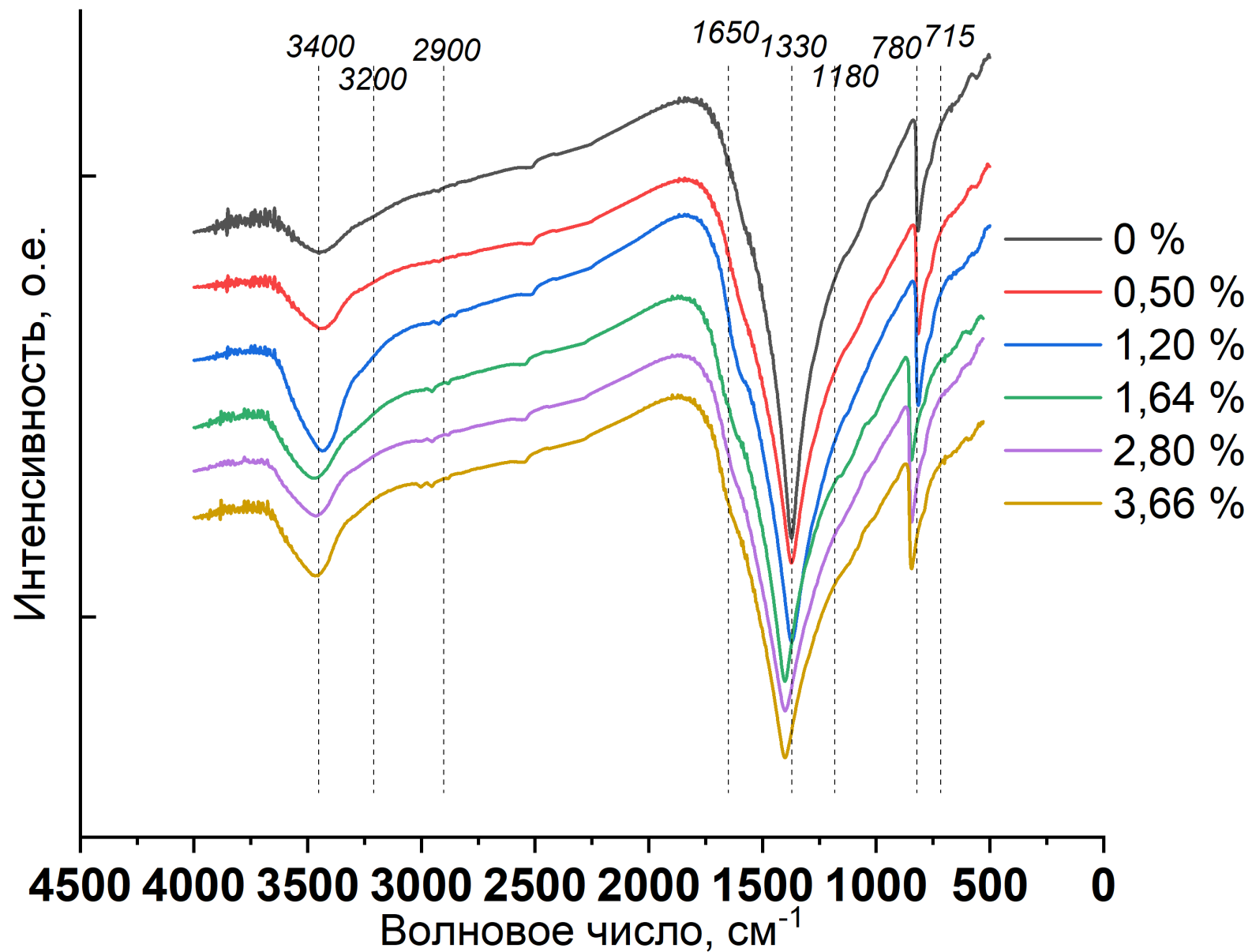


Рамановская спектроскопия

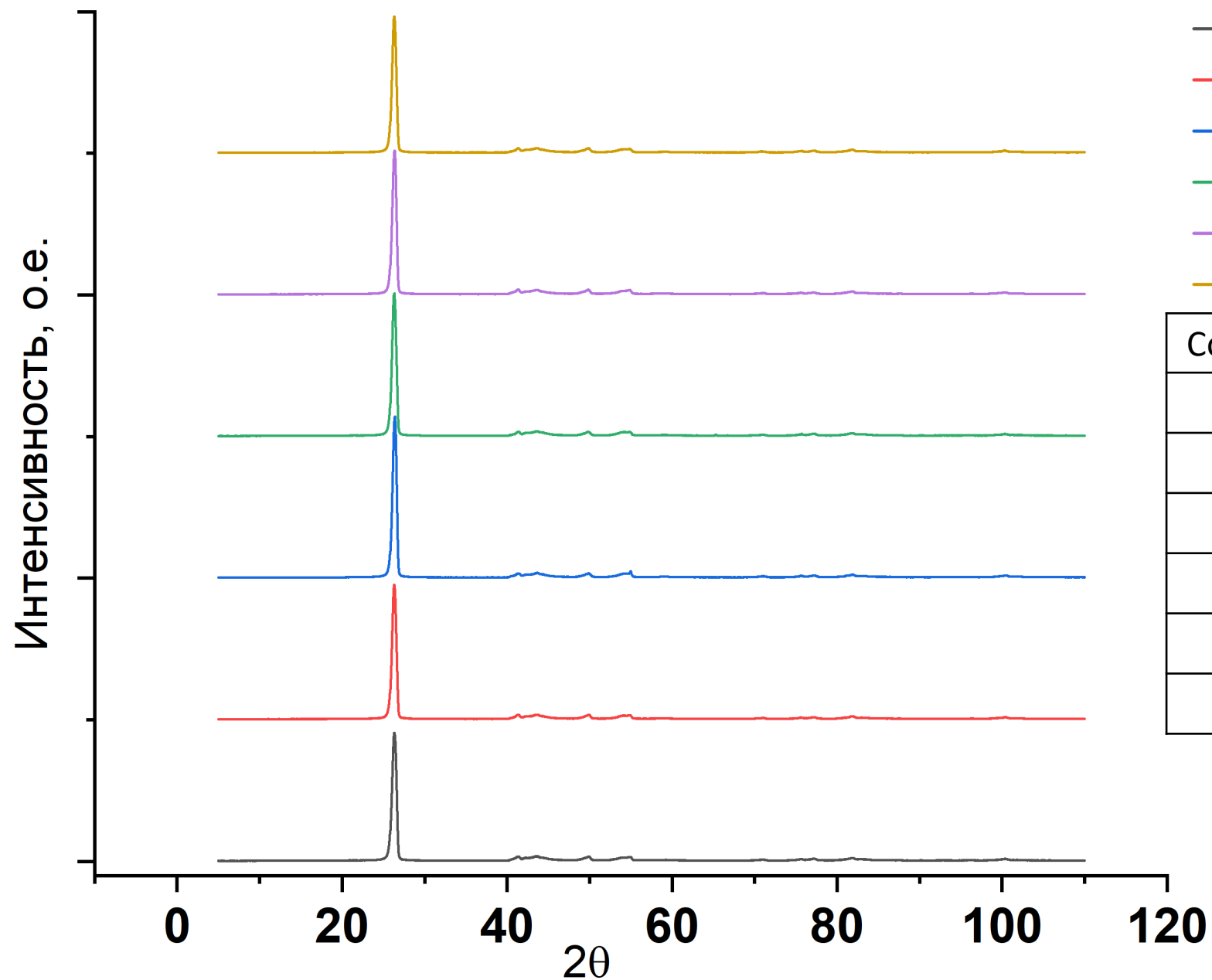


Образец	D/G	D/D'	D^*/G	D'/G
0 %	4,028	-	0,000	0,000
0,5 %	0,036	2,062	0,000	0,018
1,20 %	0,896	36,384	0,005	0,025
1,64 %	3,737	156,395	0,000	0,024
2,80 %	2,210	25,177	0,959	0,088
3,66 %	6,716	-	0,032	0,000

Инфракрасная спектроскопия



Рентгено-фазовый анализ



— 0 %
— 0,50 %
— 1,20 %
— 1,64 %
— 2,80 %
— 3,66 %

Содержание ОГ, %	Lc, нм	La, нм
0	241	216
0,50	245	279
1,20	247	253
1,64	245	234
2,80	241	209
3,66	247	231

Физико-механические характеристики

Содержание ОГ, %	0	1,64	3,66
Плотность, г/см ³	1,88	1,92	1,82
Предел прочности при сжатии,	150	175	110
Коэффициент газопроницаемости, см ² /с	$1 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-4}$

Выводы

- Разработан эффективный способ получения антифрикционного самосмазывающегося материала
- Модификация наполнителя суспензией ОГ значительно повышает адсорбционные и спекающие свойства в отношении пека
- Полученный материал обладает улучшенными физико-механическими характеристиками по сравнению с аналогами при типичных условиях эксплуатации