Название работы

Студент -
Руководитель - д.т.н., профессор Коробков А.М.

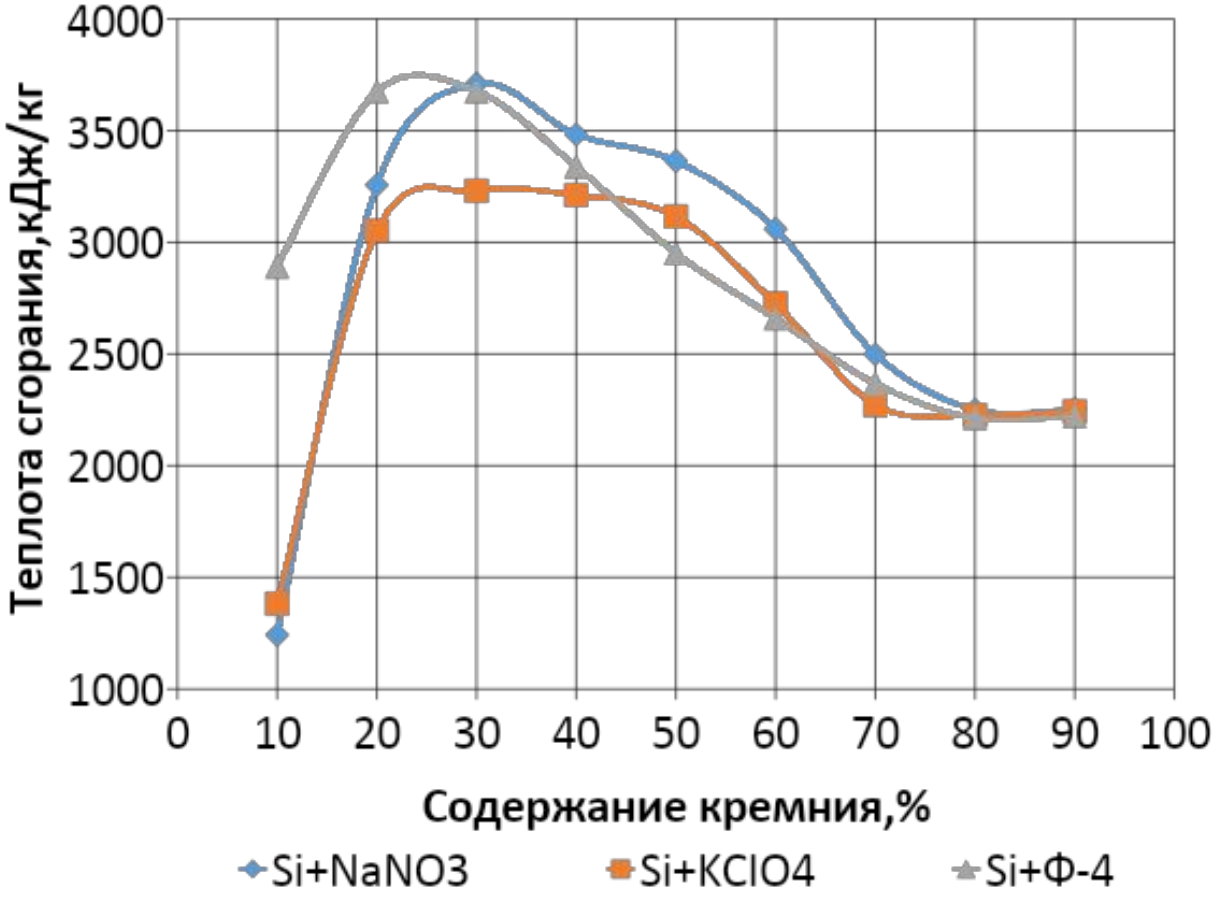
- **Объектом исследования** является пиротехнические составы на основе кремния и неорганических окислителей.
- **Цель работы:** определить возможности применения кремния как горючего в пиротехнических составах.

- Задачи:
- - Провести термодинамические расчеты составов на основе кремния;
- - Исследовать зависимость скорости горения составов в зависимости от соотношения компонентов, природы компонентов (окислителей), содержания модифицированной добавки.

Кремний как компонент пиротехнических составов

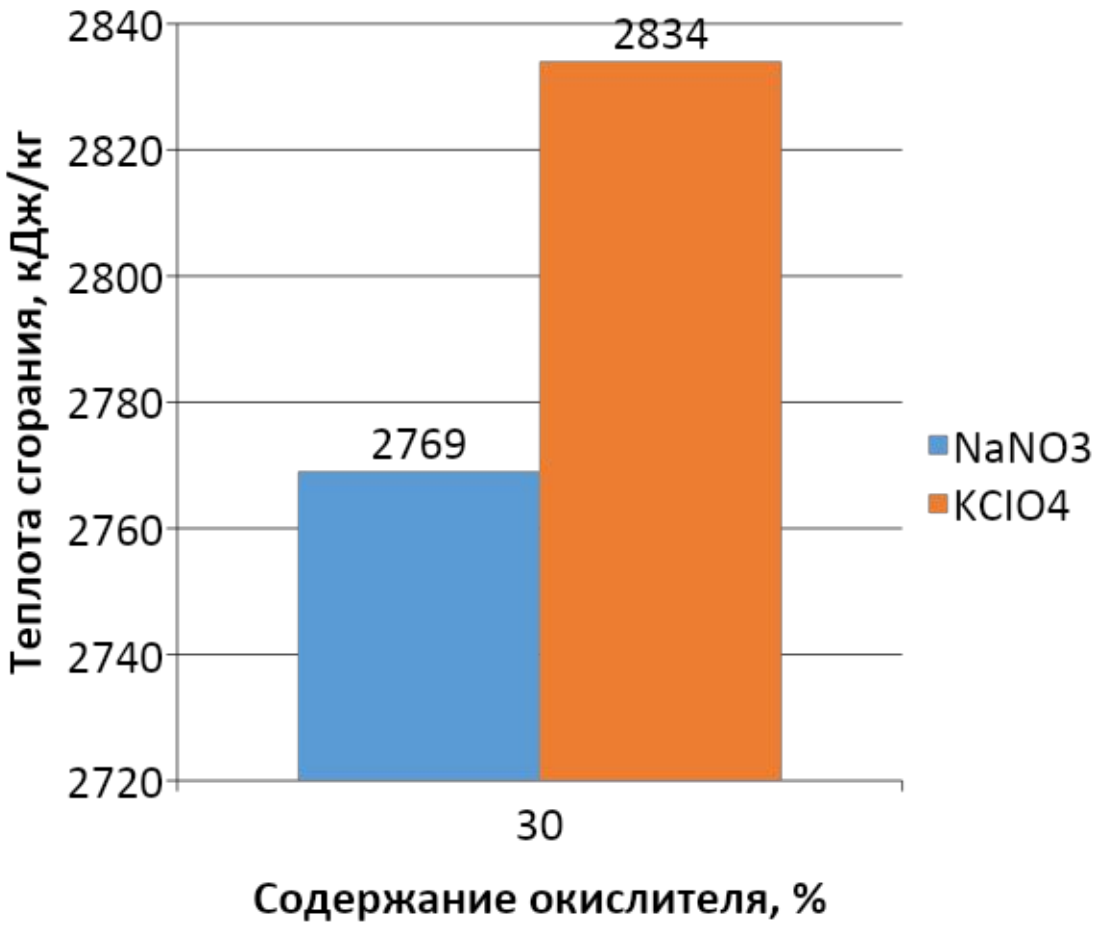
Кремний обладает свойствами, которые делают его перспективным кандидатом для использования в разного рода наноэнергетических композициях. Он имеет меньший пассивирующий слой, чем алюминий (около 1 нм, а не 3-6 нм, как у наночастиц алюминия), что существенно повышает содержание активного кремния. **Кремний** лучше сохраняет свои свойства при хранении, в процессах изготовления на его основе ЭКС. Его композиции с различными окислителями при горении развивают очень высокую температуру. Поверхность кремния легко функционализируется, что позволяет прививать к его поверхности фрагменты соединений, облегчающих совмещение наночастиц кремния с различными полимерами, гелями, пастами и др.

Выбор окислителя. Термодинамический расчет

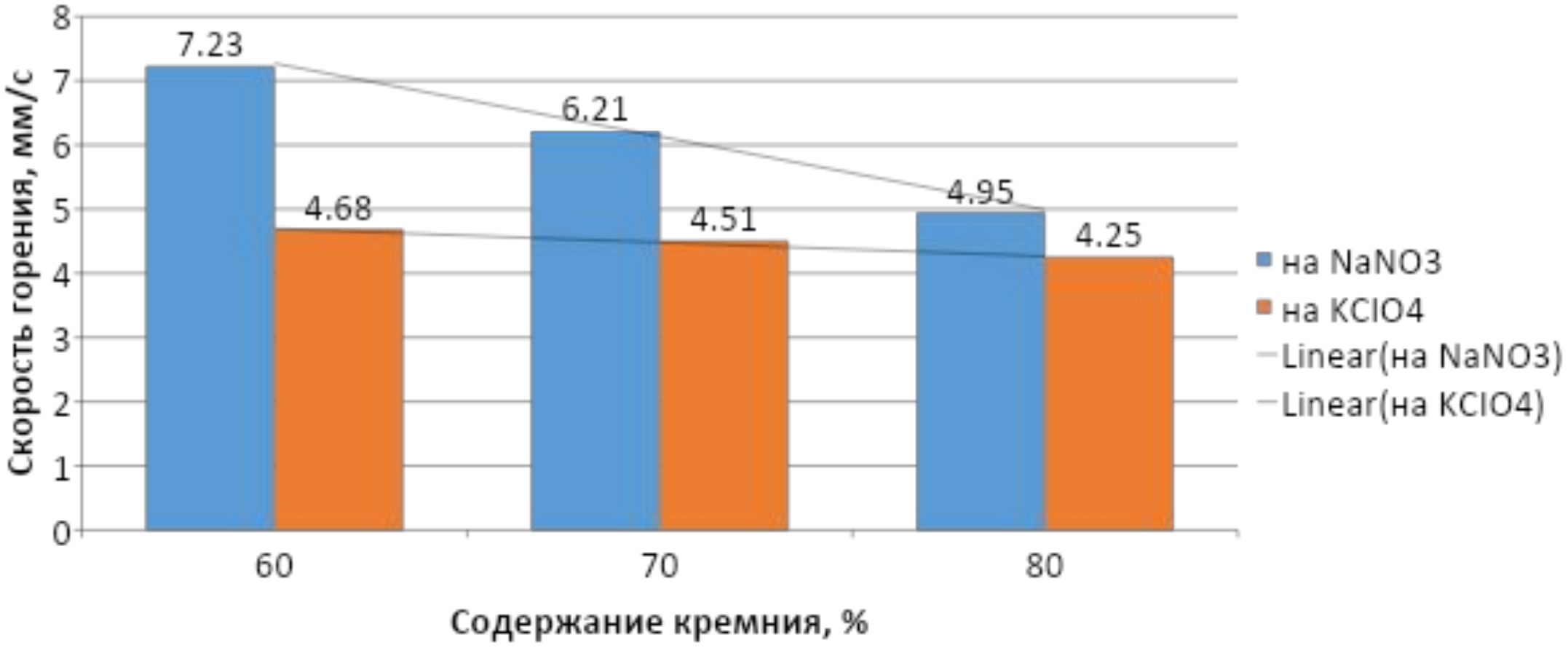


Природа окислителей, соотношение компонентов

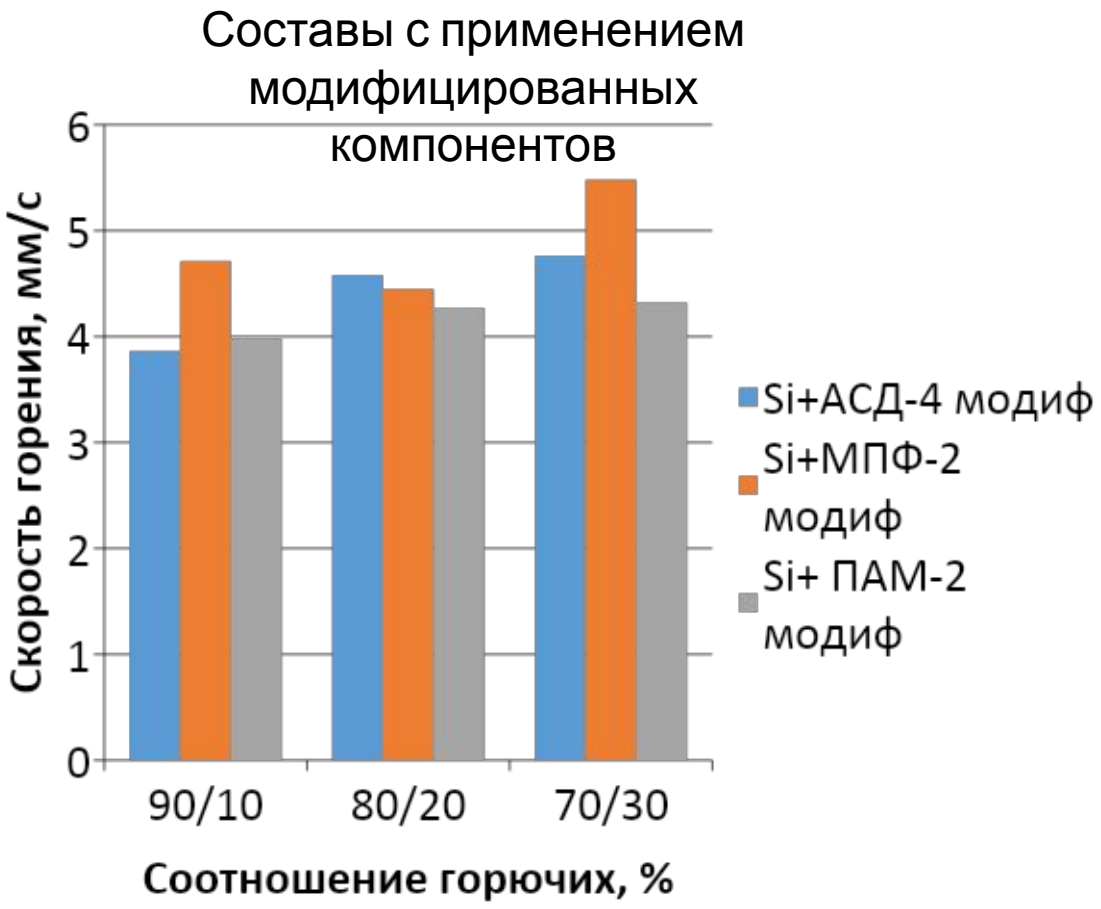
№	Состав	Массовая доля,%	Скорость горения, мм/с
1	Si $NaNO_3$ СКФ-32(сверх 100%)	70 30 2	**7,21**
2	Si $KClO_4$ СКФ-32*	70 30 2	**4,64**

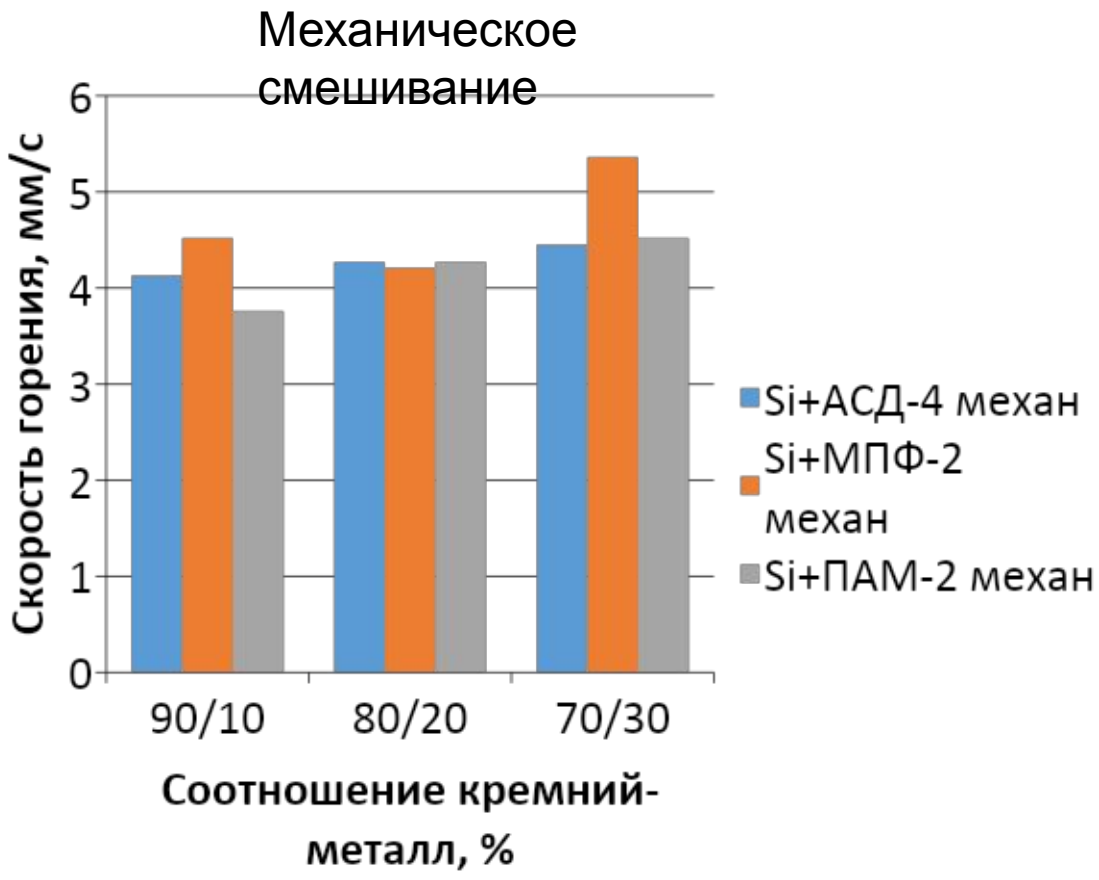


Зависимость скорости горения от содержания кремния



Исследование характеристик составов на основе модифицированных компонентов





Влияние размера частиц на параметр горения

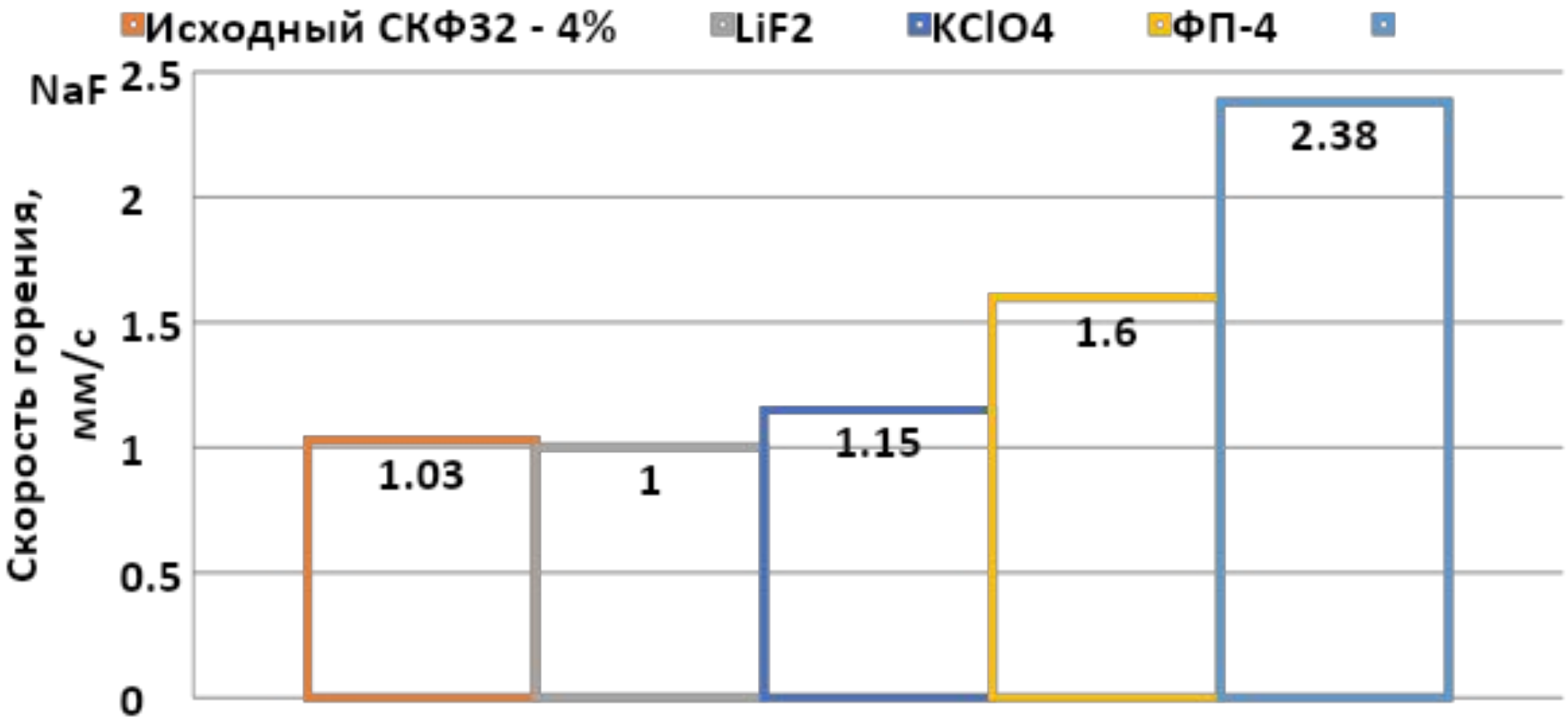
Характеристики исходного и измельченного порошка кремния

	Исходный кремний	Кремний после измельчения на вибромельнице
Удельная поверхность порошка, $см^3/г$	1338,11	4107,76
Средний размер частиц, мкм	19,24	6,27

Сравнение характеристики составов на исходном и модифицированном кремнии

№	Состав	Массовая доля,%	Время горения, с	Скорость горения, мм/с
1	Si $NaNO_3$ СКФ-32*	70 30 2	4,7	3,88
2	Si_M (кремний – 100%) $NaNO_3$ СКФ-32*	70 30 2	5,1	3,62

Влияние добавок на скорость горения составов с кремнием



Выводы

- Зависимость скорости горения от содержания кремния для составов с перхлоратом калия имеет экстремальный характер с максимумом при содержании кремния 70%, для составов с нитратом натрия – снижающийся характер при содержании кремния свыше 70%.
- Для кремнийсодержащих составов с 70% содержанием горючего, при переходе с перхлората калия к нитрату натрия скорость горения увеличивается в 1,01 – 1,3, с 4,66 до 7,17 мм/с.
- Применение фторсодержащих добавок для кремнийсодержащих составов позволяет регулировать скорость и изменять характер горения. Наиболее эффективной добавкой для увеличения скорости горения является NaF, введение её в количестве 2% в состав (Si-55%, $KClO_4$-41%, СКФ-32 – 4%) за счет СКФ-32 приводит к увеличению скорости горения пиротехнического элемента 2,1-2,3 раза (с 1,03мм/с для состава без добавки до 2,28мм/с для состава с NaF).