

Рисунок 2 – Графическая зависимость шага зубьев от температуры

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что важнейшие геометрические характеристики зубчатых колес, изготовленных из ABS Plus-пластика методом аддитивных технологий, при статическом нагреве сохраняют стабильность до температуры 110 °С, после чего начинается быстрое нарастание деформаций. Эти данные позволяют точнее определить возможности применения зубчатых колес из указанного материала в проектируемых механизмах.

Разработаны математические модели изменения диаметров окружностей вершин и впадин, а также шага зубьев от температуры нагрева зубчатых колес, изготовленных из ABS Plus-пластика методом аддитивных технологий.

#### Список использованных источников

1. Кэнесс, Э. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития / Э. Кэнесс, К. Фонда, М. Дзеннаро. – Москва, 2013. – 192 с.
2. Lipson, H., Kurman, N. (2013), *Fabricated: The New World of 3D Printing*, Wiley, 280 с.
3. Григорьев, Ю. Д. Методы оптимального планирования эксперимента / Ю. Д. Григорьев. – Санкт-Петербург, 2015. – 320 с.

УДК 677.077.625.22

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИСЛОТОСТОЙКИХ, ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ВЕРХА СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ

*Ольшанский В.И., к.т.н., проф., Крюк А.Е., маг.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрена классификация верха специальной защитной одежды стойкой к воздействию кислот и щелочей. Описаны экспериментальные исследования кислотостойких, теплофизических и физико-механических свойств материалов верха специальной защитной одежды.

Ключевые слова: кислотостойкость, разрывная нагрузка, кислотозащитная спецодежда, кислотонепроницаемость, коэффициент теплопроводности, моделирование растяжения.

Спецодежда представляет собой частичный или полный барьер между человеком и различными вредными факторами окружающей среды, именно поэтому её проектирование

– сложная задача. Спецодежда должна выполнять защитную функцию, и не вызывать нарушение функций организма. Существуют различные виды специальной одежды, к которым предъявляют конкретные требования в соответствии с условиями эксплуатации. Для изготовления кислотозащитной спецодежды используют текстильные материалы из химических, смешанных (химических и натуральных) волокон (нитей), натуральных волокон с кислотоотталкивающими пропитками. Материалы для кислотозащитной спецодежды не должны разрушаться, впитывать и пропускать кислоту на изнаночную сторону.

Согласно ГОСТ 12.4.103-83 материалы верха специальной защитной одежды классифицируются следующим образом:

- 3 класс – для защиты от кислот концентрации выше 80 % (по серной кислоте);
- 2 класс – для защиты от кислот концентрации от 50 % до 80 % (по серной кислоте);
- 1 класс – для защиты от кислот концентрации до 20 % (по серной кислоте);

Таблица 1 – Значения показателей разрывной нагрузки для различных классов защитной одежды

Наименование свойства	Класс	Значение показателя, Н, не менее
Разрывная нагрузка	3	590
	2	350
	1	90

Согласно ГОСТ 12.4.243-2013 материалы защитной одежды стойкие к химическому воздействию подразделяются по длительности применения: на многоразовую, краткосрочного и однократного применения.

Согласно ГОСТ 12.4.101-93 материалы для ограничения от токсичных веществ классифицируют по следующим признакам:

- для ограниченной защиты от концентрированных жидких токсичных веществ;
- для ограниченной защиты от механического контактного загрязнения остатками жидких токсичных веществ, находящихся на поверхности машин, оборудования, растений;
- для ограниченной защиты от разбавленных рабочих форм токсичных веществ.

Согласно ГОСТ 12.4.251-2013 для определения кислотонепроницаемости вырезают три элементарные пробы размерами 100x100 мм. Элементарные пробы помещают на стекло и наносят на них по 10 капель раствора серной кислоты. Элементарные пробы с нанесенными на них каплями накрывают чашкой Петри и оставляют на 6 ч. Материал считается кислотонепроницаемым, если все 30 капель, нанесенные на элементарные пробы, остались на поверхности, не впитываясь в материал в течение 6 ч, и не были обнаружены на фильтровальной индикаторной бумаге. Допускается проводить оценку кислотонепроницаемости после 3 ч воздействия раствора кислоты.

Таблица 2 – Результаты испытания на кислотонепроницаемость образца материала

Концентрация кислоты	Время испытания	
	3 ч	6 ч
90 %	Изменение цвета материала в месте контакта с кислотой, впитывание кислоты не наблюдается	Изменение цвета материала, все 30 капель остались на поверхности и не впитались в материал
30 %	Впитывание кислоты не наблюдается	Незначительное изменение цвета материала в месте контакта с кислотой, все 30 капель остались на поверхности и не впитались в материал

Кислотостойкость материала оценивают потерей прочности от воздействия кислоты, которая должна быть не менее 15 %.

Пробы помещают в кислотостойкую ванночку с серной кислотой соответствующей концентрации и выдерживают в течение 1 ч. По истечении 1 ч пробы промывают водой и высушивают. Затем определяют разрывную нагрузку проб материала до и после воздействия раствора серной кислоты.

Таблица 3 – Результаты испытания на кислотонепроницаемость образца материала

Испытание	Разрывная нагрузка, кН					
	Без кислоты		30 % кислота		90 % кислота	
	Основа	Уток	Основа	Уток	Основа	Уток
1	1,658	0,942	1,54	1,111	0,998	0,226
2	1,465	0,91	1,461	1,041	0,978	0,221
3	1,617	0,939	1,517	1,025	0,998	0,247
4	1,557	0,932	1,624	1,115	0,957	0,233
5	1,629	0,907	1,531	1,178	0,962	0,217
Среднее	1,585	0,926	1,535	1,094	0,979	0,229
Потеря прочности			3 %	–	38 %	75 %
Увеличение прочности			–	18 %	–	–

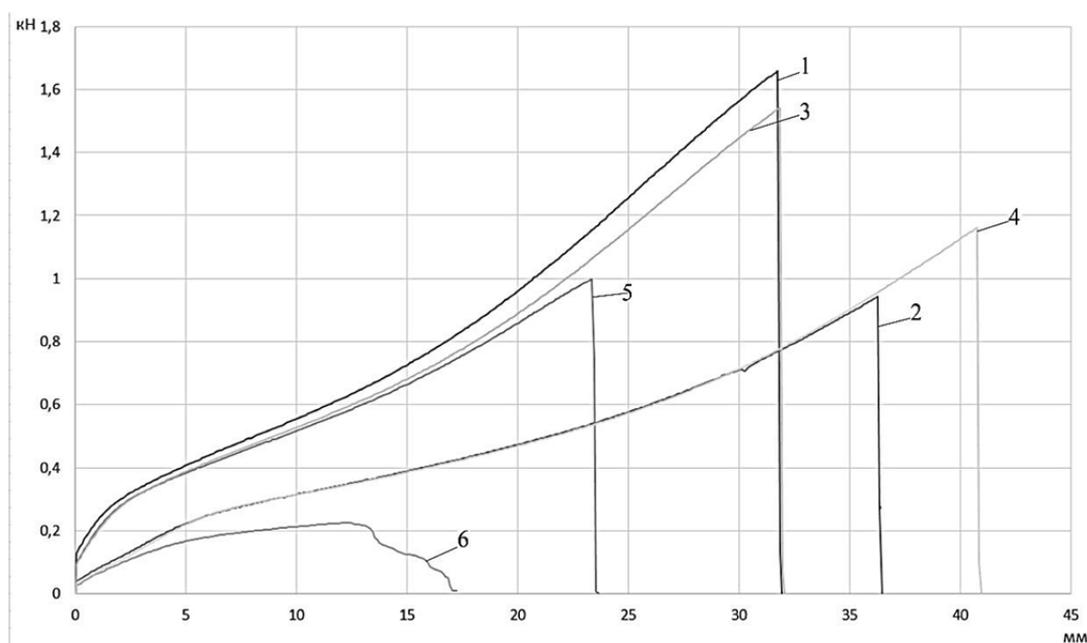


Рисунок 1 – Типовые кривые разрыва материала обработанного кислотами различной концентрации

На рисунке 1 представлены 1 – кривая разрыва материала по основе, не обработанного кислотой, 2 – кривая разрыва материала по утку, не обработанного кислотой, 3 – Кривая разрыва материала по основе обработанного 30 % кислотой, 4 – кривая разрыва материала по утку, обработанного 30 % кислотой, 5 – кривая разрыва материала по основе, обработанного 90 % кислотой, 6 – кривая разрыва материала по утку, обработанного 90 % кислотой.

Исследование коэффициента теплопроводности. Исследуемому материалу придается форма относительно тонкой квадратной пластины, температурный перепад создается за счет теплового электронагревательный элемента (ТЭН) помещенного в теплоизолированную камеру для обеспечения одномерного постоянного теплового потока. Мощность теплового потока  $Q$  (Вт) равна значению мощности, затрачиваемой на нагревание ТЭН, и измеряется непосредственно ваттметром.

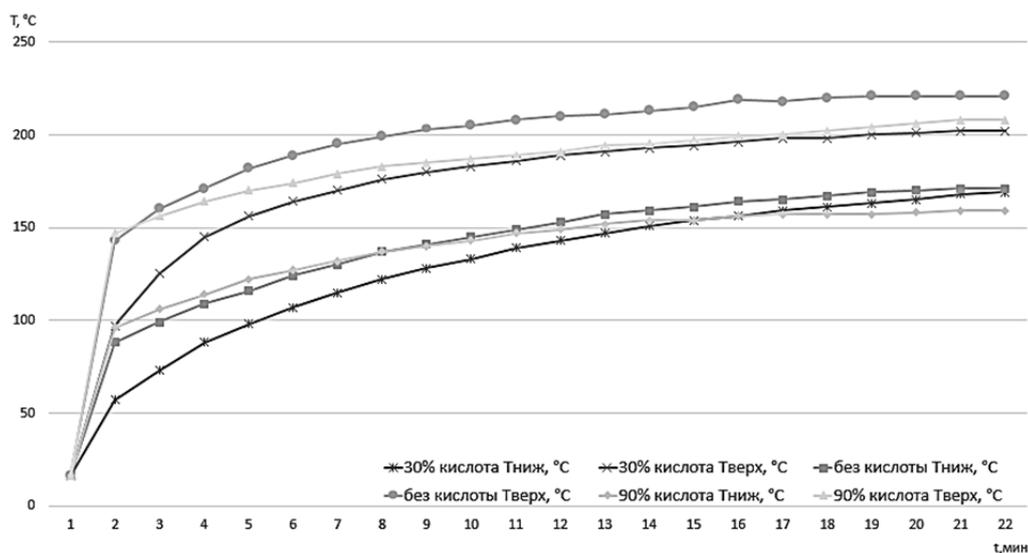


Рисунок 2 – Процесс нагревания поверхностей образцов

Таблица 4 – Усредненные значения коэффициентов теплопроводности

Образцы материалов	Коэффициент формы К, м <sup>2</sup>	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м*К)
Не обработанный кислотой	0,047	0,188
Обработанный 30 % кислотой	0,048	0,285
Обработанный 90 % кислотой	0,053	0,216

При моделировании растяжения материалов не учитывались материалы, обработанные 90 % кислотой, из-за слишком большой потери в прочности. Все кривые имеют вид полинома, следовательно, зависимость удлинения от нагрузки имеет вид:  $Y(x) = a_1 \times x^2 + a_2 \times x + a_3$ .

При обработке 30 % кислотой образцов по утку увеличилась разрывная нагрузка. Возможно, это произошло из-за увеличения пластичности материала, т. к. относительное удлинение также увеличилось по сравнению с образцами, не обработанными кислотами. Также был рассчитан коэффициент теплопроводности для материалов, обработанных и не обработанных кислотами, как видно из таблицы 4, при обработке материала кислотами его коэффициент теплопроводности увеличивается. Хотя при использовании 90 % кислоты коэффициент теплопроводности меньше чем при использовании 30 % кислоты, происходит это, потому что 90 % кислота сильнее разрушает основу ткани и скапливается, внутри увеличивая ее толщину и влияя на теплопроводность.

#### Список использованных источников

- ГОСТ 27652-88 «Костюмы мужские для защиты от кислот. Технические условия». – Москва: Издательство стандартов, 1988. – 17с.
- ГОСТ 12.4.251-2013 «Одежда специальная для защиты от кислот». – Москва: Стандартинформ, 2014. – 15 с.
- ГОСТ 12.4.101-93. «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для ограниченной защиты от токсичных веществ. Общие технические требования и методы испытаний». – Введ. 1993. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 18 с.