

Влажная уборка

Выполнили:

Аленович Анастасия Александровна (11А),
Мартинкевич Илья Валерьевич (11А)

Научный руководитель:

Матюк Анатолий Эдуардович, учитель физики СШ №1 г. Лиды

Оглавление

Введение.....	2
Основная часть	3
Хлопчатобумажный сатин	4
Хлопчатобумажный джинс	5
Льняная ткань.....	6
Искусственный шелк.....	7
Искусственный атлас.....	8
Искусственный штапель	9
Синтетический креп-атлас	10
Синтетический нейлон	11
Синтетический кримплен.....	12
Шерсть с лавсаном.....	13
Заключение	15
Литература	15
Приложение	16

Введение

Расправленную мокрую тряпку трудно тащить по полу. Проанализируйте, от чего зависит сила сопротивления при движении тряпки.

Если жидкость, которая смачивает тряпку, также смачивает и поверхность пола, на которой находится тряпка, то за счет сил поверхностного натяжения под вогнутыми поверхностями жидкости в капиллярах ткани давление в жидкости становится меньше атмосферного и тряпка будет «прилипнуть» к полу. При движении этой тряпки по полу возникнет сила сопротивления $F_{сопр}$ (рис.1), равная:

$$F_{сопр} = \mu N + \mu \Delta p S, \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения, N – сила реакции опоры, Δp – лапласово давление, S – площадь соприкасающихся поверхностей.

Лапласово давление возникает в результате действия сил поверхностного натяжения в капиллярах ткани и рассчитывается по формуле:

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{r}, \quad (2)$$



Рис. 1 Возникновение силы сопротивления при движении мокрой тряпки по полу

где σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, r – радиус капилляра.

Подставляя выражение (2) в (1), получаем:

$$F_{\text{сопр}} = \mu N + \mu \frac{2\sigma}{r} S. \quad (3)$$

Из выражения (3) следует, что сила сопротивления, действующая на мокрую тряпку, при ее движении по полу зависит от коэффициента трения, который в свою очередь зависит от рода соприкасающихся поверхностей и степени их обработки, силы реакции опоры, равной в данном случае весу мокрой тряпки, коэффициента поверхностного натяжения жидкости, зависящий от рода жидкости, ее температуры и наличия примесей, радиуса капилляров ткани, которые зависят от вида ткани, а также от площади соприкасающихся поверхностей.

Следует заметить, что первое слагаемое в выражении (3) намного меньше второго слагаемого, так как сила реакции опоры мала по сравнению с силами поверхностного натяжения, прижимающих тряпку к полу, и этим слагаемым можно пренебречь.

Основная часть

При проведении эксперимента были взяты различные виды тканей: натуральные (хлопчатобумажный сатин, хлопчатобумажный джинс, льняная ткань), искусственные (искусственный шелк, искусственный атлас, искусственный штапель), синтетические (синтетический креп-атлас, синтетический нейлон, синтетический кримплен), смешанные ткани (шерсть с лавсаном).

Все экземпляры тканей были одинаковой площади: $S = 200 \text{ см}^2$ (шириной 5 см и длиной 40 см). Ткань смачивали сначала водой, затем мыльным раствором, расправляли по полу, прикрепляли динамометр и тянули равномерно в горизонтальном направлении. При этом динамометр показывал значение силы сопротивления, действующей на ткань со стороны пола при движении (смотрите в приложении рис. 2 – 7).

Мы исследовали зависимость силы сопротивления от вида ткани, от рода жидкости, которая смачивает ткань (вода и мыльный раствор), а также от площади соприкосновения ткани с полом при неизменной массе смоченной ткани. Для этого мы складывали ткань вдвое (вчетверо и в восемь слоев), уменьшая при этом площадь соприкосновения также вдвое (вчетверо и в восемь раз).

Исследования проводили на двух разных поверхностях: деревянном лакированном полу и керамической плитке.

При этом для каждой ткани мы находили силу сопротивления, как для лицевой стороны, так и для изнаночной.

Результаты исследований приведены ниже в таблицах и на графиках.

Таблица 1. Хлопчатобумажный сатин

Площадь сопри- коснове- ния S , см^2	Сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$, Н							
	Лакированный деревянный пол				Керамическая плитка			
	Лицевая сторона		Изнаночная сто- рона		Лицевая сторона		Изнаночная сто- рона	
	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор
200	3,5	3,2	3,6	3,4	3,0	2,8	3,5	3,2
100	1,8	1,5	2,3	1,8	2,0	1,5	2,3	1,6
50	0,7	0,65	1,1	0,9	1,2	0,7	1,5	0,9
25	0,4	0,35	0,5	0,4	0,5	0,4	0,7	0,4



График 1.1. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения хлопчатобумажного сатина с лакированным полом

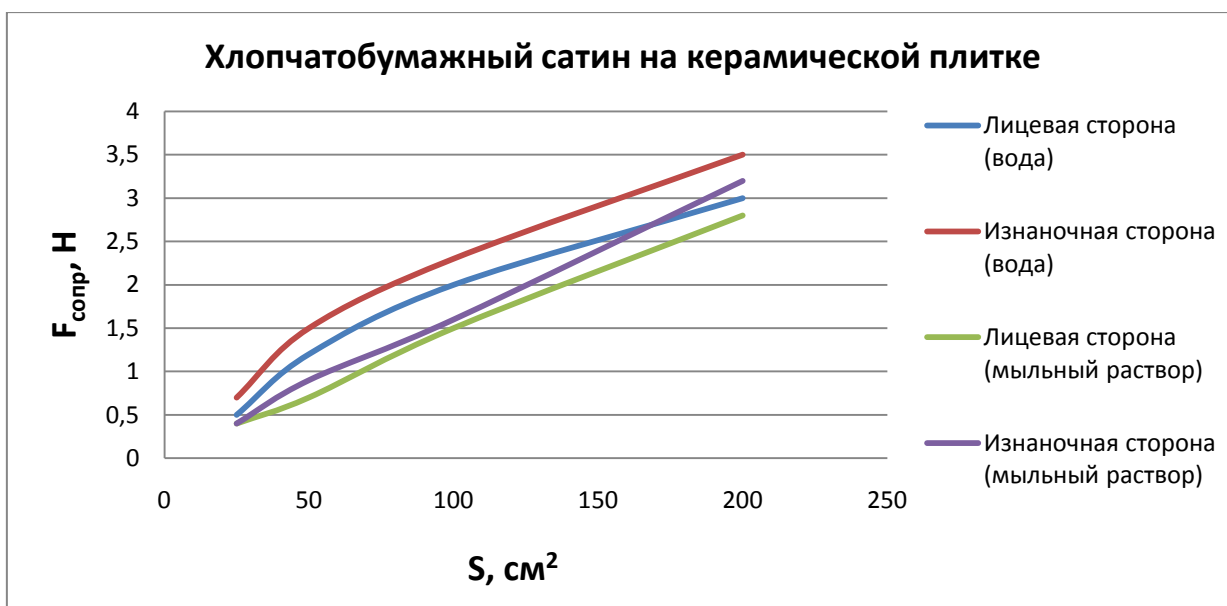


График 1.2. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения хлопчатобумажного сатина с керамической плиткой

Таблица 2. Хлопчатобумажный джинс

Площадь соприкосновения S , см^2	Сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$, Н							
	Лакированный деревянный пол				Керамическая плитка			
	Лицевая сторона		Изнаночная сторона		Лицевая сторона		Изнаночная сторона	
	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор
200	0,5	0,4	1,8	1,6	0,3	0,2	1,6	1,4
100	0,25	0,2	1,1	0,9	0,2	0,15	0,9	0,7
50	0,15	0,1	0,5	0,4	0,15	0,1	0,5	0,4
25	0,1	0,05	0,3	0,2	0,1	0,05	0,25	0,2

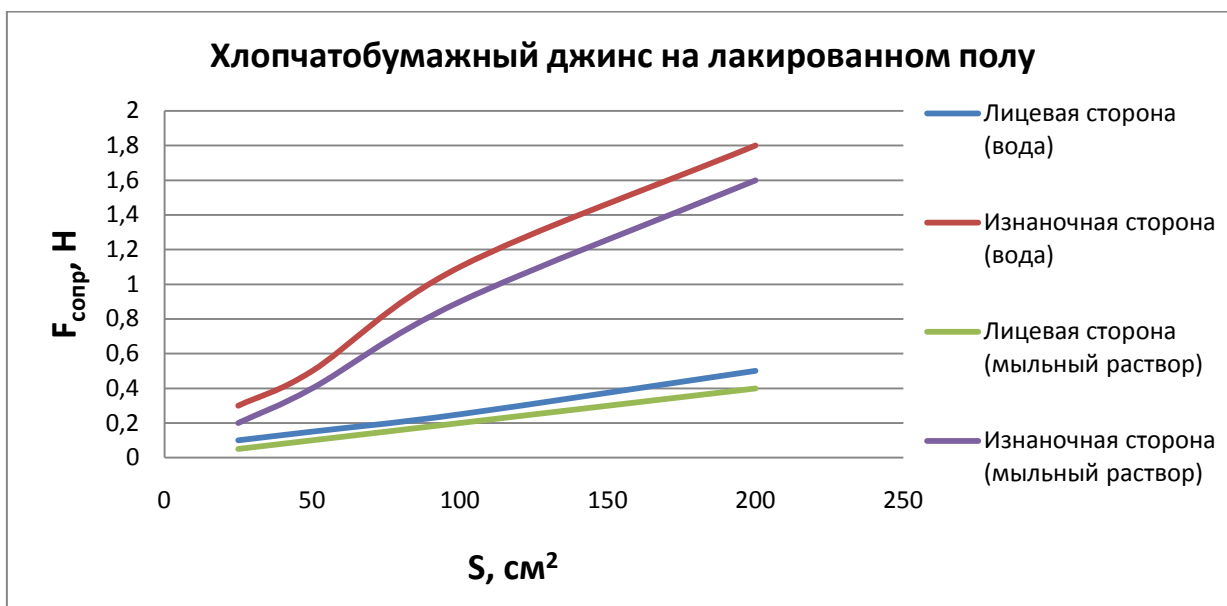


График 2.1. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения хлопчатобумажного джинса с лакированным полом

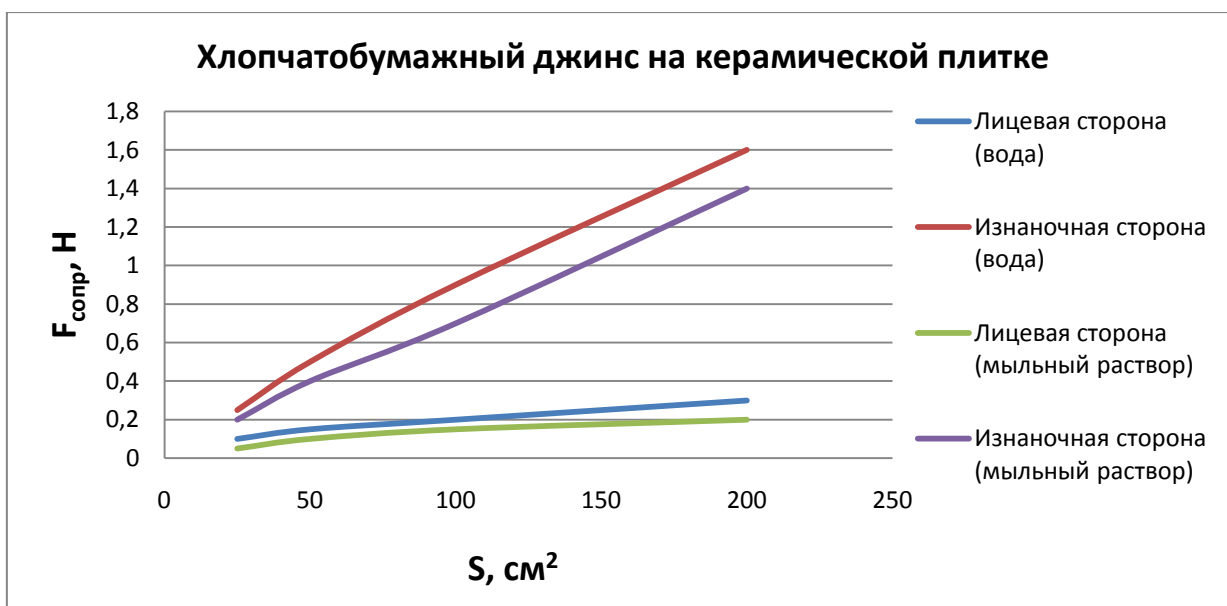


График 2.2. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения хлопчатобумажного джинса с керамической плиткой

Таблица 3. Льняная ткань

Площадь соприкосновения S , см^2	Сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$, Н							
	Лакированный деревянный пол				Керамическая плитка			
	Лицевая сторона		Изнаночная сторона		Лицевая сторона		Изнаночная сторона	
	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор
200	2,8	2,3	2,2	1,9	3,4	3,0	2,6	2,4
100	1,2	1,1	1,1	0,9	1,6	1,5	1,4	1,2
50	0,6	0,5	0,6	0,4	0,8	0,7	0,6	0,5
25	0,3	0,25	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4	0,25

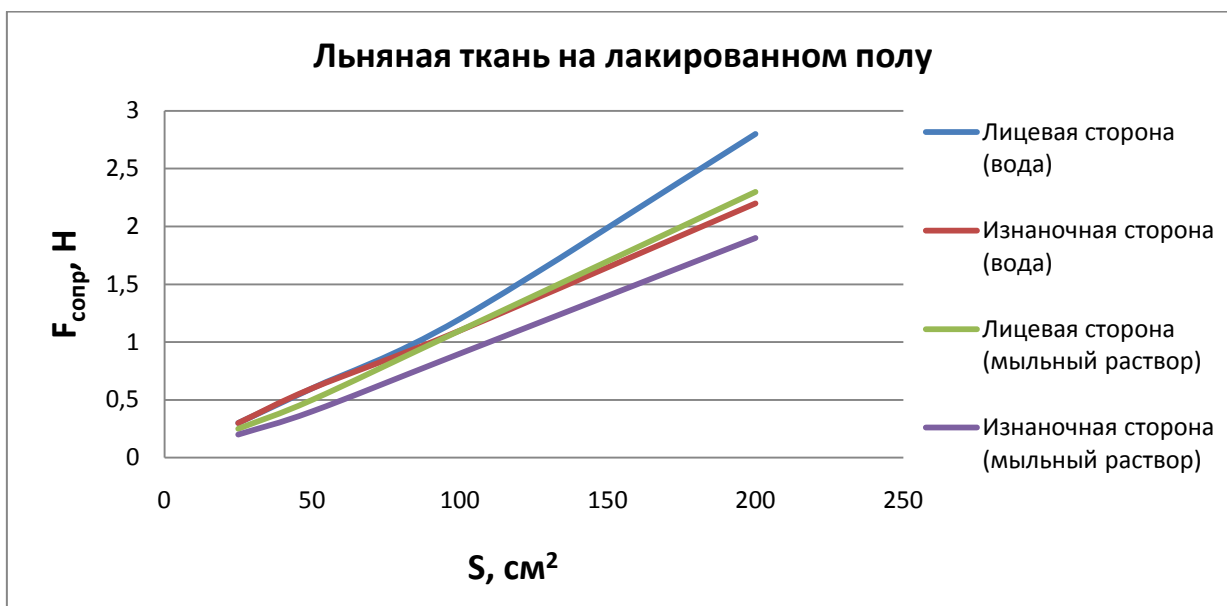


График 3.1. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения льняной ткани с лакированным полом

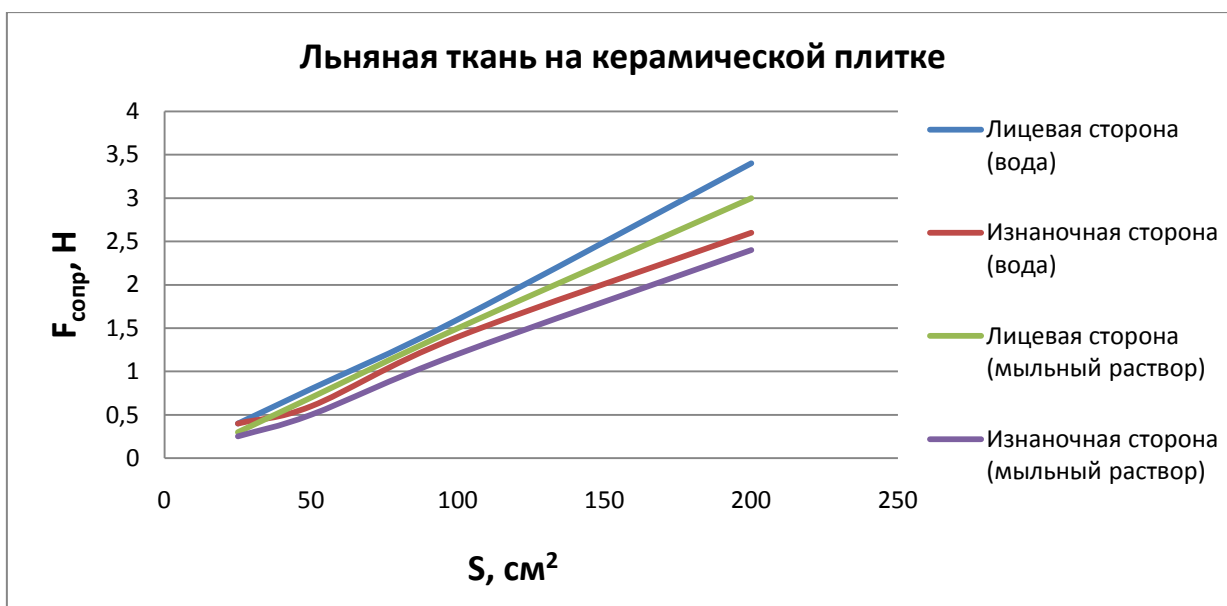


График 3.2. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения льняной ткани с керамической плиткой

Таблица 4. Искусственный шелк

Площадь сопри- коснове- ния S , см^2	Сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$, Н							
	Лакированный деревянный пол				Керамическая плитка			
	Лицевая сторона		Изнаночная сто- рона		Лицевая сторона		Изнаночная сто- рона	
	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор
200	1,6	1,4	2,0	1,9	1,8	1,6	2,4	2,1
100	0,8	0,7	1,0	0,9	0,9	0,8	1,2	1,1
50	0,4	0,3	0,5	0,45	0,4	0,35	0,5	0,6
25	0,2	0,15	0,25	0,2	0,2	0,15	0,2	0,3

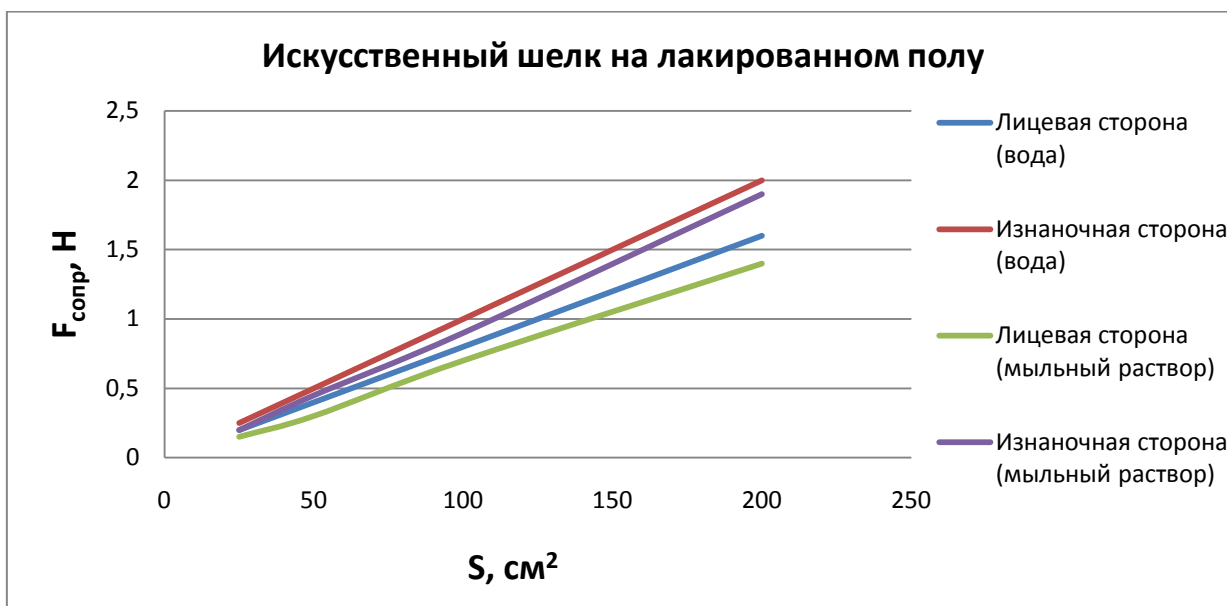


График 4.1. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения искусственного шелка с лакированным полом

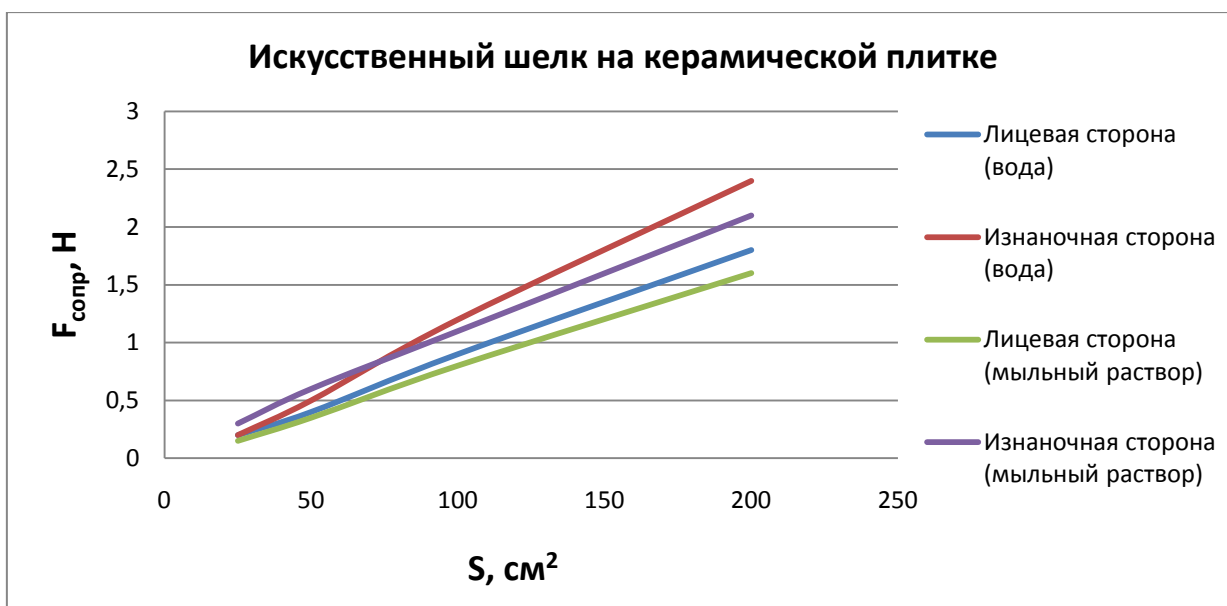


График 4.2. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения искусственного шелка с керамической плиткой

Таблица 5. Искусственный атлас

Площадь сопри- коснове- ния S , см^2	Сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$, Н							
	Лакированный деревянный пол				Керамическая плитка			
	Лицевая сторона		Изнаночная сто- рона		Лицевая сторона		Изнаночная сто- рона	
	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор
200	4,5	4,0	3,0	2,6	4,0	3,5	2,5	2,2
100	2,5	2,0	1,5	1,3	1,9	1,7	1,6	1,1
50	1,4	1,1	0,9	0,7	1,1	0,9	1,0	0,6
25	0,7	0,5	0,4	0,3	0,6	0,4	0,5	0,3

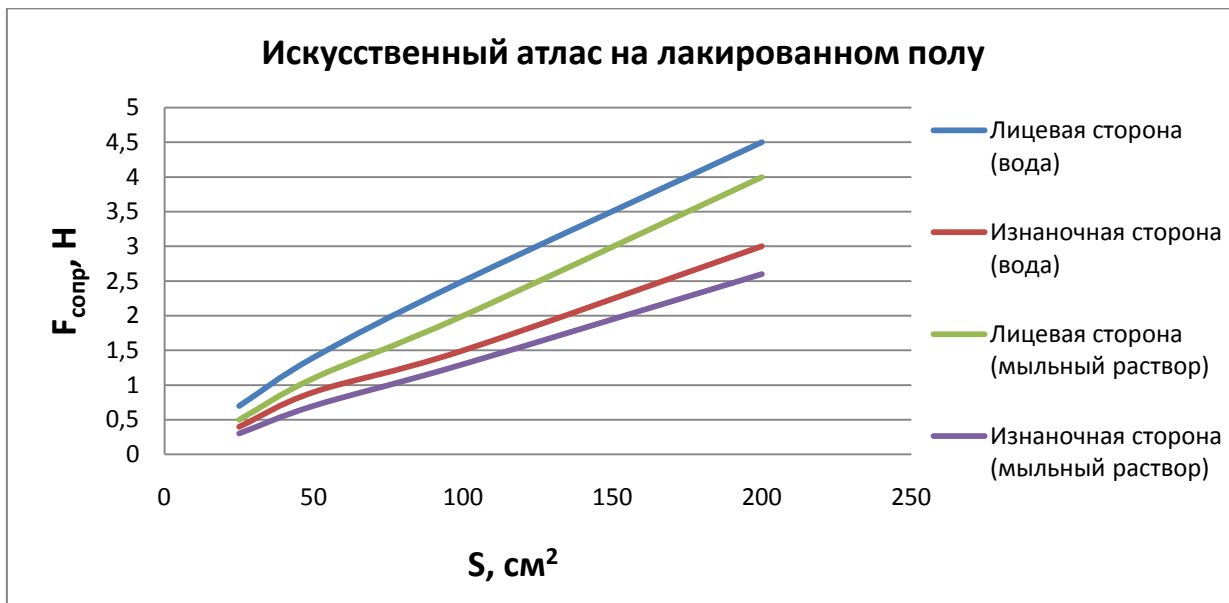


График 5.1. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения искусственного атласа с лакированным полом

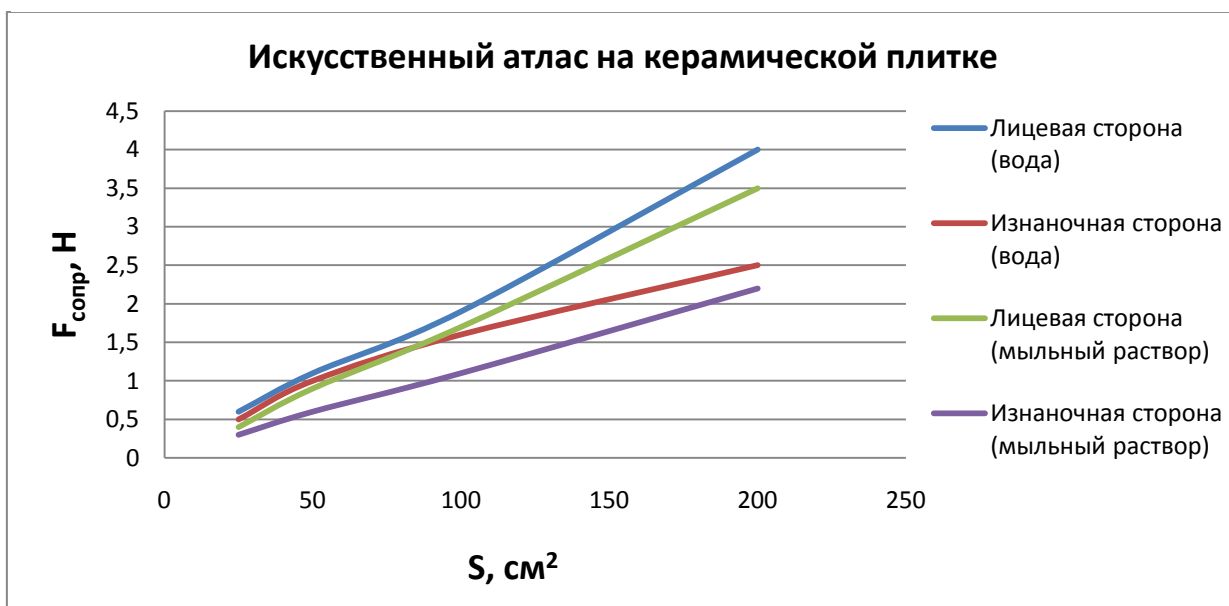


График 5.2. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения искусственного атласа с керамической плиткой

Таблица 6. Искусственный штапель

Площадь сопри- коснове- ния S , см^2	Сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$, Н							
	Лакированный деревянный пол				Керамическая плитка			
	Лицевая сторона		Изнаночная сто- рона		Лицевая сторона		Изнаночная сто- рона	
	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор
200	3,3	2,4	3,5	3,0	3,4	3,0	4,0	3,5
100	1,6	1,2	1,9	1,5	1,7	1,5	2,0	1,7
50	0,8	0,7	1,0	0,7	0,9	0,7	1,0	0,8
25	0,4	0,4	0,45	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4

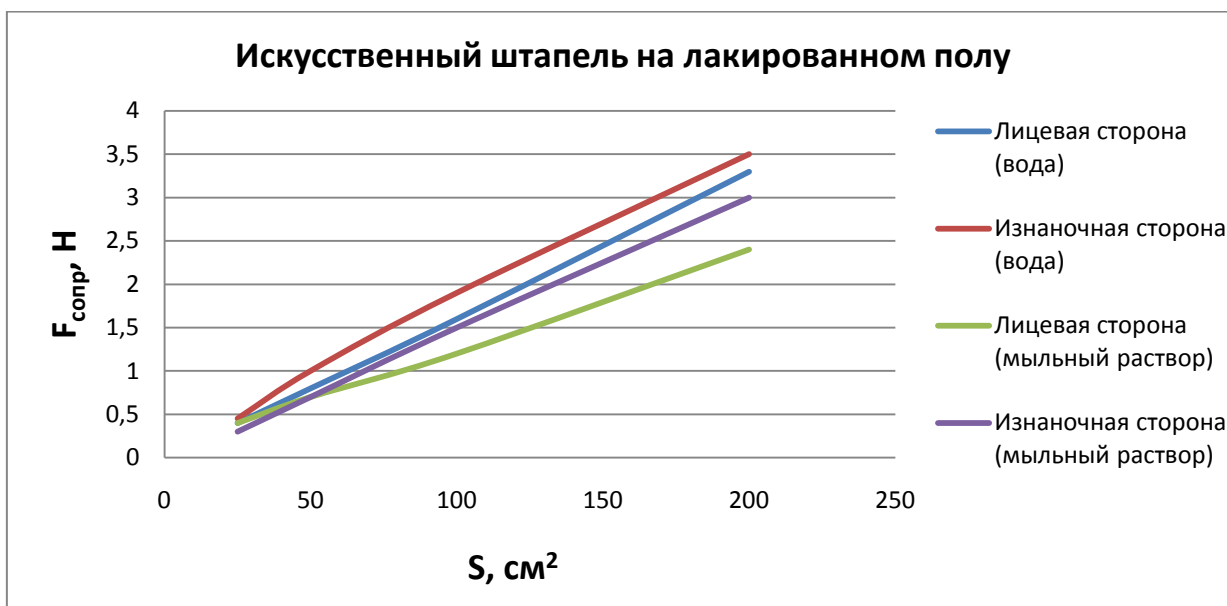


График 6.1. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения искусственного штапеля с лакированным полом

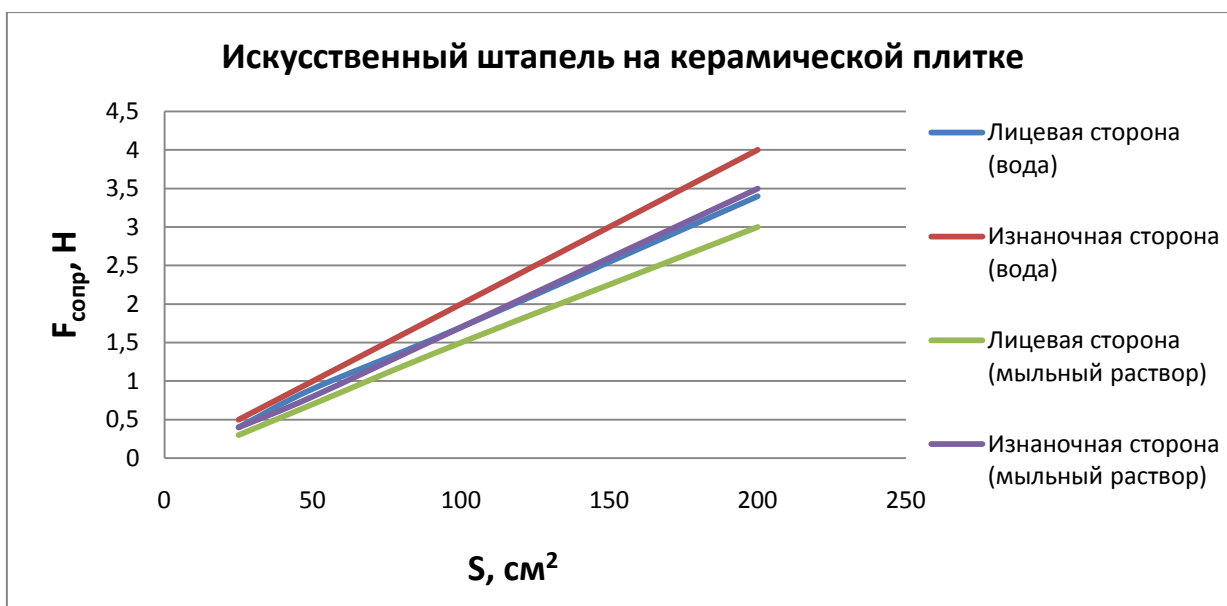


График 6.2. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения искусственного штапеля с керамической плиткой

Таблица 7. Синтетический креп-атлас

Площадь соприкосновения S , см^2	Сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$, Н							
	Лакированный деревянный пол				Керамическая плитка			
	Лицевая сторона		Изнаночная сторона		Лицевая сторона		Изнаночная сторона	
	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор
200	1,6	1,4	1,3	1,0	1,5	1,1	1,2	0,8
100	0,9	0,7	0,6	0,5	0,75	0,5	0,6	0,4
50	0,45	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2
25	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1

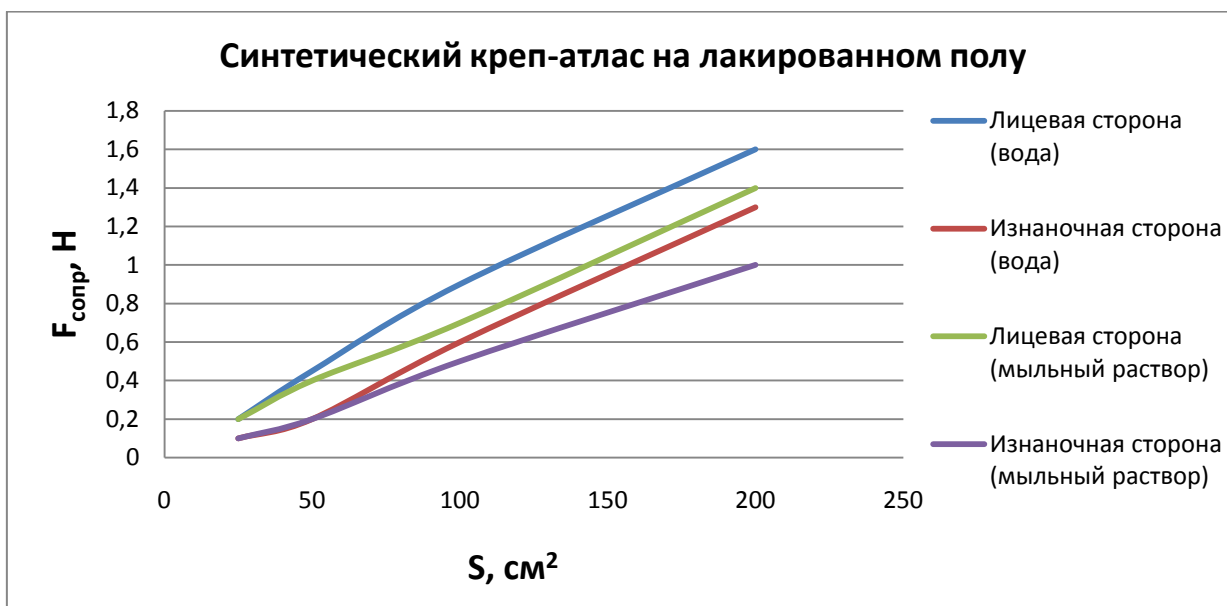


График 7.1. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения синтетического креп-атласа с лакированным полом

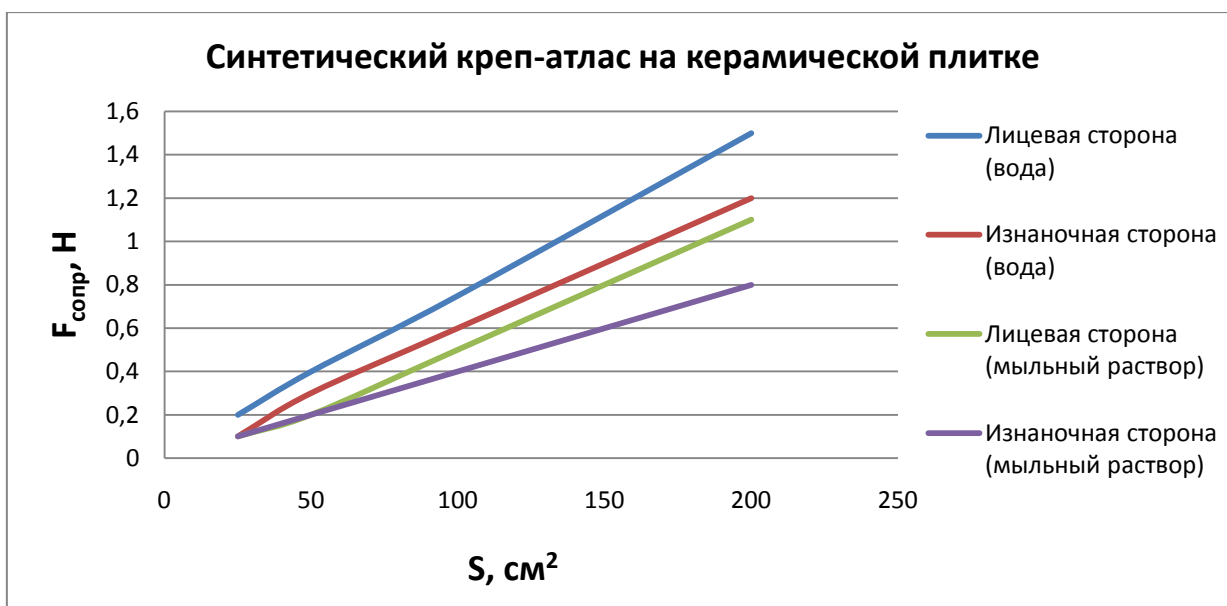


График 7.2. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения синтетического креп-атласа с керамической плиткой

Таблица 8. Синтетический нейлон

Площадь соприкосновения S , см^2	Сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$, Н							
	Лакированный деревянный пол				Керамическая плитка			
	Лицевая сторона		Изнаночная сторона		Лицевая сторона		Изнаночная сторона	
	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор
200	1,2	0,7	1,4	1	1,4	0,9	1,5	1,2
100	0,7	0,4	0,8	0,5	0,7	0,4	0,8	0,6
50	0,35	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3
25	0,25	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1

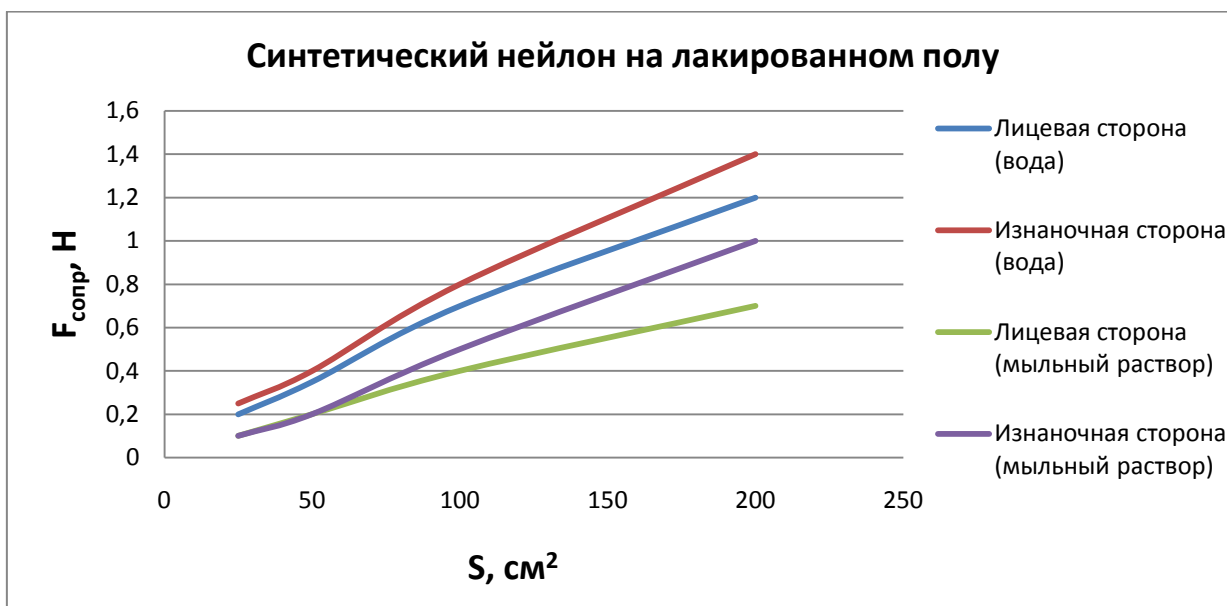


График 8.1. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения синтетического нейлона с лакированным полом

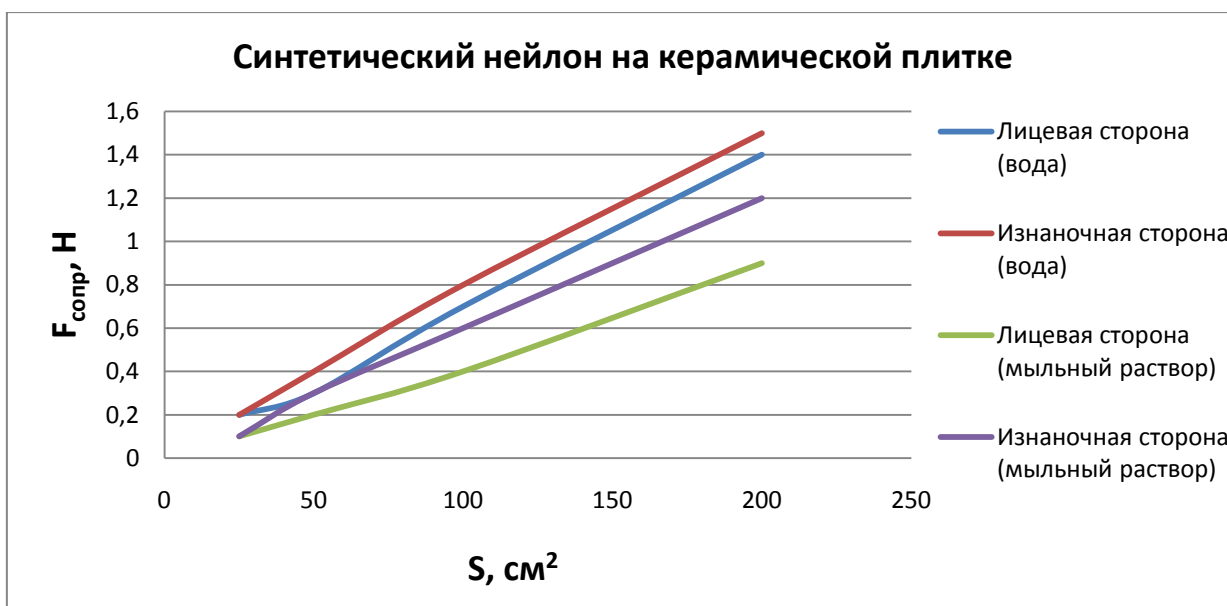


График 8.2. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения синтетического нейлона с керамической плиткой

Таблица 9. Синтетический кримплен

Площадь сопри- коснове- ния S , см^2	Сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$, Н							
	Лакированный деревянный пол				Керамическая плитка			
	Лицевая сторона		Изнаночная сто- рона		Лицевая сторона		Изнаночная сто- рона	
	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор
200	0,7	0,4	0,8	0,5	0,5	0,4	0,7	0,6
100	0,45	0,2	0,5	0,3	0,35	0,2	0,45	0,4
50	0,2	0,15	0,3	0,2	0,2	0,1	0,25	0,2
25	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1

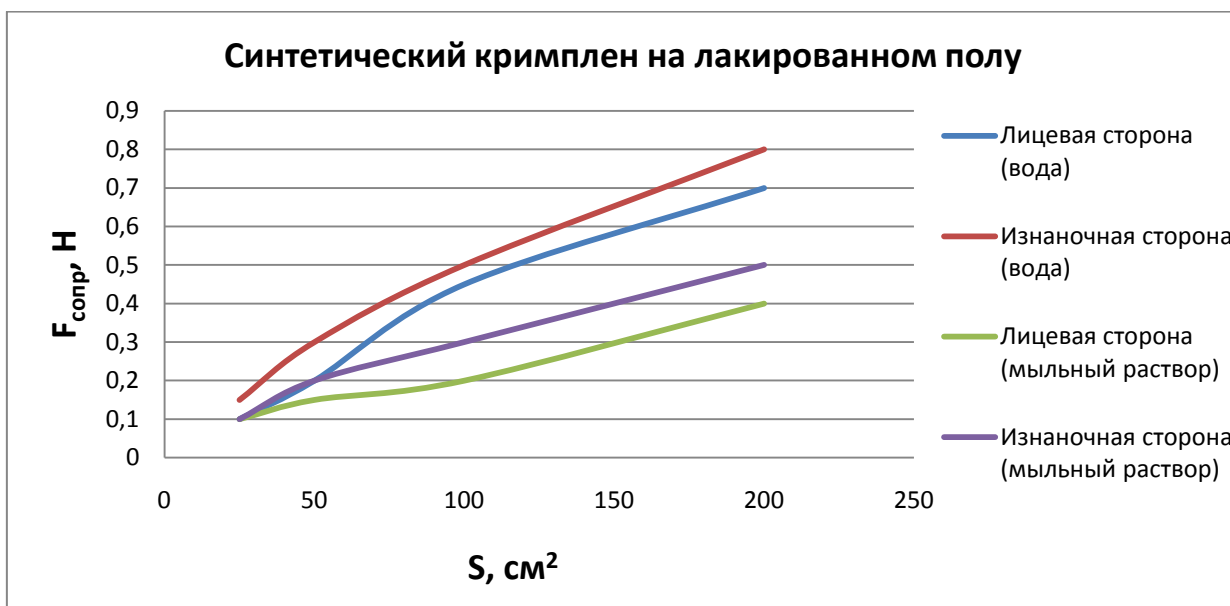


График 9.1. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения синтетического кримплена с лакированным полом

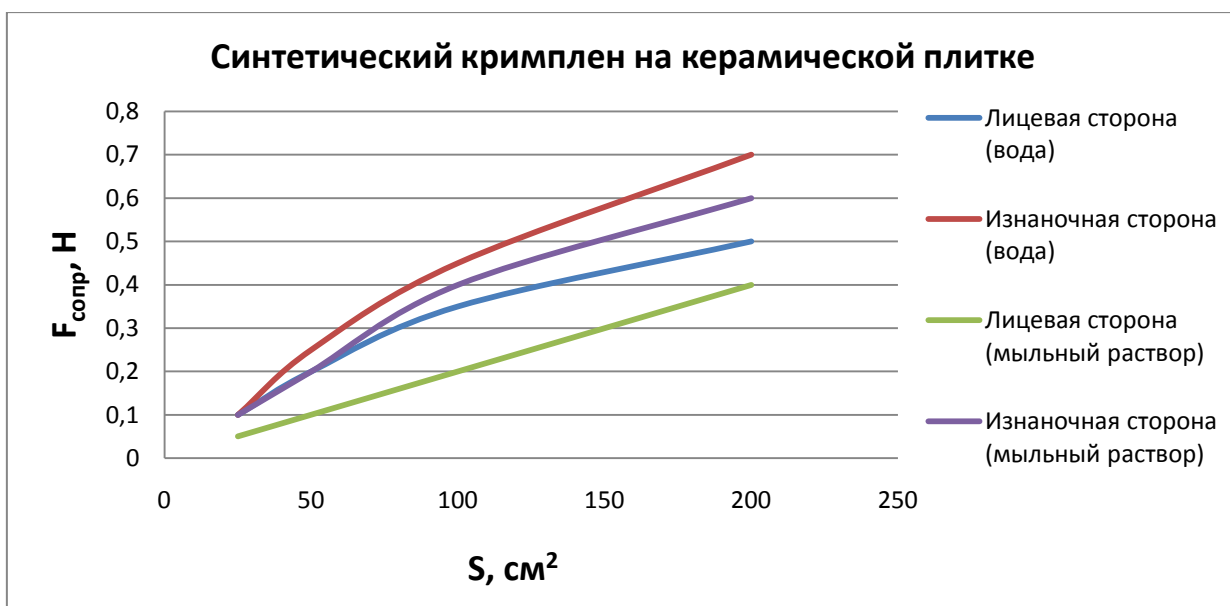


График 9.2. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения синтетического кримплена с керамической плиткой

Таблица 10. Шерсть с лавсаном

Площадь соприкосновения S , см^2	Сила сопротивления $F_{\text{сопр}}$, Н							
	Лакированный деревянный пол				Керамическая плитка			
	Лицевая сторона		Изнаночная сторона		Лицевая сторона		Изнаночная сторона	
	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор	Вода	Мыльный раствор
200	0,8	0,5	0,6	0,4	0,7	0,4	0,5	0,3
100	0,4	0,25	0,3	0,2	0,3	0,2	0,25	0,2
50	0,2	0,1	0,15	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
25	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05



График 10.1. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения шерсти с лавсаном с лакированным полом

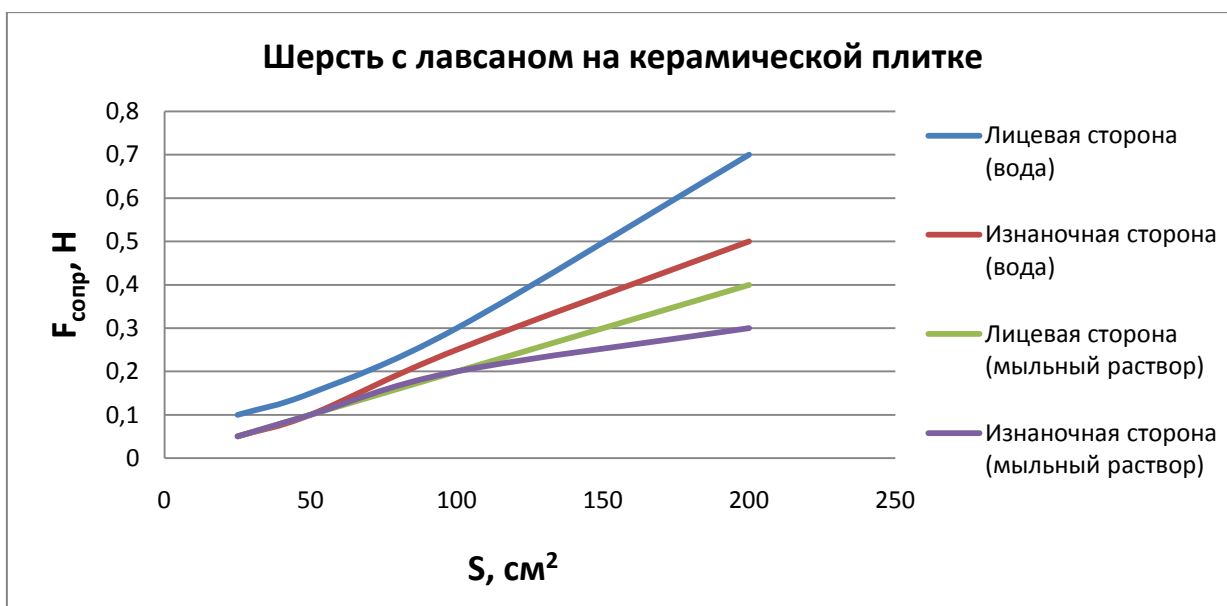


График 10.2. Зависимость силы сопротивления от площади соприкосновения шерсти с лавсаном с керамической плиткой

Из представленных графиков видно, что сила сопротивления, действующая со стороны пола на движущуюся мокрую расправленную тряпку, зависит, во-первых, от вида ткани, из которой сделана тряпка.

Так, из наших образцов, наиболее трудно тащить по полу смоченную водой тряпку из искусственного атласа ($F_{\text{сопр}} = 4,5 \text{ Н}$ по лакированному деревянному полу при площади соприкосновения $S = 200 \text{ см}^2$ и $F_{\text{сопр}} = 4,0 \text{ Н}$ по керамической плитке при той же площади соприкосновения) и искусственного штапеля ($F_{\text{сопр}} = 3,5 \text{ Н}$ по лакированному деревянному полу при площади соприкосновения $S = 200 \text{ см}^2$ и $F_{\text{сопр}} = 4,0 \text{ Н}$ по керамической плитке при той же площади соприкосновения).

Наименьшая сила сопротивления оказалась у смоченного мыльным раствором хлопчатобумажного джинса ($F_{\text{сопр}} = 0,4 \text{ Н}$ лицевой стороной по лакированному деревянному полу при площади соприкосновения $S = 200 \text{ см}^2$ и $F_{\text{сопр}} = 0,2 \text{ Н}$ также лицевой стороной по керамической плитке при той же площади соприкосновения). Небольшая сила сопротивления также наблюдалась при движении ткани из синтетического кримплена и смешанной ткани шерсть с лавсаном, как по лакированному полу, так и по керамической плитке.

При этом ткань, смоченная мыльным раствором, двигалась с меньшим сопротивлением, чем ткань, смоченная водой.

Из графиков нетрудно заметить, что сила сопротивления также зависит от того, какой стороной (лицевой или изнаночной) ткань соприкасается с полом. В наших исследованиях для четырех видов тканей (льняная ткань, искусственный атлас, синтетический креп-атлас и смешанная ткань шерсть с лавсаном) сила сопротивления оказалась больше, если ткань расположена лицевой стороной к полу, и для шести видов тканей (хлопчатобумажный сатин, хлопчатобумажный джинс, искусственный шелк, искусственный штапель, синтетический нейлон, синтетический кримплен) наоборот, если ткань лежит на изнаночной стороне.

На всех графиках просматривается почти правильная прямо пропорциональная зависимость силы сопротивления $F_{\text{сопр}}$ от площади соприкасающихся поверхностей S . Так, например, для искусственного шелка, смоченного водой и находящегося на деревянном лакированном полу, данная зависимость для лицевой стороны имеет вид:

$$F_{\text{сопр}} = 0,008 \cdot S,$$

для изнаночной стороны:

$$F_{\text{сопр}} = 0,01 \cdot S,$$

где сила сопротивления измеряется в ньютонах, а площадь соприкосновения в см^2 .

Данная зависимость доказывает, что первым слагаемым в выражении (3) в нашем случае можно пренебречь.

В нашей работе мы сначала помещали тряпку на деревянный лакированный пол, а затем на керамическую плитку. При этом получили следующую зависимость силы сопротивления от вида поверхности пола: в шести случаях из десяти (для тканей из хлопчатобумажного сатина, хлопчатобу-

мажного джинса, искусственного атласа, синтетического креп-атласа, синтетического кримплена и шерсти с лавсаном) сила сопротивления при движении тряпки по лакированному полу больше, чем по керамической плитке. Для остальных четырех тканей (изо льна, искусственного шелка, искусственного штапеля и синтетического нейлона) сила сопротивления была больше при движении по керамической плитке, чем по лакированному полу.

Заключение

В результате проведенных нами экспериментов было показано, что сила сопротивления, действующая на расправленную мокрую тряпку, движущуюся по полу, зависит от:

- рода жидкости, которая смачивает ткань;
- площади соприкасающихся поверхностей;
- вида ткани, из которой сделана тряпка;
- вида поверхности ткани (лицевая или изнанка);
- вида поверхности пола.

Очевидно, что это не все факторы, влияющие на силу сопротивления при движении тряпки по полу. Например, эта сила должна зависеть от количества и температуры жидкости, которая смачивает тряпку, так как с увеличением температуры уменьшается коэффициент поверхностного натяжения жидкости. Однако, данную зависимость мы не смогли исследовать из-за того, что происходило очень быстрое остывание тряпки, смоченной в горячей воде, при соприкосновении ее с холодным полом.

В ходе работы было также замечено, что сила сопротивления больше для той ткани, которая быстрее и больше впитывает в себя жидкость. Это получается из-за того, что максимальная высота подъема жидкости по капиллярам ткани $h_{\text{макс}}$ и сила сопротивления при движении ткани по полу $F_{\text{сопр}}$ обратно пропорциональны радиусу капилляра:

$$h_{\text{макс}} = \frac{2\sigma}{\rho g r}, \quad F_{\text{сопр}} \approx \mu \frac{2\sigma}{r} S.$$

Литература

1. Высокое поверхностное натяжение воды. <http://aquafind.ru/index.php/vsesvoistva/86-natiazhenie>.
2. Поверхностное натяжение. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.
3. Поверхностное натяжение. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc1p/37502>.
4. Поверхностные силы. <http://mosgruz.net/gidrot2r2part1.html>.

Приложение



Рис. 2. Хлопчатобумажный сатин на деревянном лакированном полу ($S = 200 \text{ см}^2$)



Рис. 3. Хлопчатобумажный сатин на деревянном лакированном полу ($S = 100 \text{ см}^2$)



Рис. 4. Хлопчатобумажный сатин на деревянном лакированном полу ($S = 50 \text{ см}^2$)



Рис. 5. Хлопчатобумажный сатин на деревянном лакированном полу ($S = 25 \text{ см}^2$)



Рис. 6. Искусственный штапель на керамической плитке ($S = 50 \text{ см}^2$)



Рис. 7. Синтетический нейлон на керамической плитке ($S = 25 \text{ см}^2$)