

DOI: 10.34031/article_5cb1e6595c5ba2.05324270

^{1,*}Зорин Д.А., ¹Иващенко Н.В., ¹Добринина К.Е.¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

*E-mail: dim-z@yandex.ru

ЭФФЕКТИВНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ ГИДРОФОБИЗАТОРЫ ДЛЯ САМООЧИЩАЮЩИХСЯ ФАСАДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В данной работе изложены результаты исследования эффекта самоочищения поверхностей, применяемых для наружной отделки жилых и промышленных зданий. Рассмотрены методы его достижения такие как: фотокаталитический и способ гидрофобизации. Применены известные методики определения краевого угла смачивания. Использована установка по генерированию низкотемпературной неравновесной плазмы для модифицирования мелкого заполнителя. Экспериментально определены краевые углы смачивания, полученные в результате использования различных рецептур гидрофобизирующих суспензий. Так же проведена модификация кварцевого заполнителя. Эксперименты подтвердили техническую эффективность гидрофобизаторов и усиление их свойств, при применении дисперсных наполнителей. Еще более высокие значения краевого угла смачивания достигнуты при использовании плазмомодифицированного заполнителя.

Ключевые слова: самоочищающиеся поверхности, гидрофобные материалы, краевой угол смачивания, плазмомодифицированные материалы.

Введение. При проектировании жилых, промышленных, общественных зданий и сооружений кроме общих требований, предъявляемых к объемно-планировочным решениям, большое значение уделяется обеспечению архитектурной выразительности. В последнее время в качестве эффективного решения наружной отделки зданий используются вентилируемые фасады. Конструкция вентилируемых фасадов включает в себя систему креплений, теплоизоляционный слой и защитно-декоративный материал. В целом вентилируемые фасады обеспечивают снижение тепловых потерь и выполняют защитно-декоративные функции.

Состояние экологической обстановки в крупных городах постоянно ухудшается. Это приводит не только к загрязнению поверхности и уменьшению архитектурной выразительности фасада, но и разрушению поверхности защитно-декоративных материалов. Поддержание в должном рабочем состоянии фасадов требует дополнительных экономических затрат по проведению планируемых работ, связанных с очисткой поверхности фасадов. Для этих целей привлекаются промышленные альпинисты, использующие в своей работе значительное количество моющих средств на основе поверхностно активных веществ, которые после обработки поверхности зданий попадают в виде водных растворов в канализационную систему, что приводит к дополнительным экономическим и трудовым затратам.

В связи с этим одни из путей решения проблемы затрат является использование самоочищающихся фасадов или придание эффекта самоочищения поверхности из традиционных ма-

териалов [1–3]. Данный эффект достигается следующими методами:

- фотокаталитический способ;

- комплексные гидрофобизаторы на основе тонкодисперсных неорганических и жидких кремнийорганических гидрофобизаторов [4].

Для достижения фотокаталитического эффекта покрытию придают гидрофильные свойства: покрытие притягивает воду, которая при попадании на поверхность превращается в водяную плёнку. Вода в виде тонкой плёнки растекается по поверхности и смывает грязь. Благодаря гидрофильным свойствам, на поверхности не остаётся следов минеральных отложений после испарения капель дождя. Далее остатки загрязнений под действием фотокатализа разлагаются при естественном освещении.

Для повышения фотокаталитического эффекта используется углеродмодифицированный оксид титана [5, 6].

Принцип самоочищения при помощи гидрофобизаторов заключен в придании супергидрофобности поверхности материала. Супергидрофобность достигается за счет образования микро и наношероховатостей, созданных пленкой на основе дисперсии или эмульсии с введением в нее наполнителей размером от 0,1 до 200 мкм [7]. В качестве таких дисперсных материалов могут использоваться оксиды титана, алюминия, кремния с удельной поверхностью до 200 м²/г [8]. По аналогии с бугорчатостью поверхности листа лотоса данная структура способствует образованию капель воды на поверхности и удалению механических загрязнений за счет захвата отложений и удаления их.

Методика. Один из способов придания гидрофобности поверхностям, не обладающим этим свойством, заключается в обработке гидрофобизаторами [9]. Практический интерес для решения этой проблемы представляют водорастворимые кремнийорганические гидрофобизаторы.

Известно, что эффект повышения гидрофобности поверхностей может быть реализован за счет комплексного покрытия гидрофобизатором с микродисперсными наполнителями [10]. Либо с помощью комплексных наноматериалов (с использованием оксидов металлов, в том числе титана и алюминия), обладающих супергидрофобным эффектом, достигаемым нанесением на поверхности гидроксида титана или алюминия [11].

Микроструктура и химические свойства поверхности твердого тела определяют смачиваемость, которая характеризуется величиной угла смачивания [12, 13].

С физической точки зрения это описывается законом Кассье, который определяет эффективное значение угла контакта θ_c с жидкостью в случае неоднородной поверхности. Математическое выражение закона следующее:

$$\cos \theta_c = y_1 \cos \theta_1 + y_2 \cos \theta_2 \quad (1)$$

где θ_l – угол контакта компонента 1, присутствующего в композиционном материале, с долей площади поверхности y_1 ; θ_2 – угол контакта компонента 2, присутствующего в композиционном материале, с долей площади поверхности y_2 .

Закон объясняет, как можно увеличить значение контактного угла для поверхности всего лишь придав ей шероховатость.

Увеличение степени шероховатости поверхности обеспечивает уменьшение адгезии между водой и поверхностью материала, и связана с дисперсностью удаляемых твердых частиц в случае присутствия их в воде, то есть имеет взаимосвязь с размером удаляемых частиц. Это объясняет, в частности, эффект удаления твердых частиц водой, вследствие более высокой адгезии между водой и дисперсными твердыми частицами, чем адгезия между последними и поверхностью материала.

Основная часть. В представленной работе были проведены исследования по определению эффективности гидрофобных суспензий на основе жидких гидрофобизаторов и дисперсных наполнителей. В качестве жидких гидрофобизаторов были выбраны следующие отечественные марки кремнеорганических жидкостей: Аквасил ТУ 2229-003-60543126-2014, ГКЖ 10 и ГКЖ 11

ТУ 6-02-696-76. И дисперсные микронаполнители TiO_2 и Al_2O_3 .

Суспензии приготавливались в соответствии с рецептурами, приведенными в таблице 1, на быстроходной мешалке со скоростью вращения вала 1000 об/мин. После чего полученные суспензии наносились валиком на поверхность образцов.

Для приготовления образцов на основе цементно-песчаного раствора был использован белый портландцемент марки ЦЕМ I 52,5 Н (Симса, Турция). В качестве пластифицирующей добавки использован суперпластификатор С-3, что обусловлено его низкой стоимостью и универсальностью применения. В работе использовался песок с карьера «Путилово-2». Вода для затворения – водопроводная.

По истечении суток определялся краевой угол смачивания. Для его расчета существует несколько методик [13–15]. В данном случае была выбрана известная методика, описанная в литературе [15]. Значение краевого угла смачивания поверхностей в зависимости от количественного и качественного состава гидрофобных суспензий приведены в таблице 2.

Для повышения эффекта самоочистения, при получении материалов в заводских условиях, следует применять плазмомодифицированный мелкий наполнитель.

Обработка кварцевого песка в низкотемпературной неравновесной плазме приводит к модификации характеристик его поверхностных и приповерхностных слоев. Так, известен эффект использования плазмы для модификации поверхности, что позволяет вносить локальные изменения в свойства обрабатываемой поверхности [16].

В связи с этим в данной работе также были проведены исследования по определению влияния комплексных супергидрофобных покрытий на образцах с предварительно модифицированным мелким кварцевым наполнителем.

Модификация минеральных наполнителей (SiO_2) осуществлялась на установке по генерированию низкотемпературной неравновесной плазмы. SiO_2 (песок) обрабатывали низкотемпературной неравновесной плазмой в барьерном разряде, после чего исследовали химический состав обработанного и необработанного песка на спектрометре комбинационного рассеяния Senterra.

Распределение пор в кварцевом песке проводилось на автоматизированном анализаторе поверхности, который в автоматическом режиме регистрирует изотермы адсорбции–десорбции. Использование теории капиллярной конденса-

ции позволяет проводить расчет распределения пор по размерам на основе экспериментальных изотерм адсорбции–десорбции.

Таблица 1

Состав наносимых покрытий

Маркировка	КЭ 30-04, масс.ч.	ГКЖ 10, масс.ч.	ГКЖ 11, масс.ч.	Аквасил, масс.ч.	Наполнитель Al ₂ O ₃ , масс.ч.	Наполнитель TiO ₂ , масс.ч.
1	100				0	
2	100				1	
3	100				2	
4	100				4	
5	100					1
6	100					2
7	100					4
8		100			0	
9		100			1	
10		100			2	
11		100			4	
12		100				1
13		100				2
14		100				4
15			100		0	
16			100		1	
17			100		2	
18			100		4	
19			100			1
20			100			2
21			100			4
22				100	0	
23				100	1	
24				100	2	
25				100	4	
26				100		1
27				100		2
28				100		4

В качестве прибора для измерения сорбции применялся анализатор сорбции газов типа NOVA 4200e (Quantachrome). Расчет размеров пор проводился по методу Баррета-Джойнера-Халенды (ВЖХ) [17]. Данный прибор позволяет измерять сорбцию различных газов твердофазными материалами и в автоматическом режиме позволяет определять площадь поверхности, объем и радиус пор и строит графики распределения пор по размерам [18]. В результате воздействия низкотемпературной плазмы происходит аморфизация и структурные изменения поверхности (табл. 3).

Как видно из таблицы 3, после плазмохимической обработки кварцевого песка пло-

щадь поверхности песка и площадь поверхности пор увеличиваются. Объем и радиус пор при этом почти не меняется. Можно сделать вывод, что происходят структурные изменения поверхности кварцевого песка.

Из рис. 1 видно, что при обработке кварцевого песка в низкотемпературной неравновесной плазме наблюдается исчезновение пика 465,07 см⁻¹, указывающего на наличие SiO₂, что связано, по-видимому, с изменением кристаллической решетки вещества и перехода поверхности песка в аморфизированное состояние.

При испытании контрольных образцов с использованием модифицированного кварцевого заполнителя было получено увеличение крае-

вого угла смачивания от 10 до 13 процентов с наполнителями Al_2O_3 и TiO_2 (табл. 4).
поверхностью образцов, по сравнению с напол-

Таблица 2

Значение краевого угла смачивания для различных гидрофобизированных поверхностей

Маркировка	Краевой угол, °	Визуальный эффект самоочистения	Изменение внешнего вида материала
Контрольный	53	нет	-
1	65	слабый	-
2	70	слабый	незначительное
3	90	слабый	есть
4	95	слабый	есть
5	75	слабый	незначительное
6	98	слабый	незначительное
7	102	слабый	есть
8	80	слабый	-
9	85	слабый	-
10	104	средний	незначительное
11	126	есть	есть
12	89	слабый	незначительное
13	110	средний	незначительное
14	130	есть	есть
15	66	слабый	-
16	68	слабый	незначительное
17	95	слабый	незначительное
18	99	средний	есть
19	72	слабый	незначительное
20	102	средний	незначительное
21	116	средний	есть
22	75	средний	-
23	87	средний	-
24	124	есть	-
25	134	есть	незначительное
26	94	хороший	-
27	118	есть	-
28	148	есть	-

Таблица 3

Изменение шероховатости кварцевого песка

Размер частиц песка, мм	Режим плазмохимической обработки кварцевого песка	Площадь поверхности по методу Multi-point BET, м ² /г	Коэффициент корреляции R	Распределение пор в кварцевом песке по методу ВН		
				Площадь поверхности, м ² /г	Объем пор, мг ³ /г	Радиус пор Dv(r), А
0,15	-	2,098	0,995	0,785	0,002	20,515
0,15	В барьерном разряде	2,235	0,997	0,858	0,003	20,305

Таблица 4

Сравнение краевых углов смачивания различных составов

Состав	Краевой угол, °	Визуальный эффект самоочистения	Изменение внешнего вида материала
Аквасил+ наполнитель Al_2O_3 (образец 25)	134	есть	незначительное
Аквасил+ наполнитель TiO_2 (образец 28)	148	есть	незначительное
Аквасил + мод. кварцевый песок	165	есть	незначительное

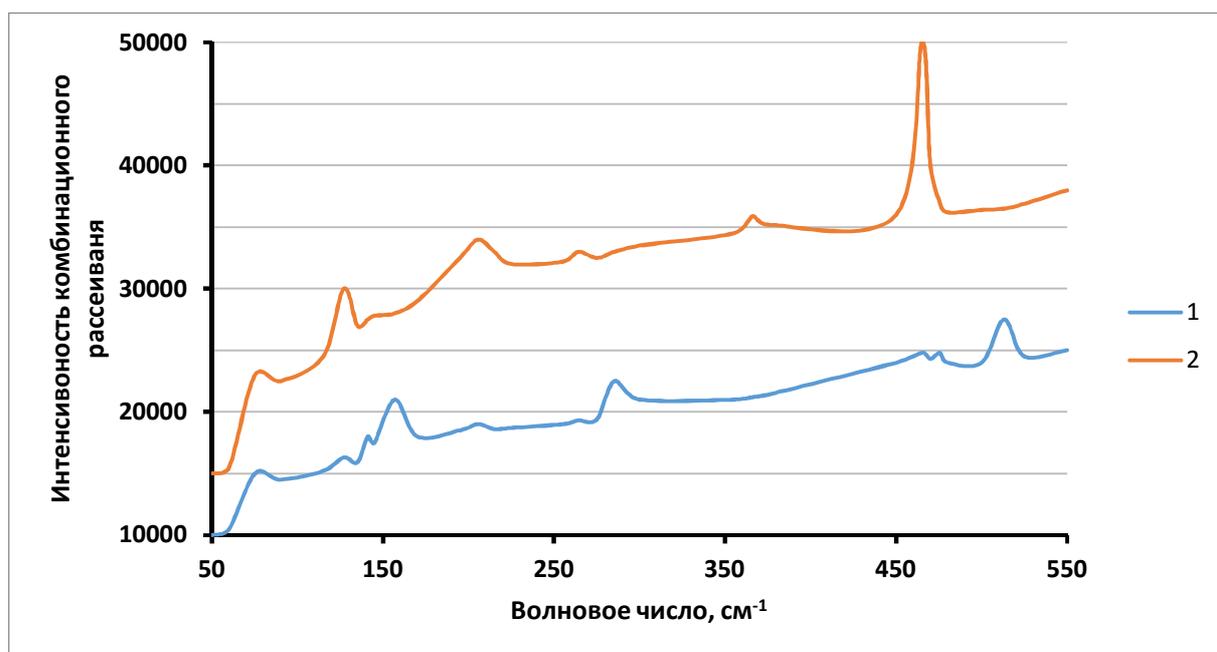


Рис. 1. Спектрограмма комбинационного рассеивания света (1 – модифицированный наполнитель, 2 – обычный наполнитель)

Выводы. Наибольшую эффективность проявили кремнеорганические гидрофобизаторы Аквасил и ГКЖ10.

Увеличение краевого угла смачивания, а, следовательно, эффективность покрытия зависит как от количественного состава микронаполнителей, так и от химической природы гидрофобизаторов.

Наибольший эффект придания гидрофобности материалам показали суспензии на основе кремнеорганического гидрофобизатора Аквасил, а эффективность дисперсных наполнителей – TiO_2 .

Наибольшее значения краевого угла смачивания было достигнуто на суспензиях на основе Аквасил и ГКЖ10 в сочетании с оксидом титана. При этом максимальное значение краевого угла смачивания было достигнуто на поверхности, обработанной суспензией на основе 100 массовых частей Аквасил и 4 массовых частей TiO_2 (см. таблица 1, 2).

Следует отметить, что использованные в качестве компонентов для гидрофобных суспензий Аквасил и TiO_2 не оказывают влияния на внешний вид обработанного материала. Что позволяет сделать вывод о целесообразности использования суспензий на основе Аквасил и оксида титана для придания повышенной гидрофобности обрабатываемым поверхностям.

Использование дисперсных микронаполнителей для придания гидрофобности поверхности жидкими кремнеорганическим гидрофобизаторам позволяет повысить эффективность защитных строительных материалов. Так, введение

оксида титана в гидрофобизатор марки Аквасил позволяет увеличить краевой угол смачивания.

Результаты исследования позволяют судить о возможности достижения самоочищающегося эффекта у материалов с супергидрофобной поверхностью. Угол смачивания которой достигает значения 165 градусов.

Для обработки существующих фасадов эффективно использовать комплексные гидрофобизаторы. Наибольший эффект показали покрытия на основе суспензий, содержащих большее количество наполнителей (4 масс.ч.). А для получения самоочищающихся материалов в заводских условиях, следует использовать плазмомодифицированный мелкий наполнитель, либо комбинацию двух способов для получения максимальных результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ищенко А.В., Огурцова Ю.Н., Строкова В.В. Особенности фибры различного состава как элемента самоочищающейся поверхности // БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 18–24.
- Майоров В.А. Светопрозрачные конструкции с самоочищающимися стеклами // Светопрозрачные конструкции. 2017. № 3(113). С.13-26.
- Соколова Е.В., Закревская Л.В., Гавриленко А.А., Любин П.А. Новый фасадный композиционный материал, способный к самоочищению // Сборник докладов международной научно-практической конференции «Наукоёмкие технологии и инновации» (октябрь 2016 г.).

Белгород. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. С. 380–384.

4. Nanda D., Varshney P., Satapathy M., Mohapatra S.S., Kumar A. Self-assembled monolayer of functionalized silica microparticles for self-cleaning applications // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2017. Vol. 529. Pp. 231–238.

5. Киш Х., Орт-гербер Й., Сактхивель Ш. Углеродсодержащий фотокатализатор на основе диоксида титана, способ его получения и применение (варианты) Пат. № 2380318 Российская Федерация. МПК С 01 G 23/047; опубл. 27.01.2010.

6. Грохаль П. Кроющий материал Пат. № 2377267 Российская Федерация: МПК С 04 В 20/10.; опубл. 27.12.2009.

7. Найнхуис К., Бартлотт В. Способ изготовления самоочищающихся поверхностей и изделий с такой поверхностью Пат. № 2246514 Российская Федерация: МПК С 08 J 7/06.; опубл. 20.02.2005.

8. Савинкина Е.В., Оболенская Л.Н., Кузьмичева Г.М., Дорохов А.В. Фотокатализатор на основе наноразмерной модификации диоксида титана Пат. № 2469788 Российская Федерация: МПК С 01 G 23/00.; опубл. 20.12.2012.

9. Галлямов М.О., Хохлов А.Р., Бузник В.М., Никитин Л.Н., Николаев А.Ю. Водоотталкивающий элемент и способ получения гидрофобного покрытия Пат. № 2331532 Российская Федерация: МПК В 60 R 13/00; 20.08.2008, Бюл. 23. 15 с.

10. Vinogradov A.V., Agafonov A.V. Sol-gel synthesis of titanium dioxide based films possessing highly ordered channel structure. *Abstract. Intern.*

Conf. «Sol-Gel 2009» (23-27 august. 2009). Recife, Brazil, 2009. 118 p.

11. Zhang CY, Cai HG, Chen B, Dong W., Mu Z., Zhang X. Synthesis of superhydrophobic surface of polyethylene via in situ ziegler-natta polymerization. *Chin J Catal*. 2008. Vol. 29. Iss. 1. Pp. 1–3.

12. Chang K.C., Chen Y.K., Chen H. Fabrication of highly transparent and superhydrophobic silica-based surface by TEOS/PPG hybrid with adjustment of the pH value. 2008. Vol. 202. Iss. 16. Pp. 3822–3831.

13. Киселев М.Г., Савич В.В., Павич Т.П. Определение краевого угла смачивания на плоских поверхностях // *Вестник БНТУ*. 2006. № 1. С. 38–41.

14. Richard Wright, Mark Blitshteyn. Method and apparatus for measuring contact angles of liquid droplets on substrate surfaces. Patent US5268733A, 1993.

15. Catherine A. Demoulin, Dominique Ausserre, Francis Rondelez. Method and apparatus for determining the contact angle of a drop of liquid placed on a solid or liquid horizontal substrate. Patent US4688938A, 1987.

16. Ефремов А.М., Светцов В.И., Рыбкин В.В. Вакуумно-плазменные процессы и технологии. Иваново: ИГХТУ, 2006. 260 с.

17. Вячеславов А.С., Померанцева Е.А. Измерение площади поверхности и пористости методом капиллярной конденсации азота. Методическая разработка. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006. 55 с.

18. Aligizaki Kalliopi K. Pore Structure of Cement-Based Materials: Testing Interpretation and Requirements (Modern Concrete Technology). Taylor & Francis, 2005. 432 p.

Информация об авторах

Зорин Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов. E-mail: dim-z@yandex.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Ивашенко Наталья Васильевна, студент. E-mail: ivashenko.nata@mail.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Добрина Кристина Евгеньевна, студент. E-mail: ivashenko.nata@mail.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила в январе 2019 г.

© Зорин Д.А., Ивашенко Н.В., Добрина К.Е., 2019

^{1,*}Zorin D.A., ¹Ivashenko N.V., ¹Dobrina K.E.

¹Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)

Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26

*E-mail: dim-z@yandex.ru

EFFECTIVE INTEGRATED WATER REPELLENTS FOR SELF-CLEANING OF FACADE MATERIALS

Abstract. This research presents the result of studying self-cleaning effect of surfaces used for external coating of residential and industrial buildings. Methods of obtaining above-mentioned effect are examined, including photocatalytic and hydrophobization methods. Widely known methods for determining the wetting angle are applied. Low temperature unbalanced plasma generator is used to modify fine filler material. Wetting angles obtained by using various formulas for water repellent suspensions are observed. Quartz filler material is also modified. The experiments confirms technical effectiveness of water repellents and the enhancement of their properties, when using dispersed fillers. High values of wetting angle are achieved using plasma-modified aggregate.

Keywords: self-cleaning surfaces, hydrophobic materials, wetting angle, plasma-modified materials.

REFERENCES

- Ishchenko A.V., Ogurtsova Yu.N., Strokova V.V. Features of fibers of different composition, as part of a self-cleaning surface [*Osobennosti fibry razlichnogo sostava kak ehlementa samoochishchayushchejsya poverhnosti*]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 11. Pp. 18–24. (rus)
- Mayorov V.A. Translucent structures with self-cleaning glass [*Svetoprozrachnyye konstrukcii s samoochishchayushchimisya steklami*]. Translucent structures. 2017. No. 3(113). Pp. 13–26. (rus)
- Sokolova E.V., Zakrevskaya L.V., Gavrilenko A.A., Lubin P.A. New facade material, capable of self-purification [*Novyj fasadnyj kompozicionnyj material, sposobnyj k samoochishcheniyu*]. Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Naukoemkie tekhnologii i innovatsii» (oktyabr' 2016 g.). Belgorod. BSTU named after V.G. Shukhov, 2016, pp. 380–384. (rus)
- Nanda D., Varshney P., Satapathy M., Mohapatra S.S., Kumar A. Self-assembled monolayer of functionalized silica microparticles for self-cleaning applications. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2017. Vol. 529. Pp. 231–238.
- Kisch Horst, Orth-Gerber Jurgen, Sakthivel Shanmugasundaram. Titanium dioxide based carbonaceous photocatalyst, method of preparing said photocatalyst and use. Patent RU, no. 2380318, 2010. (rus)
- Peter Grochal. Coating material Patent RU, no. 2377267, 2009. (rus)
- Wilhelm Barthlott, Christoph Neinhuis. Method for the preparation of self-cleaning removable surfaces. Patent RU, no. 2246514, 2005. (rus)
- Savinkina E.V., Obolenskaya L.N., Kuzmicheva G.M., Dorokhov A.V. Photocatalyst based on nanosized η -modification of titanium dioxide. Patent RU, no. 2469788, 2012. (rus)
- Gallyamov M.O., Khokhlov A.R., Buznik V.M., Nikitin L.N., Nikolaev A.Y. Water repellent element and method of hydrophobic coating producing. Patent RU, no. 2331532, 2006. (rus)
- Vinogradov A.V., Agafonov A.V. Sol-gel synthesis of titanium dioxide based films possessing highly ordered channel structure. Abstract. Intern. Conf. «Sol-Gel 2009» (23-27 august. 2009). Recife, Brazil, 2009, 118 p.
- Zhang CY, Cai HG, Chen B, Dong W., Mu Z., Zhang X. Synthesis of superhydrophobic surface of polyethylene via in situ ziegler-natta polymerization. *Chin J Catal*. 2008. Vol. 29. Iss. 1. Pp. 1–3.
- Chang K.C., Chen Y.K., Chen H. Fabrication of highly transparent and superhydrophobic silica-based surface by TEOS/PPG hybrid with adjustment of the pH value. 2008. Vol. 202. Iss. 16. Pp. 3822–3831.
- Kiselev M. G., Savich V.V., Pavich T.P. Defining the wetting angle on flat surfaces [*Opreделение kraevogo ugla smachivaniya na ploskih poverhnostyah*]. Bulletin of BNTU. 2006. No. 1. Pp. 38–41. (rus)
- Richard Wright, Mark Blitshteyn. Method and apparatus for measuring contact angles of liquid droplets on substrate surfaces. Patent US5268733A, 1993.
- Catherine A. Demoulin, Dominique Ausserre, Francis Rondelez. Method and apparatus for determining the contact angle of a drop of liquid placed on a solid or liquid horizontal substrate. Patent US4688938A, 1987.
- Efremov A.M., Svetsov V.I., Rybkin V.V. Vacuum-plasma processes and technologies [*Vakuumno-plazmennyye processy i tekhnologii*]. Ivanovo: ISUCT, 2006. 260 p. (rus)

17. Vyacheslavov A.S., Pomeranceva E.A. The Measurement of the surface area and porosity by the method of capillary nitrogen condensation. Methodical development [*Izmerenie ploschadi poverhnosti i poristosti metodom kapillyarnoj kondensacii azo-*

ta]. M.: MGU im. M. V. Lomonosov, 2006. 55 p. (rus)

18. Aligizaki Kalliopi K. Pore Structure of Cement-Based Materials: Testing Interpretation and Requirements (Modern Concrete Technology). Taylor & Francis, 2005. 432 p.

Information about the authors

Zorin, Dmitriy A. PhD, Senior lecturer. E-mail: dim-z@yandex.ru. Moscow State University of Civil Engineering (National Research University). Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Ivashenko, Natalia V. Bachelor student. E-mail: ivashenko.nata@mail.ru. Moscow State University of Civil Engineering (national research university). Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Dobrina, Kristina E. Bachelor student. E-mail: ivashenko.nata@mail.ru. Moscow State University of Civil Engineering (National Research University). Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Received in January 2019

Для цитирования:

Зорин Д.А., Ивашенко Н.В., Добрина К.Е. Эффективные комплексные гидрофобизаторы для самоочищающихся фасадных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 4. С. 16–23. DOI: 10.34031/article_5cb1e6595c5ba2.05324270

For citation:

Zorin D.A., Ivashenko N.V., Dobrina K.E. Effective integrated water repellents for self-cleaning of facade materials. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 4. Pp. 16–23. DOI: 10.34031/article_5cb1e6595c5ba2.05324270