

ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
Министерство образования Пензенской области
ГАОУ ДПО «Институт регионального развития Пензенской области»
Управление образования города Пензы
МБОУ «Лицей современных технологий управления № 2» г. Пензы
МБОУ финансово-экономический лицей № 29 г. Пензы
Портал поддержки Дистанционных Мультимедийных Интернет-Проектов «ДМИП.рф»
МБОУ СОШ № 78 г. Пензы

III открытый региональный конкурс
исследовательских и проектных работ школьников
«Высший пилотаж - Пенза» 2021

Антиоблещенитель

Выполнили: Батынова Анна,
Сергеева Елизавета,
ученицы 10 класса МБОУ СОШ № 78 г. Пензы

Руководитель работы:
Сергеева Кристина Анатольевна,
учитель физики
МБОУ СОШ №78 г. Пензы

Пенза
2021

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Математическая модель состава, обладающего супергидрофобными свойствами.....	4
Глава 2. Исследование свойств разработанных составов. антиобледенительных покрытий.	7
Список литературы	14

Актуальность работы. На сегодняшний день проблема обледенения стоит достаточно остро. Актуальной является данная проблема в авиастроении, эксплуатации наружных линий электропередач, контактных сетей железнодорожного и городского электротранспорта, а также в борьбе с сосульками на наклонных крышах [1].

Целью работы является разработка оптимальной рецептуры состава, покрытия на основе которого обладают супергидрофобными свойствами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ возможности создания состава, обладающего супергидрофобными свойствами, с построением математической модели.
- разработать эффективный состав антиобледенительных покрытий;
- проверить опытным путем антиобледенительные свойства покрытий на основе разработанного состава для обработки металлоконструкций и отделочных покрытий.

Научная новизна. Установлены закономерности влияния кремнийорганического связующего, стеклянных микросфер и аэросила на супергидрофобные свойства покрытий на основе разработанного состава. Полученная рецептура компонентов состава приводит к повышению эффективности его применения на поверхностях металлоконструкций и бетонов. Проведена проверка математической модели составов антиобледенительных покрытий серией опытов с определением физико-механических свойств антиобледенительного состава.

Практическая значимость работы. Разработано оптимальное содержание компонентов супергидрофобных покрытий на основе разработанного состава. В работе рассмотрена топология структуры покрытия. Установлен оптимальный состав супергидрофобного покрытия на основе кремнийорганического связующего, полых стеклянных микросфер и аэросила, а также рассчитана массовая и объемная степень наполнения состава.

Предмет исследования: антиобледенительный состав

Объект исследования: рецептура антиобледенительного состава

Апробация работы: была обработана крыша частного дома с помощью разработанных составов.

Введение

На сегодняшний день проблема обледенения стоит достаточно остро. Актуальной является данная проблема в авиастроении, эксплуатации наружных линий электропередач, контактных сетей железнодорожного и городского электротранспорта, а также в борьбе с сосульками на наклонных крышах [1].

Для защиты строительных конструкций и сооружений находят применение сверхгидрофобные покрытия. Основное назначение таких покрытий состоит в том, чтобы максимально снизить силу сцепления льда с поверхностью и сохранить эту способность в течение длительного срока эксплуатации. Известно, что адгезионная прочность льда к покрытию определяется химической природой пленкообразователя и является функцией его поверхностной энергии или поверхностного натяжения. При возрастании разности между значениями поверхностного натяжения воды и поверхностного натяжения покрытия растекаемость воды по поверхностному слою покрытия уменьшается. Снижение смачивания

поверхности приводит к сокращению площади контакта между замерзшей водой и покрытием и, как следствие, к уменьшению адгезии льда к покрытию.

Использование окрасочных материалов с низкой поверхностной энергией позволяет существенным образом снизить затраты на механическое удаление льда с поверхности

различных сооружений и конструкций. У большинства полимерных материалов адгезия со льдом составляет более 0,100 МПа. Практика показывает, что для борьбы с обледенением следует использовать полимеры, термодинамические характеристики которых отвечают следующим требованиям: поверхностное натяжение покрытия менее 25 мДж/м², контактный угол смачивания водой более 90°. В этом случае адгезионная прочность льда к поверхности не будет превышать 0,030 МПа.

Второй вариант снижения адгезии льда к покрытию решается за счет применения поверхностной текстуры покрытий [1, 2]. На супергидрофобных покрытиях после соударения с поверхностью капли воды настолько быстро «отскакивают» от нее, что не успевают затвердевать, и, таким образом, никакого обледенения практически не происходит.

Проанализировав научно-техническую и патентную литературу в области создания составов покрытия на основе, которых будут обладать супергидрофобными свойствами. На сегодняшний день известна композиция, включающая кинетически устойчивую смесь кремнийорганических полимеров, наполнитель (слюда, тальк), пигмент (оксиды и соли переходных металлов). Покрытие, сформированное на основе указанной композиции, является атмосферостойким и может применяться для защиты металлических, железобетонных и других конструкций, а также различного оборудования на открытом воздухе. Однако оно не обладает антиобледенительным свойством [3]. Наиболее близкой по технической сущности и достигаемому результату является композиция, включающая кремнийорганическое полимерное связующее, состоящее из полидиметилфенилсилоксана и полидиметилсилоксана, и растворитель, в качестве наполнителя содержит тальк или смесь талька с белитом, и (или) баритом, а в качестве пигмента - оксиды и (или) соли переходных металлов, при следующем соотношении компонентов, мас. % (Кремнийорганическое полимерное связующее-40, Наполнитель-18, Пигмент-15, Растворитель-Остальное) [4]. Недостатками прототипа являются повышенный расход связующего и вследствие этого высокая стоимость покрытия. Отверждение покрытия может проводиться при температуре 180°C в течение 3 часов, либо отверждение происходит при температуре окружающей среды с предварительно внесенным в композицию отвердителем, что затрудняет технологию производства в построечных условиях. Кроме того, краевой угол смачивания не обеспечивает супергидрофобных свойств покрытию. Задачей данной работы является устранение указанных недостатков создания состава, обладающего антиобледенительными свойствами.

В данной работе представлен анализ возможности создания состава, обладающего антиобледенительными свойствами, которые в свою очередь с помощью экспериментальных данных были подтверждены.

Глава 1. Математическая модель состава, обладающего супергидрофобными свойствами

Прототипом при разработке состава для антиобледенительного покрытия послужил, так называемый «Эффект лотоса» явление несмачиваемости листьев и цветов некоторых растений, основанное на особом структурированном строении их поверхности. Физику процесса данного явления хорошо отражает закон Кассье (1) по степени увлажнения твердого тела через контактный угол жидкости с поверхностью (1), который можно легко изменить, придав поверхности необходимый, в данном случае, наноразмерный рельеф.

$$\cos\theta = \frac{\sigma_{г-г} - \sigma_{г-ж}}{\sigma_{ж-г}}, \quad (1)$$

где $\sigma_{т-г}$ – поверхностная энергия на межфазных границах «твердое тело – газ»; $\sigma_{т-ж}$ – поверхностная энергия на межфазных границах «твердое тело – жидкость»; $\sigma_{ж-г}$ – поверхностная энергия на межфазных границах «жидкость – газ».

При нулевом контактном угле наблюдается полное увлажнение поверхности (супергидрофильная поверхность), а при угле 180° можно наблюдать совершенную несмачиваемость поверхности (супергидрофобная поверхность), к которой капля касается только в одной точке, что обусловлено силой адгезии каплей воды с поверхностью. То есть, при увеличивая краевого угла смачиваемости, уменьшается адгезия каплей с поверхностью. Таким образом, лотос-эффект присущ не только живым системам, так как основан исключительно на известных физико-химических явлениях [2].

При разработке антиобледенительного состава необходимо также решить задачу стабильности покрытия по отношению к старению и различным факторам воздействия окружающей среды. Потому как, например, ультрафиолетовое излучение может инициировать окисление покрытия, что приводит к гидрофилизации поверхности за счет образования кислородсодержащих групп [5].

Использование в составе покрытия органосилоксанов позволяет усилить водоотталкивающий эффект и позволяет получить покрытие с хорошим уровнем физико-механических показателей. А введение в состав покрытия наноразмерных частиц, таких как, например, оксид кремния с добавлением стеклянных микросфер, то это в свою очередь, может привести к самоорганизации частиц, что также способствует повышению краевого угла смачивания. Объяснить это можно на примере модели смачиваемости Касси-Бакстера. Гидрофобный слой понижает поверхностное натяжение покрытия, препятствуя растеканию капли воды, а созданная за счет сформированной высокоразвитой морфологии структуры (впадин и выступов) шероховатость уменьшает площадь контакта из-за присутствия воздушных зазоров между каплями воды и гидрофобизированной поверхностью и, как следствие, снижает адгезионные силы [6,7].

Повышение показателей свойств наполненных композитов связано с формированием их оптимальной структуры, необходимым признаком которой является наличие пространственного каркаса из частиц наполнителя и пленочной фазы матрицы. При оптимизации наполнения композитов главным образом варьируются два геометрических показателя дисперсного наполнителя: его удельная поверхность S_u , объемная доля V и толщина пленки полимера h . Для создания антиобледенительного покрытия можно использовать в качестве полимера кремнийорганическое связующее группы органосилаксонов и наполнителя в виде стеклянных микросфер с аэросилом.

При расчете оптимального содержания наполнителя учитывалось не только влияния формы, расстояния между неровностями, их размеров, а также плотность и толщина пленки полимера на значение равновесного угла смачивания. [8].

Реальная толщина пленки имеет значительные колебания в объеме композита. Связь между h и D определяется равенством (2):

$$h = (0,14 \pm 0,01)D. \quad (2)$$

У аэросила R 972, средний диаметр частиц которых составляет 16 нм, толщина пленки полимера $h = 2,4$ нм или 0,0024 мкм. У стеклянных полых микросфер плотностью, средний диаметр частиц 30 мкм - $h = 4,3$ мкм..

Оптимальное содержание наполнителя в композите рассчитывалось по формуле (3):

$$V = \frac{\rho_n}{\rho_f \left(\frac{h_0 \cdot S_u \cdot \rho_f}{6} + 1 \right)^3} \quad (3)$$

где V – объемное содержание наполнителя; ρ_n – насыпная плотность наполнителя кг/м³; ρ_f – плотность наполнителя, кг/м³; h_0 – средняя толщина прослойки пленкообразователя; S_u – удельная поверхность наполнителя, м²/кг [8]. Получается, что оптимальное содержание наполнителя в композите аэросила R 972 плотностью 2360 кг/м³ равно $V=0,016$. Оптимальное содержание наполнителя в композите стеклянных полых микросфер плотностью $\rho_f=250$ кг/м³ соответственно $V=0,52$. Плотность упаковки частиц наполнителя составляет $V=0,536$.

В технических расчетах характеристикой наполнения часто служит массовая степень наполнения (4).

$$\varphi = \frac{\rho_f}{\left(\frac{1}{V} - 1 \right) \cdot \rho_m} \quad (4)$$

Для расчёта был взят полимер диметилфенилсилоксан плотностью $\rho_m = 820 - 1100$ кг/м³. По формуле (4) получаем, для аэросила R 972 плотностью $\rho_f=2360$ кг/м³ массовая степень наполнения $\varphi=0,02-0,05$, для стеклянных микросфер соответственно $\varphi = 0,25 - 0,32$.

Опираясь на полученные факты, учитывая объемы дисперсной системы и объема сферических выступов, а также плотность микросфер, аэросила по отношению к кремнийорганическому связующему, получена модель антиобледенительного покрытия, в состав которого входит связующее из семейства силоксанов в количестве 20% от общего объема. (рисунок 1).

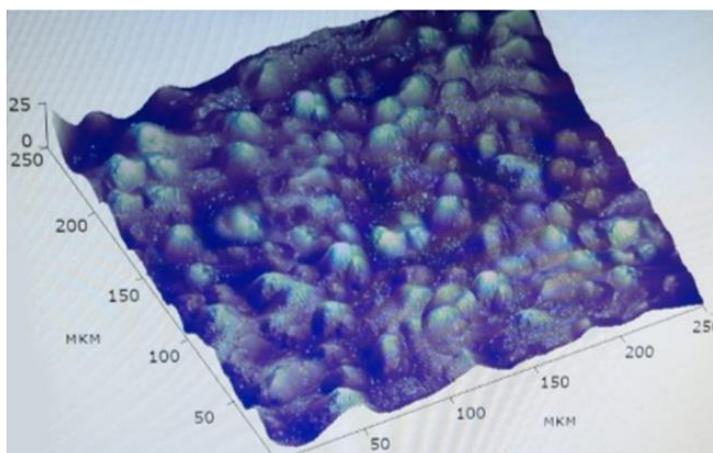


Рисунок 1 - Структурная матрица гидрофобного состава на основе органической смолы со стеклосферами и аэросилом

Данный состав формирует покрытия, поверхность которого по топографической модели краевого угла смачивания поверхности по Шибичи, Онде (6) и по Кампосу для стохастической неровной поверхности (8), образует угол 150^0-170^0 .

$$\cos\theta_f = \left(\frac{L}{l} \right)^{D-2} \cos\theta \quad (6)$$

$$f = \frac{\left(\frac{2h}{R} - \left(\frac{h^2}{R} \right)^2 \right) \pi}{2\sqrt{3}} \quad (7)$$

f-фактор шероховатости, соответствующий функциям глубины провисания h капли жидкости между сферическими выступами радиуса R (при условии что $h = R(\cos\theta + 1)$, $\cos\theta$ – косинус угла смачивания химически идентичной плоской поверхности); L и l – отношение верхнего и нижнего пределов длин фрактальной структуры, $D(2 \leq D < 3)$ – параметр фрактального измерения.

$$\cos\theta_f = -1 + \frac{1}{\left(\frac{R+D}{R}\right)^2 \left(\frac{\pi^2}{2\sqrt{3}(1+\cos\theta)}\right)} \quad (8)$$

где $\left(\frac{R+D}{R}\right)^2$ – параметр фрактального измерения, обратно пропорциональный параметру шероховатости Касси, и выраженный для определенной геометрической модели при условии сферической формы выступов; R – радиус сферического выступа и D – расстояние между двумя ближайшими выступами [3,4,5].

Для данного состава глубина провисания капли $h=1,5-2$ мкм, с радиусом сферического выступа $R=15$ мкм, расстоянием между двумя ближайшими выступами $D=30$ мкм (рисунок 2).



Рисунок 2 - Капля воды на поверхности, обработанной антиобледенительным составом:

- а) подложка металлическая;
- б) подложка бетонная

Работа адгезии по уравнению Дюпери-Юнга $A_{адг} = \sigma_{ж-г}(1 + \cos\theta_f)$ находится в пределах 0,1-0,4 работы когезии на разделе фаз жидкость-газ. Данное покрытие будет также обладать высоким коэффициентом теплопроводности, близким к 0,04 Вт/м°К за счет низких значений коэффициента теплопроводности стеклянных микросфер, которые составляют свыше 50% от общего объема. Структура полученного антиобледенительного покрытия схожа с структурой листа лотоса. Математические расчёты по оптимизации антиобледенительного состава, подтверждены экспериментально.

Глава 2. Исследование свойств разработанных составов антиобледенительных покрытий.

Для исследования свойств представленных рецептур состава и покрытий на его основе были использованы следующие методики. Для характеристики антиобледенительных свойств покрытий в работе применяли значение статического и динамического (наступающего и отступающего) краевого угла смачивания (угол, который образуется между касательной, проведенной к поверхности фазы жидкость-газ и твердой поверхностью с вершиной, располагающейся в точке контакта трёх фаз, и условно измеряемый всегда внутрь жидкой фазы), а также гистерезис смачивания, для чего измеряли углы натекания $\theta_{нат}$, и углы оттекания $\theta_{от}$ [6,10,16,17]. Динамический угол смачивания определяли наклонным методом. Для этого капля воды помещалась на металлическую пластину, которая постепенно начинала наклоняться. Наступающий краевой угол смачивания ($\theta_{нат}$) - это максимальный угол, достигаемый перед тем, как контактная линия начинает двигаться в сторону газовой фазы. Отступающий угол ($\theta_{от}$)

характеризуется минимальным значением до того момента, когда линия начинает движение в сторону жидкой фазы.

Для экспериментального исследования процесса смачивания жидкостью твердых подложек в качестве подложек использовались металлические пластины профнастила кровельного «MR-20» с полимерным покрытием. Состав антиобледенительного покрытия был нанесен на пластину, после отверждения которого на поверхность наносилась капля воды. Статический краевой угол смачивания определялся методом лежащей капли по формуле (9)

$$\cos\theta = 1 - \frac{h}{r} \quad (9)$$

где h - высота капли; r - радиус капли.

Адгезию покрытий определяли методом решетчатого надреза [11,15].

Измерение теплопроводности производили с помощью теплового цилиндрического зонда постоянной электрической мощности нагрева по измерению его температуры за определенный интервал времени. Величину теплопроводности определяют расчетным путем по результатам измерений.

Принцип регулярного режима при использовании теплового цилиндрического зонда постоянной мощности предусматривает, что изменение температуры зонда во времени подчиняется экспоненциальному закону. В связи с этим для расчета коэффициента теплопроводности используется формула

$$\lambda = A \frac{\ln\left(\frac{\tau_n}{\tau_m}\right)}{R_m - R_n} \quad (10)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С); A – аппаратный фактор прибора; τ_n , τ_m – фиксированные отчеты времени в минутах, выбираются при условии $\tau_n / \tau_m = 2$; R_m , R_n – фиксированные температуры в условных единицах.

Серией опытов была подтверждена полученная модель антиобледенителя. При разработке рецептуры лакокрасочного состава значительное внимание уделяется концентрации полимера в растворе. При увеличении объемной доли полимера в растворе резко возрастает вязкость. С превышением концентрации пленкообразователя некоторой критической величины, когда вязкость раствора начинает резко расти, смачивающая и пептизирующая способности, а также диспергируемость пигментов и наполнителей ухудшаются.

При концентрации ниже критической в маловязких низкоконцентрированных растворах суспензия неустойчива – наблюдаются расслаивание и флокуляция. При концентрации, равной критической, лакокрасочная система устойчива при длительном хранении.

В ходе исследований была установлена оптимальная концентрация смолы кремнийорганического связующего, которая составляет 20%. Условную вязкость раствора полимера определяли с помощью вискозиметра ВЗ-4.

На диаграмме 1 представлена зависимость вязкости раствора полимера от его концентрации в растворе.

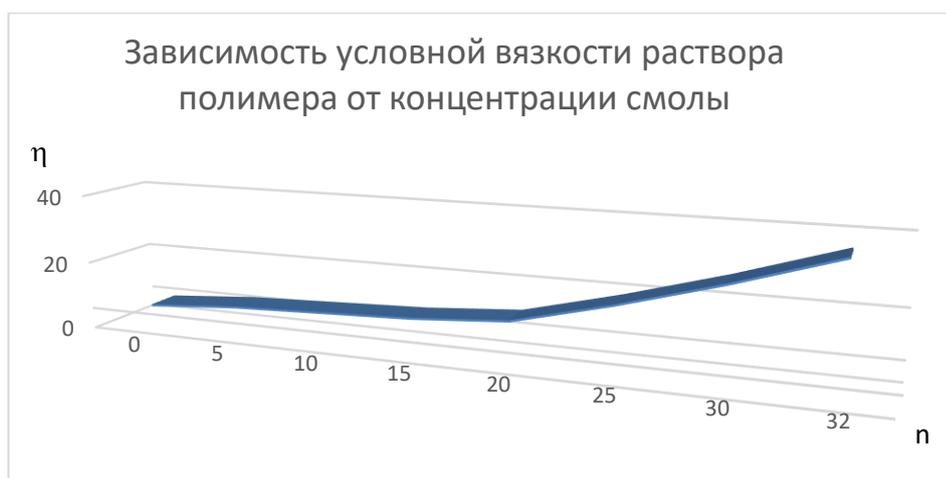


Диаграмма 1 Зависимость вязкости раствора полимера от его концентрации в растворителе.

Точка перегиба, спроецированная на ось абсцисс, как раз и будет представлять собой критическую концентрацию полимера в растворе, характеризующую образование трехмерной флуктуационной сетки зацеплений.

При разработке рецептуры антиобledenительного покрытия в качестве наполнителя применяли аэросил марки плотностью $\rho=2360$ кг/м³ и стеклянные полые микросферы плотностью $\rho=250$ кг/м³.

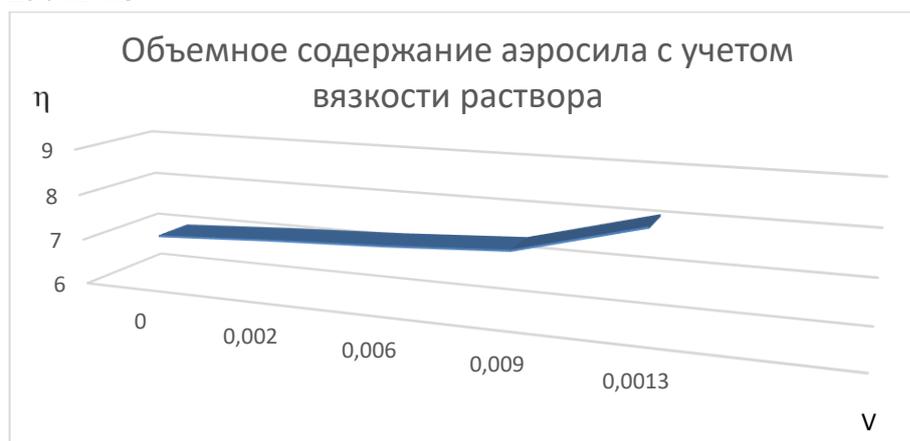


Диаграмма 2 Зависимость объемного содержания аэросила и условной вязкости раствора

В ходе исследований была определена оптимальная концентрация наполнителя, приведенная на диаграммах 2 и 3, из которых видно, что оптимальное объемное содержание аэросила составляет 0,009 и стеклянных полых микросфер 0,46 соответственно.

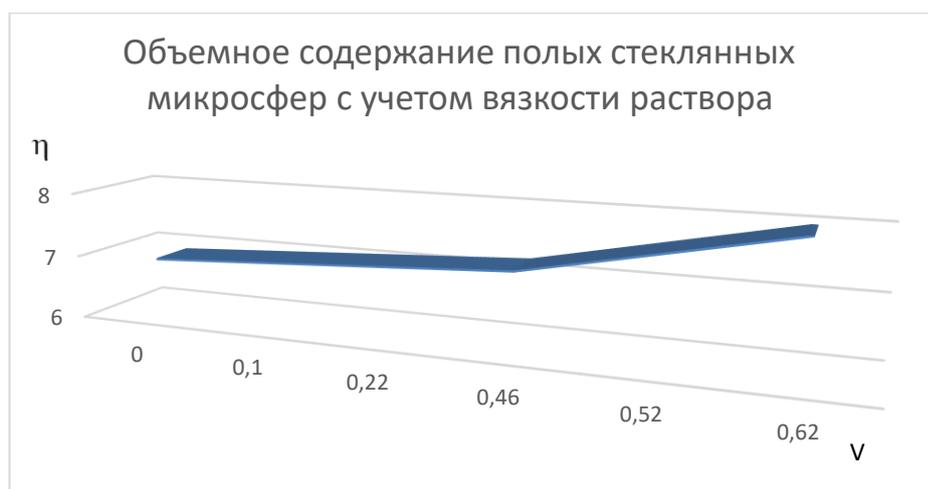


Диаграмма 3 Зависимость объемного содержания аэросила и условной вязкости раствора

Полученные растворы были нанесены на растворные подложки. При оценке гидрофобных свойств установлено, что покрытия имеют высокий краевой угол смачивания (более 150°), и угол скатывания не превышает 10° , что подтверждает наличие супергидрофобности и предполагает наличие антиобледенительных свойств у покрытий.

Созданная за счет сформированной высокоразвитой морфологии структуры шероховатость поверхности покрытия уменьшает площадь контакта из-за присутствия воздушных зазоров между каплей воды и гидрофобизированной поверхностью и, как следствие, снижает адгезионные силы.[16,18] Адгезия покрытия к подложке оценивалась методом решетчатого надреза и составила 1 балл. При 4-кратном увеличении отмечены ровные и четкие значения надрезов без сколов и крошения.

Для экспериментального исследования антиобледенительных свойств покрытий в качестве подложек использовались металлические пластины профнастила кровельного MR-20 с полимерным покрытием. Установлено, что значение гистерезиса смачивания супергидрофобной поверхности на основе разработанного состава составляет $3,9^\circ$ (рисунок 3). При угле наклона металлической пластины 10° капля воды с супергидрофобной поверхности начинает скатываться. Скатывание капли воды на гидрофильной поверхности начинается при угле 34° . Дополнительно был проведен расчет силы, при которой капля воды скатывается с наклонной поверхности.



Рисунок 3-Скатывание капли воды на поверхности, обработанной антиобледенительным составом

В таблице 1 приведены значения силы F для гидрофильной и супергидрофобной поверхности. Результаты расчета свидетельствуют, что сила отрыва капли воды на супергидрофобной металлической поверхности в 3 раза меньше, что обеспечивает более легкое скатывание капли воды с поверхности и ее антиобледенительные свойства.

Т а б л и ц а 1. Угол скатывания капли воды с металлической поверхности

Поверхность	Угол скатывания, °.	Сила отрыва, Н
Гидрофильная	34	$2,59 \cdot 10^{-4}$
Супергидрофобная	10	$0,87 \cdot 10^{-4}$

При действии отрицательной температуры ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) при замерзании капля воды принимает другую форму – появляется заостренная вершина (рисунок 4). Очевидно, это объясняется вертикальным расширением льда в сочетании с напряжением поверхности на оставшейся жидкости [12,13].



Рисунок 4 - Заможенная в морозильной камере вода на поверхности, обработанной антиобледенительным составом



Рисунок 5 - Заможенная в морозильной камере вода на необработанной поверхности металла

Установлено, что количество льда на необработанной поверхности, находящейся при увлажнении под углом 30° , составляет $0,61\text{ кг/м}^2$, а на супергидрофобной поверхности $-0,16\text{ кг/м}^2$.

Было рассчитано испарение льда с гидрофильной и супергидрофобной поверхности в морозильной камере. Согласно условиям эксперимента, относительная влажность воздуха в морозильной камере составляла 90% . Практически не наблюдается разницы в скорости испарения с гидрофильной и супергидрофобной поверхности. Так, спустя час скорость испарения с 1 м^2 супергидрофобной поверхности составила $15,12\text{ г/ч}$, а с гидрофильной – $14,99\text{ г/ч}$. Спустя 2 ч скорость испарения с поверхности уменьшается до $14,88$ и $14,89\text{ г/ч}$ с 1 м^2 (таблица 2).

Через 6 ч в закрытом пространстве морозильной камеры (объем 196 л) устанавливается динамическое равновесие между процессами испарения и конденсации. Скорость конденсации становится равной скорости испарения; начиная с этого момента количество льда перестает

уменьшаться. Разницы в значениях интенсивности испарения льда с гидрофильной и супергидрофобной поверхности не зафиксировано.

Т а б л и ц а 2. Скорость испарения льда в зависимости от типа поверхности, г/ч с 1 м²

Время замораживания, ч	Поверхность	
	гидрофильная	супергидрофобная
1	14,99	15,12
2	14,89	14,88
6	14,81	14,80
12	14,80	14,80
14	14,80	14,80

Результаты исследований свидетельствуют, что разработанный состав образует покрытие, характеризующееся антиобледенительными свойствами, сохраняющимися в процессе эксплуатации (рисунок 5). Для оценки эксплуатационной стойкости покрытий были проведены испытания на морозостойкость путем попеременного замораживания и оттаивания антиобледенительного слоя, нанесенного на металлическое основание. Оценку внешнего вида покрытий проводили по ГОСТ 6992-68. Установлено, что образцы выдержали 45 циклов испытания, при этом состояние покрытия после 45 циклов испытания (1цикл-сутки образец лежит в воде и сутки в морозильной камере, и равен 1 календарному году) оценено V.7 баллами. Такое состояние характеризуется потерей блеска до 5 %, едва заметным изменением цвета и отсутствием отслаивания, пузырей, сыпи и коррозии поверхности. Установлено, что краевой угол смачивания поверхности, обработанной супергидрофобным составом после 45 циклов попеременного замораживания и оттаивания, составил 142° , что в свою очередь говорит о том, что покрытие не утратило свои супергидрофобные свойства, хотя и привело к небольшому снижению значения краевого угла смачивания.



Рисунок 6 -Капля воды на обработанном металле антиобледенительным составом, подвергавшемуся 55 циклам попеременного замораживания и оттаивания



Рисунок 7 – капля воды на антиобледенительном составе, нанесенном на бетонную подложку (сверху), капля воды на необработанной бетонной подложке (снизу)

Разработанным составом была обработана бетонная подложка, установлено, что краевой угол смачивания поверхности составил 145° , свидетельствуя о том, что разработанный состав сохраняет свои супергидрофобные свойства и при нанесении его на бетон. (рисунок 6) Благодаря покрытию супергидрофобным составом бетона приводит к увеличению срока его службы и защищает от разрушения с течением времени.

В таблице 3 приведены основные технические характеристики состава антиобледенительных покрытий на его основе в сравнении с прототипом [4,18].

Т а б л и ц а 3 – Технические характеристики

Наименование показателей	Разработанный состав	Прототип
Краевой угол смачивания, °	152-160	115-120
Адгезия (ГОСТ 15140), балл	1	1
Критический угол скатывания, °	8-10	20
Относительная твердость	0,4	0,3
Коэффициент теплопроводности, Вт/м °С	0,04	-

Разработанный состав относится к составам для покрытий, обеспечивающим снижение сил сцепления между льдом и различными поверхностями и защищающих от воздействия атмосферных факторов. Он может быть использован для борьбы с обледенением металлических конструкций. Для нанесения состава на защищаемую поверхность применяются методы лакокрасочной технологии: кисть, валик, краскораспылитель, окунание и другие.

Список литературы

1. Шорина Н.С., Смогунов В.В. Проблема обледенения и краткий обзор современных методов борьбы с ним Труды Международного симпозиума «Надежность и качество» Общие и комплексные проблемы естественных и точных наук, 2010.
2. Зимом А.Д. Адгезия жидкости и смачивание. М.:Химия, 1974.
3. Харитонов Н.П. Органосиликатные композиции: Каталог-справочник / Н.П. Харитонов, В.А. Кротиков, В.В. Островский. - Л.: Наука: Ленингр. отд-ние, 1980. - 90 с.
4. Патент РФ 2156786 Композиция для антиобледенительного покрытия: пат. 2156786 Рос. Федерация: МПК С09К 3/18. Л.Н. Красильникова, С.В. Чуппина, В.А. Кротиков, Н.В. Шнурков, Л.Т. Фокина; заявитель и патентообладатель Институт химии силикатов РАН, Научно-исследовательский институт специальных полимеров и коррозии. Заявл. 1998-12-30; опубл. 27.09.2000.
5. Шилова О.А., Цветкова И.Н., Красильникова Л. Н., Ладилина Е. Ю., Любова Т. С., Кручинина И.Ю. Синтез и исследование супергидрофобных, антиобледенительных гибридных покрытий: Транспортные системы и технологии, разд Химия 2015, с. 91-98.
6. Киселев М.Г., Савич В.В., Павич Т.П. Определение краевого угла смачивания на плоских поверхностях Вестник БНТУ, No 1,2006 с.38-40.
7. Соловьянчик Л.В., Кондрашов С.В., Нагорная В.С., Мельников А.А. Особенности получения антиобледенительных покрытий Защитные и функциональные покрытия: Труды ВИАМ №6(66) 2018, с.77-95.
8. Mezger M., Schder S., Reichert H. et al. Water and ice in contact with octadecyl-trichlorosilane functionalized surfaces: A high resolution x-ray reflectivity study // The Journal of chemical physics. 2008. Vol. 128. No. 24. P. 244705.
9. Гринац Э.С., Миллер А.Б., Потапов Ю.Ф., Стасенко А.Л. Экспериментальные и теоретические исследования процессов обледенения наномодифицированных супергидрофобных и обычных поверхностей // Вестник МГОУ. Сер.: Физика – Математика. 2013. №3. С. 84–92.
10. Брагина В.И. Флотационные методы обогащения: учебное пособие по циклу лабораторных работ для студентов специальности 130405.65 «Обогащение полезных ископаемых» / сост.В.И. Брагина, В.И. Брагин, Л.П. Пехова. - Красноярск: ИПК СФУ, 2010. - 78 с.
11. ГОСТ 15140-78 Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии (с Изменениями N 1, 2, 3) М.: ИПК Издательство стандартов, 1996.
12. Бойнович Л.Б., Емельяненко А.М. Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение // Успехи химии. 2008. Т. 77, № 7. С. 619–638.
13. Бойнович Л.Б.. Супергидрофобные покрытия – новый класс полифункциональных материалов // Вестн. РАН. 2013. Т. 8, № 1. С. 10_22.
14. Кожухова, М.И. Комплексное силоксановое покрытие для гидрофобизации бетонных поверхностей / М.И. Кожухова, И. Флорес-Вивиан, С. Рао, В.В. Строкова, К.Г. Соболев // Строительные материалы. – 2014. –№ 3. – С. 26–30.
15. Шорина Н.С., Смогунов В.В. Проблема обледенения и краткий обзор современных методов борьбы с ним Труды Международного симпозиума «Надежность и качество» Общие и комплексные проблемы естественных и точных наук, 2010.
16. Зимом А.Д. Адгезия жидкости и смачивание. М.:Химия, 1974.

17. Шилова О.А., Цветкова И.Н., Красильникова Л. Н., Ладилина Е. Ю., Любова Т. С., Кручинина И.Ю. Синтез и исследование супергидрофобных, антиобледенительных гибридных покрытий: Транспортные системы и технологии, разд Химия 2015, с. 91-98.

18. Гринац Э.С., Миллер А.Б., Потапов Ю.Ф., Стасенко А.Л. Экспериментальные и теоретические исследования процессов обледенения наномодифицированных супергидрофобных и обычных поверхностей // Вестник МГОУ. Сер.: Физика – Математика. 2013. №3. С. 84–92.

Рецензия на научно-исследовательскую работу учениц 10а класса МБОУ СОШ №78
«Антиобледенитель»

Актуальность темы данной работы несомненно обусловлена потребностью антиобледенительных составов в авиастроении, эксплуатации наружных линий электропередач, контактных сетей железнодорожного и городского электротранспорта, а также в борьбе с сосульками на наклонных крышах. В качестве рабочей гипотезы авторами выдвинуто предположение о возможности создания состава, который будет обладать супергидрофобными свойствами на основе кремнеорганического связующего в присутствии аэросила и полых стеклянных микросфер в качестве наполнителя в растворе.

Проведенный авторами анализ научно-технической литературы свидетельствует, что потребность в таких составах стоит достаточно остро, большинство разработок подобных составов не могут удовлетворить в полной мере рынок потребления, в связи с высокой ценовой характеристикой и недостаточно высокими техническими характеристиками предлагаемых составов. Авторы смогли найти свое решение данной проблемы с помощью разработки рецептуры состава антиобледенительных покрытий. Девочками была получена модель состава, и проведены ряд опытов по определению основных технических и эксплуатационных свойств покрытий на основе предложенного состава. Применение такого состава при обработке металлоконструкций диктует необходимость более полного исследования по сроку эксплуатации в различных погодных условиях. Я думаю, что авторы продолжают свои исследования в этой области, когда начнут серьезно изучать органическую химию в старших классах и более подробно и углубленно подойдет к реакционной способности добавок-наполнителей.

Все научные положения, выводы и практические рекомендации аргументированы и обоснованы. Выводы, к которым пришел автор, имеют научное и практическое значение.

Авторами установлены закономерности влияния содержания исходных компонентов, концентрация смолы в растворе, массовая доля и объемное отношение каждого из компонентов состава на свойства покрытий.

Практическая значимость работы заключается в следующем: разработана рецептура состава, обладающего антиобледенительными свойствами, включающая кремнийорганическую смолу, аэросил и полые стеклянные микросферы. Покрытия на основе предлагаемой состава обладают супергидрофобными свойствами и достаточно высокими техническими показателями, которые приводят авторы.

Таким образом, авторы достигли поставленной цели – разработали составы, покрытия на основе которых обладают антиобледенительными свойствами.

По данной работе имеются следующие замечания:

1. Авторами для оценки эффективности влияния наполнителей не рассматривалась их реакционная способность и перераспределение в растворе, а также авторами не было показано в каком количестве необходимо брать аэросил и полые стеклянные микросферы, используя их по отдельности. Хотя это и понятно, так как авторы является всего лишь учениками 10 класса. Что для их уровня работа имеет высокую оценку.

2. В работе авторами при разработке рецептуры использовалась только одна кремнийорганическая смола в качестве связующего. На мой взгляд, можно было провести исследования с использованием различных смол и рассмотреть их влияния на технические свойства покрытий на основе супергидрофобного состава.

Работа Батыновой Анны и Сергеевой Елизаветы выполнена на достаточно высоком уровне, сделанные замечания не оказывают существенного влияния на оценку работы.

Работа содержит научную новизну, практическую значимость и в ней на основе выполненных авторами исследований предложены научно-обоснованные технические решения по созданию рецептуры антиобледенительного состава, имеющего существенное значение для развития страны.

к.т.н., доцент

кафедры «Управление качеством и
технология строительного производства»

Макарова Людмила Викторовна

22.12.2020г
Макарова

