

Способ применим в том случае, если это не может вызвать просадки расположенных по соседству зданий и сооружений.

Список цитированных источников

1. Чернюк, В.П. Технология строительства в особых условиях / В.П. Чернюк, В.Н. Пчелин, Н.А. Сташевская. – Брест: Издательство БрГТУ, 2005. – 132 с.

2. Юськович, Г.И. Погружение свай в энергосберегающих рубашках: материалы научно-технической конференции, посвященной 30-летию университета / Г.И. Юськович, И.Г. Томашев. – Брест, 1996. Часть 1. – С. 209.

3. Юськович, Г.И. Энергосберегающие технологии в свайном фундаменте / Г.И. Юськович, В.И. Юськович, И.Г. Томашев, А.И. Веремейчик // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: материалы научного семинара, Брест, 25 марта 2016 г. – С. 39 – 44.

УДК 667.636.25

Тур А.В.

Научный руководитель: зав. кафедрой, к.т.н., доцент Э.А. Тур

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКРИЛОВОГО И СИЛИКОНОВОГО ПЛЁНКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЕЦЕПТУР ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ЭКОЛОГИЧНЫХ ФАСАДНЫХ КРАСОК

Основным направлением развития современного строительства является повышение технологичности и качества вновь возводимых объектов.

В связи с крайне неблагоприятной экологической ситуацией все большее значение для окраски фасадов зданий приобретают водно-дисперсионные (ВД) лакокрасочные материалы (ЛКМ), производство и применение которых не связано с использованием токсичных и пожароопасных органических веществ. К их основным преимуществам относятся низкая токсичность, быстрое высыхание, возможность окрашивать влажные поверхности и проводить окрасочные работы при повышенной влажности воздуха. Применение таких материалов позволяет исключить использование токсичных и пожароопасных растворителей, которые при отверждении ЛКМ безвозвратно испаряются в атмосферу. Кроме того, при работе с этими материалами снижаются требования к охране труда, пожаро- и взрывоопасность окрасочных работ, не требуется применение оборудования для производства и нанесения во взрывозащищенном исполнении. Таким образом, использование водно-дисперсионных ЛКМ приводит не только к экономии на себестоимости безвозвратно теряемых растворителей, но и позволяет делать процесс окрашивания безвредным и пожаробезопасным.

Все ЛКМ, предназначенные для отделки фасадов, относятся к защитно-декоративным покрытиям. Они должны соответствовать современным стандартам не только по цвету, структуре, блеску, но и быть атмосферостойкими, устойчивыми к различного рода загрязнениям, выдерживать определенные механические нагрузки, а также быть экологически безопасными, долговечными и ремонтпригодными. ЛКМ должны легко и равномерно наноситься, быстро сохнуть и быть привлекательными для потребителя по стоимости.

При разработке новых ЛКМ следует руководствоваться тем, что краска и окрашиваемая поверхность с точки зрения физических и химических свойств должны быть совместимы друг с другом. Для каждого фасадного строительного материала требуется соответствующая краска. Если, например, на дышащую

штукатурку нанести краску с низкой паропроницаемостью, то внутри материала, не имея возможности испаряться, будет накапливаться влага, что в конечном счете приведет не только к быстрому отслоению краски, но и разрушению самой основы. Для бетонных поверхностей рекомендуется применять щелочестойкие краски, для деревянных – водостойкие, эластичные и желательно негорючие, для черных металлов – обладающие антикоррозийными свойствами.

Облицовка различными минеральными материалами: штукатурками различного состава, декоративными штукатурками, в том числе с крошкой натурального камня, цементными и керамическими плитками, облицовочным кирпичом традиционно применяется для фасадов городских зданий в странах Западной Европы, России и Республики Беларусь. Такие поверхности окрашивают различными красками, как неорганическими, так и на основе полимерных связующих различной природы.

Вода в виде атмосферных осадков (капельная влага) и водяные пары являются основными факторами, приводящими к разрушению лакокрасочных покрытий (ЛКП). Капельная влага поступает внутрь конструкции в основном при выпадении атмосферных осадков, а также через цоколь и кровлю здания при недостаточной гидроизоляции и нарушении действующей системы водостоков. Водяной пар в помещениях имеет биогенное происхождение, либо образуется при работе бытового и промышленного оборудования; он проникает внутрь стен, где может конденсироваться в холодное время года. Повышенная влажность стен увеличивает потери тепла зимой, способствует росту водорослей (на фасаде здания), грибов и плесени (внутри здания). Циклическое замерзание воды в капиллярах искусственного каменного материала (замораживание-оттаивание) приводит к появлению внутренних напряжений, снижению прочности и образованию трещин [1]. Уровень влажности необходимо учитывать при определении сроков проведения окраски фасадов как в новом строительстве, так и при капитальном ремонте зданий и сооружений, когда производится замена кровли, штукатурки и восстановлению утрат каменной кладки.

Как следствие, одним из основных требований к ЛКП является достаточная проницаемость для паров воды. Вместе с тем, фасадное ЛКП должно предотвращать попадание капельной влаги внутрь при атмосферных осадках, то есть обладать гидрофобными свойствами [2].

Фотохимическое старение ЛКП, проявляющееся в изменении его цвета и мелении, вызывает солнечное излучение. Нагрев фасада здания за счёт солнечного излучения интенсифицирует испарение воды из конструкции, значительно увеличивая нагрузку на ЛКП.

Таким образом, целью применения фасадных красок является декоративная отделка здания и защита его наружной поверхности от атмосферных воздействий. Воздействие ультрафиолетового излучения на ЛКП сказывается на потере массы (меление), снижении блеска, повышении хрупкости, но первыми признаками снижения атмосферостойкости являются снижение первоначальных цветовых характеристик, в том числе изменение внешнего вида и цвета ЛКП [3].

В настоящее время при разработке рецептур высококачественных фасадных красок применяют наиболее светостойкие, в основном природные и синтетические неорганические пигменты. Пыль, грязь, жировые загрязнения, кислотные дожди разрушают минеральную подложку и создают условия для развития микроорганизмов в трещинах и на поверхности фасадов, что приводит к биоповреждению конструкции. Качественная фасадная краска должна содержать сбалансированный комплекс биоцидов, обеспечивающий длительную стойкость ЛКП. Использование современных плёнкообразующих веществ

препятствует размягчению покрытия при повышении температуры, снижая, таким образом, удержание загрязнений на поверхности фасадов.

Немаловажно, чтобы фасадная краска образовывала ЛКП с достаточной твёрдостью и стойкостью к истиранию, так как эти показатели указывают на способность покрытия противостоять ветровой эрозии.

Традиционные водно-дисперсионные краски для наружных работ отличаются друг от друга содержанием плёнкообразователя и объёмной концентрацией пигмента (ОКП). Композиции с низким ОКП и высоким содержанием плёнкообразователя обладают хорошей водостойкостью, но низкой паропроницаемостью, так как сформированное покрытие является недостаточно пористым. Составы с высоким ОКП и низким содержанием плёнкообразователя имеют достаточную паропроницаемость, но водопоглощение ЛКП на их основе слишком высокое [4].

В данной работе описана разработанная и оптимизированная рецептура водно-дисперсионной фасадной краски на основе комбинированного плёнкообразователя: 50%-ной стиролакриловой дисперсии анионного типа, полученной методом эмульсионной сополимеризации стирола и метилметакрилата, и силиконовой эмульсии. В качестве наполнителей были выбраны природный карбонат кальция (мраморный порошок) различного фракционного состава и микротальк для повышения укрывистости ЛКП, в качестве пигмента – диоксид титана рутильной формы, полученный хлоридным методом. Диоксид титана этой марки отличается повышенной белизной благодаря поверхностной обработке оксидами алюминия, кремния и соединениями циркония, а также высокой устойчивостью к фотоокислительной деструкции. Рецептура содержит комплекс функциональных добавок: диспергатор, агент реологии, коалесцент, тарный консервант, альгицид, обеспечивающий биозащиту ЛКП, пеногаситель и деаэратор (для удаления пены в массе краски). pH композиции регулировали аммиаком водным техническим 25%-ной концентрации. Для получения покрытия с эффектом скатывания капель (эффект «лотоса») в композицию включена гидрофобизирующая добавка. ОКП разработанного состава равно 75%. Оптимизированная рецептура водно-дисперсионной экологичной фасадной краски приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Оптимизированная рецептура водно-дисперсионной фасадной краски

Наименование компонента	Содержание компонента, масс. %
Стиролакриловая дисперсия	12,0
Силиконовая эмульсия	7,0
Полифосфат натрия (умягчитель воды)	0,2
Гидроксиметилцеллюлоза (агент реологии, загуститель)	0,3
Регулятор pH (аммиак водный технический)	0,05
Коалесцент (бутилдигликоляцетат)	0,7
Гидрофобизатор	1,30
Диспергатор	0,4
Пеногаситель на основе силикона	0,2
Деаэратор	0,3
Тарный консервант	0,2
Альгицид (биозащита плёнки)	0,2
Полиуретановый загуститель	0,15
Диоксид титана	12,0
Микротальк (Ø ср.= 2 мкм)	6,0
Микромраморный порошок (Ø ср.=5 мкм)	20,0

Микрораморный порошок (\varnothing ср.=1,8-1,5 мкм)	16,0
Вода	23,0
Σ	100

Испытания водно-дисперсионной экологичной фасадной краски и отверждённого ЛКП проводили по известным методикам [5].

Степень перетира фасадной краски определяли по гриндометру (прибору «Клин»). Твёрдость плёнки ЛКП испытывали прибором У-1, адгезию к бетонному основанию – методом отрыва [5].

Дополнительно исследовали водопоглощение ЛКП на инертных стеклянных подложках. Толщина нанесенного «мокрого» слоя составила 150-200 мкм. Пластинки с отверждённым ЛКП после 72-часовой выдержки в стандартных условиях помещали в эксикатор с дистиллированной водой и испытывали при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч. Пластинки были полностью погружены в воду, поверхности с ЛКП не касались друг друга и стенок эксикатора. После извлечения из воды пластинки осушали фильтровальной бумагой и взвешивали с точностью до 0,001 г. Водопоглощение (W) в процентах рассчитывали стандартным методом [5]:

За результат принимали среднее арифметическое пяти параллельных измерений, округлённых до 0,1 г. Допускаемое расхождение между измерениями не превышало 10 % относительно среднего результата.

Паропроницаемость ЛКП оценивали методом, основанным на определении количества водяных паров, прошедших в течение суток через 1 см^2 поверхности свободной плёнки при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Ускоренные климатические испытания проводили в РУП БелНИИС (г. Минск) по стандартному методу [5], имитирующему воздействие на ЛКП совокупности климатических факторов умеренного климата (переменное циклическое действие УФ-излучения, орошение водой, замораживание-оттаивание). Исследуемые покрытия наносили на цементно-песчаные подложки в два слоя, предварительно загрунтовав поверхность акриловой дисперсией, разбавленной питьевой водой в соотношении 1:7. Толщина высохшего ЛКП составляла 70-80 мкм. Перед проведением исследований образцы с ЛКП выдерживали в течение 72 ч в стандартных условиях.

Результаты лабораторных испытаний ЛКП приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты лабораторных испытаний ЛКП

№	Наименование показателя	Фактическое значение показателя
1	Внешний вид плёнки	Ровная, однородная матовая поверхность
2	Массовая доля нелетучих веществ, %	62,1
3	Укрывистость высушенной плёнки, $\text{г}/\text{м}^2$	170
4	pH	9,0
5	Время высыхания до степени 3 при $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$, мин	не более 40
6	Степень перетира, мкм	40
7	Стойкость ЛКП к статическому воздействию воды, ч	более 72
8	Условная светостойкость (изменение коэффициента диффузного отражения) после 168 ч облучения, %	1,1 (норма – не более 5)
9	Смываемость плёнки (устойчивость к мокрому истиранию), $\text{г}/\text{м}^2$	0,96
10	Морозостойкость покрытия, циклы	более 50
11	Адгезия покрытия к основанию (бетон), МПа	2,4
12	Стойкость покрытия к воздействию климатических факторов (атмосферостойкость), циклы	более 100
13	Твёрдость пленки по прибору У-1, усл.ед	0,21

14	Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па	0,01 (норма – не менее 0,005)
15	Водопоглощение через 24 ч, %	0,25

Лабораторные исследования показали, что разработанная водно-дисперсионная экологичная фасадная краска на основе комбинированного плёнкообразователя имеет высокую паропроницаемость и низкое водопоглощение, что свидетельствует о формировании «дышащего» ЛКП с высокой гидрофобностью. Сочетание таких характеристик и обуславливает высокую атмосферостойкость покрытия – более 100 циклов, что составляет 10 условных лет эксплуатации в умеренном климате, причём адгезия ЛКП к подложке после проведения испытаний составляет около 90% от начальной ($A_{100} = 0,9 \cdot A_0$). Высокую укрывистость фасадной краски обеспечивает сочетание наполнителей (молотый микромрамор и микротальк) и пигмента с различной формой частиц. Благодаря комбинированному плёнкообразователю, включенному в состав рецептуры фасадной краски, достигается высокая светостойкость ЛКП, которая является важнейшим показателем, характеризующим устойчивость ЛКП к атмосферным воздействиям (воздействию ультрафиолетового излучения, атмосферного кислорода, влажности, кислотных дождей, колебаний температуры).

Список цитированных источников

1. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
2. Охрименко, И.С. Химия и технология плёнкообразующих веществ / И.С. Охрименко, В.В. Верхованцев. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.
3. Яковлев, А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев. - Л.: Химия, 1981. – 352 с.
4. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
5. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.

УДК 624.012.45

У ЧжиБинь магистрант

Научные руководители: Кондратчик А.А., Кондратчик Н.И.

ПРИМЕНЕНИЕ НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Проектирование железобетонных конструкций базируется на пяти основных принципах. Это: обеспечение безопасности, пригодность к нормальной эксплуатации, долговечность, технологичность, экономичность (см. табл. 1).

Таблица 1 – Основные принципы проектирования железобетонных конструкций

№ п/п	Наименование	Требования при реализации
1	Безопасность	Расчет по первой группе продельных состояний /определение размеров и армирования/
2	Пригодность к нормальной эксплуатации	Расчет по второй группе предельных состояний, /расчет трещиностойкости, по раскрытию трещин, по деформациям/
3	Долговечность	Защита от разрушения /учет агрессивности среды