

## К ВОПРОСУ О ЗАЩИТЕ ОТ КОРРОЗИИ ОБЪЕКТОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Э. А. Тур<sup>1</sup>, С. В. Басов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> К. т. н., доцент, заведующий кафедрой инженерной экологии и химии УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

<sup>2</sup> К. т. н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь

### Реферат

В настоящее время в Республике Беларусь большое значение имеет рациональная эксплуатация, ремонт и поддержание технического состояния гидротехнических сооружений и различных объектов водохозяйственного строительства. Интерес представляла разработка экологичных водно-дисперсионных красок на основе акриловых водорастворимых полимеров, обладающих низким водопоглощением, являющихся альтернативой органорастворимым краскам, используемым для защиты железобетонных конструкций гидротехнических сооружений. В процессе исследований оптимальных методов защиты от коррозии были разработаны новые водно-дисперсионные краски на основе акриловых сополимеров. Физико-механические исследования показали, что водно-дисперсионная краска для защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений имеет низкое водопоглощение, высокую твердость и адгезию к бетону, а также низкое время высыхания.

**Ключевые слова:** коррозия, краски, полимеры, водопоглощение.

## ON THE ISSUE OF CORROSION PROTECTION OF WATER MANAGEMENT FACILITIES

E. A. Tur, S. V. Basov

### Abstract

At present, rational operation, repair and maintenance of the technical condition of hydraulic structures and various water management facilities are of great importance in the Republic of Belarus. Of interest was the development of eco-friendly water-dispersion paints based on acrylic water-soluble polymers with low water absorption, which are an alternative to organo-diluted paints used to protect reinforced concrete structures of hydraulic structures. New water-dispersion paints based on acrylic copolymers were developed in the course of research on optimal methods of corrosion protection. Physical and mechanical studies have shown that water-dispersion paint for corrosion protection of concrete and reinforced concrete structures of hydraulic structures has a low water absorption, high hardness and adhesion to concrete, as well as a low drying time.

**Keywords:** corrosion, paints, polymers, water absorption.

### Введение

В настоящее время в Республике Беларусь большое значение имеет рациональная эксплуатация, ремонт и поддержание технического состояния гидротехнических сооружений и различных объектов водохозяйственного строительства (осушительных и оросительных систем с сооружениями на них, водохранилищ, прудов, водозаборов, мелиоративных каналов и т. д.). Широко используются железобетонные и металлические строительные конструкции и сооружения. При использовании данных сооружений имеются определенные особенности в плане защиты от коррозии бетонных и металлических поверхностей. Бетон и железобетон при их правильном изготовлении и применении являются долговечными материалами и могут служить на протяжении многих десятилетий. Но часто в процессе эксплуатации различных сооружений конструкции и материалы, из которых они изготовлены, подвергаются многочисленным природным, технологическим и эксплуатационным воздействиям.

Коррозия бетона – это процесс разрушения строительных материалов и конструкций под влиянием определенных физических, химических и биологических внешних и внутренних факторов. Коррозия бетона почти всегда начинается с цементного камня (затвердевшего цемента), стойкость которого обычно меньше, чем каменных заполнителей. Цементный камень состоит из химических соединений, образовавшихся в процессе его твердения (двух- и трёхкальциевого силикатов, алюминатов и алюмоферритов кальция). В нем также имеются открытые и закрытые капиллярные ходы и поры, заполненные воздухом или водой. Таким образом, затвердевший цемент представляет собой микроскопически неоднородную систему.

Агрессивными по отношению к цементному камню могут быть речные, морские, грунтовые, дренажные, сточные воды, а также находящиеся в воздухе кислые газы. Грунтовые воды, особенно в районах промышленных предприятий, отличаются исключительным разнообразием по содержанию примесей, вредных для цементного камня. Например, на территории химических заводов грунтовые воды загрязнены минеральными и органическими кислотами, хлоридами, нитратами, сульфатами, солями аммония, железа, меди, цинка, никеля, а также щелочами. Грунтовые воды вблизи металлообрабатывающих предприятий нередко содержат сульфат железа и иные продукты травильных процессов. Сточные воды заводов и фабрик еще в большей степени, чем грунтовые, обогащены веществами, вызывающими разрушения цементного камня. При спуске неочищенных сточных вод в реки и другие водоемы вода в них может стать агрессивной по отношению к бетону гидротехнических сооружений. В воздухе вблизи некоторых промышленных предприятий часто могут содержаться загрязнения, например: сернистый газ, хлористый водород, оксиды азота и др. Их концентрация обычно находится в пределах санитарных норм, т. е. не вредна для здоровья человека, но часто бывает достаточной, чтобы с течением времени привести к разрушению бетона [1].

Применяемые в современном водохозяйственном строительстве материалы минерального происхождения можно условно разделить на три группы. К первой группе относятся обычные бетоны и железобетоны на портландцементе и его производных, кладочные и штукатурные строительные растворы, асбестоцементные изделия, силикатный кирпич и блоки, а также природные известняки и доломиты. Общее свойство этих материалов – содержание в них гидроксид-

дов или карбонатов кальция и магния. Для них характерна относительно высокая щелочность, а также низкая кислотостойкость. Ко второй группе относятся бетоны с применением добавок жидкого калиевого или натриевого стекла, а также природные каменные материалы, состоящие преимущественно из чистого кремнезема, различных солей, кремневых и поликремневых кислот, алюмосиликатов и других соединений. Эти материалы имеют высокую кислотостойкость. К третьей группе относится керамика – изделия из обожженной глины (кирпич, плитки, трубы и т. п.). Все керамические материалы и особенно плотные их разновидности имеют высокую кислотостойкость. Особенность большинства вышеперечисленных материалов – значительная пористость, которая предполагает возможность фильтрации и подсоса воды или увлажнения вследствие конденсации паров. Кинетика коррозионного разрушения этих материалов определяется наиболее слабым составляющим, обычно цементирующим веществом [1, 2].

Результаты исследований в направлении разработки новых антикоррозионных материалов для металлических конструкций, используемых в водохозяйственном строительстве, были опубликованы ранее [3, 4, 5]. Были разработаны системы покрытий «грунт-краска», устойчивые к статическому воздействию воды, 3%-го водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла при  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  более 72 ч, а также к действию переменных температур. Разумный баланс прочности покрытия при ударе (25 см), твердости по маятниковому прибору (0,2 отн.ед.) и эластичности при изгибе (8–10 мм) свидетельствовал о сбалансированности рецептуры краски и грунтовки. Удельное объемное электрическое сопротивление системы «грунт-краска», определенное кулонометрическим методом [6], находилось в пределах  $0,8\text{--}1,5 \times 10^{10} \text{ Ом}\cdot\text{см} = 0,8\text{--}1,5 \times 10^8 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . Это соответствует эксплуатации в условиях умеренного климата в течение 8–10 лет [3, 5].

#### Методика эксперимента

Ранними исследованиями [4] было определено, что именно акриловые сополимеры наиболее целесообразно использовать в качестве пленкообразующего для красок на основе органических растворителей. Интерес представляла разработка экологических водно-дисперсионных красок на основе акриловых водорастворимых полимеров, обладающих низким водопоглощением, являющихся альтернативой органорастворимым краскам, используемых для защиты железобетонных конструкций гидротехнических сооружений. В процессе исследований оптимальных методов защиты от коррозии были разработаны новые водно-дисперсионные краски на основе акриловых сополимеров.

При разработке рецептуры краски были выбраны светостойкие, в основном природные и синтетические неорганические пигменты. Сточные и грунтовые воды, кислотные дожди, пары разрушают минеральную подложку и создают условия для развития микроорганизмов в трещинах и на поверхности сооружений, что приводит к биоповреждению конструкции. Качественная водно-дисперсионная краска должна содержать сбалансированный комплекс биоцидов, обеспечивающий длительную стойкость лакокрасочных покрытий (ЛКП). Важно, чтобы краска образовывала ЛКП с достаточной твердостью и стойкостью к истиранию.

Традиционные водно-дисперсионные краски для наружных работ отличаются друг от друга содержанием пленкообразователя и объемной концентрацией пигмента (ОКП).

Чем больше величина ОКП, тем меньше пленкообразователя содержит краска. Величиной ОКП принято характеризовать только краски, содержащие мелкодисперсные наполнители. Критическая объемная концентрация пигментов (КОКП) – это концентрация пигментов, при которой пленкообразователь в покрытии еще полностью смачивает частицы пигментов и наполнителей и заполняет все промежутки между ними, что обеспечивает получение гладкого ровного покрытия. При превышении КОКП в рецептуре краски на поверхности покрытия появляются открытые поры (пустоты), так как пленкообразователь способен

образовывать только отдельные мостики и точки соприкосновения между частицами пигмента и наполнителя. КОКП акриловых дисперсий для стандартных наполнителей обычно составляет 45–60%. Многие свойства покрытий значительно ухудшаются при превышении КОКП в рецептуре краски. Например, резко возрастают водопоглощение, проницаемость водных паров и диоксида углерода, укрывистость и хрупкость, снижаются блеск и устойчивость покрытий к влажному истиранию [7]. Необходимо отметить, что значение ОКП косвенно определяет блеск и области использования красок. Основной областью применения стиролакриловых дисперсий являются высоконаполненные краски с ОКП > 40%. При ОКП ниже 30%, т. е. в рецептурах красок для глянцевых и полуматовых покрытий, предпочтительно использовать чисто акриловые дисперсии из-за более высокой стойкости к УФ-излучению. Чисто акриловые дисперсии целесообразно применять в рецептурах материалов с ОКП 0–45%, используемых для окрашивания древесины, получения глянцевых покрытий, отделки фасадов, а также в составах пигментных паст [7]. Композиции с низким ОКП и высоким содержанием пленкообразователя обладают хорошей водостойкостью, но низкой паропроницаемостью, так как сформированное покрытие является недостаточно пористым. Составы с высоким ОКП и низким содержанием пленкообразователя имеют достаточную паропроницаемость, но водопоглощение ЛКП на их основе слишком высокое [6].

В качестве пленкообразующего при разработке новых водно-дисперсионных красок была использована комбинация 50%-й стиролакриловой дисперсии анионного типа, полученной методом эмульсионной сополимеризации стирола и метилметакрилата, силиконовой водорастворимой эмульсии и водной дисперсии уретан-модифицированной смолы. Синтетическая водная дисперсия уретан-модифицированной смолы содержала 33 % основного вещества, а также диметиламиноэтанол, не содержала органических растворителей. Предполагалось, что данный полимер, благодаря высокой температуре стеклования ( $T_g=120^\circ\text{C}$ ), должен улучшать стойкость ЛКП к воздействию воды, растворов неорганических солей, а также твердость покрытий.

В качестве наполнителей были выбраны природный карбонат кальция (микромрамор) различного фракционного состава и микротальк для повышения укрывистости ЛКП. Наполнители в рецептурах используют для снижения стоимости материалов, повышают твердость и укрывистость ЛКП. Они влияют на атмосферостойкость, водостойкость, устойчивость к истиранию. Одним из основных свойств наполнителей являются размер частиц. Кристаллическая форма наполнителя существенно влияет на его способность к диспергированию и реологическую активность в ЛКМ. В отличие от пластинчатых (каолин, тальк и слюда) или волокнистых наполнителей (воластонит), наполнители кубической или ромбоэдрической структуры (кальцит или доломит) легче диспергируются и обладают меньшей маслосемкостью. Пластинчатые и волокнистые наполнители улучшают физико-механические свойства покрытий и предотвращают образование трещин, действуя как армирующие агенты [8, 9].

В качестве пигмента был выбран 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. Более высокий коэффициент преломления обеспечивает пигменту рутильной модификации большую укрывистость, что является его основным преимуществом по сравнению с анатазом. Кроме того, более высокая фотохимическая активность пигмента анатазной формы приводит к тому, что покрытия с его применением менее устойчивы к действию УФ-излучения и мелению. Таким образом, диоксид титана анатазной модификации может быть использован только в рецептурах красок для внутренних работ [7, 9].

Разработанная рецептура водно-дисперсионной краски содержит комплекс функциональных добавок: диспергатор, агент реологии, коалесцент, тарный консервант, альгицид, обеспечивающий биозащиту ЛКП, пеногаситель и деаэрактор (для удаления пены в массе краски).

Консерванты позволяют предотвратить заражение дисперсий микроорганизмами (бактериями, грибами, плесенью, дрожжевыми грибами) в процессе хранения и транспортировки. Для этих целей в дисперсии вводят обычно смеси метил- и хлорметилизотиазолинонов, бензизотиазолинонов, формальдегида или веществ, выделяющих формальдегид. В состав ЛКМ, предназначенных для наружных покрытий, для предотвращения микробного заражения подложки и разрушения ЛКП под действием биокоррозии рекомендуют добавлять в краску соединения с альгицидной или фунгицидной активностью [8, 9].

Пеногасители в небольших количествах добавляют в дисперсии, когда продукты имеют тенденцию к пенообразованию, для предотвращения образования избыточного количества поверхностной пены или микропены в процессе получения, переработки и транспортировки. В настоящее время наиболее используемыми являются пеногасители на основе минеральных и силиконовых масел. Пеногасители на основе минеральных масел недороги, но их активность ниже, чем более дорогих продуктов на основе силиконовых масел. Высокоактивные пеногасители, содержащие силикон, требуют очень тщательного выбора марки и количества, так как они могут вызывать образование дефектов покрытия (кратеры, «рыбий глаз», ячейки Бенарда).

Коалесценты позволяют снижать температуру пленкообразования водных дисперсий. В процессе высыхания полимерные частицы дисперсии сближаются и по мере испарения воды, контактируя друг с другом, образуют гель. На этой стадии резко повышается вязкость материала, содержание жидкой фазы не превышает 30%, а процесс носит обратимый характер, так как скорость испарения воды примерно постоянна и близка к скорости ее испарения со свободной поверхности. При дальнейшем испарении воды из пленки адсорбционно-гидратные оболочки на поверхности глобул разрушаются, капиллярное давление и поверхностное натяжение прижимают частицы друг к другу, сильно деформируя их. Частицы теряют шарообразную форму и принимают вид плотно уложенных многогранников; образуется так называемая «псевдопленка». На последней стадии полимерные цепи диффундируют через границы соприкосновения частиц. В результате межфазная граница ликвидируется, полимерные частицы сливаются (коалесцируют) в точках соприкосновения, образуя сплошную пленку [9].

В качестве ассоциативного загустителя использовали полиуретановый загуститель. Ассоциативные загустители содержат в молекуле гидрофобные группы и поэтому могут адсорбироваться на поверхности частиц пленкообразователя, образуя в водной фазе мицеллярные, ассоциативные комплексы. В результате можно добиться повышения вязкости красок с высоким содержанием пленкообразователя при средних и высоких скоростях сдвига.

pH композиции регулировали аммиаком водным техническим 25%-й концентрации.

Для получения покрытия с эффектом скатывания капель (эффект «лотоса») в композицию включена гидрофобизирующая добавка. ОКП разработанного водно-дисперсионного ЛКМ равно 75%.

Оптимизированная рецептура водно-дисперсионной краски приведена в таблице 1.

Исследование физико-механических показателей водно-дисперсионной краски и отверждённого ЛКП проводили по известным методикам [6].

Определение водородного показателя водной вытяжки растворов осуществлялось потенциометрическим методом при помощи pH-метра HANNA HI 98127. Метод основан на изменении разности потенциалов, возникающих на границах между внешней поверхностью стеклянной мембраны электрода и исследуемым раствором, с одной стороны и внутренней поверхностью мембраны и стандартным раствором с другой стороны. Внутренний стандартный раствор стеклянного электрода имеет постоянную активность ионов водорода, поэтому потенциал на внутренней поверхности мембраны не меняется, что и позволяет определить величину потенциала исследуемого раствора.

Таблица 1 – Оптимизированная рецептура водно-дисперсионной экологичной краски

Наименование компонента	Содержание, масс.%
Стиролакриловая дисперсия	13,0
Силиконовая эмульсия	7,0
Водная дисперсия уретан-модифицированной смолы	2,0
Полифосфат натрия (умягчитель воды)	0,2
Гидроксиметилцеллюлоза (агент реологии, загуститель)	0,3
Регулятор pH (аммиак водный технический)	0,05
Коалесцент (бутилдигликольацетат)	0,5
Гидрофобизатор	1,0
Диспергатор	0,2
Пеногаситель на основе силикона	0,2
Деаэрактор	0,3
Тарный консервант	0,2
Альгицид (биозащита плёнки)	0,2
Полиуретановый загуститель	0,15
Диоксид титана	10,0
Микротальк (Ø ср.= 2 мкм)	5,0
Микрораморный порошок (Ø ср.=5 мкм)	22,0
Микрораморный порошок (Ø ср.=1,8-1,5 мкм)	15,0
Вода	23,2
ИТОГО	100

Цвет определяли при естественном освещении. Образцы находились на расстоянии 30-50 см от глаз наблюдателя под углом зрения, исключая блеск поверхности. Внешний вид определяли визуально при естественном рассеянном свете. Образцы находились на расстоянии 30-50 см от глаз наблюдателя. На высохшем покрытии отсутствовали кратеры, поры, морщины, трещины, пузыри, посторонние включения, видимые нарушения однородности, отслоение от подложки. Массовую долю нелетучих веществ определяли согласно [6]. Навеску краски или грунтовки массой (2,0±0,2) г выдерживали в течение 3 ч в термощкафу при температуре (105±2)°С, после чего взвешивали. Последующее взвешивание осуществляли через каждые 30 мин до достижения постоянной массы. Время высыхания определяли согласно [6]. Бумагу удаляли пинцетом. Этот способ не приводил к видимым повреждениям покрытия, при удержании бумаги на поверхности за счёт статического электричества. Укрывистость определяли по методу шахматной доски. После полного укрытия окрашенную стеклянную пластинку сушили в течение 24 ч при температуре (20±2)°С и взвешивали с точностью до 0,002 г. Блеск и коэффициент диффузного отражения определяли на приборе ФБ-2 с геометрией 45°/0°. Измерения производили согласно инструкции к прибору. Степень перетира определяли согласно [6].

Стойкость высушенного покрытия к статическому воздействию воды определяли согласно [6], по методу А. В эксикатор с дистиллированной водой на специальных подставках, изготовленных из химически стойкого материала, вертикально помещали образцы на 2/3 высоты или целиком. Расстояние между образцами и стенками эксикатора составляло не менее 10 мм. После испытания покрытие выдерживали перед осмотром при температуре (20±2)°С в течение 30 мин. Не наблюдалось отслаивания покрытия от подложки, пожелтения, сморщивания, появления мелких и крупных пузырей. Дефекты, обнаруженные на расстоянии менее 10 мм от края покрытия, не учитывали.

Условную светостойкость определяли согласно [6], метод 2. Покрытие облучали ртутно-кварцевой лампой типа ПРК-2 в течение 24 часов. Испытания проводили в течение 8 ч в сутки с максимальными перерывами не более 48 ч.

Степень перетира краски определяли по гриндометру (прибор «Клин»). Твёрдость плёнки ЛКП испытывали прибором У-1, адгезию к бетонному основанию – методом отрыва [6].

Дополнительно исследовали водопоглощение ЛКП на инертных стеклянных подложках. Толщина нанесенного «мокрого» слоя составила 170–210 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 по формуле 1:

$$W = (m_2 - m_1) \cdot 100 / (m_1 - m_0), \quad (1)$$

где  $m_0$  – масса чистой пластинки, г;

$m_1$  – масса пластинки с ЛКП до испытания, г;

$m_2$  – масса пластинки с ЛКП после испытания, г.

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  $1 \text{ см}^2$  поверхности свободной плёнки при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Ускоренные климатические испытания проводили по стандартному методу [6], 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 исследования физико-механических показателей краски и ЛКП приведены в таблице 2.

Стабильность краски при хранении определяли ускоренным методом. Образец краски помещали в металлическую тару объёмом 0,5 л и плотно закупоривали. Степень заполнения тары составляла около 80% её объёма. Затем образец ставили в термощаф и выдерживали при температуре  $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 120 ч. Перед осмотром материал охлаждали до температуры  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 2–3 ч. Аккуратно открывали крышку, осторожно погружали шпатель в ёмкость с краской до дна, визуально оценивали наличие расслоения, образования осадка и/или других отклонений по сравнению с контрольным образцом, хранившимся при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 120 ч. Оценку производили в баллах [6]. Критерии оценки состояния материала при визуальном осмотре приведены в таблице 3.

Водно-дисперсионная краска, изготовленная на сложном плёнкообразующем (стиролакриловая дисперсия + силиконовая эмульсия + водная дисперсия уретан-модифицированной смолы) по рецептуре, приведенной в таблице 1, успешно выдержала испытания на тест «стабильность при хранении» – 6 баллов.

### Заключение

Физико-механические исследования показали, что разработанная водно-дисперсионная краска для защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений имеет низкое водопоглощение и достаточную паропроницаемость, 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 во влажной среде. Высокую укрывистость ЛКП обеспечивает сочетание наполнителей (микромрамор и микротальк) и пигмента с различной формой частиц.

Таблица 2 – Результаты исследования физико-механических показателей краски и ЛКП

№	Наименование показателя	Фактическое значение
1	Внешний вид плёнки	Ровная и однородная матовая поверхность
2	Массовая доля нелетучих веществ, %	63,0
3	Укрывистость высушенной плёнки, $\text{г}/\text{м}^2$	175
4	pH	9,1
5	Время высыхания до степени 3 при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , мин	не более 30
6	Степень перетира, мкм	40
7	Стойкость покрытия к статическому воздействию воды, ч	более 72
8	Условная светостойкость (изменение коэффициента диффузного отражения) после 168 ч облучения, %	0,9 (норма – не более 5)
9	Смываемость плёнки (устойчивость к мокрому истиранию), $\text{г}/\text{м}^2$	0,95
10	Морозостойкость покрытия, циклы	более 100
11	Адгезия покрытия к основанию (бетон), МПа	2,65
12	Стойкость покрытия к воздействию климатических факторов (атмосферостойкость), циклы	более 100
13	Твердость пленки пленки по прибору У-1, усл.ед.	0,26
14	Коэффициент паропроницаемости, $\text{мг}/\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$	0,01 (норма – не менее 0,005)
15	Водопоглощение через 24 ч, %	0,20

Таблица 3 – Критерии оценки стабильности при хранении

Баллы	Описание состояния образца краски
6	Идеальная композиция. Состояние материала не изменилось по сравнению с контрольным образцом
5	Незначительное уменьшение вязкости материала в поверхностном слое, незначительное явление синерезиса. Отсутствие осадка. Материал легко перемешивается до первоначального состояния
4	Незначительное явление синерезиса в поверхностном слое. Незначительное образование мягкого, легко размешиваемого осадка. Материал без труда перемешивается до первоначального состояния.
3	Явление синерезиса в поверхностном слое. Образование размешиваемого осадка. Материал перемешивается до первоначального состояния с незначительными усилиями
2	Явление синерезиса в поверхностном слое, разделение пигментов в материале, выбеливание на поверхности материала. Образование твёрдого трудноразмешиваемого осадка. Перемешивание до однородной массы возможно с большим трудом
1	Образование твёрдого или резиноподобного, не размешиваемого осадка. Невозможно перемешивание до однородной массы

Комплексное сложное плёнкообразующее (стиролакриловая дисперсия + силиконовая эмульсия + водная дисперсия уретан-модифицированной смолы) позволило достичь высокой светостойкости ЛКП. Введение в рецептуру краски водной дисперсии уретан-модифицированной смолы, отличающейся универсальной растворяющей способностью, совместимостью с пигментами и функциональными добавками, а также прекрасным смачиванием пигментов, позволило снизить содержание диспергатора, время диспергирования (а тем самым – энергетические затраты на производство краски), повысить твердость ЛКП и снизить время высыхания материала.

ЛКП может эксплуатироваться на границе вода-воздух. Крайне важно, что состав сохраняет адгезию к подложке в условиях повышенной влажности. Низкое водопоглощение ЛКП свидетельствует о его высоких защитных характеристиках железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, постоянно работающих с водой под напором и склонных к коррозии бетона I вида (по Москвину) – коррозии выщелачивания [1]. Таким образом, разработанная акриловая водно-дисперсионная краска рекомендуется к использованию в качестве защиты бетонных и железобетонных строительных конструкций, применяемых в водохозяйственном строительстве.

**Список цитированных источников**

1. Коррозия минеральных материалов и конструкций : методические указания по теме к лабораторным, лекционным и практическим занятиям по курсам «Химия» и «Общая, неорганическая и физическая химия» / УО «Брест. гос. технич. ун-т» ; сост.: С. В. Басов, Э. А. Тур, Н. М. Голуб. – Брест : БрГТУ, 2014. – 32 с.
2. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и повреждённых солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М. : ООО «Пэйнт-медиа», 2006. – 320 с.
3. Тур, Э. А. Антикоррозионная защита стальных конструкций предприятий машиностроения акриловыми материалами / Э. А. Тур, Н. М. Голуб // Вестник Брестского государственного технического университета. – Брест : БрГТУ, 2013 – №2 : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 106–108.
4. Тур, Э. А. Влияние физико-химических свойств акриловых сополимеров на эксплуатационные показатели защитных покрытий, применяемых в водохозяйственном строительстве / Э. А. Тур // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2016. – № 2 : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 68–74.
5. Тур, Э. А. Защита от коррозии строительных конструкций, используемых в водохозяйственном строительстве / Э. А. Тур, С. В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2018. – № 2 : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 111–114.
6. Карякина, М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Карякина. – М. : Химия, 1988. – 272 с.
7. Тур, Э. А. Исследование возможности использования комбинированного плёнкообразователя для разработки рецептур водно-дисперсионных экологических фасадных красок / Э. А. Тур, А. В. Тур // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сборник научных статей Международной научно-практической конференции; Брест, 6–8

апреля 2016 г. : в 2-х частях / БрГТУ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] – Брест : БрГТУ, 2016. – Ч. I. – С. 309–313.

8. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
9. 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.

**References**

1. Corrosion of mineral materials and structures: methodological guidelines on the topic for laboratory, lecture and practical classes on the courses "Chemistry" and "General, inorganic and physical chemistry"/ UO "Brest. state. technical un-"; S. V. Basov, E. A. Tour, N. M. Golub. – Brest : BSTU, 2014. – 32 p.
2. Frössel, F. Repair of wet and salt-damaged building structures / F. Frössel. – M. : "Painte-Media" LLC, 2006. – 320 p.
3. Tour, E. A. Corrosion protection of steel structures of mechanical engineering enterprises with acrylic materials / E. A. Tour, N. M. Golub // Journal of Brest State Technical University. – Brest : BSTU, 2013 – № 2: Water engineering, thermal power engineering and geocology. – P. 106–108.
4. Tour, E. A. Influence of physical and chemical properties of acrylic copolymers on operational parameters of protective coatings used in water engineering / E. A. Tour // Journal of Brest State Technical University. – 2016. – № 2: Water engineering, thermal power engineering and geocology. – P. 68–74.
5. Tour, E. A. Corrosion Protection of Building Structures Used in Water Engineering / E. A. Tour, S. V. Basov // Journal of Brest State Technical University. – 2018. – № 2 : Water Engineering, Thermal Power Engineering and Geocology. – P. 111–114.
6. Karyakina, M. I. Testing of paint materials and coatings / M. I. Karyakina. – M. : Chemistry, 1988. – 272 p.
7. Tour, E. A. Study of the possibility of using a combined film-forming agent for the development of formulations of water-dispersion environmentally friendly facade paints / E. A. Tour, A. V. Tour // Current scientific, technical and ecological problems of habitat preservation: collection of scientific articles of the International Scientific and Practical Conference; Brest, April 6-8, 2016 : in 2 parts / BSTU; Redcol. : A. A. Volchek [et al.] – Brest : BSTU, 2016. – Part I. – P. 309–313.
8. Stoe, D. Paints, Coatings and Solvents / D. Stoe, V. Freitag; From English under ed. E. F. Itsko. – SPb. : Profession, 2007. – 528 p.
9. Brock, T. European Guide to Paint Materials and Coatings / T. Brock, M. Groteclaus, P. Miske. – Pen with English under Ed. L. N. Mashlyakovsky. – M. : Painte-Media, 2004. – 548 p.

*Материал поступил в редакцию 27.02.2020*