

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2025, Том 17, № 6 / 2025, Vol. 17, Iss. 6 <https://esj.today/issue-6-2025.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/49SAVN625.pdf>

2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Джамбулатов, Р. С. О механизме регулирования свойств ремонтно-реставрационных растворов, смесей и составов при использовании поверхностно-активных веществ / Р. С. Джамбулатов, Д. К.-С. Батаев, П. Д. Батаева, А. Д. Батаев, Х. М. Батаева // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/49SAVN625.pdf>.

For citation:

Dzhambulatov R.S., Bataev D.K.-S., Bataeva P.D., Bataev A.D., Bataeva Kh.M. About the mechanism of controlling the properties of repair and restoration mortars, mixtures, and compositions using surfactants. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025;17(6): 49SAVN625. Available at: <https://esj.today/PDF/49SAVN625.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 691.53

Джамбулатов Роман Суламбекович

ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова
Российской академии наук», Грозный, Россия
Заведующий отделом физико-математических исследований
Кандидат физико-математических наук
E-mail: asldzam@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=702608

Батаев Дена Карим-Султанович

ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова
Российской академии наук», Грозный, Россия
Директор
Доктор технических наук, профессор
E-mail: denabataev61@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4141-9353>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=269951

Батаева Петимат Денаевна

ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова
Российской академии наук», Грозный, Россия
Старший научный сотрудник отдела материаловедения
Кандидат технических наук
E-mail: bataeva_gntu@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9628-0742>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=805150
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57214401657>

Батаев Адам Денаевич

ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова
Российской академии наук», Грозный, Россия
Аспирант
E-mail: adam.bataev1993@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4271-3378>

Батаева Хава Маршаниевна

ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова
Российской академии наук», Грозный, Россия
Аспирантка
E-mail: ya.havashka@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9027-4595>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1240879

О механизме регулирования свойств ремонтно-реставрационных растворов, смесей и составов при использовании поверхностно-активных веществ

Аннотация. В статье рассматриваются механизмы регулирования свойств ремонтно-реставрационных растворов, смесей и составов с использованием поверхностно-активных веществ. Особое внимание уделено влиянию поверхностно-активных веществ на реологические характеристики дисперсной системы, процессы гидратации вяжущего и формирование однородной структуры материала. На основе анализа сил коагуляционного контакта — ван-дер-ваальсовых, капиллярных и трения — теоретически обоснована возможность управления свойствами ремонтно-реставрационных растворов, смесей и составов за счет адсорбции молекул поверхностно-активных веществ на поверхности твердой фазы, что приводит к образованию адсорбционно-сольватных оболочек и изменению межфазного взаимодействия. Показано, что снижение поверхностного натяжения жидкости под действием поверхностно-активных веществ уменьшает предельное напряжение сдвига, повышая подвижность смеси при сохранении её консистенции, что позволяет снизить водно-цементное отношение и, как следствие, повысить прочность и долговечность конечного продукта. Установлено, что эффективность модифицирующего действия поверхностно-активных веществ зависит от дисперсности компонентов и их удельной поверхности, поскольку молекулярные и капиллярные силы усиливаются с увеличением дисперсности. Разработка химических добавок, учитывающих кинетику структурообразования, состав и направленность действия, открывает перспективы для создания высокостойких, морозостойких и водонепроницаемых ремонтно-реставрационных материалов, особенно важных для восстановления объектов культурного наследия. Кроме того, применение поверхностно-активных веществ способствует более равномерному распределению компонентов в смеси, улучшает укладываемость и снижает склонность к расслоению, что критично при выполнении тонких реставрационных работ. Учет совместимости модификаторов с различными типами вяжущих и заполнителей позволяет индивидуализировать подход к каждому конкретному объекту, обеспечивая не только физико-механическую совместимость с оригинальными материалами.

Ключевые слова: ремонтно-реставрационные растворы; реставрационные смеси; ремонтные составы; поверхностно-активные вещества; гидратация; реологические свойства; коагуляционный контакт; ван-дер-ваальсовы силы; капиллярные силы; добавки

Введение

Современная гамма ремонтно-реставрационных растворов, смесей, и составов (РРСС), применяемая при ремонте, реставрации, реконструкции и модернизации объектов культурного наследия насчитывает десятки наименований: традиционные растворы, бетоны, смеси и фибробетоны, полистиролбетоны и пористые бетоны, мелкозернистые, гидроизолирующие и многие другие [1–3].

В нашей стране все в больших объемах обычные реставрационные компоненты замещаются многокомпонентными модифицированными, что дает возможность, применяя компьютерное проектирование состава ремонтно-реставрационных композитов и технологии их приготовления, прогнозировать физико-механические и эксплуатационные характеристики, эффективно управлять структурообразованием на всех технологических этапах и получать материал с требуемыми комплексами свойств, что необходимо для повышения эффективности технологии производства ремонтно-реставрационных работ. В частности, при использовании модификаторов (органических, неорганических, поверхностно-активных, синтетических

полимерных и т. д.) можно существенно изменять такие свойства как подвижность (с помощью пластификаторов), водопоглощаемость вяжущего (с помощью гидрофобизаторов), сроки схватывания и твердения (с помощью ускорителей), морозостойкость, долговечность, устойчивость в агрессивных средах и др. Снижением В/Ц при неизменной подвижности достигается повышение прочности готового продукта [4; 5].

В настоящее время введение модификаторов в ремонтно-реставрационный композит нормируется обычно в % от массы сухого вяжущего. В рекомендуемой области применения современных химических добавок речь идет только о свойствах, придаваемых данным модификатором ремонтно-реставрационным композитам, без каких-либо указаний, привязки к составу исходного композита, а точнее во взаимосвязи с некоторым среднестатистическим составом [4].

Ремонтно-реставрационный композит (рис. 1) в зависимости от назначения, условий применения может быть по своему составу различным.

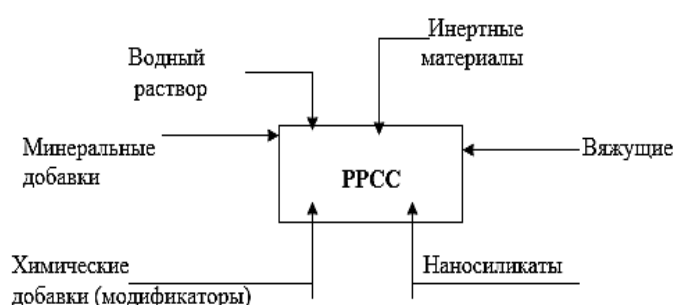


Рисунок 1. Схема структуры ремонтно-реставрационного композита (составлено авторами)

Инертные материалы могут присутствовать в РРСС, как в различных процентных отношениях, так и различной дисперсности. Это же относится и к наносиликатам.

Из вышесказанного следует, что существующие на сегодня модификаторы, ориентированные на обычный портландцемент и традиционный состав раствора, не могут достаточно эффективно влиять на современный РРСС.

Следующим отличительным фактором является отсутствие взаимосвязи кинетики процессов схватывания и твердения РРСС, где можно выделить три этапа:

1. Первоначальный — кристаллизация (или конденсация) зародышей структуры РРСС.
2. Промежуточный — рост зародышей и образование пространственного каркаса (матрицы РРСС).
3. Набор прочности РРСС (при сформировавшейся матрице РРСС — в твердом состоянии).

Из первого и второго этапов складывается период схватывания и раннего твердения РРСС. Причем процессы первого этапа продолжают, хотя и менее выражено, в течение II-го этапа [6].

Хаотичность протекания гидратации вяжущего на этих этапах, заключается в том, что на фоне роста новообразований в объеме продолжают процессы образования микрзародышей, интенсивность которых снижается существенно во втором этапе. От времени возникновения зародыша структуры РРСС зависит и его рост [7].

Как правило, структура РРСС оказывается существенно неоднородной и по крупности зерен (недостаточно гидратировавших зёрен исходной массы), и по содержанию микро- и

макропор. В связи с этим активация I-го этапа на фоне протекания процессов второго этапа, содействует формированию однородности структуры РРСС, более полной гидратации вяжущего и, как следствие, снижению количества макропор, что также является одним из главных условий повышения стойкости (прочности, морозостойкости, водонепроницаемости) РРСС. Как известно, повышение пористости всего на 1,5 % приводит к снижению морозостойкости до 50 циклов [6].

Использование и правильное сочетание ПАВ по типу адсорбции (жидкость-газ, твердое тело-жидкость) дает дополнительный положительный эффект при повышении стойкости РРСС.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что разработка и использование химических добавок, учитывающих особенности структурообразования РРСС, его состав (процентное содержание компонентов и их дисперсность) и направленность действия, позволит значительно повысить стойкость РРСС.

Технология приготовления РРСС, в основном, связана с добавлением жидкости (воды или водного раствора) к смеси из сухих компонентов. В результате получается исходная вязко-пластичная, коагуляционная свободнодисперсная (до начала схватывания) система с однокомпонентной жидкой средой и многокомпонентной твердой фазой различной дисперсности.

В обычных условиях, без химических добавок, в исходной смеси с момента добавления жидкости начинаются химические реакции гидролиза и гидратации частиц вяжущего, что обуславливает процессы схватывания, образования пространственных связей в объеме. Свободнодисперсная система за период схватывания (1–2 ч.) переходит в твердое агрегатное состояние.

При введении ПАВ — пластификатора (обычно предварительно растворенного в воде) на поверхности раздела фаз частиц вяжущего и жидкости адсорбируются молекулы ПАВ (рис. 2), образуя адсорбционно-сольватную оболочку [8].

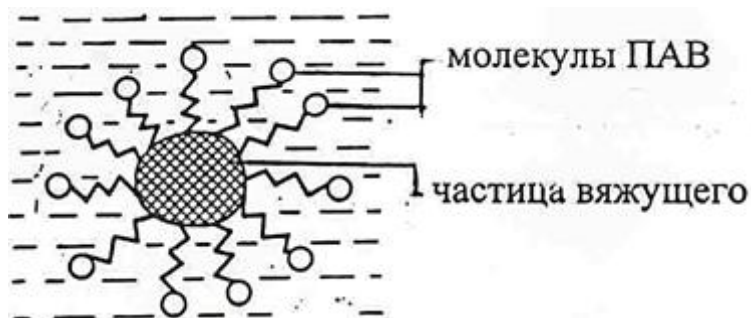


Рисунок 2. Адсорбция молекул ПАВ на поверхности частицы твердой фазы (составлено авторами)

В зависимости от строения молекул ПАВ, эта оболочка ограничивает в той или иной степени взаимодействие частиц вяжущего с водой а, следовательно, препятствует течению процессов гидратации или вовсе их ограничивает. В результате исходная система сохраняет свойства свободнодисперсной, коагулятивной системы (в том смысле, что исключается коагулесценция) в первоначальный период времени (пока в течение 2–3 часов не происходит разложения ПАВ в щелочной среде системы).

Помимо влияния химических реакций, в системе существуют и другие силы, влияющие на реологические свойства системы. Как известно из физико-химической механики вязкое течение описывается в общем случае законом Ньютона [8]:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma}, \quad (1)$$

где:

η — вязкость;

γ — скорость деформации;

τ — напряжение сдвига.

В нашем случае коагуляционной дисперсной системы для описания реологии наиболее подходящей является модель Бингама, описывающая вязкопластичное движение, определяющая скорость деформации (при $\tau < \tau^l$ — деформация отсутствует):

$$\gamma = \frac{\tau - \tau^l}{\eta}. \quad (2)$$

Для нашего случая сопротивление деформированию τ^l обусловлено силой взаимодействия частиц твердой фазы «механически» приведенных в соприкосновение через равновесные прослойки дисперсионной среды и капиллярными силами.

В свою очередь силы коагуляционного контакта частиц слагаются из следующих сил различного происхождения:

Молекулярное сцепление частиц: в местах контакта частиц (где прослойка дисперсионной среды минимальна) между ними действуют молекулярные силы — ван-дер-ваальсовы, дипольные, дисперсионные и др. Эти силы обеспечивают сцепление и удержание частиц друг с другом, что приводит к образованию коагуляционных структур.

Частицы не соприкасаются непосредственно, а разделены тончайшей пленкой (прослойкой) дисперсионной среды. Толщина этой пленки соответствует минимуму свободной поверхностной энергии. Она играет роль стабилизирующего фактора, препятствуя дальнейшему сближению частиц до определённого предела. При определённых условиях эта прослойка может быть разрушена, что приводит к более прочному контакту.

В тонкой прослойке среды между частицами возникает избыток свободной энергии и силы отталкивания, связанные с ориентацией молекул дисперсионной среды у поверхности частиц. Эти силы препятствуют полному сближению частиц, но при определённых условиях (например, при изменении концентрации или температуры) могут быть преодолены, что приводит к коагуляции [8].

Таким образом, устойчивость и прочность коагуляционного контакта между частицами свободно дисперсной системы описывается тремя основными составляющими:

1. Молекулярное сцепление (вандерваальсовы силы).
2. Силы трения.
3. Капиллярные силы.

Прочностью (P_b (Н/м²)), определяется способность системы сопротивляться разрушению при сдвиге под действием внешних напряжений. В нашем случае дисперсной системы, величина P_b складывается из сил сцепления (притяжения) частиц в местах их контакта друг с другом.

В таком аддитивном приближении:

$$P_b \approx np, \quad (3)$$

где:

P_b — прочность контакта;

n — количество контактов на единицу площади, для не очень рыхлых структур (зависит от пористости);

$$n = 1/(2r)^2 \quad (4)$$

Сказанное позволяет оценить возможные значения n в реальных системах:

Для частиц $2r \approx 10$ мкм величина n не превосходит $n \approx 10^{10}$ контактов на 1 м^2 ; при диаметре $2r \approx 1$ мм n не превосходит 10^6 контактов на 1 м^2 .

Сила Ван-дер-Ваальса между двумя частицами при $h < r$:

$$p_6 = F(h) \approx \frac{A}{12h^2}, \quad (5)$$

где:

h — зазор между частицами (толщина прослойки среды);

r — радиус кривизны частиц;

$A \sim 24\pi\sigma h^2 \approx 10^{-19}$ Дж — константа Гамакера.

$$P_6 \approx np \approx \frac{A}{48rh^2}. \quad (6)$$

Чтобы оценить прочность связи в зависимости от дисперсности компонентов, сравним удельную площадь поверхности частиц (на 1 см^3) в таблице 1.

Таблица 1

Удельная площадь поверхности частиц на единицу объема

Радиус частицы	Удельная площадь поверхности ($\text{см}^2/\text{см}^3$)
10 микрон (0,001 см)	$\Phi 1 = 3\ 000$
1 мм (0,1 см)	$\Phi 2 = 30$
1 см	$\Phi 3 = 3$

Составлено авторами

Например: таблица 2.

Таблица 2

Расчет прочности контакта в зависимости от радиуса частиц (удельной поверхности)

Фазы:	P_6 — прочность контакта	Радиус частиц
1	$\frac{10^{-19}}{48 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-18}} 3 \cdot 10^3 = 6,25 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2$	при $r = 10$ мкм
2	$\frac{10^{-19}}{48 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-18}} 30 = 0,02 \cdot 10^2 = 0,62 \text{ Н/м}^2$	при $r = 1$ мм
3	$0,2 \text{ Н/м}^2$	при $r = 1$ см

Составлено авторами

Следовательно, проявление ван-дер-ваальсовых сил существенным образом связано с увеличением удельной поверхности частиц твердой фазы вязущего, т. е.

$$P_{\phi 1} > P_{\phi 2} > P_{\phi 3} \quad (7)$$

Вторая составляющая коагуляционного контакта — силы трения ($F_{\text{ТР}}$)

$$F_{\text{ТР}} = k3mg = k3\rho Vg, \quad (8)$$

где:

$k3 \leq 1$ — коэффициент, учитывающий форму и физические свойства поверхности частиц;

ρ — истинная плотность;

V — объем частицы.

Преобразование равенства (8) на единицу площади сферической частицы дает:

$$P_{\text{тр}} = 1/6k3dpg, \quad (9)$$

где:

d — средний диаметр частицы.

Здесь речь идет не о классическом механическом трении — особый вид сопротивления, возникающий при сближении частиц, когда между ними сохраняется тонкая пленка дисперсионной среды [9; 10].

Силы трения обусловлены следующими факторами:

- Ориентацией молекул среды: в тонкой прослойке между частицами молекулы дисперсионной среды (например, воды) выстраиваются определенным образом, образуя структурированный слой.
- Избытком свободной энергии: в этой пленке возникает избыток свободной энергии по сравнению с объемом среды, что создает дополнительное сопротивление сближению частиц.
- Структурно-механическим барьером — для преодоления прослойки требуется затратить дополнительную энергию, связанную с разрушением структуры ориентированных молекул среды.

Пока между частицами сохраняется пленка среды, они не могут подойти вплотную друг к другу. При определенных условиях (изменение концентрации электролита, температуры, механическое воздействие) эта пленка может быть разрушена, и частицы сближаются, образуя прочный коагуляционный контакт.

Для высокодисперсных (мелких) частиц, ввиду их малой массы, трудно придти в плотное соприкосновение, преодолев равновесный зазор в виде прослойки жидкой среды определенной толщины (в зависимости от в/ц и величины поверхностного натяжения жидкости). Для крупного заполнителя оболочка жидкой среды не препятствует контакту и потому здесь силы $F_{\text{тр}}$ существенны. Сопротивление сдвигу обусловлено, в отношении крупного заполнителя, шероховатостью формы и относительно существенной массой в сравнении с более мелкими фракциями, поэтому $F_{\text{тр}}$ — обусловлена ФЗ, т. е.

$$F_{\text{тр}\Phi_3} > F_{\text{тр}\Phi_2} > F_{\text{тр}\Phi_1}. \quad (10)$$

Третья составляющая — капиллярные силы, возникающие за счет поверхностного натяжения жидкости в местах контакта частиц. Они вносят основной вклад в сопротивление сдвигу в дисперсных системах, поскольку для разрушения структуры системы необходимо преодолеть именно эти силы, удерживающие частицы вместе. Эти силы вносят наиболее существенный вклад в величину сопротивляемости сдвигу. На рисунке 3 показано влияние капиллярных сил на взаимодействие между частицами в дисперсных системах.

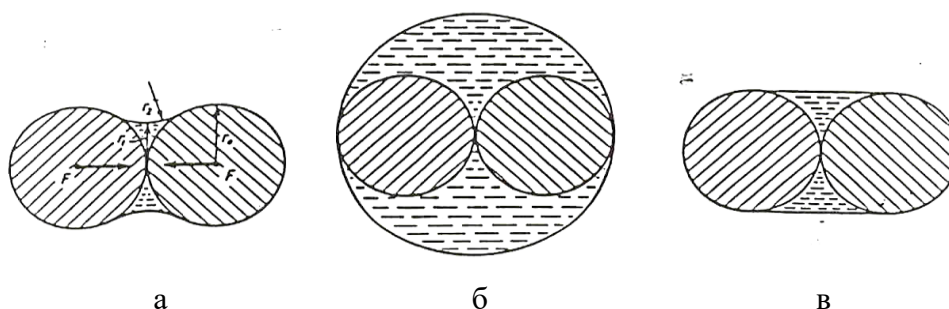


Рисунок 3. Влияние капиллярных сил (составлено авторами)

Он иллюстрирует, как наличие тонкого слоя жидкости между частицами вызывает силы притяжения — капиллярные силы, играющие важную роль, например, при слипании порошков, агрегации частиц и формировании агломератов.

Капиллярная стягивающая сила F , которую нужно преодолеть, чтобы частицы начали отрываться друг от друга, определяется формулой:

$$F = \pi r_1 \sigma \left(1 - \frac{r_1}{r_2} \right). \quad (11)$$

Несложно определить из геометрических соображений, что при $r_1 \rightarrow 0$, $F_{\max} = 2\pi\sigma r$ (рис. 3 а); при $r_1 \rightarrow r$, $F = \pi\sigma r$ (рис. 3б); при $r_1 = r_2 = 2r$, $F = 0$ (рис. 3 в).

Как и в случае ван-дер-ваальсовых сил на единицу площади, имеем:

$$P_k \approx nF = k \frac{\pi\sigma}{4r}, \quad (12)$$

где:

k — коэффициент, учитывающий отношение объема жидкой среды к объему твердой фазы;

σ — коэффициент поверхностного натяжения.

При минимальном содержании воды рассчитанные значения капиллярных сил в зависимости от радиуса частиц представлены в таблице 3:

Таблица 3

Зависимость капиллярных сил от радиуса частиц

Фазы:	P_k — капиллярные силы	Радиус частиц
1	$6 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$ — $12 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$	при $r = 10 \text{ мкм}$
2	$6 \cdot 10 \text{ Н/м}^2$ — $12 \cdot 10 \text{ Н/м}^2$	при $r = 1 \text{ мм}$
3	6 Н/м^2 — 12 Н/м^2	при $r = 1 \text{ см}$

или $P\phi_1 > P\phi_2 > P\phi_3$. Составлено авторами

Таким образом, нами рассмотрены три составляющие коагуляционного контакта частиц свободно дисперсной системы. Суммируя эти три составляющие, получим:

$$P_c = \sum_i p_g P\phi_i + \sum_i p_k P\phi_i + \sum_i p_m P\phi_i \quad (13)$$

Значение P_c имеет смысл предельного напряжения сдвига, что и определяет подвижность.

Поверхностно-активные вещества уменьшают величину поверхностного натяжения жидкости и с уменьшением сил поверхностного натяжения, как видно из равенства (13), снижается предельное напряжение сдвига и, следовательно, повышает подвижность описанной выше дисперсной системы, что позволяет уменьшить расход воды и тем самым увеличить прочность структуры РРСС. Описанные закономерности являются теоретическим доказательством возможности регулирования свойств РРСС введением в состав смеси ПАВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батаев Д.К.-С., Батаева П.Д., Малорев М.М., Шеина С.Г. Материалы и технологии для восстановления объектов башенного типа // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2022. № 49(3), С. 154–161.
2. Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. — М.: Стройиздат, 1977. — 220 с.

3. Хаджишалапов Г.Н., Батаева П.Д., Батаев А.Д. Технологии и материалы для ремонта, восстановления и реставрации памятников истории и культуры. // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2023. Т. 50(3), С. 190–196. <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2023-50-3-190-196>.
4. Бикбау М.Я., Мочалов В.Н., Чень Л. Производство механо-химически активированных цементов (вяжущих) низкой водопотребности // Цемент и его применение. 2008. № 3, С. 80–89.
5. Nishant G., Kejin W., Martin S.W. Raman spectroscopic study of the evolution of sulfates and hydroxides in cement — fly ash pastes. Cement and Concrete Research. 2013. vol. 53, pp. 91–103.
6. Удодов С.А., Бычкова О.А. К вопросу о долговечности сцепления цементных растворов с легкобетонным основанием. // INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. 2017. С. 42–45.
7. Саламанова М.Ш. Исследование влияния добавки активного кремнезема на свойства вяжущих щелочной активации. Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. Строительство и архитектура. 2022. Т. 7. № 1, С. 23–30.
8. Jameson G.J. Advances in fine and coarse particle flotation. Canadian Metallurgical Quarterly. 2010. Vol. 49. No. 4, pp. 325–330.
9. Батаев Д.К.-С., Джамбулатов Р.С., Батаева П.Д., Батаева Х.М., Батаев А.Д. Влияние поверхностно-активных веществ на свойства ремонтно-реставрационных растворов, смесей и составов // Инженерный вестник Дона. 2025. № 10. <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2025/10467>.
10. Батаева П.Д. Обзор составов и технологий для ремонта и реставрации объектов культурного наследия // Вестник КНИИ РАН. Серия «Естественные и технические науки». — 2021. — № 5. — С. 49–53. DOI: 10.34824/VKNIIRAN.2021.5.1.006.

Dzhambulatov Roman Sulambekovich

Kh.I. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia
E-mail: asldzam@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=702608

Bataev Dena Karim-Sultanovich

Kh.I. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia
E-mail: denabataev61@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4141-9353>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=269951

Bataeva Petimat Denaevna

Kh.I. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia
E-mail: bataeva_ggntu@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9628-0742>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=805150
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57214401657>

Bataev Adam Denaevich

Kh.I. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia
E-mail: adam.bataev1993@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4271-3378>

Bataeva Khava Marshanievna

Kh.I. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, Grozny, Russia
E-mail: ya.havashka@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9027-4595>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1240879

About the mechanism of controlling the properties of repair and restoration mortars, mixtures, and compositions using surfactants

Abstract. This article examines mechanisms for regulating the properties of repair and restoration mortars, mixtures, and compositions using surfactants. Particular attention is paid to the influence of surfactants on the rheological characteristics of dispersed systems, binder hydration processes, and the formation of a homogeneous material structure. Based on an analysis of coagulation contact forces — van der Waals, capillary, and frictional — the possibility of controlling the properties of repair and restoration mortars, mixtures, and compositions through the adsorption of surfactant molecules on the surface of the solid phase is theoretically substantiated. This leads to the formation of adsorption-solvation shells and changes in interfacial interactions. It is shown that reducing the surface tension of a liquid under the influence of surfactants reduces the ultimate shear stress, increasing the mobility of the mixture while maintaining its consistency. This allows for a reduction in the water-cement ratio and, consequently, increases the strength and durability of the final product. It has been established that the effectiveness of the modifying action of surfactants depends on the dispersion of the components and their specific surface area, as molecular and capillary forces increase with increasing dispersion. The development of chemical additives that take into account the kinetics of structure formation, composition, and direction of action opens up prospects for the creation of highly durable, frost-resistant, and waterproof repair and restoration materials, particularly important for the restoration of cultural heritage sites. Furthermore, the use of surfactants promotes a more uniform distribution of components in the mixture, improves workability, and reduces the tendency to delamination, which is critical during delicate restoration work. Considering the compatibility of

modifiers with various types of binders and fillers allows for a customized approach to each specific project, ensuring not only physical and mechanical compatibility with the original materials.

Keywords: repair and restoration mortars; surfactants; hydration; rheological properties; coagulation contact; van der Waals forces; capillary forces