

УДК 624.07

Вердыш Игорь Григорьевич,

студент магистратуры, кафедра «Строительных и
общепрофессиональных дисциплин»,

ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
Российская Федерация, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191;

Терновых Александр Алексеевич,

студент магистратуры, кафедра «Строительных и
общепрофессиональных дисциплин»,

ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
Российская Федерация, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191;

Надыров Рафаиль Гайзиевич,

кандидат технических наук, доцент кафедры

«Строительных и общепрофессиональных дисциплин»,

ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
Российская Федерация, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191;

Меретуков Заур Айдамирович,

доктор технических наук, профессор кафедры

«Строительных и общепрофессиональных дисциплин»,

ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
Российская Федерация, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТИВОМОРОЗНЫХ ДОБАВОК В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

Аннотация. В статье объектом изучения является полиэтиленгликоль, как основная противоморозная добавка в составе сухой строительной смеси (ССС) на основе портландцемента. Изучаются влияние добавки на физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов при заданных условиях работы в строительных конструкциях. Рассмотрены основные

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

показатели предлагаемых растворов в сравнении с базовым составом без добавок.

Ключевые слова: портландцемент, сухие строительные смеси, полимерные порошки, растворимые в воде полимеры, адгезия.

В качестве противоморозной добавки рассмотрим полиэтиленгликоль (ПЭГ) в различной концентрации по массе сухой смеси и различной молекулярной массы.

Полиэтиленгликоль, наряду с поливиниловым спиртом (ПВС), полиакриламидом и др. относится к группе карбоцепных соединений (полимеры цепи построены из атомов углерода). Данные соединения получают за счет полимеризации исходных продуктов [1,с.10].

Полиэтиленгликоль (ПЭГ) представляет собой полиэфирное соединение со многими вариантами применений: от промышленного производства до медицины. Структура ПЭГ обычно выражается в виде $\text{H}-(\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n-\text{OH}$ [2,с.32].

ПЭГ относится к олигомер- или полимер-этиленоксиду. Полиэтиленгликоль представляет собой жидкости или твердые вещества в зависимости от молекулярной массы:

- вязкие жидкости ($M_r < 400$);
- воскообразные вещества ($M_r 200 \div 2000$);
- кристаллические термопластичные полимеры ($M_r > 2000$).

ПЭГ растворимы во многих органических растворителях: четыреххлористом углероде, бензоле, диметилформамиде, хлороформе, ацетонитриле. Имеют хорошую растворимость в воде, но с увеличением молекулярной массы полимера растворимость существенно снижается [3,с.35].

Полиэтиленгликоль получают полимеризацией этиленоксида. Доступны в широком диапазоне молекулярных масс от 300 г/моль до 10000000 г/моль.

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

ПЭГ имеют различную геометрию:

- разветвленные полиэтиленгликоли имеют от трех до десяти цепей, исходящих из центральной основной группы.

- звездной формы, имеют от 10 до 100 цепей ПЭГ, исходящих из центральной основной группы.

- гребенчатые, имеют несколько цепей ПЭГ обычно привиты к основной цепи полимера.

Числа, которые часто включают в названиях полиэтиленгликолей указывают на их средние молекулярные массы (например, ПЭГ с $n = 9$ будет иметь среднюю молекулярную массу от приблизительно 400 дальтон, и будет иметь маркировку ПЭГ 400. Большинство полиэтиленгликолей включают молекулы с распределением молекулярные массы (то есть они полидисперсны) [4, с.41].

Полиэтиленгликоль получают взаимодействием этиленоксида с водой, этиленгликоль, или этиленгликоль олигомеров. Реакцию катализируют с помощью кислотных или основных катализаторов. Этиленгликоль и его олигомеры являются более предпочтительными в качестве исходного материала вместо воды, так как они позволяют создавать полимеры с низкой полидисперсностью (узкое молекулярно-массовое распределение). Длина полимерной цепи зависит от соотношения реагентов [5,с.31].



В зависимости от типа катализатора, механизм полимеризации может быть катионным или анионным. Анионный механизм является предпочтительным, поскольку он позволяет получить ПЭГ с низкой полидисперсностью. Полимеризация этиленоксида представляет собой экзотермический процесс.

Полиэтиленгликоли используются во многих направлениях и сферах деятельности:

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

- являются основой части слабительных средств;
- основой для суппозиторий и мазей, наполнителем для таблеток;
- при производстве лекарственных препаратов, в качестве растворителя и диспергирующего агента.
- в качестве смазочных материалов различных поверхностей в водных и неводных средах.
- полиэтиленгликоль – очень гибкий и водорастворимый, ввиду этого, как пример, часто используется в биохимии для создания высокого осмотического давления, в экспериментах с биомембранами;
- в электронных тестерах в качестве теплоносителя;
- в литиевых батареях, как растворитель или сепаратор для электролита;
- при работе с древесиной, используется как стабилизатор. Вытесняя воду, ПЭГ предотвращает усадку и деформацию, придает стабильность деревянным изделиям;
- используется в производстве средств личной гигиены и косметики.

Является базой многих кремов для кожи.

- в зубных пастах контролирует равномерное распределение ксантановой смолы и воды по всей массе (выполняет роль диспергатора).

Это говорит о том, что полиэтиленгликоль (ПЭГ) в низких концентрациях является практически безвредным веществом для живых организмов. Этот фактор, совместно с необходимыми нам свойствами (водоудерживающая способность, растворимость) обуславливает возможность его применения в строительстве [6,с.22].

Для успешного протекания процесса гидратации в цементной системе, необходимо наличие воды в жидкой фазе. В условиях пониженных температур происходит замерзание воды с замедлением, а в дальнейшем и полной остановкой процессов гидратации, что приводит к

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

дальнейшему разрушению структуры. Наиболее оптимальным методом борьбы с льдообразованием является введение в цементную систему противоморозных добавок, сохраняющих воду в жидкой фазе путем понижения температуры ее замерзания.

При этом невозможным представляется введение противоморозных добавок на основе солей различных металлов (хлорид кальция, нитрат кальция...), используемых для бетона, в качестве противоморозных добавок в кладочные растворы и др. тонкослойные элементы, где недопустимо образование высолов ввиду оптических соображений. Также дозирование противоморозных добавок в кладочные растворы на строительной площадке может вызвать неудобства, а в случае ошибки - негативные последствия [7, с.55].

За счет водоудерживающей способности высокомолекулярных соединений достигается понижение температуры замерзания воды, которая приобретает «гелеподобную» форму при соединении с добавкой. Тем самым обуславливается возможность применения данных соединений в качестве противоморозных добавок [8, с.27].

Химические добавки, вводимые в сухие строительные смеси в незначительном количестве активно влияют на процессы гидратации цемента, а также на структуру цементного камня. От количества и вида добавок во многом зависят физико-механические свойства раствора. Именно в наличии этих добавок заключается отличие модифицированных строительных смесей от обычных цементно-песчаных растворов [9, с.63].

В качестве противоморозной добавки для кладочных растворов применялся полиэтиленгликоль (ПЭГ) с различными молекулярными массами (ПЭГ-2000, ПЭГ- 4000) производства ООО «Норкем» (г. Нижний Новгород). Основные свойства полиэтиленгликолей приведены в Таблице 1.

Свойства ПЭГ.

Свойство	Ед. изм.	ПЭГ	
		2000	4000
Номенклатура (ПЭГ) по молекулярной массе	-	2000	4000
Номенклатура (ПЭГ) по количеству молей окиси этилена	-	45	90
Внешний вид	-	Воскообразные чешуйки или плотная масса белого цвета	
Цветность 25% водного раствора, не более	ед. Хазена,	35	35
Температура кристаллизации, в пределах	°С	48-53	50-55
Водородный показатель (рН) 5% водного раствора, в пределах	-	5,0-7,0	5,0-7,0
Массовая доля золы, не более	%	0,1	0,1
Среднее значение молекулярной массы, в пределах	г/моль	1800-2200	3500-4500
Массовая доля воды, не более	%	1	1
Гидроксильное число, в пределах	мг/КОН/г	51-62	25-32
Кинематическая вязкость при температуре 99,0±0,3°С, в пределах	мм ² /с	38-45	100-160

При концентрации водного раствора до 25% данные полиэтиленгликоли хорошо растворяются в воде.

Состав сухой строительной смеси без введения добавки полиэтиленгликоля состоит из следующих компонентов и показан в виде их процентного соотношения по общей массе смеси.

Минеральные компоненты:

- Портландцемент – 25%;
- Известняковая мука CaCO₃ 40-100 мкм – 7,5 %;
- Кварцевый песок 0-4 мм – 67,44% Добавки:
- Эфир целлюлозы Mecellose FMC 23701 – 0,05%;
- Парообразователь Esapon 1214 – 0,01%.

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

Для оптимизации раствора также была введена следующая добавка:

- Ускоритель схватывания формиат Са – 1% от имеющейся массы сухой смеси.

Затворение водой сухой строительной смеси осуществлялось в количестве 20% от всей массы смеси.

Введение добавки полиэтиленгликоля (ПЭГ-2000/4000) в дозировках 1-3% от массы сухой смеси выполнялось за счет снижения процентной составляющей песка в составе сухой смеси [9,с.41]. Соответственно доля песка в растворе с содержанием равна:

- 1% ПЭГ – 66,44% песка;
- 2% ПЭГ- 65,44% песка;
- 3% ПЭГ - 64,44% песка.

Во время проведения исследований, значения физико-механических свойств образцов без применения высокомолекулярных добавок, твердеющих при температуре (20 ± 2) °С приняты как контрольные (Таблица 2.) [10, с.74].

Таблица 2.

Физико-механические свойства базовых кладочных растворов без добавок. Температура твердения (20 ± 2) °С.

Свойство		Значение
Влажность сухой смеси, %		0,29
Насыпная плотность, кг/м ³		1637
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	40
	конец	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³		1872
Подвижность, см		15,5
Срок сохранения подвижности, мин		40
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа		0,34
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа		0,46

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

Предел прочности при сжатии, МПа	14,78
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	3,09
Морозостойкость, F	100

Физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов с добавкой ПЭГ-2000 и ПЭГ-4000, твердевших при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, представлены в таблицах ниже.

Таблица 3.

Физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов с добавкой ПЭГ-2000. Температура твердения $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Свойство	Значение при дозировке ПЭГ-2000, % по массе сухой строительной смеси		
	1	2	3
Влажность сухой смеси, %	0,27	0,28	0,28
Насыпная плотность, кг/м^3	1637	1638	1638
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	40	40
	конец	60	60
Средняя плотность раствора, кг/м^3	1873	1873	1874
Подвижность, см	13	13	14,5
Срок сохранения подвижности, мин	40	40	40
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа	0,34	0,34	0,36
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа	0,46	0,46	0,49
Предел прочности при сжатии, МПа	14,66	14,66	14,78
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	3,09	3,15	3,15
Морозостойкость, F	100	100	100

Таблица 4.

Физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов с добавкой ПЭГ-4000. Температура твердения (20±2)°С.

Свойство		Значение при дозировке ПЭГ-4000, % по массе сухой строительной смеси		
		1	2	3
Влажность сухой смеси, %		0,3	0,31	0,29
Насыпная плотность, кг/м ³		1642	1639	1643
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	40	40	40
	конец	60	60	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³		1872	1870	1871
Подвижность, см		11,5	13	13
Срок сохранения подвижности, мин		40	40	40
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа		0,34	0,34	0,36
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа		0,46	0,46	0,48
Предел прочности при сжатии, МПа		14,90	14,90	15,15
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа		3,15	3,21	3,21
Морозостойкость, F		100	100	100

В Таблицах 5...16 приведены физико-механические свойства базового и экспериментальных кладочных растворов, твердеющих при пониженных температурах окружающей среды (+5...-10) °С.

Таблица 5.

Физико-механические свойства базового кладочного раствора без добавок. Температура твердения +5 °С.

Свойство	Значение	
Влажность сухой смеси, %	0,29	
Насыпная плотность, кг/м ³	1637	
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	40
	конец	60

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

Средняя плотность раствора, кг/м ³	1872
Подвижность, см	10,5
Срок сохранения подвижности, мин	25
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа	0,14
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа	0,19
Предел прочности при сжатии, МПа	10,38
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	2,22
Морозостойкость, F	75

Таблица 6.

Физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов с добавкой ПЭГ-2000. Температура твердения +5°С.

Свойство		Значение при дозировке ПЭГ-2000, % по массе сухой строительной смеси		
		1	2	3
Влажность сухой смеси, %		0,27	0,28	0,28
Насыпная плотность, кг/м ³		1637	1638	1638
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	40	40	40
	конец	60	60	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³		1873	1873	1874
Подвижность, см		12	11,5	12
Срок сохранения подвижности, мин		35	25	30
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа		0,25	0,25	0,26
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа		0,33	0,33	0,36
Предел прочности при сжатии, МПа		10,87	10,99	11,36
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа		2,41	2,41	2,6
Морозостойкость, F		75	75	75

Физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов с добавкой ПЭГ-4000. Температура твердения +5°C.

Свойство		Значение при дозировке ПЭГ-4000, % по массе сухой строительной смеси		
		1	2	3
Влажность сухой смеси, %		0,3	0,31	0,29
Насыпная плотность, кг/м ³		1642	1639	1643
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	40	40	40
	конец	60	60	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³		1872	1870	1871
Подвижность, см		11,5	10	11,5
Срок сохранения подвижности, мин		35	25	30
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа		0,29	0,29	0,31
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа		0,40	0,40	0,42
Предел прочности при сжатии, МПа		11,60	11,97	12,58
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа		2,53	2,66	2,66
Морозостойкость, F		75	75	75

Таблица 8.

Физико-механические свойства базового кладочного раствора без добавок. Температура твердения 0 °С.

Свойство		Значение
Влажность сухой смеси, %		0,29
Насыпная плотность, кг/м ³		1637
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	30
	конец	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³		1872
Подвижность, см		10,5

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

Срок сохранения подвижности, мин	20
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа	0,14
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа	0,19
Предел прочности при сжатии, МПа	9,04
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	1,92
Морозостойкость, F	50

Таблица 9.

Физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов с добавкой ПЭГ-2000. Температура твердения 0°C.

Свойство	Значение при дозировке ПЭГ-2000, % по массе сухой строительной смеси		
	1	2	3
Влажность сухой смеси, %	0,27	0,28	0,28
Насыпная плотность, кг/м ³	1637	1638	1638
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	40	40
	конец	60	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³	1873	1873	1874
Подвижность, см	10,5	10,5	10,5
Срок сохранения подвижности, мин	30	25	30
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа	0,22	0,22	0,23
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа	0,29	0,29	0,31
Предел прочности при сжатии, МПа	9,16	10,38	10,38
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	2,1	2,16	2,47
Морозостойкость, F	75	75	75

Физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов с добавкой ПЭГ-4000. Температура твердения 0°С.

Свойство		Значение при дозировке ПЭГ-4000, % по массе сухой строительной смеси		
		1	2	3
Влажность сухой смеси, %		0,3	0,31	0,29
Насыпная плотность, кг/м ³		1642	1639	1643
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	40	40	40
	конец	60	60	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³		1872	1870	1871
Подвижность, см		10,5	10,5	10,5
Срок сохранения подвижности, мин		30	25	30
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа		0,23	0,23	0,26
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа		0,31	0,31	0,36
Предел прочности при сжатии, МПа		9,89	11,12	11,24
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа		2,22	2,16	2,47
Морозостойкость, F		75	75	75

Таблица 11.

Физико-механические свойства базового кладочного раствора без добавок. Температура твердения -5 °С.

Свойство		Значение
Влажность сухой смеси, %		0,29
Насыпная плотность, кг/м ³		1637
Жизнеспособность (схватывание), мин	30	30
	50	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³		1872
Подвижность, см		8
Срок сохранения подвижности, мин		15

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа	0,08
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа	0,10
Предел прочности при сжатии, МПа	7,70
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	1,73
Морозостойкость, F	25

Таблица 12.

Физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов с добавкой ПЭГ-2000. Температура твердения -5°C.

Свойство		Значение при дозировке ПЭГ-2000, % по массе сухой строительной смеси		
		1	2	3
Влажность сухой смеси, %		0,27	0,28	0,28
Насыпная плотность, кг/м ³		1637	1638	1638
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	50	40	40
	конец	70	60	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³		1873	1873	1874
Подвижность, см		10,5	9	10
Срок сохранения подвижности, мин		30	25	30
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа		0,15	0,14	0,22
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа		0,21	0,19	0,29
Предел прочности при сжатии, МПа		7,45	8,79	8,79
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа		1,79	1,92	2,16
Морозостойкость, F		50	50	50

Физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов добавкой ПЭГ-4000. Температура твердения -5°C.

Свойство		Значение при дозировке ПЭГ-4000, % по массе сухой строительной смеси		
		1	2	3
Влажность сухой смеси, %		0,3	0,31	0,29
Насыпная плотность, кг/м ³		1642	1639	1643
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	40	40	40
	конец	60	60	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³		1872	1870	1871
Подвижность, см		10,5	9	10,5
Срок сохранения подвижности, мин		30	25	25
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа		0,17	0,19	0,23
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа		0,23	0,25	0,31
Предел прочности при сжатии, МПа		18,92	10,26	10,75
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа		1,98	1,85	2,16
Морозостойкость, F		50	50	50

Таблица 14.

Физико-механические свойства базового кладочного раствора без добавок. Температура твердения -10 °С.

Свойство	Значение	
Влажность сухой смеси, %	0,29	
Насыпная плотность, кг/м ³	1637	
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	20
	конец	50
Средняя плотность раствора, кг/м ³	1872	
Подвижность, см	7	
Срок сохранения подвижности, мин	10	

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа	0,08
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа	0,10
Предел прочности при сжатии, МПа	6,35
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	1,55
Морозостойкость, F	25

Таблица 15.

Физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов с добавкой ПЭГ-2000. Температура твердения -10°C.

Свойство		Значение при дозировке ПЭГ-2000, % по массе сухой строительной смеси		
		1	2	3
Влажность сухой смеси, %		0,27	0,28	0,28
Насыпная плотность, кг/м ³		1637	1638	1638
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	40	40	40
	конец	60	60	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³		1873	1873	1874
Подвижность, см		7,5	8	8
Срок сохранения подвижности, мин		25	20	30
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа		0,14	0,14	0,20
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа		0,19	0,19	0,27
Предел прочности при сжатии, МПа		7,08	7,21	7,45
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа		1,67	1,73	1,98
Морозостойкость, F		35	35	50

Физико-механические свойства экспериментальных кладочных растворов с добавкой ПЭГ-4000. Температура твердения -10°C.

Свойство		Значение при дозировке ПЭГ-4000, % по массе сухой строительной смеси		
		1	2	3
Влажность сухой смеси, %		0,3	0,31	0,29
Насыпная плотность, кг/м ³		1642	1639	1643
Жизнеспособность (схватывание), мин	начало	40	40	40
	конец	60	60	60
Средняя плотность раствора, кг/м ³		1872	1870	1871
Подвижность, см		7,5	7,5	9
Срок сохранения подвижности, мин		25	20	30
Адгезионная прочность с бетонным основанием, МПа		0,17	0,17	0,22
Адгезионная прочность с кирпичом (водопоглощение 5%), МПа		0,23	0,23	0,29
Предел прочности при сжатии, МПа		8,18	8,79	9,41
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа		1,73	1,79	2,04
Морозостойкость, F		35	50	50

Из приведенных данных видно, что:

1. Свойства базового кладочного раствора без противоморозных добавок значительно ухудшаются с понижением температуры.

2. Значимого влияния при введении в кладочный раствор, твердеющий при нормальных условиях добавок полиэтиленгликоля (ПЭГ- 2000 и ПЭГ-4000) в количествах 1, 2, 3 % от массы сухой смеси, не оказывается.

Свойства кладочного раствора, твердеющего при пониженных температурах, с включением в него добавки полиэтиленгликоля (ПЭГ-2000и ПЭГ-4000) в количествах 1, 2, 3 % от массы сухой смеси значительно улучшаются относительно свойств базового раствора, твердеющего в

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

тех же условиях. Тем самым противоморозный эффект добавки полиэтиленгликоля обоснован/

Список литературы

1. Корнеев В.И., О гидратации и твердении ССС при отрицательных температурах // 5-я международная специализированная конференция BaltiMix «Сухие строительные смеси для XXI века: технологии и бизнес». – Текст : электронный. – URL: <https://nestor.minsk.by/sn/2005/41/sn54105.html> (дата обращения 01.12.2021).
2. Гныря А.И., Коробков С.В. Технология бетонных работ в зимних условиях // Издательство ТГАСУ, 2011.
3. Пашкевич С.А. Эффективные штукатурные растворы с добавкой низкомолекулярного полиэтиленоксида для зимних условий // Научно-технический журнал «Строительные материалы». – № 8. – 2010.
4. Пашкевич С.А., Пустовгар А.П., Голунов С.А., Адамцевич А.О. Применение противоморозных добавок в базовых штукатурных составах систем фасадной скрепленной теплоизоляции // Научно-технический журнал «Строительные материалы». – №8. – 2010.
6. Нормантович А.С., Пашкевич С.А., Пустовгар А.П., Голунов С.А. Сухие строительные смеси для монтажа СФТК при пониженных и отрицательных температурах // Изд. Drymix.info. Российский ежегодник ССС 2012. – Мюнхен, 2011.
7. Пашкевич С.А., Пустовгар А.П., Голунов С.А. Методы испытаний штукатурных фасадных покрытий, твердеющих при отрицательных температурах // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. – №3. – Т. 2. – 2011.
8. Yoshihiko Ohama. Polymer-based Admixtures // Cement and Concrete Composites. – 20(1998). – P. 189-212.
9. Корнеев В.И., О механизмах действия функциональных добавок при гидратации и твердении сухих строительных смесей // 16-я международная конференция BaltiMix-2016. – Текст : электронный. – URL: https://baltimix.ru/confer_archive/reports/doclad02/Korneev1.php (дата обращения 01.12.2021).
10. ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии».