

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАБОРА ПРОЧНОСТИ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ. С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУЛЬФАТОСТОЙКОГО ЦЕМЕНТА

Свищ И.С.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,  
Институт «Академия строительства и архитектуры»,  
295493, г. Симферополь, ул. Киевская, 181,  
e-mail: igorswishch@gmail.com

**Аннотация.** Представлены экспериментальные данные изменения прочности на сжатие тяжелого бетона с использованием сульфатостойкого цемента, крымских заполнителей и добавки на основе эфиров поликарбоксилатов при выдерживании их в агрессивной среде – жидкости из водоочистных сооружений пгт. Гвардейское, Симферопольского района, Республика Крым. Разработаны составы тяжелых бетонов с применением гиперпластифицирующих (поликарбоксилатных) добавок, которые способны повышать свои физико-механические характеристики во времени при эксплуатации в условиях агрессивных сред. Актуальным является, дальнейшее развитие теоретических и экспериментальных основ разработок при производстве цементных бетонов с использованием суперпластифицирующих добавок последнего поколения на основе поликарбоксилатов для очистных и рекреационных сооружений. Долговечность цементных бетонов ключевой вопрос использования их в очистных и рекреационных сооружениях. Цементные бетоны могут быть подвержены сульфатной коррозии. Сульфаты имеют сложный механизм воздействия на активный в химическом отношении компонент бетона — цементный камень. Сульфаты имеют сложный механизм воздействия на активный в химическом отношении компонент бетона — цементный камень. Коррозионное воздействие может усиливаться или ослабевать в зависимости от концентрации агрессивных компонентов, при переменном уровне воздействия растворов солей на бетон конструкции, периодическом высушивании, частичном погружении. Это обусловлено тем, что на химические процессы взаимодействия агрессивной среды и цементного камня в бетоне накладывается влияние физических процессов массопереноса растворимых компонентов и кристаллизации продуктов коррозии или растворимых компонентов, которые могут ускорять или тормозить химические процессы. Установлены параметры прочностных характеристик оптимизированных составов в разные сроки набора прочности, а также установлена средняя плотность и водонепроницаемость оптимизированных составов бетонов.

**Предмет исследования:** тяжелый бетон с использованием сульфатостойкого цемента, крымских заполнителей и добавок на основе сложных поликарбоксилатных эфиров

**Материалы и методы:** Исследование проводилось на специально подобранных составах бетонных смесей с подвижностью РЗ на основе наиболее распространенного в Крыму сырья с поликарбоксилатной пластифицирующей добавкой и без нее. Агрессивной средой служила жидкость, взятая с водоочистной станции в поселке городского типа Гвардейское Симферопольского района Республики Крым.

**Результаты:** 1. Использование добавки Hidetal-GP-9 означает снижение расхода воды на 15%, при этом содержание влаги снижается с 0,65 до 0,55 и сохраняется подвижность марки РЗ. 2. В результате проведенного исследования было установлено, что бетонные композиции с использованием карбоксилатов показали наилучшие результаты по повышению прочности, особенно в агрессивной среде. Так, композиция №4 показала прочность бетона на сжатие после хранения в агрессивной среде в течение 745 дней  $R_{com} = 475 \text{ кг/см}^2$  (47,5 МПа). 3. После длительного хранения в агрессивной среде, в частности в течение 2920 дней, состав № 4 показал прочность бетона на сжатие, равную  $519 \text{ кг/см}^2$  (51,9 МПа). 4. При исследовании внешнего вида образцов кубов, хранящихся в агрессивной среде в течение 2920 дней, было установлено, что состояние образцов было удовлетворительным. На поверхности образцов отсутствовали следы коррозии бетона; отсутствовали трещины или сколы бетонного камня. 5. Средняя плотность исследованных бетонов соответствует тяжелым бетонам по общей классификации. В среднем плотность бетонного камня соответствует пределам 2350 – 2450 кг/м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** поликарбоксилат, сульфатостойкий цемент, заполнители, бетон, прочность, добавки, состав, агрессивная среда.

## ВВЕДЕНИЕ. АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В Российской Федерации проектом долгосрочной стратегии является развитие производства строительных материалов и конструкций на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу до 2030 года. Предполагается увеличить производство портландцемента в 4 раза.

Вместе с тем, производство портландцемента связано с высоким потреблением природных минеральных сырьевых и энергетических ресурсов и сопровождается высокими объемами выбросов в окружающую среду, только диоксида углерода

мировая цементная промышленность выбрасывает в окружающую среду более 7% от общего объема его выбросов всеми отраслями.

Является актуальным дальнейшее развитие теоретических и экспериментальных основ разработок при производстве цементных бетонов с использованием суперпластифицирующих добавок последнего поколения на основе поликарбоксилатов для очистных и рекреационных сооружений.

Долговечность цементных бетонов ключевой вопрос использования их в очистных и рекреационных сооружениях. Из [12,13] следует, что наибольшее значение на стойкость цементного

камня, в бетонные и железобетонные сооружения, при воздействии на него сульфатов имеют гидросульфатоалюминат кальция (эттрингит) и гидросульфокарбоксилат кальция (таумасит). Эттрингит и таумасит всегда находятся в кристаллической смеси.

Сульфатной коррозии может быть подвержен бетон, который эксплуатируется в различных условиях.

Сульфаты, вызывающие проявление процессов сульфатной коррозии, встречаются в большинстве природных вод. В пресных водоемах содержание сульфат-ионов достигает 60 мг/л, в минерализованных грунтовых водах оно составляет 200—400 мг/л, а в морской воде — 2500—2700 мг/л.

Сульфаты имеют сложный механизм воздействия на активный в химическом отношении компонент бетона — цементный камень.

Коррозионное воздействие может усиливаться или ослабевать в зависимости от концентрации агрессивных компонентов, при переменном уровне воздействия растворов солей на бетон конструкции, периодическом высушивании, частичном погружении.

Это обусловлено тем, что на химические процессы взаимодействия агрессивной среды и цементного камня в бетоне накладывается влияние физических процессов массопереноса растворимых компонентов и кристаллизации продуктов коррозии или растворимых компонентов, которые могут ускорять или тормозить химические процессы. [12,13]

В последнее время ряд ученых занимается созданием математических моделей коррозии бетонов. В частности, Б.В. Гусев и А.С. Файвусович предложили математическую модель процессов сульфатной коррозии в условиях направленного влагопереноса, которая дает возможность планирования и усовершенствования методики проведения экспериментальных исследований, для разработки инженерных методик прогнозирования долговечности сооружений, эксплуатируемых в сульфатсодержащих средах. [13]

К.И. Чижик и Н.В. Белоокая предложили модель биологической коррозии бетона в системах канализации. [15]

В процессе исследования было установлено, что активная химическая коррозия происходит за счет процессов жизнедеятельности микроорганизмов и грибов, таких как аммонифицирующих и нитрифицирующих. Установлено, что биологическое воздействие микроорганизмов существенно понижает РН среды, что так же влияет на процесс коррозии бетона. [15]

Надо отметить, то практически все эти факторы химического и биологического характера присутствуют в пробе агрессивной среды, представленной в таблице 1.

Так же, одним из факторов влияние на коррозионную стойкость бетонов является применение химических добавок.

Так, например, в строительной индустрии производства бетона широко применяются пластифицирующие и гиперпластифицирующие добавки, добавки-ускорители твердения бетона, воздухововлекающие добавки, разжижающие примеси и другие виды добавок, которые существенным образом влияют на те или иные качества бетона и бетонных смесей.

Особенно полезны пластифицирующие добавки и разжижающие примеси, так как они позволяют производителям выполнять два требования: хорошая обрабатываемость бетона во время его формирования и снижение соотношения (в/ц) между водой и вяжущими материалами, которое способствует повышению прочности, в том числе и коррозионной устойчивости затвердевшего бетона.

Термин «разжижающая примесь» используется достаточно много лет. Стандарт ASTM C 494 классифицирует разжижающие примеси на несколько категорий:

- Тип А, Разжижающая
- Тип D, Разжижающая и замедляющая
- Тип E, Разжижающая и ускоряющая
- Тип F, Разжижающая, высокоэффективная
- Тип G, Разжижающая, высокоэффективная и замедляющая

ASTM C 1017 сосредоточен на обработке бетонной смеси с использованием химической примеси с единственной целью – производство подвижного бетона без редуцирования воды для приготовления раствора.

В большинстве случаев примеси классификации C 494 Тип F или G также можно использовать способом, указанным в ASTM C 1017. Эти высокоэффективные разжижающие примеси не просто редуцируют (уменьшают в количестве) воду затвердения, но также и рассеивают частицы цемента. Подобное рассеивающее действие впоследствии позволяет уменьшить количество воды или повысить степень подвижности, или получить оба эффекта.

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью работы является исследование набора прочности на сжатие тяжелого бетона с использованием сульфатостойкого цемента, крымских заполнителей и добавки на основе эфиров поликарбоксилатов при выдерживании их в агрессивной среде.

Для достижения поставленной цели была решена задача оптимизации состава бетона на местных заполнителях, сульфатостойком цементе, а также с использованием добавок на основе эфиров поликарбоксилатов и определения прочности на сжатие в кратковременные и долговременные сроки.

## ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является тяжелый бетон с использованием сульфатостойкого цемента, крымских заполнителей и добавки на основе эфиров поликарбоксилатов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведение исследований проводилось на специально подобранных составах бетонных смесей подвижностью ПЗ на наиболее распространенных в Крыму сырьевых компонентах с поликарбосилатной пластифицирующей добавкой и без нее.

Характеристики компонентов бетонной смеси:

- вяжущее – сульфатостойкий портландцемент (ССПЦ), марка – М400 ДО, плотность – 3,1 т/м<sup>3</sup>;

- щебень – диоритовый Лозовского месторождения, фракция 5-20 мм; плотность – 2,65 г/см<sup>3</sup>; насыпная плотность –  $\rho_n = 1,55$  г/см<sup>3</sup>; влажность  $W = 3,3\%$ ;

- песок – кварцевый морской Донузлавского месторождения, темно синего цвета,  $M_k = 1,8$ ; насыпная плотность  $\rho_n = 1,4$  г/см<sup>3</sup>; влажность  $W = 7,4\%$  и кварцевый речной, Донской (г. Ростов-на-Дону),  $M_k = 1,6$ , насыпная плотность –  $\rho_n = 1,45$  г/см<sup>3</sup>; влажность  $W = 10,8\%$ ;

- добавка в бетон – поликарбосилатная Хидетал-ГП-9;

- вода – пресная техническая.

Проектирование составов бетонов производилось по методу абсолютных объемов [1]. Получены следующие составы бетонных смесей.

Состав № 1: Цемент = 334 кг/м<sup>3</sup>; щебень = 1197 кг/м<sup>3</sup>; песок (донузлавский, темно-синего цвета) = 658 кг/м<sup>3</sup>; вода = 223 л/м<sup>3</sup>.

Состав № 2: Цемент = 334 кг/м<sup>3</sup>; щебень = 1197 кг/м<sup>3</sup>; песок (донской, желтый) = 658 кг/м<sup>3</sup>; вода = 221 л/м<sup>3</sup>.

Состав № 3: Цемент = 335 кг/м<sup>3</sup>; щебень = 1195 кг/м<sup>3</sup>; песок (донузлавский, темно-синего цвета) = 658 кг/м<sup>3</sup>; вода = 180 л/м<sup>3</sup>; добавка поликарбосилатная,  $D = 3,5$  л/м<sup>3</sup>.

Состав № 4: Цемент = 335 кг/м<sup>3</sup>; щебень = 1195 кг/м<sup>3</sup>; песок (донской, желтый) = 658 кг/м<sup>3</sup>; вода = 180 л/м<sup>3</sup>; добавка поликарбосилатная,  $D = 3,1$  л/м<sup>3</sup>.

В результате подборов составов бетонных смесей установлено, что добавка Хидетал-ГП-9 позволяет уменьшить расход воды на 15 % и, тем самым снизить В/Ц с 0,65 до 0,55 при сохранении подвижности бетонной смеси марки ПЗ.

Составы № 1 и № 2 изготовлены без добавок, составы № 3 и № 4 изготовлены на основе добавок эфиров карбоксилатов. Было изготовлено 8 партий кубов размеров 0,1×0,1×0,1 м, в количестве 18 шт. каждая. Часть из них была установлена на естественные (стандартные) условия набора прочности, вторая часть была установлена в агрессивную среду.

В качестве агрессивной среды служила жидкость, отобранная из водоочистных сооружений пгт. Гвардейское, Симферопольского района, Республика Крым. Основные характеристики и химический состав жидкости, определенный по результатам испытаний 118 проб представлен в табл. 1.

Прочность на сжатие ( $R_{сж}$ ) бетонных образцов-кубов определялась разрушающим способом на гидравлическом прессе П-125 в возрасте 28, 90, 180, 365, 548, 745 и 2920 суток твердения в нормальных условиях и после выдерживания в агрессивной среде.

**Таблица 1.** Характеристика агрессивной среды  
**Table 1.** Characteristics of the aggressive environment

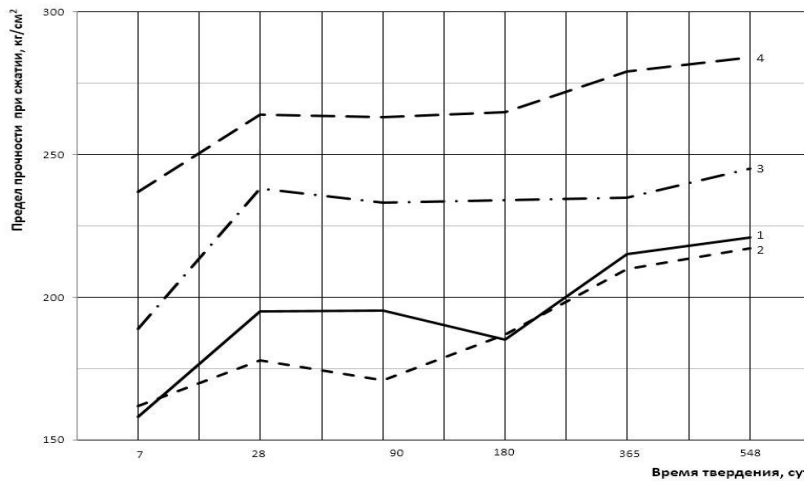
Определяемые ингредиенты	Единицы измерения	Номер пробы
Температура	°С	19
Водородный показатель	Ед. рН	8,3
Окраска, цветность		желто-серое
Запах	бал	Фик 2
Прозрачность	см	-
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	98,4
ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	120
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	640
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	194,9
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	98
Амний солевой	мг/дм <sup>3</sup>	82,4
Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	0,07
Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	3,12
Фосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	14,2
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,62
АПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	1,46

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Результаты определения прочности на сжатие опытных образцов кубов, выдержанных, как в агрессивной среде, так и при естественных

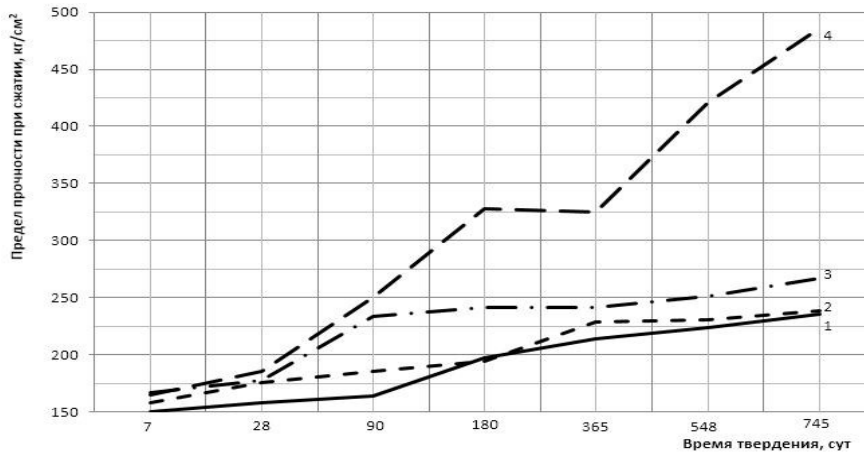
стандартных условиях в течение 28, 90, 180, 365, 548, 745 суток, представлены в виде графиков изменения среднеарифметических значений пределов прочности при сжатии бетонов на рис. 1 и 2. Вид бетона испытанных опытных образцов в

зависимости от вида выдерживания в возрасте 548 суток показан на рис. 3.



**Рис 1.** Изменение прочности на сжатие исследуемых составов бетона в зависимости от времени твердения и выдерживания их в естественных условиях: 1 – состав № 1; 2 – состав № 2; 3 – состав № 3; 4 – состав № 4

**Fig. 1.** The change in compressive strength of the studied concrete compositions depending on the time of hardening and holding them in natural conditions: 1 – composition № 1; 2 – composition № 2; 3 – composition №3; 4 – composition № 4



**Рис. 2.** Изменение прочности на сжатие исследуемых составов бетона в зависимости от времени твердения и выдерживания их в агрессивной среде: 1 – состав № 1; 2 – состав № 2; 3 – состав № 3; 4 – состав № 4

**Fig. 2.** Change in compressive strength of the studied concrete compositions depending on the time of hardening and holding them in an aggressive environment: 1 – composition № 1; 2 – composition № 2; 3 – composition №3; 4 – composition № 4



**а**

**б**

**Рис. 3.** Вид бетона опытных образцов после испытания на прочность на сжатие в возрасте 548 сут, выдерживание которых проходило: а – в нормальных условиях; б – в агрессивной среде

**Fig. 3.** Type of concrete prototypes after the compression strength test at the age of 548 days, which held: a – under normal conditions; b – in an aggressive environment

Как видно из экспериментальных данных, представленных на рис. 1, наибольшую прочность на сжатие показывают образцы бетона состава № 4. Так на 548 суток предел прочности при сжатии его  $280 \text{ кг/см}^2$ , что на 13 % больше, чем у бетонных образцов, изготовленных из состава № 3 ( $R_{сж.} = 248 \text{ кг/см}^2$ ), и на 27 % выше, чем у образцов, изготовленных из бетонных смесей составов №№ 1 и 2 ( $R_{сж.} = 220$  и  $218 \text{ кг/см}^2$  соответственно).

При выдерживании бетонных образцов на сульфатостойком цементе в агрессивной среде (см. рис. 2), динамика набора прочности на сжатие для составов №№ 1, 2 и 3, в целом, такая же, как и при выдерживании их в естественных условиях. Однако, состав № 4 отличается стремительным ростом прочностных показателей после 28 суток, показывая прочность на сжатие к 548 суткам  $425 \text{ кг/см}^2$ , что на 52 % превышает показатели этих образцов, хранящихся в нормальных воздушно-влажных условиях. Характеризуя кривую набора прочности в агрессивной среде бетонных образцов состава № 4 можно выделить четыре этапа изменения прочности на сжатие:

-1-й – до 28 суток, отличающийся замедленным ростом прочности на сжатие  $R_{сж.}$ ;

- 2-й – от 28 до 180 суток – стремительный рост прочности на сжатие  $R_{сж.}$ ;

- 3-й – от 180 до 365 суток – приостановление роста прочности на сжатие  $R_{сж.}$ ;

- 4-й – после 365 суток – продолжительный набор прочности на сжатие  $R_{сж.}$ , продолжающийся до 2920 суток выдерживания в агрессивной среде – крайней временной точки проведения исследований.

Необходимо отметить, что к 28 суткам твердения опытные образцы состава № 4, выдерживаемые в коррозионной среде, отличаются несколько замедленным ростом  $R_{сж.}$ , чем в естественных условиях. В период с 28 до 180 суток твердения рост прочности на сжатие составляет 86 %, достигая  $326 \text{ кг/см}^2$ . В сравнении с образцами этого же состава, твердение которых проходило в естественных условиях (см. рис. 1, кривая 4), какой-либо рост прочности на сжатие не происходит, а в период с 180 до 365 суток в отличие от образцов, выдерживаемых в коррозионной среде, наблюдается незначительный прирост прочности, составляющий около 7 %.

Из приведенных графиков на рис. 2 видно, что в коррозионной среде рост прочности на сжатие у бетонных образцов без добавок и с поликарбоксилатной добавкой Хидетал-ГП-9 в количестве  $3,5 \text{ л/м}^3$  бетонной смеси приостанавливается, а у опытных образцов с поликарбоксилатной добавкой Хидетал-ГП-9 в количестве  $3,1 \text{ л/м}^3$  бетонной смеси набор прочностных показателей продолжается, предположительно, за счет дополнительного образования кристаллических новообразований и заполнения ими пор в структуре бетона.

Макроструктура бетонных образцов, выдерживаемых в агрессивной среде, как видно из

рис. 3, отличается более светлым цветом растворной составляющей, наблюдаются вкрапления белых кристаллов, также заметно меньшее количество микротрещин в теле бетона, что подтверждает предположение об образовании различных кристаллических новообразований.

В дальнейших исследованиях ставится задача определения кристаллических новообразований и их влияния на структуру сульфатостойкого цементного камня и бетона на его основе.

## ВЫВОДЫ

1. Использование добавки Хидетал-ГП-9 предполагает снижение расхода воды на 15%, при этом В/Ц снижается с 0,65 до 0,55 и сохраняется подвижность марки ПЗ.

2. В результате исследования было установлено, что составы бетонов с использованием карбоксилатов показали наилучшие результаты набора прочности, особенно в агрессивной среде. Так состав № 4 показал прочность бетона на сжатие после хранения его в агрессивной среде 745 суток  $R_{сж.} = 475 \text{ кг/см}^2$  ( $47,5 \text{ МПа}$ ).

3. После длительного хранения в агрессивной среде, в частности в течение 2920 суток, состав №4 показал прочность бетона на сжатие  $519 \text{ кг/см}^2$  ( $51,9 \text{ МПа}$ ).

4. При осмотре внешнего вида образцов кубов, хранившихся в агрессивной среде 2920 суток, было установлено, что состояние образцов удовлетворительное. На поверхности образцов не наблюдалось следов коррозии бетона, отсутствовали трещины и сколы бетонного камня.

5. Показатели средней плотности исследованных бетонов соответствует тяжелым бетонам по общей классификации. В среднем плотность бетонного камня соответствует пределам  $2350 - 2450 \text{ кг/м}^3$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю.М. Баженов. Технология бетона. - М., издательство АСВ, 2003. -500с.

2. А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский и др. Структура и свойства цементных бетонов. - М., Стройиздат, 1978. – 3 44с.

3. ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия».

4. ГОСТ 7473-2010 Бетонные смеси. Технические условия.

5. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

6. ГОСТ 10181.2-12. Смеси бетонные. Методы определения плотности.

7. ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии.

8. EN 206-1:2000 Concrete - Part 1: Specification, performance, production and Conformity.

9. Химические и минеральные добавки в бетон /Под ред. А. Ушерова-Маршака. -Х.: Колорит, 2005. -280с.

10. Инструкция по применению добавки комплексной для бетонов «Хидетал-ГП-9» (гиперпластификатора). ООО «СТК-Стандарт», г. Новозыбков, 2006.

11. ГОСТ 24211-91. Добавки для бетонов. Технические требования.

12. В.А. Рязанова. Особенности сульфатной коррозии бетона в условиях направленного влагопереноса. КиберЛенинка: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-sulfatnoy-korrozii-betona-v-usloviyah-napravlenno-go-vlagoperenosa>.

13. Гусев Б.В., Файвусович А.С. Основы математической теории процессов коррозии бетона. - М., 2006.-с.

14. Б.В. Гусев, А.С. Файвусович, В.А. Рязанова Развитие фронта коррозии бетона в агрессивных средах // Бетон и железобетон. - 2005. -№5. - С. 23-28.

15. К.И. Чижик, Н.В. Белокая. Модель микробиологической коррозии бетона в системах канализации// Известия вузов. Инвестиция. Строительство. Недвижимость. 2017. Т.7, № 2, с-75-83.

16. Ю.М. Баженов «Технология бетонов». – М., Изд-во АСВ, 2003 г. 500с.

17. Свищ И.С. Пособие для лабораторных работ по «Строительному материаловедению». Симферополь, РИО НАПКС, 2011, с -273.

18. Инструкция по применению добавки комплексной для бетонов «Хидетал-ГП-9» (гиперпластификатора). ООО «СТК-Стандарт», г. Новозыбков, 2006.

19. Автор: Баженов Ю.М., Муртазаев С-А.Ю., Сайдумов М.С. «Технология бетона, строительных изделий и конструкций». –Москва.-Вологда. Издательство: Инфра-Инженерия, 2022 г.

20. Белов В. В., Курятников Ю. Ю., Новиченкова Т. Б. «Технология и свойства современных цементов и бетонов. Учебное пособие. –М., 2014г. АСВ, 278с.

4. GOST 7473-2010 Concrete mixtures. Technical conditions.

5. GOST 10180-2012 Concrete. Methods for determining the strength of control samples.

6. GOST 10181.2-12. Concrete mixtures. Methods for determining the density.

7. GOST 310.4.-81. Cements. Methods for determining the ultimate strength in bending and compression.

8. EN 206-1:2000 Concrete - Part 1: Specification, performance, production and Conformity.

9. Chemical and mineral additives in concrete / Ed. A. Usherov-Marshak. –Х.: Coloring, 2005.-280s.

10. Instructions for the use of an additive complex for concrete "Hidetal-GP-9" (hyperplasticizer). ООО "STK-Standard", Novozybkov, 2006.

11. GOST 24211-91. Additives for concrete. Technical requirements.

12. V.A. Ryazanov. Features of sulphate corrosion of concrete under conditions of directed moisture transfer. CyberLeninka:

<https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-sulfatnoy-korrozii-betona-v-usloviyah-napravlenno-go-vlagoperenosa>.

13. Gusev B.V., Faivusovich A.S. Fundamentals of the mathematical theory of concrete corrosion processes. - М., 2006.- 39 s.

14. Gusev B.V., Faivusovich A.S., Ryazanova V.A. The development of the front of corrosion of concrete in corrosive environments // Concrete and reinforced concrete. - 2005.-№5.- p. 23-28.

15. K.I. Chizhik, N.V. Belookaya. Model Microbiological Corrosion of Concrete in Sewage Systems // News of universities. Investment. Building. The property. 2017. V. 7, № 2, с-75-83.

16. Yu.M. Bazhenov “Concrete technology”. – М., Publishing House ASV, 2003, 500 p.

17. Svishch I.S. Manual for laboratory work on “Building materials science”. Simferopol, RIO NAPKS, 2011, p. -273.

18. Instructions for using the complex additive for concrete “Hidetal-GP-9” (hyperplasticizer). LLC "STK-Standard", Novozybkov, 2006.

19. Bazhenov Yu.M., Murtazaev S-A.Yu., Saidumov M.S. "Technology of concrete, building products and structures." –Moscow.-Vologda. Publisher: Infra-Engineering, 2022.

20. Belov V.V., Kuryatnikov Yu.Yu., Novichenkova T.B. “Technology and properties of modern cements and concretes. Study guide. –М., 2014 DIA, 278 p.

## REFERENCES

1. Yu.M. Bazhenov. Technology of concrete. - М., publishing house ASV, 2003. -500s.

2. A.E. Sheikin, Yu.V. Chekhovsky and others. The structure and properties of cement concretes. - М., Stroiiizdat, 1978. - 3 44с.

3. GOST 24211-2008 Additives for concrete and mortar. General specifications.

INVESTIGATION OF STRENGTH GAIN OF HEAVY CONCRETE IN AN AGGRESSIVE ENVIRONMENT. USING SULPHATE-RESISTANT CEMENT

Svishch I.S.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of construction and architecture,  
Kievskaya st., 181, Simferopol, 295493, Russia, e-mail: igorwishch@gmail.com

**Summary.** Experimental data are presented on changes in the compressive strength of heavy concrete using sulfate-resistant cement, Crimean aggregates and additives based on polycarboxylate ethers when kept in an aggressive environment - liquid from water treatment facilities in an urban-type settlement Gvardeiskoe, Simferopol district, Republic of Crimea. Compositions of heavy concrete have been developed using hyperplasticizing (polycarboxylate) additives that are capable of increasing their physical and mechanical characteristics over time when operating in aggressive environments. It is relevant to further develop the theoretical and experimental foundations for the production of cement concrete using the latest generation of superplasticizing additives based on polycarboxylates for wastewater treatment and recreational facilities. The durability of cement concrete is a key issue when using it in wastewater treatment and recreational facilities. Cement concrete can be susceptible to sulfate corrosion. Sulfates have a complex mechanism of action on the chemically active component of concrete - cement stone. Sulfates have a complex mechanism of action on the chemically active component of concrete - cement stone. The corrosive effect can increase or decrease depending on the concentration of aggressive components, with varying levels of exposure to salt solutions on the concrete structure, periodic drying, and partial immersion. This is due to the fact that the chemical processes of interaction between an aggressive environment and cement stone in concrete are influenced by physical processes of mass transfer of soluble components and crystallization of corrosion products or soluble components, which can accelerate or inhibit chemical processes. The parameters of the strength characteristics of the optimized compositions at different periods of strength gain have been established, and the average density and water resistance of the optimized concrete compositions have been established.

**Subject.** heavy concrete using sulfate-resistant cement, Crimean aggregates and additives based on polycarboxylate esters.

**Materials and methods.** The research was carried out on specially selected compositions of concrete mixtures with mobility P3 on the most common raw materials in Crimea with and without a polycarboxylate plasticizing additive.

Characteristics of concrete mixture components:

The aggressive medium was liquid taken from a water treatment plant in the urban settlement of Gvardeyskoye, Simferopol district, Republic of Crimea.

**Results:** 1. The use of Hidetal-GP-9 additive means a 15% reduction in water consumption, while the moisture content decreases from 0.65 to 0.55 and the mobility of the P3 grade is maintained. 2. As a result of the study, it was found that concrete compositions using carboxylates showed the best results in increasing strength, especially in an aggressive environment. Thus, composition No. 4 showed the compressive strength of concrete after storage in an aggressive environment for 745 days  $R_{com} = 475 \text{ kg/cm}^2$  (47.5 MPa). 3. After long-term storage in an aggressive environment, in particular for 2,920 days, composition No. 4 showed a compressive strength of  $519 \text{ kg/cm}^2$  (51.9 MPa) of concrete. 4. When examining the appearance of cube samples stored in an aggressive environment for 2,920 days, it was found that the condition of the samples was satisfactory. There were no signs of concrete corrosion on the surface of the samples; there were no cracks or chips of concrete stone. 5. The average density of the studied concretes corresponds to heavy concretes according to the general classification. On average – the density of concrete stone corresponds to the limits of 2350-2450 kg/m<sup>3</sup>.

4. When examining the appearance of samples of cubes stored in an aggressive environment for 2920 days, it was found that the condition of the samples was satisfactory. There were no traces of concrete corrosion on the surface of the samples; there were no cracks or chips of the concrete stone.

5. The average density of the studied concretes corresponds to heavy concretes according to the general classification. On average, the density of concrete stone corresponds to the limits of 2350 – 2450 kg/m<sup>3</sup>.

**Key words:** polycarboxylate, sulfate-resistant cement, aggregates, concrete, strength, additives, composition.