

МРНТИ 67.09.33

С.К. Нурпеисов<sup>1</sup> - основной автор, | ©  
А.К. Медетов<sup>2</sup>, Н.Т. Карабаев<sup>3</sup>



<sup>1</sup>Канд. техн. наук, <sup>2,3</sup>Магистр, ст. преподаватель

ORCID

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-8827-8530> <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-5814-9874>

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-6382-6617>



<sup>1,2,3</sup>Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати



г. Тараз, Казахстан



<sup>1</sup>[knurlan68@mail.ru](mailto:knurlan68@mail.ru)

<https://doi.org/10.55956/LTXA8136>

## БЕТОНОПОЛИМЕРЫ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТОШЛАКОВЫХ БЕТОНОВ

**Аннотация.** В статье рассмотрена возможность получения цементобетона с электротермофосфорношлаковыми заполнителями и наполнителями, и дальнейшей пропиткой бетона ненасыщенными полиэфирными смолами для защиты его от водно-воздушных и агрессивных воздействий и увеличения срока службы. Это является одним из путей развития современной индустрии строительных материалов, позволяющей повысить их долговечность и дает значительный экономический эффект.

**Ключевые слова:** электротермофосфорный шлак, ненасыщенная полиэфирная смола, полимер, морозостойкость, гипериз.



Нурпеисов, С.К. Бетонполимеры на основе цементшлаковых бетонов [Текст] / С.К. Нурпеисов, А.К. Медетов, Н.Т. Карабаев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №2(84). – С.105-111. <https://doi.org/10.55956/LTXA8136>

**Введение.** Многолетняя история строительства показывает, что главными материалами – являются железобетон и бетон. Вышеприведенные материалы прекрасно работают и долго сохраняют свои эксплуатационные характеристики при нормальных условиях работы. Воздействие таких природных и антропогенных факторов как: замораживание и оттаивание, увлажнение и высыхание, влияние химических и биологически агрессивных сред являются основными причинами вызывающими нарушение структуры и тем самым разрушение бетона и железобетона. Одним из путей решения этой проблемы являются разработка материалов и технологий направленных на повышение физико-технических характеристик создаваемых конструкций и сооружений и тем самым увеличение долговечности и срока службы. Одним из таких материалов, получивших широкое развитие являются бетонополимеры.

Бетоны поры которых пропитаны различными видами полимеров, называются бетонополимерами. Разработка технологии, изучение структуры и свойств, а также определение рациональной области применения конкретных полимеров были получены с широким развитием

промышленности полимерных материалов, примерно в 50-60-е годы двадцатого века.

В зависимости от используемого вида пропитанного материала различают: бетонополимеры на основе искусственных полимерных связующих (метилметакрилат, стирол, полиэфирные, эпоксидные связующие материалы и т.д.); бетоны где в качестве связующих материалов используются вязкие пропитывающие материалы типа дегти, битумы, парафин и т.д.; бетоны пропитанные серными композициями, мастиками, а также жидким стеклом и некоторыми другими составами [1,2].

Наиболее широкое распространение в качестве пропитывающих материалов для получения бетонополимеров получили полимеры: фурановые, фенольные, эпоксидные, акрилатные, полиэфирные, а также их модификации [3,4].

Нами в качестве пропитывающего состава были приняты ненасыщенные полиэфирные смолы. Отличительными свойствами ненасыщенных полиэфирных смол является способность к отверждению, как при комнатной температуре, так и при температуре 60-80°C. Наибольшее применение в строительной индустрии нашли смолы ЭД-20, ЭД-32, ПН-1, ПН-3, ФАМ, ПН-62, ПН-19 и др.

**Условия и методы исследования.** Широко используемыми и доступной по цене и свойствам является ненасыщенная полиэфирмалеиновая смола ПН-1, которая была использована нами в качестве пропитывающего материала. Полиэфирная смола ПН-1 представляет собой высоковязкую жидкость желто-коричневого цвета (стирольный раствор). Основные свойства неотвержденной и отвержденной ненасыщенной полиэфирной смолы ПН-1 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Главные характеристики связующего ПН-1

Показатели	Ед.изм.	Кол-во
<b>Неотвержденная</b>		
Вязкость по ВЗ-1 (при +20°C)	°С	20-40
Средняя плотность (при +20°C)	кг/м <sup>3</sup>	1130-1160
Жизнеспособность (при +20°C)	мин	55-115
Кислотное число	мг КОН/г	23-30
Содержание стирола	%	31-35
<b>Отвержденная</b>		
Средняя плотность (при +20°C)	кг/м <sup>3</sup>	1200-1240
Усадка по объему	%	8,5-9,0
Нагрузки при разрушении:		
– сжатие;	МПа	95-145
– изгиб;	МПа	72-109
– растяжение.	МПа	44-72
Удельная вязкость	КДж/м <sup>2</sup>	7-9
Теплостойкость определяемая по методике Мартенса	°С	44-54
Модуль упругости определяемая при изгибе	МПа	2150-2750
Твердость определяемая по методике Бринелля	МПа	135-175
Температура размягчения определяемая по прибору ВиКа	°С	79-109

Для исследования и в дальнейшем получения бетонополимера были изготовлены образцы 10×10×10 см на основе цементного вяжущего. Были использованы следующие материалы: портландцемент марки 400, в качестве щебня – электротермофосфорный шлак с наибольшей крупностью 10 мм, в качестве песка – электротермофосфорный шлак фракции до 5 мм.

Эксплуатационные и физико-технические механические свойства плотного фосфорного шлака указаны в таблице 2.

Таблица 2

Основные физико-механические свойства электротермофосфорного шлака

Показатели	Единица измерения	Величина
Средняя плотность	г/см <sup>3</sup>	2,65-2,7
Истинная плотность	г/см <sup>3</sup>	2,8-2,85
Объемная масса (насыпная)	кг/м <sup>3</sup>	1400-1450
Пористость	%	0,5-1,0
Содержание зерен лещадной, игловатой и пластичной формы	%	9-11
Марка по пределу прочности на сжатии	МПа	92-120
Водопоглощение	%	1-3
Морозостойкость	цикл	100

Подбор составляющих бетонной смеси для дальнейшего получения бетонополимера осуществлялся согласно следующих требований:

- технологичность получения;
- особенности структуры, которые определяют окончательные показатели современного композиционного материала – бетонополимера.

Огромное значение в технологии имеют свойства, в меньшей мере важные при обычной технологии бетонных и железобетонных изделий. В следствие этого роль заполнителя, который имеет второстепенное значение при формировании свойств бетона, в исследуемых бетонополимерах возрастает, что дает возможность использовать структуру и технические характеристики заполнителя (форма зерен, прочность и др., приведены в таблице 2).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Для получения бетонополимеров были изготовлены образцы, где в качестве песка и щебня использовались электротермофосфорные шлаки АО «Казфосфат» следующих составов (табл. 3).

Таблица 3

Составы бетонов и расходы материалов, кг на 1 м<sup>3</sup> бетона

Составы	В/Ц <sub>затв</sub>	Цемент	Вода	Песок	Щебень
1	0,37	385	143	600	1350
2	0,5	322	163	635	1310
3	0,63	278	177	660	1275
4	0,29	577	170	405	1310
5	0,42	484	202	520	1180
6	0,54	416	224	555	1140

Полученные образцы через 24 часа набора прочности в формах, распалубили и хранили в течении 28 суток при нормальных условиях – (20±2)°С до набора марочной прочности.

После достижения образцов бетона заданной прочности (после 28 суток) с целью подготовки образцов к пропитке была произведена сушка образцов согласно графика (рис. 1).

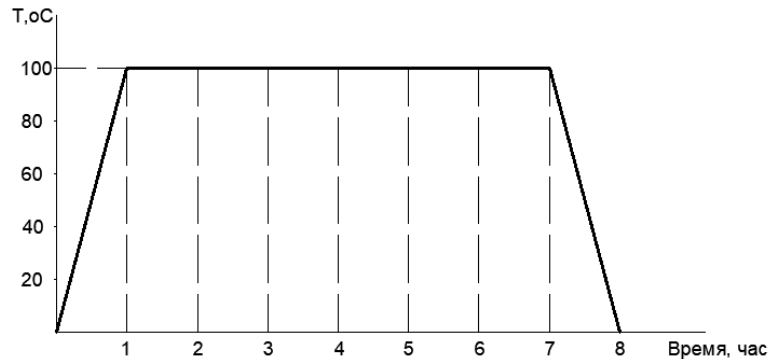


Рис. 1. Режим сушки образцов бетона

Сушка осуществлялась до остаточного содержания свободной воды в бетоне 0,1-0,2% по массе. Общее время сушки: 8 часов: 1 час подъем температуры до 100°C, 6 часов выдержка образцов, 1 час медленное остывание.

Главной технологической операцией получения бетонополимеров служит пропитка бетона мономерами.

В зависимости от глубины и полноты пропитки бетона, зависят характеристики конечного изделия [5,6].

Технология пропитки традиционно осуществляется погружением изделия на основе цементных вяжущих в раствор мономера.

Также нашли применение и другие альтернативные методы, которые применяются при поверхностной пропитке бетона (разлив мономера по поверхности, пропитка изделий пористой средой, многократная технология покраски и т.д.).

Свойства конечного продукта — бетонополимера в технологии пропитки во многом зависят от исходных характеристик бетона и пропитываемой жидкости.

Кроме наиболее часто применяемой полной пропитки для придания изделиям повышенной прочности или приобретения специальных свойств возможно применение поверхностной пропитки на определенную глубину, что повышает долговечность образцов и стабилизацию полученных свойств во времени.

Нами при пропитке бетонных образцов выбран следующий режим технологии пропитки и отверждения образцов мономерами. При исследовании была применена ненасыщенная полиэфирная смола ПН-1 в качестве мономера, в качестве отвердителя был выбран гипериз (гидроперекись изопропилбензола), а инициатором отверждения — нафтенат кобальта. В мономер с температурой (30±2)°C были погружены образцы бетона, время пропитки — 4 часа.

После пропитки образцы поместили в сушильный шкаф при температуре 60°C, на 4 часа для отверждения мономера.

Готовые образцы бетонополимера были исследованы с целью определения состава образцов на количество пропитанного мономера и водопоглощение (табл. 4).

Таблица 4.

Влияние состава бетона на свойства бетонополимера

Составы	1	2	3	4	5	6
Привес мономера, %	0,35	0,41	0,74	3,4	4,6	6,1
Водопоглощение % по массе	6,2	3,5	2,81	1,7	0,96	0,74

С целью сравнения физико-механических характеристик полученных бетона и бетонополимера и выдачи рекомендаций в областях использования были проведены испытания образцов (табл. 5).

Таблица 5.

Физико-механические свойства бетонополимера и исходного бетона

Характеристики	Бетонополимер	Исходный бетонный образец
Предел прочности при сжатии, МПа	60-100	30-40
Предел прочности при изгибе, МПа	12-20	3-5
Истираемость, г/см <sup>2</sup>	0,11	0,28
Водопоглощение, %	0,1-6,5	3-8
Морозостойкость, цикл	500	200
Химическая стойкость в среде серной кислоты:		
- 5%;	0,94	0,81
- 20%.	0,86	0,62

**Заключение.** Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

При пропитке цементношлакобетона ненасыщенным полиэфиром происходит многократное повышение его непроницаемости за счет проникновения пропитывающего компонента в его открытые и закрытые поры тем самым снижая дефектность полученного материала.

Уменьшение в бетонополимере объема закрытых и открытых пор за счет пропитки позволило уменьшить водопоглощение в 2,5-3 раза и увеличить морозостойкость в 2,5 раза (500 циклов).

Анализируя результаты испытания образцов, при определении прочностных характеристик были выявлены следующие процессы. Если у образцов непропитанного шлакобетона разрушение происходило в зонах плотного контакта заполнителя и растворной части, а также по слабым частицам заполнителя, происходило постепенно и растянуто по времени то разрушение бетонополимерных образцов носило иной характер: образцы разрушались быстро, как у монолитных материалов, происходил разрыв частиц заполнителя и растворной части, с треском и разлетом частиц и осколков, поэтому испытываемые образцы бетонополимера были обернуты несколькими слоями полиэтиленовой пленки [2].

Вследствие этого пропитка шлакобетона полимером дала возможность увеличения прочностных характеристик бетонополимера в 2,5-3 раза.

Проведенные исследования пропитки шлакобетонов полимером свидетельствуют о перспективности использования для получения

бетонополимеров (в частности шлакобетона) различных отходов производственной деятельности и дальнейшие работы в этом направлении будут продолжены.

#### Список литературы

1. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны [Текст] / В.Г. Батраков. – М.: Стройиздат, 1990. – 395с.
2. Баженов, Ю.М. Бетонополимеры [Текст] / Ю.М. Баженов. – Стройиздат, 1983. – 472с.
3. Баженов, Ю.М. Бетонополимерные материалы и изделия [Текст] / Ю.М. Баженов, Д.А.Угинчус, Г.А. Улитина. – Киев: Будивельник, 1978 – 88с.
4. Угинчус, Д.А. Высокопрочные бетонополимерные материалы [Текст] / Д.А.Угинчус. – Киев: Будивельник, 1978. – 40с.
5. Manson J.A. Modifications of concretes with polymers // Materials Science and Engineering, 1976. Vol. 25. P. 41-52.
6. Соломатов, В.И. Химическое сопротивление материалов. – 2-е изд., перераб. и дополн. [Текст] / В.И. Соломатов, В.П. Селяев, Ю.А. Соколова. – М.: РААСН, 2001. – 284 с.

*Материал поступил в редакцию 18.03.24.*

**С.К. Нурпеисов<sup>1</sup>, А.К. Медетов<sup>1</sup>, Н.Т. Карабаев<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

#### ЦЕМЕНТ-ҚОЖ БЕТОНДАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН БЕТОНОПОЛИМЕРЛЕР

**Аңдатпа.** Мақалада цемент бетонын электротермофосформен бірақ толтырғыштарымен және де қож толтырғыштарымен алу мүмкіндігі қарастырылған. Сонымен қатар оны су-ауа және агрессивті әсерлерден қорғау және қызмет ету мерзімін ұзарту үшін қанықпаған полиэфирлермен бетонды одан әрі сіңдіру қарастырылған. Бұл олардың беріктігін арттыруға мүмкіндік беретін және айтарлықтай экономикалық әсер беретін заманауи құрылыс материалдары индустриясын дамыту жолдарының бірі болып табылады.

**Тірек сөздер:** электротермофосфор қожы, қанықпаған полиэфир шайыры, полимер, аязға төзімділік, гипериз.

**S.K. Nurpeisov<sup>1</sup>, A.K. Medetov<sup>1</sup>, N.T. Karabaev<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>M.Kh.Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan*

#### CONCRETE POLYMERS BASED ON CEMENT-SLAG CONCRETES

**Abstract.** The article considers the possibility of obtaining cement concrete with electrothermophosphorus-slag aggregates and fillers, and further impregnation of concrete with unsaturated polyesters to protect it from water-air and aggressive influences and increase its service life.

Which is one of the ways of development of modern industry of building materials, allowing to increase their durability and gives a significant economic effect.

**Keywords:** electrothermophosphoric slag, unsaturated polyester resin, polymer, frost resistance, hyperiz.

#### References

1. Batrakov V.G. Modifitsirovannyye betony [Modified concrete]. – Moscow: Construction Publishing House, 1990 – 395 p., [in Russian].
2. Bazhenov YU.M. Betonopolimery [Concrete polymers]. – Construction Publishing House, 1983 – 472 p., [in Russian].
3. Bazhenov YU.M., Uginchus D.A., Ulitina G.A. Betonopolimernyye materialy i izdeliya [Concrete polymer materials and products]. – Kiyev: Budivel'nik, 1978 – 88 p., [in Russian].
4. Uginchus D.A. Vysokoprochnyye betonopolimernyye materialy [High-strength concrete-polymer materials]. – Kiyev: Budivel'nik, 1978 – 40 p., [in Russian].
5. Manson J.A. Modifications of concretes with polymers // Materials Science and Engineering, 1976. Vol. 25. P. 41-52.
6. Solomatov V.I., Selyayev V.P., Sokolova YU.A. Khimicheskoye soprotivleniye materialov. – 2-ye izd., pererab. i dopoln. [Chemical resistance of materials. – 2nd ed., revised. and additional]. – Moscow: RAASN, 2001 – 284 p., [in Russian].