

**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОГО СОСТАВА ПОЛИМЕРНОГО БЕТОНА****А. Г. Маслов, Д. В. Савелов**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Першотравнева, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: kmto@mail.ru

На основании анализа патентной и научно-технической информации разработан структурный состав полимерного бетона на основе полиэфирной смолы, учитывающий весовое и процентное соотношение исходных материалов. Предложена технология приготовления полимерного бетона на основе полиэфирной смолы для производства полимербетонных изделий. В соответствии с предложенной технологией проведены экспериментальные исследования, в результате которых методом статического прессования получены опытные образцы из полимерного бетона, определены деформация полимербетонного слоя в зависимости от прикладываемой нагрузки, геометрические размеры и плотность полимербетонных образцов. Найдены теоретические значения изменения плотности полимерного бетона в зависимости от величины прикладываемой нагрузки и определены наибольшие расхождения между теоретическими и экспериментальными данными. Определены усилия разрушения опытных полимербетонных образцов при различных значениях температуры.

**Ключевые слова:** полимерный бетон, статическое прессование, деформация, плотность, усилие разрушения.

**РОЗРОБКА СТРУКТУРНОГО СКЛАДУ ПОЛІМЕРНОГО БЕТОНУ****О. Г. Маслов, Д. В. Савелов**Кременчугський національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: kmto@mail.ru

На підставі аналізу патентної і науково-технічної інформації розроблено структурний склад полімерного бетону на основі поліефірної смоли, який враховує вагове і процентне співвідношення вихідних матеріалів. Проведено попередні розрахунки та експериментальні дослідження, які дозволили чітко визначити вагове співвідношення між гранітним щебенем, піском, маршалітом, поліефірною смолою та затверджувачем у полімербетонній суміші, з якої будуть виготовлені вироби методом пресування. Запропоновано технологію приготування полімерного бетону на основі поліефірної смоли для виробництва полімерних бетонних виробів методом пресування. Відповідно до запропонованої технології проведені експериментальні дослідження, у результаті яких методом статичного пресування отримані дослідні зразки з полімерного бетону. У процесі ущільнення було визначено деформацію полімербетонного шару залежно від навантаження, що прикладається, кінцеві геометричні розміри і густина полімербетонних зразків. Визначено теоретичні значення зміни щільності полімерного бетону залежно від величини навантаження, що прикладається. Побудовано діаграму пресування полімербетонної суміші, яка фактично відображає закон зростання щільності полімерної бетонної суміші залежно від статичного тиску пресування. Проведено порівняння експериментальної кривої з теоретичною, побудованою за аналітичною залежністю. Встановлено, що спочатку йде швидке наростання густини за рахунок більш щільної упаковки крупного заповнювача. Подальше зростання густини поступово сповільнюється і пов'язане із подальшим зростанням тиску пресування. При порівнянні визначені найбільші розбіжності між теоретичними і експериментальними даними визначення густини полімерної бетонної суміші залежно від тиску пресування, які не перевищують 7,7 % на початковій стадії ущільнення. Подальша розбіжність між теоретичними та експериментальними результатами не перевищує 1,5 %. Визначені зусилля руйнування дослідних полімербетонних зразків при різних значеннях температури.

**Ключові слова:** полімерний бетон, статичне пресування, деформація, густина, зусилля руйнування.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Стремительный прогресс в современном строительстве требует значительного улучшения строительно-технических и эксплуатационных свойств одного из основных материалов – бетона. Развитие синтетических связующих и полимеров привело к появлению в строительном производстве нового материала – полимерного бетона, который по своим свойствам значительно отличается от обычных бетонов. Полимербетон обладает высокой химической стойкостью и плотностью, повышенной прочностью на удар, сжатие и растяжение, износостойкостью и морозостойкостью, практически непроницаем для жидкостей и не царапается. Кроме того, широкому применению полимербетона в строительстве способствуют хорошие декоративные свойства, сравнительная простота применения и технологичность.

Полимербетоны, как строительные материалы, впервые появились в СССР более 60 лет назад [1–3]

и уже более 20 лет успешно используются в строительной индустрии целого ряда развитых стран – США, России, Японии, Германии, Италии, Бельгии и многих других. К настоящему времени накоплено большое количество опытных данных по разработке и изучению структуры и свойств полимерных бетонов.

Основные направления исследований ученых заключались в выборе материалов для разработки составов полимербетонных смесей, а также роли заполнителей и полимерных связующих в формировании структуры и прогнозировании свойств полимербетонов [4–7].

Одновременно с этим проводились исследования по совершенствованию структуры и свойств полимербетона за счет введения в его состав новых компонентов, таких как полиметилметакрилат, полистирол, поливинилхлорид, кремнийорганические добавки и прочие, рассматривалось их воздействие

на традиционные составляющие, бетонную смесь или уже готовый бетон [8–10].

Тем не менее, несмотря на всю широту проведенных исследований, анализ патентной и научно-технической литературы показал, что подбор структурного состава есть и остается одним из самых сложных и обязательных элементов технологии производства полимербетона.

Кроме этого, наблюдается недостаточная изученность универсальных закономерностей, с помощью которых можно производить оценку таких показателей вновь проектируемых полимербетонных композиций, как закономерность нарастания плотности в зависимости от действующей нагрузки и усилие разрушения. Поэтому дальнейшие исследования, направленные на разработку структурного состава полимербетона и выявление таких закономерностей является весьма актуальной задачей.

Цель работы – разработка структурного состава полимерного бетона, который позволит получать изделия с заданными физико-механическими свойствами при минимальном расходе связующего; построение кривой, описывающей нарастание плотности полимербетонной смеси в зависимости от прикладываемой нагрузки; определение усилия разрушения полимербетонных образцов.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Разработка структурного состава полимербетона включала следующие основные этапы:

- выбор исходных материалов и определение их характеристик;
- подбор начального состава расчетно-экспериментальным способом;
- приготовление опытных замесов полимербетонных, получение образцов, а также корректировка рабочего состава полимербетона;
- назначение номинального структурного состава, обеспечивающего получение полимерного бетона требуемого качества при минимальном расходе связующего;
- получение опытных образцов полимерного бетона и определение их плотности;
- проведение экспериментальных исследований по определению усилия разрушения при различных значениях температуры.

В состав полимербетона входит крупный и мелкий заполнитель, наполнитель, связующее и отвердитель. В некоторых случаях в состав полимербетона вводятся пластифицирующие добавки и красители.

В качестве исходных использовались материалы со следующими характеристиками: крупный заполнитель – щебень гранитный фракции 5-20, пустотностью  $P_{ц} = 0,4$  и плотностью  $\rho_{ц} = 2600 \text{ кг/м}^3$ ; мелкий заполнитель – речной песок с модулем крупности  $M_k = 1,8$ , пустотностью  $P_n = 0,536$  и плотностью  $\rho_n = 2600 \text{ кг/м}^3$ ; наполнитель – маршалит (пылевидный кварц) с размером фракции 0,05 мм и плотностью  $\rho_m = 2550 \text{ кг/м}^3$ ; связующее – смола полиэфирная Filabond 2000 PA плотностью  $\rho_{см} = 1200 \text{ кг/м}^3$ ; отвердитель МЕКР-НА-2 плотностью  $\rho_{от} = 1100 \text{ кг/м}^3$ .

При этом состав крупного заполнителя подбирался таким образом, чтобы в одном замесе массовая доля фракции  $m_{5-10}$  составляла 40 %, а массовая доля фракции  $m_{10-20}$  – 60 %. В этом случае соотношение  $\frac{m_{5-10}}{m_{10-20}} = 0,6$ .

В соответствии с рекомендациями [4] был произведен расчет составляющих начального рабочего состава полимербетона на  $1 \text{ м}^3$ . Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Расход составляющих материалов на  $1 \text{ м}^3$  полимербетона

Исходные материалы	Расход материалов на $1 \text{ м}^3$	
	По массе	
	кг	%
Щебень гранитный фракции 5-20	1560	68,4
Песок речной (модуль крупности $M_k = 1,8$ )	478	21
Маршалит (фракция 0,05 мм)	120	5,2
Полиэфирная смола	120	5,2
Отвердитель	5	0,2

В соответствии с рассчитанным начальным рабочим составом были выполнены опытные замесы полимербетонной смеси для производства образцов с размерами  $0,1 \times 0,1 \times 0,1 \text{ м}$ .

Следуя методике [4], приготовление опытных замесов начиналось с перемешивания сухих материалов. Затем постепенно в замес добавлялось назначенное количество связующего. После этого производилось перемешивание до получения однородной массы. В последнюю очередь добавлялось необходимое количество отвердителя.

В процессе перемешивания было отмечено, что большая часть поверхностей наполнителя не смачивалась полимером даже при значительной продолжительности перемешивания, а значит, не происходило образования полимерной пленки, микроструктура не приобретала связности и механической прочности. При этом добавляемый в последнюю очередь в указанном соотношении отвердитель в результате перемешивания не обеспечивал твердения образованной полимербетонной смеси.

Таким образом, извлеченный через 24 часа из формы полимербетонный образец практически не имел механической прочности, состоял из отдельных слипшихся между собой агрегатных образований и легко разрушался.

Для устранения отмеченных в экспериментальных исследованиях недостатков была произведена корректировка рабочего состава полимербетонной смеси (табл. 2).

Таблиця 2 – Номинальный расход составляющих на 1 м<sup>3</sup> полимербетона

Исходные материалы	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup>	
	По массе	
	кг	%
Щебень гранитный фракции 5-20	1141...1164	50...51
Песок речной (модуль крупности $M_k = 1,8$ )	456...570	20...25
Маршалит (фракция 0,05 мм)	228...342	10...15
Полиэфирная смола	114...137	5...6
Отвердитель	11,4...22,8	0,5...1

В соответствии с разработанным номинальным структурным составом полимерного бетона был произведен расчет количества исходных материалов для пресс-формы объемом  $V = 0,00064$  м<sup>3</sup> для получения опытных полимербетонных образцов  $\varnothing 0,0714$  м (табл. 3).

Таблиця 3 – Структурный состав полимерного бетона для формы объемом  $V = 0,00064$  м<sup>3</sup>

Исходные материалы	Расход материалов на 0,00064 м <sup>3</sup>	
	По массе	
	кг	%
Щебень гранитный фракции 5-20	0,726	50
Песок речной (модуль крупности $M_k = 1,8$ )	0,294...0,363	20...25
Маршалит (фракция 0,05 мм)	0,15...0,21	10...15
Полиэфирная смола Filabond 2000 PA	0,072...0,087	5...6
Отвердитель MEKP-NA-2	0,007...0,014	0,5...1

Технология приготовления полимербетонных образцов включала в себя следующую последовательность:

1. Щебень гранитный промывался и очищался от органических и минеральных загрязнений.
2. Песок предварительно просеивался и отделялся от примесей.
3. Щебень и песок просушивались в печи. Сушка песка осуществлялась до тех пор, пока его влажность не достигала 0,5-1 %. Влажность маршалита не должна превышать 5 %.
4. В смеситель загружались подготовленные сухие материалы в следующей последовательности: щебень гранитный, песок и маршалит. Перемешивание осуществлялось в течении 2 минут без добавления воды. Общий вид смеси, образованной при перемешивании материалов, приведен на рис. 1 а.

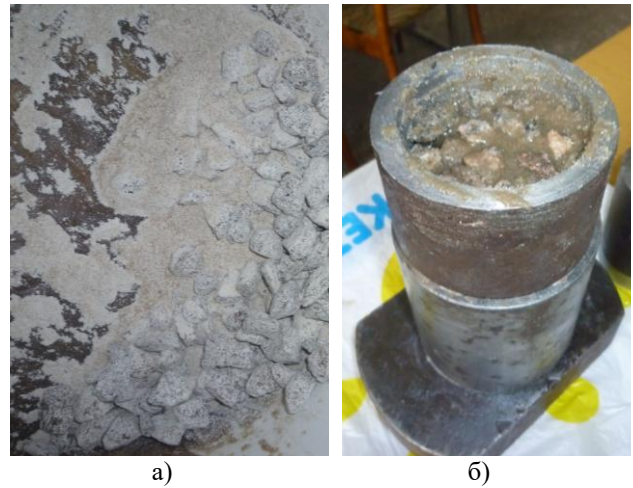


Рисунок 1 – Общий вид смеси из щебня, песка и маршалита:

- а) – смесь из щебня, песка и маршалита;
- б) – вид полимербетонной смеси в пресс-форме

5. После этого предварительно производилось перемешивание полиэфирной смолы вручную или в низкооборотным смесителе для удаления пузырьков воздуха и восстановления ее тиксотропности.

6. После предварительного перемешивания в полиэфирную смолу добавляется отвердитель в указанном процентном соотношении и производится перемешивание до однородной по составу и цвета массы в помещении, температура которого составляет 18...20 °С.

7. Подготовленная смесь из полиэфирной смолы и отвердителя добавлялась в заранее подготовленную смесь из щебня, песка и маршалита. После чего в течении 3 минут производилось перемешивание образованной полимербетонной смеси.

8. Подготовленная таким образом полимербетонная смесь загружалась в толстостенную пресс-форму, предварительно смазанную внутри техническим вазелином, для последующего уплотнения.

Общий вид полимербетонной смеси в пресс-форме показан на рис. 1 б.

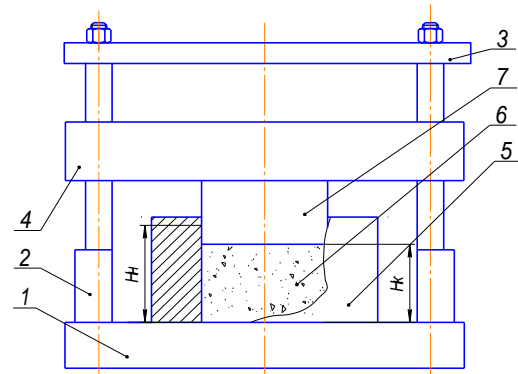
Полученную полимербетонную смесь уплотняли в толстостенной пресс-форме на испытательной машине EDZ-100 (рис. 2).

В процессе уплотнения на поверхность полимербетонной смеси в пресс-форме последовательно оказывалось давление от 50 кг/см<sup>2</sup> до 400 кг/см<sup>2</sup>. Через каждые 50 кг/см<sup>2</sup> машину останавливали и замеряли текущую осадку слоя полимербетонной смеси. Такой подход позволил установить величину деформации полимербетонного слоя от начального значения  $H_n$ , соответствующего давлению 50 кг/см<sup>2</sup> до конечного значения  $H_k$ , соответствующего давлению 400 кг/см<sup>2</sup>.

Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 4.



а)



б)

Рисунок 2 – Уплотнение полимербетонной смеси в толстостенной пресс-форме:

а) – схема уплотнения; б) – общий вид пресс-формы с полимербетонной смесью на испытательной машине EDZ-100: 1 – основание; 2 – направляющая; 3 – поперечная балка; 4 – нажимная плита; 5 – толстостенная пресс-форма; 6 – полимербетонная смесь; 7 – верхний пуансон

Таблица 4 – Изменение деформации полимербетонного слоя в зависимости от давления прессования

Давление прессования $P$ , кг/см <sup>2</sup>	Деформация полимербетонного слоя $\varepsilon$ , мм											
	1 образец $H_n = 143$ мм		2 образец $H_n = 143$ мм		3 образец $H_n = 143$ мм		4 образец $H_n = 143$ мм		5 образец $H_n = 143$ мм		6 образец $H_n = 143$ мм	
	$\varepsilon_i$	$H_i$	$\varepsilon_i$	$H_i$	$\varepsilon_i$	$H_i$	$\varepsilon_i$	$H_i$	$\varepsilon_i$	$H_i$	$\varepsilon_i$	$H_i$
50	23	120	23	121	21	122	22	121	21	122	23	120
100	6	114	7	114	6	116	6	115	6	116	5	115
150	3	111	4	110	2	114	3	112	3	113	3	112
200	2,5	108,5	2	108	2	112	2	110	2,5	110,5	2	110
250	0	108,5	1	107	0,5	111,5	1	109	1,2	109,3	1	109
300	0	108,5	0	107	0,5	111	0	109	0	109,3	0	109
350	0	108,5	0	107	0	111	0	109	0	109,3	0	109
400	0	108,5	0	107	0	111	0	109	0	109,3	0	109

Опытные образцы, полученные из полимерного бетона в соответствии с разработанным структурным составом, приведены на рис. 3.



Рисунок 3 – Опытные образцы из полимерного бетона

После уплотнения опытные образцы через 24 часа были извлечены из пресс-формы и в течении 21 суток находились в состоянии «холодного» твердения при температуре 20 °С.

После этого каждый из полученных образцов взвешивался. С помощью штангенциркуля определялись размеры образцов – диаметр и высота. Такой подход позволил вычислить объем  $V_i$  каждого опытного образца и определить его плотность  $\rho_i$  по известной зависимости:

$$\rho_i = \frac{m_i}{V_i}, \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

где  $m_i$  – масса полимербетонного образца;  $i$  – порядковый номер полимербетонного образца.

Характер протекания процесса уплотнения слоя полимербетона под действием внешней нагрузки с достаточной степенью точности может быть описан следующим теоретическим выражением [11]:

$$\rho = \rho_0 + (\rho_k - \rho_0) \cdot \left( \frac{P}{P_k} \right)^n, \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность полимербетонной смеси, соответствующая прикладываемой динамической нагрузке  $P$ , кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_0$  – начальная плотность смеси, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_k$  – плотность полимербетонной смеси при нагрузке  $P_k = 400$  кг/см<sup>2</sup>;  $n$  – эмпирический коэффициент.

Значения эмпирического коэффициента  $n$  могут быть найдены по следующей зависимости [11]:

$$n = \frac{(\rho_k - \rho_0)}{2 \cdot \rho_0}. \quad (3)$$

На основании экспериментальных и расчетных данных было найдено изменение плотности  $\rho$  по

лимербетонной смеси в зависимости от давления прессования  $P$ . По полученным результатам были построены графики, отображающие кинетику процесса уплотнения полимербетонной смеси в зависимости от давления прессования (рис. 4).

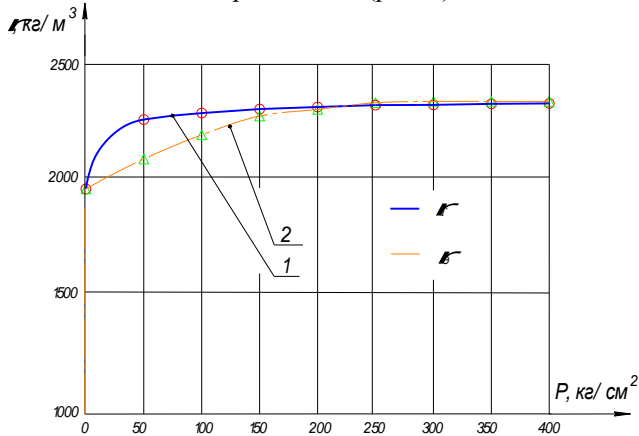


Рисунок 4 – Диаграмма прессования полимербетонной смеси: 1 – теоретическая кривая; 2 – экспериментальная кривая

Зависимости, представленные на рис. 4, представляют собой монотонные кривые с характерными участками. Сначала идет быстрое нарастание плотности за счет более плотной упаковки крупного заполнителя. Дальнейшее, постепенно замедляющееся увеличение плотности, связано с ростом давления прессования.

После этого были проведены экспериментальные исследования по определению усилия разрушения  $R_t$  полимербетонных образцов при температурах 20 °С и 50 °С соответственно.

Разрушение полученных образцов производилось на испытательной машине EDZ-100. Результаты экспериментов по разрушению полимербетонных образцов приведены в табл. 6.

Таблица 6 – Экспериментальны усилия разрушения  $R_t$  полимербетонных образцов при различных значениях температуры

№ образца	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Усилие разрушения $R_t$ , тс
Температура образца 20 °С		
Образец 1	2323	16
Образец 2	2335	16,8
Образец 5	2312	15,5
Температура образца 50 °С		
Образец 3	2364*	13
Образец 4	2315*	11,5
Образец 6	2320*	11,6
<b>Примечание:</b> * – плотность образцов указана для температуры 20 °С		

Общий вид разрушения полимербетонных образцов представлен на рис. 5.



Рисунок 5 – Разрушение полимербетонного образца  
а) – положение образца в рабочей зоне испытательной машины EDZ-100;  
б) – процесс разрушения полимербетонного образца; в) – вид полимербетонного образца после разрушения

**ВЫВОДЫ.** Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований разработан номинальный структурный состав полимербетона на основе полиэфирной смолы, учитывающий весовое и процентное соотношение исходных материалов. Предложенный структурный состав позволяет получать плотные полимербетонные изделия с плотностью  $\rho = 2312 - 2364$  кг/м<sup>3</sup> при минимальном расходе полиэфирной смолы. Построена диаграмма, описывающая изменение плотности полимербетонной смеси в зависимости от давления прессования. При этом наибольшее расхождение теоретических и экспериментальных данных наблюдается при значениях давления прессования  $P_k = 50$  кг/см<sup>2</sup> и  $P_k = 100$  кг/см<sup>2</sup> и составляет 7,7 % и 4% соответственно. Дальнейшее расхождение теоретических и экспериментальных данных не превышает 1,5 %.

Определены усилия разрушения опытных полимербетонных образцов при температурах 20 °С и 50 °С соответственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Патуров В.В. Полимербетоны. М. : Стройиздат, 1987. 286 с.
- Патуров В. В., Михайлов К. В. Полимербетоны и конструкции на их основе. М. : Стройиздат, 1989. 304 с.
- Патуров В. В. Длительная прочность полимербетонов. *Конструктивные и химически стойкие полимербетоны*. М., Стройиздат, 1970. С. 21–31.
- Рекомендации по подбору составов П-бетонов. М. : НИИЖБ Госстроя СССР, 1987, 28 с.
- Состав и структура композиционных материалов / В.М. Хрулев, Ж.Т. Тентиев, В.М. Курдюмова. Бишкек: Полиглот, 1997. 127 с.

6. Глухоєдов В. В., Христофоров А. И., Генералов Б. В., Христофорова И. А. Исследование влияния фракционного состава гранулата на плотность бисипора бетона свободной заливки. *Проблемы теоретической и экспериментальной химии*. Екатеринбург, 2003. С. 18–25.

7. Глухоєдов В. В., Христофоров А. И., Генералов Б. В., Христофорова И. А. Влияние гранулометрического состава бисипора на плотность виброуплотненного бетона. *Проблемы теоретической и экспериментальной химии*. Екатеринбург, 2001. С. 68–73.

8. Современное состояние производства полимербетонов / В. А. Горячева, А. А. Крещик, И. А. Христофорова, А. И. Христофоров. Международный сту-

денческий научный вестник. 2015. № 3-2.; URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=12413> (дата обращения: 14.05.2018).

9. Меркин А. П. Композиционные ПВХ-олигомерные материалы, имитирующие природный камень. *Строительные материалы*. М., 1990. № 1. С. 16–17.

10. Parkinson J.C. A history of the UK PVC paste resin market // 3rd Int. Conf. PVC'87. London, 1997. P. 1–4.

11. Маслов А.Г., Пономарь В.М. Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве. Київ : Будівельник, 1985. 128 с.

## DEVELOPMENT OF STRUCTURAL COMPOSITION OF POLYMER CONCRETE

A. Maslov, D. Savielov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: kmto@mail.ru

**Purpose.** Development of the structural composition of polymer concrete, which will allow obtaining products with specified physical and mechanical properties with a minimum consumption of binder; the construction of a curve describing the increase in the density of the polymer concrete mixture depending on the applied load; determination of the breaking force of polymer concrete workpieces. **Methodology.** It is based on the analysis of existing studies on the selection of initial materials for the development of the structural composition of polymer concrete, the improvement of the structure and properties of polymer concrete by introducing new components into its composition and their interaction with traditional components. **Results.** The nominal structural composition of polymer concrete based on polyester resin is developed, that takes into account the weight and percentage ratio of the raw materials, which makes it possible to produce dense polymer concrete products with a minimum binder consumption. A technology is proposed for the preparation of polymer concrete based on polyester resin for the production of polymer concrete products. In accordance with the proposed technology, experimental studies were carried out, as a result of which experimental samples from polymer concrete were obtained by static pressing, the deformation of the polymer concrete layer was determined depending on the applied load, geometrical dimensions and density of polymer concrete samples. The diagram of the change in density of the polymer concrete mixture according to the pressing pressure is constructed. The breaking forces of the experimental polymer concrete workpieces at different temperature values are determined. **Originality.** The technique of experimental studies aimed at developing the nominal structural composition of polymer concrete based on polyester resin. **Practical value.** The developed structural composition of polymer concrete based on polyester resin, which will allow obtaining products with specified physical and mechanical properties with minimal binder consumption.

**Key words:** polymer concrete, static pressing, deformation, density, breaking force.

## REFERENCES

1. Paturoev, V. V. (1987), *Polimerbetony* [Polymeric concretes], Strojizdat, Moscow, Russia.

2. Paturoev, V. V., Mihajlov, K. V. (1989), *Polimerbetony i konstrukcii na ih osnove* [Polymeric concretes and constructions on their basis], Strojizdat, Moscow, Russia.

3. Paturoev, V. V. (1970), *Dlitel'naya prochnost' polimerbetonov* [Long-term strength of polymer concrete], Strojizdat, Moscow, Russia.

4. Rekomendacii po podboru sostavov P-betonov. М.: НИИЗБ Госstroya USSR, 1987, 28 s.

5. Hruev, V. M., Tentiev, Z. T., Kurdyumova, V. M. (1997), *Sostav i struktura kompozitsionnykh materialov* [Composition and structure of composite materials], Poliglot, Bishkek, Kyrgyzstan.

6. Gluhoedov, V. V., Hristoforov, A. I., Generalov, B. V., Hristoforova, I. A. (2001), "A study of the influence of the fractional composition of the granules on the bulk density of bispior concrete gravity casting", *Problemy teoreticheskoy i ehksperimental'noj himii*, [Problems of theoretical and experimental chemistry], Yekaterinburg, Russia, April.

7. Gluhoedov, V. V., Hristoforov, A. I., Generalov, B. V., Hristoforova, I. A. (2001), "Influence of the granulometric composition of bispiora on the density of the compacted concrete", *Problemy teoreticheskoy i ehksperimental'noj himii*, [Problems of theoretical and experimental chemistry], Yekaterinburg, Russia, April.

8. Goryacheva, V. A., Kreshchik, A. A., Hristoforova, I. A., Hristoforov, A. I. (2018), "Modern state of production of polymeric concretes", available at: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=12413> (Accessed 14 may 2018).

9. Merkin, A. P., Vitel's, L. A. (1990), "Composition PVH-oligomer materials, imitating a natural stone", *Stroitel'nye materialy*, no. 1, pp. 16–17.

14. Parkinson, J. C. (1997), "A history of the UK PVC paste resin market", *3rd Int. Conf. PVC'87*, London, pp. 1–4.

11. Maslov, A. G., Ponomar', V. M. (1985), *Vibratsionnye mashiny i processy v dorozhnom stroitel'stve* [Vibration machines and processes are in travelling building], Budivel'nik, Kiev, Ukraine.

Стаття надійшла 17.05.2018.