

История исследования и потенциал будущего применения бетонов на основе полимерных вяжущих

А.В. Котляревская, Ю.А. Вагурина

Российский университет дружбы народов, г. Москва

Аннотация: Целью данной статьи является рассмотрение понятия «полимербетон», его классификации, особенностей его использования, роли в современном строительстве и вероятности замены им традиционных строительных материалов. Также изучен и структурирован теоретический материал на тему «бетоны на основе полимерных вяжущих», классификация полимербетонов по В.В. Патураеву, практический опыт его применения. Рассмотрена возможность применения полимербетонов в современных реалиях и в будущем. Сделаны общие выводы о целесообразности его повсеместного применения с практической и экономической точек зрения.

Ключевые слова: полимербетоны, полимер, вяжущий материал, наполнитель, армирование, смолы, терморективность, термопластичность, термопластичные вещества, терморективные вещества, фибробетоны.

1. Введение

Сегодня к каждой из сфер общественной жизни предъявляются все новые требования и встают новые вопросы, требующие скорейшего решения, где строительство не является исключением, так как является основой и залогом качества жизни людей. При проектировании новых объектов и их возведении, специалистам необходимо принимать в расчет множество факторов, немаловажными среди которых являются климатические условия местности, достоинства и недостатки используемых материалов. Так, бетон, изготовленный из портландцемента, применяемый на протяжении многих лет, имеет серьезные недостатки, значительно усложняющие работу. Поиск альтернатив данному строительному материалу играет одну из важнейших ролей в методологии научных исследований в области строительства. Одной из наиболее передовых замен являются бетоны на основе полимерных вяжущих или «полимербетоны».

2. Цель

Изучить бетоны на основе полимерных вяжущих, историю создания полимербетонов, их свойства, достоинства и недостатки. Рассмотреть возможность применения данного материала в различных условиях. Сделать вывод по изученному материалу.

3. Исследование полимеров и их классификации

Ещё в двадцатом веке был поднят вопрос о модернизации строительного материала. Исследование и применение полимеров в строительстве берет свое начало именно в то время. Патент на добавление в строительные смеси полимера был выдан в 1923 году именитому исследователю Крессону [1], а затем, в 1924 году Лефевру [1], который также имел намерение создать строительный материал, усовершенствованный природным полимером – каучуковым латексом. Несколько умов вслед за первооткрывателями приходили к этой идее, и так был создан первый полимерный бетон. Десятилетием позже Бондом [1] было предложено заменить природный полимерный материал искусственным каучуковым латексом. Такая строительная смесь сначала применялась для покрытия палуб кораблей, мостов и в качестве антикоррозийного покрытия. В 40-50-е годы в бетон, помимо каучука, стали добавлять искусственные смолы, что открыло дорогу новому материалу, способному заменить сейчас традиционный бетон.

Чтобы представить наиболее полную картину того, что представляет из себя полимерный бетон, почему он является наиболее передовым и широко применяемым материалом на сегодняшний день, стоит обратиться к самому понятию полимера. **Полимер** – органическое вещество, состоящее из множества **мономеров** – структурных звеньев. В строительстве в качестве полимеров применяются различные искусственные смолы.

В свою очередь, полимеры подразделяются на термопластичные и терморезистивные. Термопластичные вещества – вещества, переходящие при нагревании из твердого состояния в жидкое, т. е. плавятся, при охлаждении затвердевают. Такой переход может быть совершен несколько раз, выделяется цикличность процесса. С химической точки зрения данное явление объясняется линейным строением и низким уровнем межмолекулярного воздействия. Такие вещества имеют название «термопласты».

Терморезистивные вещества – вещества, у которых переход из жидкого в твердое состояние при нагревании, действии отвердителей или воздействии ультрафиолета, необратим, т. е. они отвердевают. Происходит изменение их молекулярной структуры – линейные молекулы выстраиваются в макромолекулы. Такие полимеры, закономерно, более термоустойчивы, чем термопластичные. Так, бетоны на основе терморезистивного вяжущего не имеют «слабости» к теплу, что выделяется одной из главных сложностей в использовании полимерных бетонов. Тем не менее, они не выдерживают экстремально высоких температур, выделяя токсичные вещества. Носят название терморезистивных бетонов.

4. Полимеры, используемые в качестве вяжущего и свойства бетонов на их основе

Область применения бетона зависит от полимера, использованного в качестве вяжущего, заполнителя и наполнителя [2,3]:

1. Каучук. Характеризуется наименьшей стоимостью среди широко применяемых искусственных смол. Полимерный бетон с добавлением каучука носит название каутон. На данный момент его применение довольно узко и ограничивается изготовлением защитных гуммированных смесей технологического оборудования химических производств и производством

декоративных элементов. Обладает крайне высокой влагостойкостью и практически неуязвим для агрессивной кислотной среды. Термореактивен.

2. Эпоксидная смола. Наравне с бетоном на основе фурановой смолы является самым популярным вяжущим среди полимеров. Также служит для усиления бетонной смеси, применяется посредством пропитывания. Характеризуется высокой водонепроницаемостью. Применяется для строительства лестниц, полов. Термореактивен.

3. Полиэфирная смола. Как и эпоксидная смола, является одним из наиболее популярных вяжущих. Можно говорить о сравнении с эпоксидной смолой, так как свойства крайне схожи, но у данного вида бетона выше прочность. Также характеризуется высокой водонепроницаемостью. Является альтернативой бетону на основе эпоксидной смолы, но наиболее чувствителен к высокой температуре. Термореактивен [4].

4. Фурановая смола. В отличие от классического бетона на основе портландцемента или жидкого стекла, он гораздо более прочный. Кроме того, он обладает практически полной непроницаемостью для жидкостей и газов, наиболее термостоек (150–200 °С) устойчив к истиранию, кислотам, щелочам и растворителям (исключением являются сильные окислители), диэлектрик. Термореактивен.

5. Фенолформальдегидная смола\ фенольная смола. Среди полимербетонов такой бетон обладает наиболее высокой прочностью и устойчивостью к химическому и коррозионному воздействию. Применяется для ремонта старых бетонных объектов: трещин, неровностей. Термореактивен.

6. Мочевинформальдегидная смола\карбамидная смола. Обладает высокими теплоизоляционными свойствами, для придания смеси твердости, в качестве добавок используются кислоты органического и неорганического

происхождения, соли. Были разработаны в Советском Союзе, но найти на рынке достаточно сложно. Термореактивен.

7. Ацетонформальдегидная смола. Бетон на основе данной смолы используется в качестве защитного покрытия. Как и остальные бетоны на основе полимера, является гидрофобным и устойчивым к агрессивным средам. Термореактивен.

8. Виниловая смола. Является одним из наиболее дорогих вяжущих. Как и остальные бетоны на основе полимера, является гидрофобным и устойчивым к агрессивным средам материалом. Термореактивен.

9. Полимерная сера. Главным недостатком применения бетонов на серной основе является усадка при переходе из жидкого состояния в твердое. Производство бетона на серном вяжущем гораздо дешевле, чем производство портландцементного бетона. Является наиболее эластичным и экологичным видом строительного материала. При минусовой температуре и под водой бетонируется. Термопластичен.

10. Метилметакрилат. Смесь на основе данного вещества крайне эффективна в ремонте объектов, так как обладает высокой проникающей способностью за счет повышенной вязкости. Термопластичен.

11. Инден-кумароновая смола. Применяется в качестве разбавителя для смесей на каучуковой основе, обладает повышенной клейкостью. Применяется как диэлектрик и при ремонте старых сооружений. Термопластичен.

5. Понятие полимербетонов

При возведении зданий применяется множество различных материалов, обладающих различными свойствами, но одним из наиболее широко применяемых на сегодняшний день остается бетон, изготовленный на портландцементе, имеющем в своем составе цементный клинкер, гипс и добавки, основу которых составляют силикаты кальция [5]. Данный материал

имеет такие недостатки, как медленная скорость затвердевания, большая вероятность образования трещин при высыхании, низкая прочность на изгиб, плохая работа на растяжение и малая химическая устойчивость. Вышеперечисленные факторы сказываются на безопасности эксплуатации объекта и его износостойкости. Для улучшения качества строительного материала применяются различные добавки, такие, как полимеры, выступающие в роли замены традиционного вяжущего материала (цемента, извести, глины, строительного гипса).

По своей сути, «**полимербетон**» – это название группы альтернативных бетонов, произведенных с полной или частичной заменой вяжущего материала полимерами (эпоксидными, фурановыми и полиэфирными смолами и т. д.), где активно не задействованы минералы и/или вода [6]. В качестве наполнителя используются не только полимеры, но и различные дополнительные элементы, которые могут быть как тяжелыми, (например, гранит или кварцевый песок), так и легкими (например, пемза). Наполнитель, как и вяжущее вещество, влияет как на структуру строительной смеси, так и на его внешние качества. Для достижения более выраженных эстетических свойств также применяются различные красители, отвердители и другие вещества. Сегодня полимерный бетон применяется не только в строительстве, но и в оформлении интерьера, в производстве мебели. Таким образом меняется химический состав бетона, что позволяет бороться с его вышеперечисленными недостатками «классического» бетона. Помимо визуальной составляющей у полимербетона выделяют следующие преимущества:

1. Высокая скорость затвердевания;
2. Повышенная прочность изделий и конструкций, изготовленных из полимербетона;

3. Повышенная износостойкость (в сравнении с классическим бетоном у полимербетона она в 10–15 раз выше);
4. Практически полная водонепроницаемость (водопоглощение полимербетонов не превышает 0,5–1%);
5. Устойчивость к химическому воздействию, например, к кислотам.

Несмотря на достоинства полимерных бетонов, существует ряд минусов, которых в разы меньше достоинств, но их также необходимо учесть.

1. Полимеры, применяемые в качестве связующего, имеют в настоящий момент высокую стоимость. Поэтому необходимо стремиться к уменьшению количества полимеров в составе строительной смеси, на данный момент достигнуто содержание в 10 процентов, и такой материал характеризуется прочностью, влагостойкостью и высокой устойчивостью к химическому воздействию [6]. Использование такого полимерного бетона позволяет возводить объекты в различных агрессивных средах. Например, в целлюлозно-бумажной промышленности, где происходит механико-химическая обработка древесины. По статистике, здесь до 31% всего финансирования предприятий уходит на амортизационные издержки. Также целесообразно применение полимербетона в местах с повышенной влажностью воздуха (прибрежные города, северные зоны);

2. Другим недостатком выступает восприимчивость к открытому огню и высокой температуре, которые приводят к разрушению материала. Максимальная температура использования этого материала достигает всего 180 градусов по Цельсию. Данный факт накладывает некоторые ограничения на применение бетона в засушливых областях с высоким уровнем пожарной опасности. Так, полимербетоны гораздо более эффективны в северных и средних полосах [7].

В зависимости от того, какой именно полимер и наполнитель используется, существуют различные виды материала, к которым относят:

1. Сверхтяжелый (от 2,5 до 4 т/м³). Такой вид применяется при строительстве зданий, в особенности фундамента, так как он способен выдержать большую нагрузку;
2. Тяжелый от (1,8 до 2,5 т/м³). Применяется для изготовления литиевых камней, имитирующих, например, мрамор или гранит. Также применяется при производстве декоративных элементов, скульптуры, пола, лестниц, каминов и т. д.;
3. Легкий (0,5–1,8 т/м³). Применяется чаще всего в качестве теплоизоляционного материала, благодаря своему свойству удерживать тепло;
4. Сверхлегкий (от 0,3 до 0,5 т/м³). Используется, как теплоизоляционный материал и при строительстве внутренних перегородок.

6. Классификация полимербетонов по В. В. Патураеву

Названия одной и тоже по составу группы полимербетонов варьировались от автора к автору. Не было четкой классификации, из-за чего возникали затруднения в понимании описываемых явлений, характерных для той или иной группы.

В. В. Патураев разработал единую классификацию, применяемую к полимербетонам. Исходя из нее, бетоны с добавлением полимеров делятся на следующие виды:

1. Минералополимерные бетоны (МПБ) – бетоны с минеральными наполнителями, обработанными полимерами (Смеси бетонные ГОСТ 7473-94/Растворы и бетоны, модифицированные полимерами);

2. Полимернаполненные бетоны (ПНБ) – бетоны, содержащие наполнители и заполнители из минералов с добавлением полимерных наполнителей;
3. Модифицированные бетоны (МБ) – бетоны, имеющие в составе небольшое количество полимеров;
4. Фибробетоны (ФБ) - Бетоны, армированные стальным, стеклопластиковым или полимерным волокном [8];
5. Полимерцементные бетоны (ПЦБ) – цементный бетон с добавлением кремнийорганических или водорастворимых олигомеров и полимеров, водных эмульсий (например, поливинилацетатной), водорастворимой эпоксидной смолы и другие;
6. Полимерсиликатные бетоны (ПСИБ) - Кислотостойкие бетоны на основе жидкого стекла, в состав которых в процессе приготовления вводят полимерные добавки. Введение в состав таких бетонов фурилового спирта или некоторых других олигомеров делает полимерсиликатные бетоны практически непроницаемыми для растворов различных кислот [5];
7. Бетонополимеры (БП) - Цементные бетоны, которые после завершения процессов твердения и структурообразования подвергают сушке и пропитке различными мономерами или олигомерами с их последующей радиационной или термokatалитической полимеризацией в поровой структуре бетона. Пропитка цементных бетонов мономерами или олигомерами обеспечивает возможность получения бетонополимеров, обладающих высокими плотностью и прочностью;
8. Серные и полимерсерные бетоны (ПСБ) - Высоконаполненные композиции на основе расплавленной серы с различными

модифицирующими добавками и минеральными наполнителями без использования минеральных вяжущих и воды.

Следует отметить, что перечисленные в данной классификации полимербетоны, активно используются в промышленности и строительстве, например – фибробетоны. Применение фибробетонов позволяет изготавливать изделия с высокими требованиями к трещинообразованию, т. к. из-за своих физико-механических характеристик превосходит другие полимербетоны, что связано с высоким наполнением композита.

7. Применение полимербетонов в настоящее время

Как строительный материал, полимербетон выделяется высокими прочностными характеристиками, химической стойкостью, показателем упругости, благодаря чему сфера их применения довольно обширна. Как было упомянуто ранее, свойства и внешний вид бетона варьируется в зависимости от многих факторов, основным из которых является выбор вяжущего полимера, что делает их применение не только возможным, но и целесообразным на сегодняшний день. В век технологий, развития производства, техники и архитектуры, применение полимербетонов постепенно входит во все более активный оборот, так как они не только устойчивы к разрушающим факторам [9], но и эстетически привлекательны, благодаря чему активно используются дизайнерами, архитекторами и скульпторами.

В области искусства, а именно в скульптуре, полимерный бетон приходит на замену сложным в обработке и дорогостоящим натуральным камням и металлам [10]. Произведения из такого материала не только интересны внешне, но и достаточно прочны, устойчивы к погодным условиям и механическим повреждениям, легко поддаются реставрации. Чаще всего такой «камень» используется в сфере ритуальных услуг, для оформления фасадов зданий, лестниц, балконов, полов и стен, так как для

таких целей применяется легкий бетон, не оказывающий значительно давления на фундамент и стены здания [11]. Он легок в обработке, что позволяет создавать изделия любой формы и сложности.

Обращаясь конкретно к сфере строительства, в настоящее время о высокой надежности и эффективности использования полимербетонов можно судить на примере применения их в различных целях:

6. Восстановление обычного бетона на цементной основе, благодаря адгезионным свойствам полимербетона;
7. Строительство фундамента в грунтах с агрессивными водами;
8. Строительство бассейнов, канализационных труб, дренажных каналов, восстановления колодцев и др.
9. Строительство полов в промышленных зданиях, где полимербетон используется как электроизолирующий, износостойкий, маслостойкий и невосприимчивый к химическим реагентам материал [8];
10. Изделия из полимербетонов нашли применение в архитектуре;

Следует отметить, что несмотря на вышеперечисленные преимущества полимербетонов, выделяется существенный недостаток – высокая стоимость в сравнении с традиционными строительными материалами, из-за чего распространение полимерных бетонов замедляется. Чтобы преодолеть данную трудность, в производство вводятся все новые виды полимерных бетонов, например, на основе полиэфира, который в производстве менее ресурсозатратен, чем его аналоги и даже традиционный бетон; сокращается количество используемого полимера без потери достоинств материала, постоянно производятся исследования и поиски новых путей избегания трудностей в использовании такой строительной смеси.

8. Применение полимербетонов в будущем

Помимо активного применения полимербетонов в строительстве фундаментов, труб, промышленных зданий, зарождается тенденция

использования их в предметах фасадного или архитектурного декора, интерьера, изготовления памятников и т. д. Кроме того, целесообразно применение этого материала в зонах с агрессивной средой, например, в химической промышленности или регионах, где выпадают кислотные дожди.

Отдельным вопросом является его применение за полярными кругами, где средняя температура самого теплого месяца на большей части территории близка к 0. С одной стороны, стены здания, построенные из полимерного бетона, будут гораздо лучше удерживать тепло в помещении благодаря его теплоизоляционным свойствам, что снизит тепло- и энергопотери. С другой стороны, при отрицательных температурах полимербетоны твердеют значительно дольше классических бетонов, что является ключевым фактором его внедрения. Этот вопрос на данный момент является предметом множества споров о целесообразности применения такого бетона при пониженных температурах и дает новую почву для исследований. Кроме того, как было упомянуто ранее, он обладает гидрофобными свойствами, поэтому устойчив к неблагоприятным погодным условиям, невосприимчив к химическим реагентам, что так же полезно в областях с неблагоприятной экологической обстановкой или на производственных предприятиях, где так же важна защита от химических веществ и газов и\или их изоляция. Также такой бетон можно использовать в зонах с повышенным радиационным фоном, для ликвидации последствий аварии на атомных станциях, где бетон, обладающий устойчивостью ко многим веществам и высокой проникающей способностью, окажется достаточно полезным подспорьем [10].

Так, например, для фасадного декора, в состав полимербетона можно добавить цемент, акрил, полиэфирные смолы, песок, кварц, мраморную (гранитную крошку), красители, придать изделию определенную фактуру. При его небольшой фактической массе можно создать иллюзию того, что

произведение выполнено из монолита [3]. Для архитектурного декора используют такие элементы из полимербетона, как: облицовочная плитка, колонны, пилястры, карнизы и др.

Полимербетоны также стали использоваться в производстве садовой и кухонной мебели, особенно модны сейчас столешницы, которые постепенно заменяют привычные ДСП и дерево, пластик. Благодаря своей прочности, устойчивости к перепадам температур, диван или кресло из этого материала можно установить на участке или в парке, не опасаясь за состояние изделия.

Резюмируя вышеперечисленное, можно сказать, что полимербетон только начинает использоваться в различных сферах благоустройства, декора, архитектуры, мебели и т. д. Несмотря на его характеристики, привлекательность и необычность работ, использование изделий из этого материала встречается довольно редко в повседневной жизни. Но, исходя из тенденции, можно заявить, что его использование будет только расти и набирать популярность.

9. Заключение

Подводя итог, следует отметить, что, несмотря на то, что у каждого из рассмотренных в данном исследовании бетонов, есть своя специфика применения, выделяются общие характеристики в виде повышенной устойчивости, эластичности и прочности. Вне всякого сомнения, этот факт выгодно выделяет их на фоне традиционно применяемых годами строительных смесей и материалов. Сфера применения полимербетонов действительно если не безгранична в рамках строительства и благоустройства, то очень широка.

С минусами, отмеченными в данной статье, можно справиться, особенно учитывая скорость развития технологий, в том числе, химии.

Остается серьезный недостаток, тормозящий их распространение – цена, которая также перестает быть проблемой, так как некоторые

полимербетоны дешевле бетона на основе портландцемента. Так, его повсеместное использование возможно и целесообразно, но полный отказ от традиций на настоящий момент невозможен, так как некоторые особенности полимербетона еще не исследованы, поэтому он еще не вызывает такого доверия, как классический бетон. Вне всякого сомнения, исследовательская работа должна продолжаться, так как перспективы данного направления представляются оптимистичными еще со времен СССР, когда советские умы начали изучения данного материала.

Литература

1. Паламарчук А.А., Шишакина О.А., Кочуров Д.В., Аракелян А.Г. Полимерные бетоны - перспективные строительные материалы // Международный студенческий научный вестник. – 2018 г. – № 6. URL: eduherald.ru/ru/article/view?id=19373.
2. Kaveh Ostad Ali Askari, Vijay P. Singh, Nicolas R. Dalezios, Theodore C. Crusberg. Polymer concrete. Int J Hydro. 2018; 2(5):630-635. DOI: 10.15406/ijh.2018.02.00135.
3. Баженов, Ю.М. Технология бетона: учебник // Москва: Изд-во АСВ, – 2003. – с. 500.
4. Струлев С.А., А.В. Соломатина. Полимербетон на основе эпоксидной и полиэфирной смол с использованием асбофрикционных отходов // Academia. Архитектура и строительство, 2011, № 3, с. 109-111. URL: cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-vodopogloschenii-polimerbetona-na-osnove-poliefirnoy-smoly-s-dobavleniem-othodov-proizvodstva.pdf
5. Фиговский О.Л. Жидкое стекло и водные растворы силикатов, как перспективная основа технологических процессов получения новых нанокomпозиционных материалов // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2448.

6. Волженский А.В. Вяжущие вещества. Москва. 1986, с. 476. URL: chem21.info/page/204105173104182221188207231119203190120017037160/. URL: bibliotekar.ru/spravochnik-74-2/99.
7. Серков Б. Б. доктор технических наук. Пожарная опасность полимерных материалов, снижение горючести и нормирование их пожаробезопасного применения в строительстве. Москва, диссертация 2001г, с. 271.
8. Странанченко С.Г. Разработка эффективных составов фибробетона для подземного строительства // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1995.
9. Чиликина К.В. Полимербетоны в строительстве // Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. Редколлегия: О.Н. Широков [и др.], 2018, с. 211-212. URL: elibrary.ru/item.asp?id=32745972.
10. Polymer Cement Concrete: Propertie and Uses. URL: theconstructor.org/concrete/polymer-cement-concrete/5778/.
11. Ренессанс. Фасадный декор из полимербетона (искусственный камень). URL: design-fly.ru/materiali/polimernyj-beton.html

References

1. Palamarchuk A.A., Shishakina O.A., Kochurov D.V., Arakelyan A.G. Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyj vestnik, 2018, № 6, URL: eduherald.ru/ru/article/view?id=19373.
2. Kaveh Ostad Ali Askari, Vijay P Singh, Nicolas R Dalezios, Theodore C Crusberg. Polymer concrete. Int J Hydro. 2018; 2(5):630-635. DOI: 10.15406/ijh.2018.02.00135.
3. Bazhenov, Yu.M. Tekhnologiya betona: uchebnik. [Construction technology: study book]. Moskva: Izd-vo ASV, 2003. p. 500.

4. Strulev S.A., A.V. Solomatina. Privolzhskij nauchnyj vestnik, 2011, № 3, pp. 109-111. URL: cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-vodopogloschenii-polimerbetona-na-osnove-poliefirnoy-smoly-s-dobavleniem-otodov-proizvodstva.pdf
 5. Figovskij O.L. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2448.
 6. Volzhenskiy A.V. Vyazhushchie veshchestva. [Cementitious materials] Moskva. 1986, p. 476. URL: chem21.info/page/204105173104182221188207231119203190120017037160/
 7. Serkov B. B. doktor tekhnicheskikh nauk. Pozharnaya opasnost' polimernykh materialov, snizhenie goryuchesti i normirovanie ikh pozharobezopasnogo primeneniya v stroitel'stve. [Fire hazard of polymer materials, reduction of flammability and rationing of fire-safe use in construction] Moskva, dissertatsiya 2001, p. 271.
 8. Stradanchenko S.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1995.
 9. Chilikina K.V. Polimerbetony v stroitel'stve. Sbornik materialov IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Redkollegiya: O.N. Shirokov [Polymer concrete in construction. Collection of materials of the IV International Scientific and practical Conference] [i dr.], 2018, pp. 211-212. URL: elibrary.ru/item.asp?id=32745972.
 10. Polymer Cement Concrete: Propertie and Uses. URL: theconstructor.org/concrete/polymer-cement-concrete/5778/.
 11. Renessans. Fasadnyj dekor iz polimerbetona (iskusstvennyj kamen') [Renaissance. Facade decor made of polymer concrete (artificial stone)]. URL: design-fly.ru/materiali/polimernyj-beton.html
-