

УДК 666.972:624.07

КОТОВА К.С., СЛАВЧЕВА Г.С.

ИЗУЧЕНИЕ СЦЕПЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ АРМАТУРЫ С ПЕНОБЕТОНОМ*

Представлены результаты исследований параметров сцепления пенобетона со стеклокомпозитной, базальтокомпозитной и металлической арматурой методом выдергивания стержня из бетонного куба. Установлено, что наилучшая совместная работа арматуры с пенобетоном может быть обеспечена при применении стеклокомпозитной арматуры. Предел прочности ее сцепления с пенобетонами классов В7,5 (D1400), В10 (D1600) на 20-45% выше значений прочности сцепления базальтокомпозитной и металлической арматуры для всех вариантов комбинирования классов по прочности и диаметров арматуры ($\varnothing$ 6,8,10 мм). С увеличением класса бетона по прочности предела прочности сцепления для всех исследованных видов арматурных изделий закономерно возрастает. При этом изменение прочности сцепления арматуры с пенобетоном при варьировании ее диаметра имеет разные закономерности для рассмотренных видов арматуры.

Ключевые слова: пенобетон, композитная арматура; металлическая арматура; предел прочности сцепления арматуры с бетоном.

Введение. Одним из ключевых проблем реализации идеи теплоэффективного дома является вопрос выбора эффективных материалов для его несущих и ограждающих конструкций. При этом материалы и конструкции со своими функциями должны быть адаптированы к перспективным архитектурно-строительным и конструктивным системам зданий. Сегодня применительно к массовой городской застройке наиболее эффективным является сборно-монолитное строительство с использованием газосиликата как материала эффективных ограждающих конструкций в различных конструктивных системах зданий. Однако применительно к индивидуальному жилищному строительству, особенно в районах с неразвитой производственной инфраструктурой, велика потребность в строительных технологиях и адаптированных к ним материалах, обеспечивающих минимальное использование строительной техники, простоту технологических решений.

В этой связи использование пенобетонов различной плотности для возведения всех конструкций здания для монолитного малоэтажного строительства представляется достаточно перспективным. Нами показано [1], что по сравнению с традиционными конструкциями из газосиликата и сборного железобетона применение монолитного пенобетона позволяет сократить затраты на применение машин и механизмов на 30-50 %, массу конструкций - на 20-60 %, расход материалов - на 20-40 % при сопоставимых суммарных затратах на 1 м² здания. Эффективность применения пенобетонов основывается на реализации мобильных технологий монолитного строительства, которые могут обеспечить возможность возведения различных типов малоэтажных зданий с использованием одной и той же номенклатуры материалов и комплекта оборудования. В результате выполнения комплекса научных и инженерных работ [2-3] коллектива, возглавляемого академиком Е.М. Чернышовым, разработана технология мобильного монолитного строительства «Монопор», основанная на применении нормально твердеющих пенобетонов на различных видах наполнителей. В рамках данных работ определены рецептурно-технологические факторы получения пенобетонов $\rho=800-1600$ кг/м³ различ-

* Статья подготовлена при научных консультациях академика РААСН, д-ра техн. наук, проф. Е.М. Чернышова

ных структурных модификаций, системно изучен комплекс их теплофизических, прочностных и деформативных характеристик. С учетом влияния длительных процессов, установлены расчетные характеристики пенобетонов [4].

В тоже время отсутствует необходимая для расчета и проектирования конструкций на основе пенобетонов комплексная достоверная информация о параметрах сцепления пенобетонов с арматурой, которые являются одним из значимых факторов несущей способности конструкций. Отметим, что совместная работа металлической арматуры с цементными тяжелыми и легкими бетонами различных классов [5-10], а также с силикатными ячеистыми бетонами [10-14] изучена достаточно полно. В результате известны требования к металлической арматуре, обеспечивающие наилучшее сцепление с указанными видами бетонов. Одновременно следует подчеркнуть, что из-за проблемы коррозии металлической арматуры в настоящее время ведутся активные исследования по поиску путей замены металлической арматуры на неметаллическую на основе современных композиционных материалов [15-18].

Основными условиями, обеспечивающими надежную совместную работу бетона и арматуры в конструкциях, являются

- сцепление арматуры с бетоном по площади их контакта, исключающее выдергивание (сдвиг) арматуры в бетоне,
- защитные свойства бетона по предотвращению коррозии арматуры,
- величины коэффициентов линейного деформирования бетона и арматуры.

Применительно к пенобетонам на реализацию данных условия могут влиять следующие факторы. Во-первых, пенобетон как макропористый материал будет иметь неоднородный контактный слой с поверхностью арматуры, что закономерно повлияет на величину сцепления. Во-вторых, пенобетон имеет более низкую прочность и повышенную деформативность по сравнению с другими видами бетонов [4]. Поэтому высока вероятность выдергивания (сдвига) высокопрочной металлической арматуры из пенобетона. В результате, в конструктивных элементах из пенобетона конструкционный потенциал металлической арматуры может быть использован не в полной мере. В-третьих, в отличие от плотного бетона, макропористая структура пенобетона может не обеспечить защиту металлической арматуры от коррозии.

Поэтому главной проблемой исследования является определение требований к арматуре (виду, физико-механическим характеристикам, профилю, диаметру), которые обеспечивают наилучшую совместную работу арматуры с пенобетоном.

В качестве объектов исследования были выбраны следующие виды арматуры:

- металлическая, как традиционная база сравнения,
- стеклокомпозитная и базальтокомпозитная, как альтернативные варианты арматуры, активно внедряемые в строительную практику.

В данной статье обсуждаются результаты исследований величины сцепления указанных видов арматуры с пенобетоном средней плотности 1400-1600 кг/м³, рассматриваемого как материал для сжатых и изгибаемых конструктивных элементов зданий.

Материалы и методы

1. Характеристика материалов и факторного пространства исследований

При проведении исследований параметров сцепления в системе «пенобетон-арматура» в экспериментах варьировались следующие факторы.

1. Вид и диаметр арматуры. При этом все арматурные изделия имели сходный периодический профиль.

2. Средняя плотность пенобетона. При этом состав бетона по массовому соотношению цемента, песка оставался постоянным; регулирование средней плотности осуществлялось путем варьирования количества воды и химических добавок ПАВ.

Для оценки совместной работы арматуры с бетоном использовали метод выдергивания арматурного стержня из бетонного куба. Длина заделки стержня в бетон зависела от диаметра и составляла 5d. Общая длина арматурных изделий, согласно требованиям ГОСТ 31938-2012 [19], определялась длиной заделки в бетон, конструкцией испытательной машины и длиной

конструкции испытательной муфты таким образом, чтобы выпуски стержней позволяли обеспечить их захват испытательной машиной и установку датчика продергивания. Характеристика используемых в эксперименте арматурных изделий и параметры их заделки в образцы бетона представлены в таблице 1.

В работе для изготовления образцов использовались составы пенобетона, оптимизированные по комплексу свойств в ранее проведенных нами исследованиях [3] (таблица 2).

Таблица 1 - Характеристика используемых арматурных изделий и параметры их заделки в образцы пенобетона

Вид арматуры	Завод изготовитель	Номинальный диаметр d, мм	Модуль упругости, МПа	Предел прочности при растяжении, σ_b МПа	Предел текучести, σ_t Н/мм ²	Значения расчетного сопротивления сжатию, МПа	Относительное удлинение, %	Длина свободного стержня, мм	Длина заделки, мм	Длина стержня, мм
Стекло-композитная	Воронежский завод композитных материалов	6	50 000	800	нет	300	2,2	300	30	600-800
		8						400	40	
		10						500	50	
Базальто-композитная	Ярославский завод композитных материалов	6	50 000	800	нет	300	2,2	300	30	600-800
		8						400	40	
		10						500	50	
Металлическая профильная А500	ООО «Металлинвест Плюс»	8	200 000	600 (временное сопротивление)	500	350	Не менее 14	300	40	750-850
		10						600	50	

Таблица 2 – Характеристика составов пенобетона

Средняя плотность, кг/м ³	Соотношение Ц:П	В/Ц-отношение	Дозировка пенообразователя, % от массы цемента	Дозировка суперпластификатора, % от массы цемента
1400	1:1,75	0,30	0,04	0,4
1600	1:1,75	0,31	0,05	0,5

Для пенобетонов каждой средней плотности в опытах оценивалось сцепление со всеми охарактеризованными в таблице 1 видами арматуры.

2. Характеристика условий проведения опытов.

В испытаниях на сцепление использовались серии образцов-кубов размером 100×100×100 мм. Количество образцов в серии составляло 6 шт. для каждого варианта комбинирования вида, диаметра арматуры и средней плотности пенобетона. При изготовлении образцов использовались металлические формы, в параллельных гранях которых было проделано по одному отверстию под арматуру. Отверстия служили для фиксации стержня в горизонтальном положении по центру каждой формы-куба, куда устанавливали арматурный стержень перпендикулярно граням и параллельно направлению укладки бетона.

Пенобетон изготавливался двустадийным способом: на первой стадии происходило смешивание воды с воздухововлекающей и суперпластифицирующей добавками ПАВ, на второй стадии добавляли вяжущее с заполнителем. Перемешивание производилось в смесителе турбинного типа при скорости 1300 мин⁻¹ в течение 4-х минут. После укладки смеси в форму

производилось ее кратковременное вибрирование для удаления заземленного у стенок форм воздуха.

Испытание параметров сцепления осуществлялось посредством выдергивания арматурного стержня из образца-куба на универсальной напольной электромеханической испытательной системе INSTRON 5982. Образец помещался в специальную металлическую рамку, которая с одного края закреплялась в захвате испытательной установки. Образец в рамке опирался на опорную металлическую плиту и резиновую прослойку между ней и рамой. На свободном конце стержня в специальной рамке-держателе на образец бетона устанавливался датчик перемещений с точность показаний 0,01 мм для измерения проскальзывания арматуры в бетоне. Для измерения продольных деформаций арматурного стержня при его растяжении использовали экстензометр, установленный по центру рабочей высоты загруженного стержня. Размер рамки обеспечивал необходимое расстояние для установки на выступающем конце стержня датчика перемещений. В процессе проведения испытаний на выдергивание, фиксировалась величина прилагаемой нагрузки при показаниях индикатора величин 0,05 мм, 0,1 мм и 0,25 мм, а так же значение величины смещения стержня при максимальной нагрузке. Перед испытанием образцы подвергались осмотру и обмеру. Схема испытаний образцов при осевом выдергивании арматуры представлена на рисунке 1.

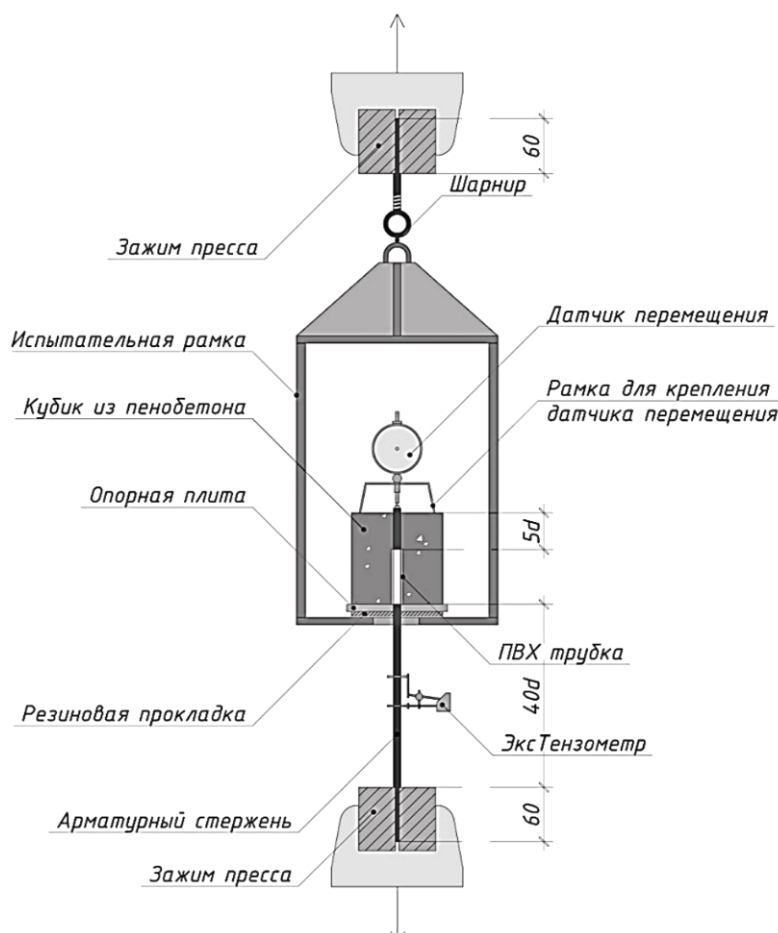


Рисунок 1 – Схема испытаний образцов на выдергивание

С целью контроля прочности и плотности пенобетона одновременно изготавливались контрольные серии неармированных образцов-кубов размером 100×100×100 мм объемом 24 образца для каждой средней плотности. Образцы твердели в нормальных условиях в течение 28 суток. Испытания на прочность производились стандартным методом с использованием универсальной 4-колонной напольной гидравлической испытательной системе 1500HDX фирмы INSTRON. По результатам испытаний статистически достоверно определялись класс

по прочности и марка по средней плотности согласно регламентируемым стандартным методикам [20,21].

3. Метод расчета величины сцепления

Прочность сцепления арматуры с пенобетоном оценивалась по величине сопротивления выдергиванию арматурных стержней из бетона. Расчет основан на определении значений сдвиговых напряжений по границе сцепления арматуры с бетоном, реализующихся при максимальной нагрузке, полученной при растяжении образца до разрушения, независимо от того, где образец разрушился - по стержню или по границе сцепления стержня с бетоном.

Прочность сцепления, согласно ГОСТ 31938-2012 [19], определялась по формуле:

$$\tau = \frac{P}{cL_{fb}},$$

где P - прилагаемая нагрузка, Н;

c - номинальная длина окружности стержня, мм;

L_{fb} - длина заделки стержня в бетон, мм.

Обработка результатов испытаний включала построение диаграмм "напряжение сцепления - проскальзывание" для каждого диаметра. Напряжение сцепления для каждого образца рассчитывалось для значений прилагаемой нагрузки при показаниях датчика проскальзывания стержня на отметках 0,05; 0,1; 0,25 мм, а так же при максимальном напряжении вызывающим проскальзывание свободного конца стержня. Затем рассчитывалось среднее значение сцепления для каждой серии образцов.

Результаты исследований

Анализ комплексных результатов испытаний (таблица 3, рисунок 2,3,4) позволил установить следующее.

В процессе испытаний было зафиксировано проскальзывание всех рассматриваемых видов и диаметров арматуры в бетоне. Выдергивание арматурных стержней всех типов происходило с разрушением в зоне контакта «бетон – арматура», разрыва арматуры не наблюдалось (см. рис. 2).

Влияние вида арматуры. Наиболее высокие значения сцепления зафиксированы для стеклокомпозитной арматуры. Предел прочности сцепления данного вида арматуры в 1,3-1,8 раза выше, чем для базальтокомпозитной и в 1,2-1,9 выше, чем стальной для всех рассмотренных диаметров арматуры и классов бетона. При этом для пенобетона классов В7,5 и В10 усилие выдергивания базальтокомпозитных стержней в контрольных точках смещения стержня сравнимы с металлической арматурой, при условии равного номинального диаметра. Сопоставление характера разрушения с диаграммами «напряжение сцепления - проскальзывание» показывает, что это обусловлено характером разрушения при выдергивании арматуры из тела бетона.

Как видно из представленных характерных диаграмм «напряжение сцепления - проскальзывание» (см. рис. 4), выдергивание стеклокомпозитной арматуры сопровождается более значительными деформациями проскальзывания, что приводит к увеличению усилия, необходимого для ее выдергивания. Для стеклопластиковой арматуры при выдергивании наблюдались локальные отслоения наливки от стержня (см.рис. 2,а). Это позволяет предположить, что у данного вида арматуры сцепление наливки с бетоном выше, чем с телом стержня. Выдергивание базальтокомпозитной арматуры из пенобетона происходило точно по контактной зоне «бетон - арматура» (см.рис. 2,б), без срыва наливки, так как наливка у данной разновидности арматуры частично утоплена в продольное волокно. Выдергивание металлической арматуры происходило с частичным разрушением бетона около зоны контакта с арматурным стержнем (см. рис. 2,в).

Влияние диаметра арматуры. Изменение прочности сцепления арматуры с пенобетоном при варьировании ее диаметра имеет разные закономерности для рассмотренных видов арматуры (см. табл. 3, рис. 3).

У стеклокомпозитной арматуры, для класса В7,5, наилучший результат по прочности сцепления был достигнут для стержней 6 диаметра, далее происходило снижение показателя на 25% и осталось неизменным по мере роста поперечного сечения. Базальтокомпозитная арматура в пределах класса В7,5 не показала четкой зависимости сцепления от изменения диаметра (см. рис. 3а). Для класса В10, в отношении композитной арматуры двух видов зафиксировано снижение сцепления с пенобетоном при увеличении диаметра.

Для металлической, напротив, наблюдается прирост прочности сцепления на 20% для бетона класса В7,5 при изменении ее диаметра от 8 до 10 мм (см. рис. 3б). Для класса В10 отмечается динамика ухудшения значений прочности сцепления.

Влияние прочности бетона. С повышением класса бетона по прочности при сжатии предел прочности сцепления рассматриваемых видов арматуры с пенобетоном закономерно увеличивается (см. табл. 3). При повышении класса бетона предел прочности сцепления возрастает в различной мере в зависимости от диаметра арматуры:

- для стеклокомпозитной арматуры для стержней $\varnothing$ 6 мм - в 1,3 раз, для $\varnothing$ 8 мм – в 1,6 раз, для $\varnothing$ 10 мм – в 1,3 раза;

Таблица 3 – Результаты испытаний по определению величины сцепления арматурных стержней с пенобетоном

Класс по прочности	Марка по плотности	Вид арматуры	Диаметр	МАХусилие выдергивания Р, кН	Смещение А при Р _{max} , мм	Предел прочности сцепления с бетоном, МПа
В 7,5	D 1400	Стеклокомпозитная	6	4.01	3.28	7.21
			8	5.05	2.55	5.36
			10	8.63	1.63	5.36
		Базальтокомпозитная	6	1.38	1.40	3.08
			8	3.94	1.55	4.05
			10	5.84	1.88	3.81
		Металлическая	8	2.90	0.85	2.80
			10	5.68	0.35	3.36
В 10	D 1600	Стеклокомпозитная	6	5.08	2.80	9.12
			8	8.46	2.93	8.98
			10	11.57	1.38	7.19
		Базальтокомпозитная	6	2.29	3.30	5.12
			8	4.91	2.20	5.04
			10	7.42	1.80	4.84
		Металлическая	8	6.34	0.48	6.11
			10	10.08	0.33	5.97



Рисунок 2 – Характер нарушения сцепления арматуры с поризованным бетоном: а) стеклокомпозитной; б) базальтокомпозитной; в) металлической

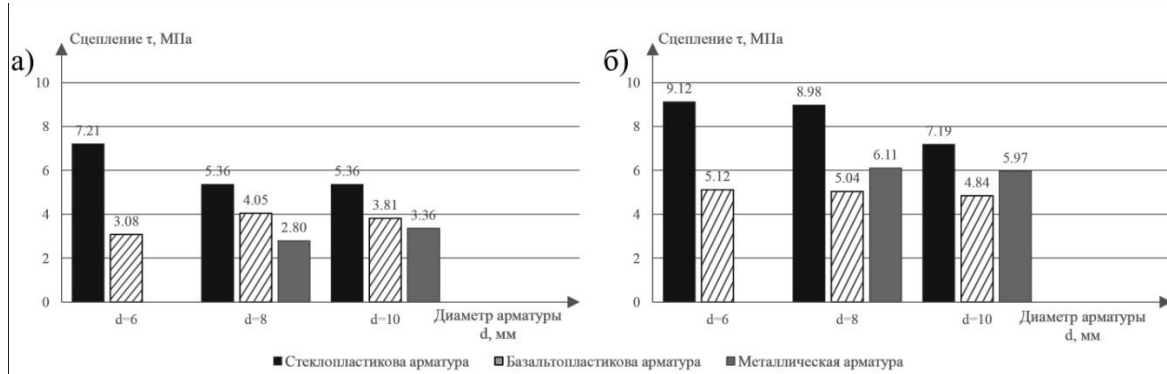


Рисунок 3 – Прочность сцепления различных видов арматуры с пенобетоном классов В 7,5 (а) и В 10 (б)

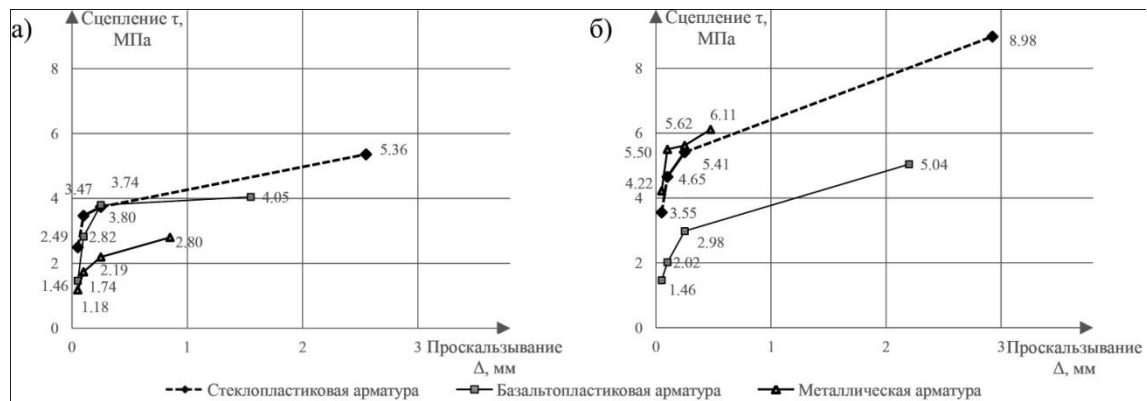


Рисунок 4 – Зависимость сцепления арматуры диаметром 8 мм с пенобетонами класса В 7,5 (а) и В10(б) от проскальзывания

- для базальтокомпозитной арматуры для стержней $\varnothing 6$ мм - в 1,7 раз, для $\varnothing 8$ мм – в 1,3 раза, для $\varnothing 10$ мм – в 1.1 раза;
 - для металлической арматуры - в 1,8 и 2,2 раза, для стержней $\varnothing 8$ мм и $\varnothing 10$ мм соответственно.

Заключение

Установлено, что наилучшая совместная работу арматуры с пенобетоном может быть обеспечена при применении стеклокомпозитной арматуры. Предел прочности ее сцепления с пенобетонами классов В7,5 (D1400), В10 (D1600) на 20-45% выше значений прочности сцепления базальтокомпозитной и металлической арматуры для всех вариантов комбинирования классов по прочности и диаметров арматуры ($\varnothing 6, 8, 10$ мм). Это обусловлено характером разрушения при выдергивании арматуры из тела бетона. Для стеклопластиковой арматуры прочность сцепления в контактной зоне «бетон – арматура» выше, чем сцепление навивки, образующей профиль арматуры, с телом стержня. Базальтопластиковая арматура имеет самую низкую прочность сцепления с пенобетоном, при ее выдергивании разрушение происходит точно по контактной зоне «бетон - арматура». При выдергивании высокопрочной металлической арматуры происходит частичное разрушение бетона около зоны контакта с арматурным стержнем.

С увеличением класса бетона по прочности предела прочности сцепления для всех исследованных видов арматурных изделий закономерно возрастает. Однако изменение прочности сцепления арматуры с пенобетоном при варьировании ее диаметра имеет разные закономерности для рассмотренных видов арматуры. Для композитной арматуры наблюдается тенденция снижения прочности сцепления с бетоном при увеличении ее диаметра, для металлической арматуры имеется обратная тенденция.

Перспективы развития исследований связаны с решением следующих задач:

- проведение комплексных экспериментально-теоретических исследований и испытания конструктивных элементов из пенобетона, армированных различными видами арматурных изделий;
- на основе результатов экспериментальных и исследований разработать рекомендации по расчету и проектированию конструкций из пенобетона для малоэтажного строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Славчева Г.С., Котова К.С. Вопросы повышения эффективности применения неавтоклавных ячеистых бетонов (пенобетонов) в строительстве // Жилищное строительство. 2015. №8. С.44-47.
2. Славчева Г.С., Чернышов Е.М. Алгоритм конструирования структур цементных пенобетонов по комплексу задаваемых свойств // Строительные материалы. 2016. №9. С.58-64.
3. Г.С. Славчева, Е.М. Чернышов, М.В. Новиков. Теплоэффективные пенобетоны нового поколения для малоэтажного строительства / Строительные материалы. 2017. №7. С.20-24.
4. Новиков М.В., Чернышов Е.М., Славчева Г.С. Механические свойства цементного поризованного бетона при одноосном сжатии с учетом закономерностей его ползучести // Строительные материалы. 2016. №11. С.26-31.
5. Семченков А.С., Залесов А.С., Мешков В.З., Квасников А.А. Характер сцепления с бетоном стержневой арматуры различных профилей / Бетон и железобетон. 2007. №5. С. 2-7.
6. Веселов А. А. Нелинейная теория сцепления арматуры с бетоном и ее приложения: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.23.01 / Веселов Анатолий Александрович. – Санкт-Петербург., 2000. 44 с.
7. Саврасов И.П. Прочность, трещиностойкость и деформативность изгибаемых железобетонных элементов, армированных сталью класса А500 с различным периодическим профилем: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.23.01 / Саврасов Иван Петрович. – М., 2010. – 22 с.
8. Каландадзе В.Ш. Зойдзе В.В. Сцепление арматуры с бетоном на зольном аглопорите / Бетон и железобетон. 1980. №7. С. 19-20.
9. Рахмонов А.Д. Прочность, жесткость и трещиностойкость неразрезных бетонных балок с комбинированным армированием: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.01 / Рахмонов Ахмаджон Джамолиддинович. - Казань, 2015. – 20 с.
10. Тихомиров В.М., Астахов Ю.В. Экспериментально-численное моделирование взаимодействия стальной и базальтопластиковой арматуры с бетоном / Известия вузов. Строительство. 2010. №11-12. С. 128-137.
11. Ахматов М.А. Эффективность применения легких бетонов и железобетонных конструкций на заполнителях из каменных отходов и рыхлых пористых пород вулканического происхождения: автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.23.01, 05.23.05 / Ахматов Мусса Ахматович. – Ростов н/Д., 1999. – 92 с.
12. Насритдинов М.М. Прочностные и деформативные свойства легкого конструкционного бетона на пористых заполнителях из лессовидных суглинков и особенности работы изгибаемых элементов из него: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.23.01 / Насритдинов, Мухаммад Махмутжонович. – М., 1990. – 23 с.
13. Чистов Ю.Д. Неавтоклавные бетоны плотной и ячеистой структуры на основе мелких песков: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.23.05 / Чистов, Юрий Дмитриевич. –М., 1995. – 32 с.
14. Георгиев Г.Д. Сцепление арматуры с бетоном при постоянных и переменных нагрузках: диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.01 / Георгиев Георги Дянков – Киев. 1984. – 253 с.
15. Дронов А.В., Дрокин С.В., Фролов Н.В. Экспериментальное исследование сцепления стеклопластиковой арматуры с бетоном / Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 11. С. 80-83.
16. Хозин В.Г., Пискунов А.А., Гиздатуллин А.Р., Ку克林 А.Н. Сцепление полимеркомпозитной арматуры с цементным бетоном / Известия КГАСУ. 2013. №1. С. 214-219.
17. Кустикова Ю.О., Римшин В. И. Напряженно-деформированное состояние базальтопластиковой арматуры в железобетонных конструкциях / Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 6. С. 6-9
18. Богданова Е.Р. Изменение свойств сцепления композитной полимерной арматуры с бетоном в условиях воздействия различных сред / Промышленное и гражданское строительство. 2016. №2. С. 39-43.
19. ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. - М.: Стандартинформ, 2014. – 35 с.
20. ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. -М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.
21. ГОСТ 27005-2014. Бетоны легкие и ячеистые. Правила контроля средней плотности. -М.: Стандартинформ, 2015. – 10 с.

Котова Кристина Сергеевна

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж

Аспирант, ассистент кафедры проектирования зданий и сооружений

E-mail: krista_cat@mail.ru

Славчева Галина Станиславовна

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж

Доктор технических наук, профессор кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций

E-mail: gslavcheva@yandex.ru

KOTOVA K. S., SLAVCHEVA G. S.

STUDY OF CLUTCH OF VARIOUS TYPES OF REINFORCEMENTS WITH FOAM CONCRETE

In this paper, strength of adhesion between steel, glass-composite, basalt-composite rebar and foam concrete were studied by pulling the rods from the concrete samples. It is determined that the best joint work of rebar with concrete is coursed by application of the glass-composite rebar. The strength of adhesion between the glass-composite rebar and foam concrete B7,5 (D1400), B10 (D1600) is more on 20-45% than that between the steel, basalt-composite rebar and foam concrete for all combinations of strength classes and rebar diameters ($\varnothing$ 6,8,10 мм). The strength of adhesion between rebar and foam concrete will increase, if the strength classes of foam concrete increases too. At the same time, the strength of adhesion changes the different way for steel, glass-composite and basalt-composite rebar with varying their diameters.

Keywords: foam concrete, steel rebar, composite rebar, strength of adhesion between rebar and concrete.

REFERENCES

1. Slavcheva G.S., Kotova K.S. Voprosy povysheniya effektivnosti primeneniya neavtoklavnykh yachei-stykh betonov (penobetonov) v stroitel'stve // Zhilishchnoye stroitel'stvo. 2015. №8. S.44-47.
2. Slavcheva G.S., Chernyshov Ye.M. Algoritm konstruirovaniya struktur tsementnykh penobetonov po kompleksu zadavayemykh svoystv // Stroitel'nyye materialy. 2016. №9. S.58-64.
3. G.S. Slavcheva, Ye.M. Chernyshov, M.V. Novikov. Teploeffektivnyye penobetony novogo pokoleniya dlya maloetazhnogo stroitel'stva / Stroitel'nyye materialy. 2017. №7. S.20-24.
4. Novikov M.V., Chernyshov Ye.M., Slavcheva G.S. Mekhanicheskiye svoystva tsementnogo porizovannogo betona pri odnoosnom szhatii s uchetom zakonornostey yego polzuchesti // Stroitel'nyye materialy. 2016. №11. S.26-31.
5. Semchenkov A.S., Zalesov A.S., Meshkov V.Z., Kvasnikov A.A. Kharakter stsepleniya s betonom sterzhnevoy armatury razlichnykh profiley / Beton i zhelezobeton. 2007. №5. S. 2-7.
6. Veselov A. A. Nelineynaya teoriya stsepleniya armatury s betonom i yeye prilozheniya: avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk: 05.23.01 / Veselov Anatoliy Aleksandrovich. – Sankt-Peterburg., 2000. 44 s.
7. Savrasov I.P. Prochnost', treshchinostoykost' i deformativnost' izgibayemykh zhelezobetonnykh elementov, armirovannykh stal'yu klassa A500 s razlichnym periodicheskim profilem: avtoreferat dis. ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.23.01 / Savrasov Ivan Petrovich. – M., 2010. – 22 s.
8. Kalandadze V.SH. Zoidze V.V. Stsepleniye armatury s betonom na zol'nom agloporite / Beton i zhelezobeton. 1980. №7. S. 19-20.
9. Rakhmonov A.D. Prochnost', zhestkost' i treshchinostoykost' nerazreznykh betonnykh balok s kombinirovannym armirovaniyem: avtoreferat dis. ... kandidata tekhnicheskikh nauk : 05.23.01 / Rakhmonov Akhmadzhon Dzhamoliddinovich. - Kazan', 2015. – 20 s.
10. Tikhomirov V.M., Astakhov YU.V. Eksperimental'no-chislennoye modelirovaniye vzaimodeystviya stal'noy i bazal'toplastikovoy armatury s betonom / Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2010. №11-12. S. 128-137.
11. Akhmatov M.A. Effektivnost' primeneniya legkikh betonov i zhelezobetonnykh konstruksiy na zapolnitelyakh iz kamennykh otkhodov i rykhlykh poristyykh porod vulkanicheskogo proiskhozhdeniya: avto-referat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk : 05.23.01, 05.23.05 / Akhmatov Mussa Akhmatovich. – Rostov n/D., 1999. – 92 s.
12. Nasritdinov M.M. Prochnostnyye i deformativnyye svoystva legkogo konstruksionnogo betona na poristyykh zapolnitelyakh iz lessovidnykh suglinkov i osobennosti raboty izgibayemykh elementov iz nego: avtoreferat dis. ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.23.01 / Nasritdinov, Mukhammad Makhmu-tzhonovich. – M., 1990. – 23 s.
13. Chistov YU.D. Neavtoklavnyye betony plotnoy i yacheistoy struktury na osnove melkikh peskov: avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk: 05.23.05 / Chistov, Yuriy Dmitriyevich. –M., 1995. – 32 s.
14. Georgiyev G.D. Stsepleniye armatury s betonom pri postoyannykh i peremennykh nagruzkakh: disserta-tsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.23.01 / Georgiyev Georgi Dyankov – Kiyev. 1984. – 253 s.
15. Dronov A.V., Drokin S.V., Frolov N.V. Eksperimental'noye issledovaniye stsepleniya steklopla-stikovoy armatury s betonom / Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2016. № 11. S. 80-83.

16. Khozin V.G., Piskunov A.A., Gizdatullin A.R., Kuklin A.N. Stsepleniye polimerkompozitnoy arma-tury s tsementnym betonom / Izvestiya KGASU. 2013. №1. S. 214-219.
17. Kustikova YU.O., Rimshin V. I. Napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye bazal'toplastikovoy armatury v zhelezobetonnykh konstruktsiyakh / Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2014. № 6. S. 6-9
18. Bogdanova Ye.R. Izmeneniye svoystv stsepleniya kompozitnoy polimernoy armatury s betonom v uslo-viyakh vozdeystviya razlichnykh sred / Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2016. №2. S. 39-43.
19. GOST 31938-2012. Armatura kompozitnaya polimernaya dlya armirovaniya betonnykh konstruktsiy. -M.: Standartinform, 2014. – 35 s.
20. GOST 18105-2010. Betony. Pravila kontrolya i otsenki prochnosti. -M.: Standartinform, 2012. – 12 s.
21. GOST 27005-2014. Betony legkiye i yacheistyye. Pravila kontrolya sredney plotnosti. -M.: Standartinform, 2015. – 10 s.

Kotova K. S.

Voronezh state technical University, Voronezh
Post-graduate student, assistant at the department of building design
E-mail: krista_cat@mail.ru 89191850584

Slavcheva G. S.

Voronezh state technical university, Voronezh
Doctor of engineering sciences, professor at the department of building materials technology, products and structures
E-mail: gslavcheva@yandex.ru 89601329475