

УДК 691.328.34

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АНКЕРОВКИ АРМАТУРЫ С ПЕНОБЕТОНОМ РАЗЛИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ

А. А. КОЛТУНОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. А. И. КОЛТУНОВ)

**Введение.** Надежное сцепление арматуры с пенобетоном является основным фактором, обеспечивающим совместную работу арматуры и пенобетона и позволяющим ему работать под нагрузкой как единому монолитному телу. При отсутствии сцепления образование первой трещины влечет за собой возрастание удлинений на всем протяжении растянутой арматуры, что, в свою очередь, приводит к резкому раскрытию образовавшейся трещины, сокращению высоты сжатой зоны, уменьшению изгибной жесткости (EI) и снижению несущей способности. Надежное сцепление арматуры с пенобетоном создается тремя основными факторами:

1. сопротивлением пенобетона усилиям смятия среза, обусловленным выступами и другими неровностями на поверхности арматуры, т. е. механическим зацеплением арматуры за пенобетон;
2. силами трения, возникающими на поверхности арматуры благодаря обжатию арматурных стержней пенобетоном при его усадке;
3. склеиванием (адгезией) поверхности арматуры с пенобетоном благодаря вязкости коллоидной массы цементного теста.

**Постановка задачи.** Объектом исследования являются пенобетонные кубы с различной глубиной заделки (анкерровкой), арматурными стержнями класса S500.

**Цель** - определение возможности анкерровки пенобетона объёмным весом (600, 800, 1200)кг/м<sup>3</sup> выполненных с применением пенообразователя на основе гидроизолята протеина. Сопоставить экспериментальные и теоретические результаты исследования глубины заделки арматуры для дальнейшей надёжной эксплуатации элементов из пенобетона.

**Геометрические размеры опытных образцов.** Были запроектированы опытные образцы в виде кубов 240x240x240 из пенобетона с различной глубиной анкерровки арматуры. Опытные образцы были изготовлены в учебном корпусе кафедры «Строительные конструкции» Полоцкого государственного университета. Формование образцов схожей плотности произведено из бетона одного замеса в опалубке из деревянных щитов с металлической обшивкой. Характеристики образцов представлены в табл. 2.

**Характеристики бетона опытных образцов.** Для определения физико-механических характеристик материала, одновременно с изготовлением основных образцов, изготавливались контрольные образцы пенобетона в виде кубов с размером ребра 100мм (8 штук) и призм размерами 100x100x400мм (4 штуки).

Испытание на сжатие бетонных призм производилось на прессе с измерением деформаций на каждой из граней. Призменная прочность бетона  $f_{ck}$  определялась отношением разрушающей нагрузки к фактической площади поперечного сечения призмы. Начальный модуль упругости бетона при сжатии определялся на основании измерения деформаций призм. Аналогично определялась кубиковая прочность бетона  $f_{c,cube}$ .

Образцы с арматурой  $\varnothing 12$  испытывали с помощью 20-ти тонного проходного домкрата и гидравлической насосной станции. Стержень проводился сквозь отверстие в домкрате и заклинивался с обратной стороны цанговым зажимом. Нагружение велось поэтапно, с выдержкой на постоянном уровне каждой ступени в течении 10 минут.

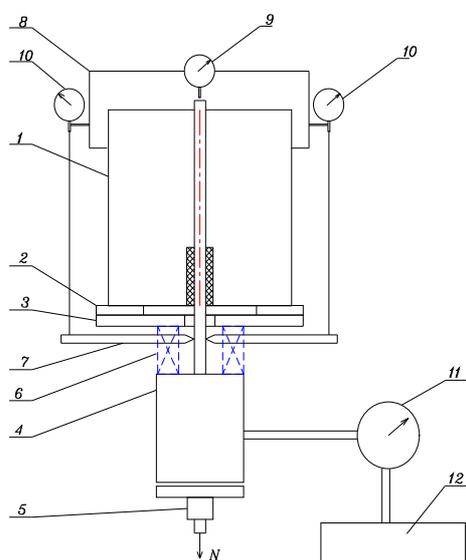
Перемещения арматуры на не нагруженном (свободном) конце измерялись индикатором часового типа с ценой деления - 0,001 мм, жестко закрепленном на струбине, устанавливаемой на верхней части бетонного образца и соединяемой с наружными слоями бетона, практически не деформируемыми при нагружении из-за наибольшего их удаления от стержня. Перемещения арматуры на нагруженном конце измерялись при помощи пары индикаторов часового типа с ценой деления - 0,01 мм, жестко установленных на струбине с двух противоположных сторон образца.

Таблица 1. – Физико-механические характеристики бетона опытных образцов

Кубиковая прочность бетона $f_{c,cube}$ , МПа	Призменная прочность бетона $f_{ck}$ , МПа	Модуль упругости бетона $E_c$ , МПа
0.781	0.625	11.27

Таблица 2. – Прочностные характеристики опытных образцов

№	Наименование	Глубина анкеровки	Размеры мм			Объёмный вес кг/м.куб	Разрушающая нагрузка кН	Класс арматуры
			b	h	l			
1	К-1	12Ø	240	240	240	600	0,6	S500
2	К-2	12Ø					0,4	
3	К-3	12Ø					0,45	
4	К-4	12Ø				800	1	
5	К-5	12Ø					0,75	
6	К-6	12Ø					0,7	
7	К-7	12Ø				1200	3,8	
8	К-8	12Ø					2,4	
9	К-9	12Ø					2	



1 – опытный образец; 2 – стальная опорная пластина; 3 – пластина для опирания домкрата;  
4 – домкрат; 5 – цанговый зажим; 6 – опорные элементы; 7, 8 – струбина;  
9, 10 – индикатор часового типа; 11 – манометр; 12 – насосная станция

Рисунок 1. – Схема установки для испытаний на выдёргивание

В результате испытаний было установлено: нарушение сцепления арматуры с бетоном происходило в результате проскальзывания арматурного стержня относительно окружающего бетона.

Был произведён расчёт длины анкеровки в бетоне в соответствии с действующими нормативными документами.

Расчетную длину анкеровки  $l_{bd}$  определяют по формуле

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{brqd} \geq l_{b,min},$$

где  $l_{brqd}$  – требуемая базовая длина анкеровки;

$l_{b,min}$  – минимальная длина анкеровки;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$  – коэффициенты, приведенные в таблице 11.2, СП 5.03.01-2020;

$l_{bd} = 2571$  мм.

В результате проведённой работы и полученных данных подтвердилась возможность применения плит из пенобетона в качестве конструкций междуэтажных перекрытий. Однако, без установки дополнительных анкеров, использование арматуры в пенобетоне не допускается, так как отсутствует связь в зоне передачи воздействия, невозможно обеспечить совместную работу бетона и арматуры.



Рисунок 2. – Состояние арматурного стержня и куба из пенобетона после нарушения сцепления

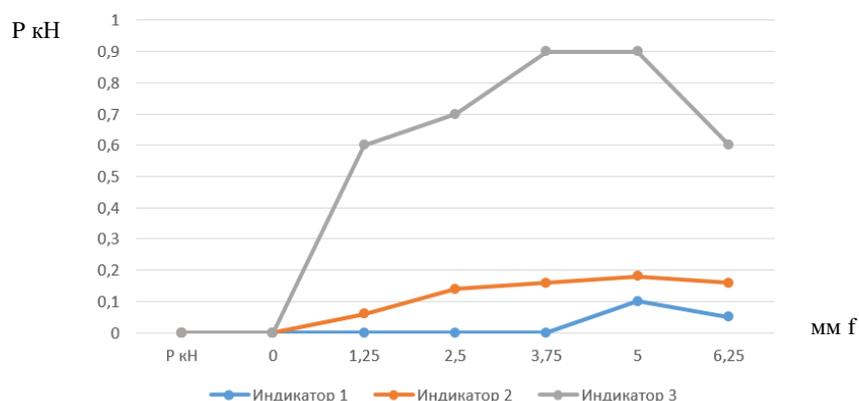


Рисунок 3. – График перемещения арматурного стержня относительно пенобетона (800 кг/м куб.) с анкерровкой в 120 мм

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Али Абдель Захир Эль-Сайед Халил. Анкеровка продольной ненапрягаемой арматуры серповидного профиля на свободных опорах балок: Дис.... канд. техн. наук: 05.23.01. – М., 1992 г. – 212 с.
2. Алиев Р.Д. Расчет прочности элементов по наклонным сечениям // Бетон и железобетон. - 1993. - №9. – С. 35-37.
3. Алиев Ш.А. Совместная работа бетона и стержневой арматуры периодического профиля: дис ... канд. техн. наук. 05.23.01. - Баку, 1964. – 175с.
4. Алиев Ш.А. Сопротивление бетона раскалыванию арматурой // Сб. тр. ВНИИжелезобетон. – М., 1961. – Вып.5. - С. 61-78.
5. Альшайх Имад Мохаммед Форзат. Исследование прочности анкеровки стержневой арматуры в центрифугированном бетоне: Дис.... канд. техн. наук: 05.23.01. – Мн., 1993 г. – 185 с.
6. Астрова Т.И. Анкеровка арматурных стержней периодического профиля в бетонах средней и высокой прочности // Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонных конструкций: Сб. тр. НИИЖБ, вып. 26. – М.: Госстройиздат, - 1962.
7. Астрова Т.И. Особенности сцепления стержневой арматуры с бетоном при испытании на выдергивание. // Сцепление арматуры с бетоном: Краткое изложение сообщений на конференции по проблеме сцепления арматуры с бетоном. – М.: НИИЖБ, –1968. – С. 38-39.
8. Астрова Т.И., Дмитриев С.А., Мулин Н.М. Анкеровка стержней арматуры периодического профиля в обычном и предварительно напряженном железобетоне. // Расчет железобетонных конструкций: Сб. тр. НИИЖБ. - М., 1961. –С.74 – 126.
9. Астрова Т.И., Овчинникова Н.Г. Влияние состава высокопрочного бетона на деформативность сцепления с арматурой периодического профиля // Бетон и железобетон. - 1996. - №9.
10. Ахвердов И.Н. Влияние усадки, условий твердения и циклических температурных воздействий на сцепление бетона с арматурой // Бетон и железобетон. - 1968. - №12.
11. Байков В.Н. Расчет изгибаемых элементов с учетом экспериментальных зависимостей между напряжениями и деформациями для бетона и высокопрочной арматуры. – Известия вузов. Строительство и архитектура. - 1985. - №5. – 48 с.