

- Шутенко // Регіональні перспективи: науково-практичний журнал «Економічні проблеми регіонів». – Полтава, 2001. – № 5-6(18-19). – С. 13-16.
8. Золотов М.С. Прочность соединения бетонных и железобетонных элементов акриловыми клеями при строительстве, реконструкции и ремонте зданий и сооружений / М.С. Золотов, А.О. Гарбуз // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2011. – Вип. 63. – С. 258-264.
  9. Шутенко Л.Н. Клеевые соединения древесины и бетона в строительстве / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, В.З. Клименко. – К.: Будівельник, 1990. – 136 с.
  10. Шутенко Л.Н. Комплексные строительные конструкции на основе ориентированных стеклопластиков / Л.Н. Шутенко // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: тезисы докл. Междунар. науч.-техн. конф. – Х.: ХИ-ИГХ, 1996. – С. 24-25.
  11. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн; пер. с фран. – М.: Наука, 1970. – 720 с.

УДК 691.58:668.3

**Бабаев В.Н., Золотов М.С., Шишкин Э.А., Скляр В.А., Дауд А.Х.**

*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова*

### **РЕКОНСТРУКЦИЯ ФУНДАМЕНТА ЖИЛОГО ДОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНКЕРОВКИ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ АКРИЛОВЫМИ КЛЕЯМИ**

В условиях строительства и реконструкции различных зданий и сооружений возникает необходимость надежного крепления железобетонных конструкций, иногда в кратчайшие сроки без остановки производственных процессов. Такие конструкции соединения возможно выполнить с использованием полимерных клеев, в том числе акриловых, в виде заделки в бетон арматурных стержней. Составы этих клеев разработаны в Харьковском национальном университете городского хозяйства имени А.Н.Бекетова [1-3].

В Украине в связи с широким использованием в строительном производстве арматуры серповидного профиля класса А500С авторами были проведены экспериментальные исследования по определению глубины их заделки в бетон акриловыми клеями различных составов. Как показали эксперименты глубина заделки арматурных стержней класса А500С в бетон акриловыми клеями обычных составов (прочность клея при срезе  $R_k^{cp} = 29,5$  МПа, адгезионная прочность  $R_k^{ad\sigma} = 29,9$  МПа) составила  $l_{анк} = 22,5d_s$ , а при использовании модифицированных акриловых клеев ( $R_k^{cp} = 36,5$  МПа,  $R_k^{ad\sigma} = 40,2$  МПа) глубина заделки составила  $l_{анк} = 17,5d_s$  (где  $d_s$  –

диаметр арматурного стержня). При этом прочность заделки определялась прочностью арматуры на разрыв [4,5].

Преимущества такой анкеровки заключается в следующем:

- снижаются сроки ремонта и реконструкции зданий и сооружений;
- уменьшается энерго- и материалоемкость работ;
- снижается стоимость и трудоемкость работ;
- возможность установки арматурных стержней в разных погодных условиях;
- в некоторых случаях этот метод является практически единственно возможным (например: изменение геометрических размеров фундамента на небольшую величину при значительных увеличениях нагрузок);
- простота, надежность и высокая технологичность производства работ;
- возможность прикладывать проектные нагрузки на реконструируемые и усиленные конструкции и участки через 6-24 часа, а не через 28 суток как для конструкций усиленных обычным способом;
- крепление арматурных стержней в существующих бетонных и железобетонных конструкциях с использованием

акрилового клея является экономически оправданным и наиболее прогрессивным;

- акриловый клей малокомпонентен, прост и надежен в приготовлении. Завод-изготовитель поставляет компоненты клея в комплекте, что облегчает организацию обеспечения анкероустановочных работ;
- акриловый клей является экологически безопасным веществом и не оказывает никаких воздействий на человека и окружающую среду.

Особенно значительное преимущество дает применение акриловых клеев, позволяющих значительно снизить стоимость и трудоемкость анкероустановочных работ, производить заделку в бетон арматурных стержней при различных погодных условиях и во влажный бетон. Как показали исследования [6] заделка арматурных стержней может осуществляться по технологической схеме (рис. 1), благодаря низкой вязкости акриловых клеев.

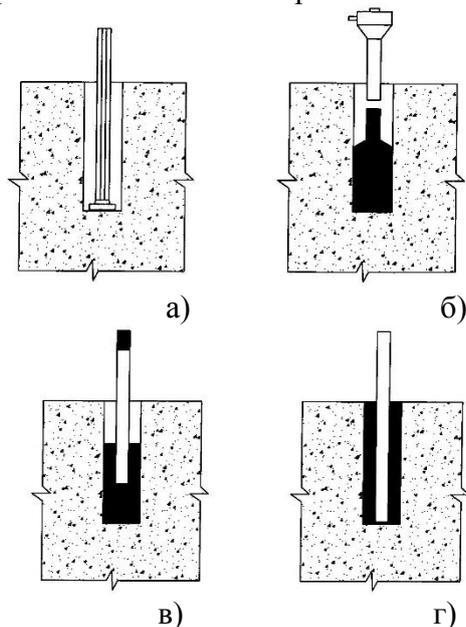


Рис. 1. Установка арматурных стержней: а – бурение шпуров; б – заливка акрилового клея в шпур; в – установка арматурного стержня в шпур; г – установка арматурного стержня в проектное положение

Простота и надежность, низкая стоимость и высокая технологичность предлагаемой клеевой анкеровки арматурных стержней серповидного профиля класса

A500С позволяет рекомендовать его к широкому применению в строительстве. Этот вид анкеровки успешно внедрен на стройках и предприятиях. Следует отметить, что восстановление и усиление конструкций требует значительно меньше затрат, чем замена их новыми и производятся обычно без либо с кратковременной остановкой производственных процессов.

**Подготовка поверхности бетона для анкеровки и нанесения акрилового клея.** Согласно технологии установки арматурных стержней [6] одной из первых операций при анкеровке арматурных стержней класса А500С при помощи акриловых клеев является подготовка поверхности бетона соединяемых элементов. Она осуществляется в такой последовательности: очистка поверхностей от пыли, загрязнений и масляных пятен, удаление наледей и влаги, при этом бетон может иметь влажность до 100%. Поверхность бетона перед производством работ проверяют на наличие пустот простейшим способом – простукиванием. Места, издающие глухой звук расчищают от поврежденного бетона.

Очистку поверхности бетона при небольших объемах работ производят проволочными щетками или механизированным ручным инструментом, а при выполнении очень больших объемов работ – пескоструйными аппаратами; обеспыливание – сжатым воздухом.

**Способы приготовления и определения необходимого количества акрилового клея.** Приготовление акрилового клея осуществляют в следующей последовательности. Необходимое количество (полимера) порошка, жидкости (мономера) и кварцевого песка отвешивают в отдельной емкости. Смешивание компонентов можно производить вручную либо в растворомешалках различного типа. Вручную приготавливают замесы до 10 кг, а в растворомешалках – до 150 кг.

При ручном приготовлении смеси в емкость заливают жидкость и в нее добавляют порошок. Затем производят периодическое перемешивание металлической или деревянной лопаткой до набухания порошка в жидкости, после чего вводят наполнитель – кварцевый песок, при этом

перемешивание необходимо производить непрерывно.

Момент набухания порошка в жидкости определяют получением однородной и одноцветной сметанообразной массы. Время перемешивания акрилового клея после введения наполнителя составляет 3...5 мин. (в зависимости от количества приготавливаемого клея) до достижения равномерного распределения зерен песка в его объеме.

При механическом приготовлении акрилового клея в растворомешалке последовательность операций аналогична как и при ручном приготовлении. Однако процесс набухания порошка в жидкости должен сопровождаться кратковременным включением растворомешалки в течении 20...25 сек. через 3...5 мин.

Из описанного выше видно, что приготовление акрилового клея вполне возможно осуществлять непосредственно на строительной площадке. Количество приготовления акрилового клея зависит от количества устанавливаемых арматурных стержней, диаметров шпуров и их глубины.

Ориентировочное время набухания порошка (полимера) в жидкости (мономере) связующего составляет при температуре окружающей среды от 15<sup>0</sup>С до 25<sup>0</sup>С около 15 минут. Технологическая жизнеспособность акрилового клея составляет около 0,5...1,5 часа [7].

В связи с ограниченной технологической жизнеспособностью акрилового клея [7,8], его приготавливают после окончания всех работ, связанных с подготовкой поверхностей для анкеровки и склеивания, а в случае увеличения размеров, например, фундаментов должна быть готова бетонная смесь.

Время отверждения акрилового клея зависит от температуры окружающей среды. Данные о соответствии соотношения температуры воздуха окружающей среды ко времени технологического использования акрилового клея приведены в табл.1.

Экспериментально [4-6] установлено, что при выполнении всех производственно-технологических и технических

требований клеевая анкеровка арматурных стержней при заделке их в бетон обеспечивает равнопрочность стыка и его долговечность.

**Опытно-промышленное внедрение.**

Для подтверждения проведенных в Харьковском национальном университете городского хозяйства имени А.Н. Бекетова исследований [4,5,9,10] и вышеперечисленных преимуществ метода анкеровки арматурных стержней серповидного профиля класса А500С с закреплением их в бетон акриловым клеем было проведено опытно-промышленное внедрение при реконструкции жилого дома (г. Енакиево).

Таблица 1 - Соотношения температуры воздуха окружающей среды ко времени технологического использования акрилового клея

Температура воздуха, t <sup>0</sup> С	Время отверждения акрилового клея час
от 0 <sup>0</sup> С до 10 <sup>0</sup> С	до 24 часов до 12 часов до 10 часов до 6 часов
от 11 <sup>0</sup> С до 15 <sup>0</sup> С	
от 16 <sup>0</sup> С до 21 <sup>0</sup> С	
от 21 <sup>0</sup> С и выше	

В состав реконструкции жилого дома входили работы по увеличению площади поперечного сечения фундамента с последующим увеличением его несущей способности. Обследованием было установлено, что тело фундамента находится в неудовлетворительном состоянии. На площади поверхности фундамента наблюдается некоторое разрушение бетона конструкции.

Цель опытно-промышленного внедрения состояла в том, чтобы восстановить несущую способность ленточного железобетонного фундамента путем увеличения площади его поперечного сечения. Соединение старого фундамента со свежееуложенным бетоном произвести при помощи клеевой анкеровки арматурных стержней.

## БУДІВНИЦТВО

Технологический процесс усиления фундамента проходил следующим образом:

- бетонную подушку и поверхность фундамента очистили от грунта, мусора и пыли;
- выполнили разметку шпуров под установку арматуры (рис. 2). Согласно представленной схеме, шпуров располагаются вдоль всего периметра фундамента в 1 ряд с шагом 300 мм;

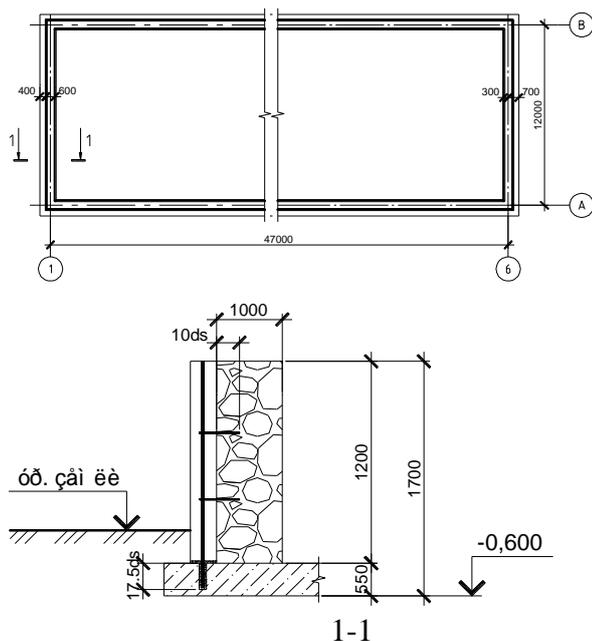


Рис. 2. Схема ленточного фундамента реконструируемого жилого дома

- в бетонной подушке пробурили вертикальные шпуров на глубину  $\sim 400$  мм, что составляет не менее  $17,5d_s = 17,5 \times 20 = 350$  мм и диаметром 30 мм;
- произвели заготовку арматурных стержней в количестве 1180 шт;
- шпуров заполнили модифицированным акриловым клеем. Клей изготавливали на строительной площадке. Заливали клей самотеком;
- арматурные стержни  $\varnothing 20$  A500C устанавливали вертикально, медленным погружением в шпуров заполненные клеем;
- для обеспечения проектного положения арматурных стержней устанавливали кольцевые фиксаторы (рис. 4).



Рис. 3. Установка арматурных стержней в пробуренные шпуров и образование арматурной сетки фундаментной стены

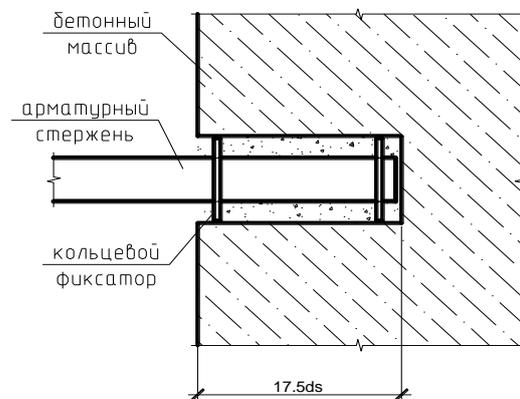


Рис. 4. Установка арматурного стержня в проектное положение при помощи кольцевого фиксатора. Внешний вид кольцевого фиксатора

- после набора клеем проектной прочности, установленные стержни соединялись с горизонтально располагаемыми стержнями арматуры с помощью вязальной проволоки. Устойчивость изготовленной конструкции обеспечивали анкера, заделанные в стену фундамента акриловыми клеями (рис. 5);
- опалубку устанавливали из готовых деревянных щитов, следуя требованиям технических условий;



Рис. 5. Реконструкция и усиления фундамента жилого здания

- поверхность бетонной подушки фундамента покрыли обычным акриловым клеем, содержащим только акриловый полимер и наполнитель в виде кварцевого песка;
- укладку тяжелого бетона подвижностью 3 – 4см выполняли слоями с последующим уплотнением вибратором. Толщина уплотняемого слоя колебалась от 200 мм до 600 мм. Общий объем уложенного бетона в опалубку составил 47,2м<sup>3</sup>;
- через 72 часа или 3-е суток произвели разопалубку конструкции (рис. 5).

В результате выполненных работ было установлено с помощью акриловых клеев 1180 арматурных стержней серповидного профиля класса А500С диаметром  $d_s=20$ мм.

Наблюдения за состоянием конструкции, поведением фундаментов и соединений железобетонных элементов, работающих под нагрузкой, которые продолжают до настоящего времени, указывают на надежность анкерных соединений на акриловом клее.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Золотов С.М. Акриловые клеи для усиления, восстановления и ремонта бетонных и желе-зобетонных конструкций / С.М. Золотов // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. Вип.59. – К.: НДІБК, 2003. – С.440-447.
2. Золотов С.М. Инновационные материалы на основе акриловых полимеров для восстановления и ремонта конструкций объектов строительства и транспорта / С.М.Золотов // Инновационные технологии диагностики, ремонта и восстановления объектов строительства и транспорта: сб. науч. тр. Вып. 30. – Днепропетровск: ПГАБА, 2004. – С. 192-196.
3. Золотов С.М. Полимерное связующее, наполнители и модифицирующие добавки акриловых клеев повышенной адгезионной и когезионной прочности / С.М. Золотов, Е.С. Скрипник // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – Х.: ХНУГХ, 2013. – Вып.110. – С. 8-16.
4. Ткаченко Р.Б. Зависимость глубины заложения арматурных стержней класса А500С от прочности акрилового клея / Р.Б. Ткаченко // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. зб. – К.: Техніка, 2008. – Вип. 79. – С. 49-57.
5. Ткаченко Р.Б. Прочность анкеровки арматуры класса А500С акриловыми клеями / Р.Б. Ткаченко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне, 2008. – Ч.2. – Вип. 16. – С. 410-417.
6. Бабаев В.Н. Технология закрепления в бетоне арматурных стержней серповидного профиля класса А500С акриловыми клеями / В.Н. Бабаев, М.С. Золотов, А.Х. Дауд // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – Х.: ХНУМГ, 2014. – Вип. 112. – С. 9-16.
7. Золотов С.М. Жизнеспособность акриловых клеев / С.М. Золотов // Вісник

- Донбаської академії будівництва і архітектури: зб. наук. праць. – Макіївка: ДонНАБА, 2005. – 56, т. 8. – С. 80-83.
8. Супрун О.Ю. Технологические свойства акриловых клеев для заделки анкерных болтов в бетон / О.Ю. Супрун, С.М. Золотов // Эффективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві: міжнар. наук.-практ. конф. – Х.: ХНУБА, 2014. – С. 31-35.
9. Бабаев В.Н. Влияние поперечных размеров арматурных стержней серповидного профиля класса А500С на напряженно-деформированное состояние анкерного соединения. / В.Н. Бабаев, М.С. Золотов, Э.А.

- Шишкин, В.А. Скляр, А.О. Гарбуз // Комунальне господарство міст: наук.-техн. вісник. – Харків, 2013. – Вип. 107 – С. 27-32.
10. Бабаев В.Н. Прочность и деформативность клеевой анкерной арматурной стержней серповидного профиля класса А500С при действии кратковременных и длительно действующих выдергивающих усилий / В.Н. Бабаев, М.С. Золотов, В.А. Скляр, А.О. Гарбуз // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: III Всерос. (II Международная) конф. по бетону и железобетону; науч. труды. – Москва: МГСУ, 2014. – Т. 3. – 464с.

УДК 69.001.5

**Izbash Y.M.**

*University of Liege – Liege – Belgium  
Polytechnic University of Timisoara – Timisoara – Romania*

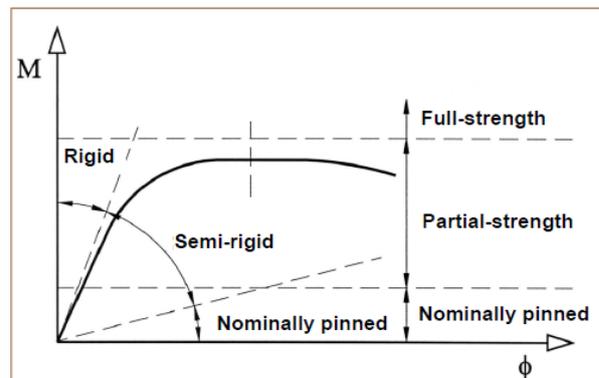
## ADVANTAGES IN STRUCTURAL RESPONSE DUE TO SEMI RIGID JOINTS

Importance of joints is obvious, it is crucial for structural shape, transportation and erection phase likewise it is also influence: strength and stiffness of the structure; the design approaches and time, as well as a final cost of the structure.

EN 1993-1-8 requires that joints must be classified by stiffness (as rigid, semi-rigid or nominally pinned) or by strength (as full strength, partial strength or nominally pinned) fig.1. Also joints shall be designed on the basis of a realistic assumption of the distribution of internal forces and moments [1]. The stiffness classification is used for elastic analysis of frames while the strength classification is for plastic analysis of frames. The EN defines joint models as simple, semi-continuous or continuous, depending on stiffness and strength.

Previously only one approach of connections design was known. So called traditional approach (frame modeling with pinned or rigid joints, pre-design of members; internal forces; design checks of members – ULS and SLS; design the joints, verifying the initial assumptions). However, nowadays a lot of researchers and designers implementing semi-

continuous approach (the joints are modeling as semi-rigid, which may imply more economical solutions) fig.3 [2].



Example – Partial-strength semi-rigid joint (high ductility)

Fig. 1. Classification of joints

Due to rotational stiffness joints can be divided in three zones fig.2 [3]:

Zone 1: rigid, if  $S_{j,ini} \geq k_b EI_b / L_b$ ,  
where:  $k_b = 8$  for frames where bracing system reduces the horizontal displacement by at least 80%;  $k_b = 25$  for other frames, provided that in every storey  $K_b / K_c \geq 0,1^1$ .

Zone 2: semi-rigid.

<sup>1</sup> For frames where  $K_b / K_c < 0,1$  the joints should be classified as semi-rigid.