

УДК 691.58.688.3

М.С.ЗОЛОТОВ, В.А.СКЛЯРОВ, кандидаты техн. наук, О.Ю.СУПРУН  
*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н.Бекетова*

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ АНКЕРНЫМИ БОЛТАМИ НА АКРИЛОВЫХ КЛЕЯХ**

Приводятся результаты разработки технологических схем установки анкерных болтов на акриловых клеях при креплении технологического оборудования на готовых фундаментах.

Наводяться результати розробки технологічних схем встановлення анкерних болтів на акрилових клеях при кріпленні технологічного обладнання на готових фундаментах.

Results over of development of flowsheets of setting of wall screws are brought on acrylic glues at fastening of technological equipment on the prepared foundations.

*Ключевые слова:* анкерный болт, акриловый клей, бетон, скважина, бурение, сверление.

Работы по монтажу и установке оборудования на возводимых и готовых фундаментах проводятся при строительстве, эксплуатации и реконструкции различных предприятий, в том числе коммунального хозяйства. Поэтому важное значение имеет использование рациональных методов крепления технологического оборудования к фундаментам и другим строительным конструкциям.

От способов производства, выверки и закрепления анкерных болтов зависят темпы и стоимость монтажных работ, поскольку трудоемкость этих операций составляет до 30-40% общей трудоемкости механо-монтажных работ. Высоту фундамента для многих видов оборудования часто определяют по длине заделки анкерных болтов, что приводит к перерасходу бетона и стали.

Болты, устанавливаемые на готовых фундаментах, подразделяют на две группы [1, 2].

К первой группе относятся шанцевые болты. Это глухие болты, устанавливаемые в шанцы с последующей заливкой цементным раствором высокой марки, и съемные болты без последующей заливки. Недостатками болтов этой группы являются высокая трудоемкость устройства шанцевых колодцев, необходимость установки болтов до монтажа оборудования, большие неточности установки, что приводит к дополнительным расходам на исправления, а также к значительному промежутку времени (4-28 суток) от установки до затяжки болтов и приложениям ним нагрузок.

Ко второй группе принадлежат болты, устанавливаемые в скважины, образованные после бетонирования фундамента. Они могут

быть глухими, закрепляемыми какими-либо материалами, и съёмными, т.е. самоанкерующимися. Съёмные самоанкерующиеся болты всех типов можно эксплуатировать сразу после установки и затяжки. Кроме того, их можно извлекать из конструкции и повторно использовать. Основными их недостатками являются высокая трудоемкость, сложность и дороговизна изготовления. Для установки съёмных болтов нужно бурить или сверлить скважины высокой точности. Допустимые отклонения по диаметру болта составляют 0,5-2 мм.

Этих недостатков лишены глухие болты, устанавливаемые в скважины, пробуренные в конструкциях и закрепляемые цементно-песчаными смесями, полимерными или минеральными клеями.

Опыт анкероустановочных работ показывает, что наиболее технологичными являются способы крепления оборудования с помощью глухих фундаментных болтов, заделываемых с помощью полимерных клеев (эпоксидных, силиконовых и др.). Как свидетельствуют исследования [1-4], наиболее технологичным способом установки болтов является способ с использованием акриловых клеев.

При всем разнообразии применения полимерных клеев в практике современного строительства для быстрого и качественного соединения строительных конструкций, анкерного и безанкерного крепления оборудования на основании проведенных в Харьковском национальном университете городского хозяйства имени А.Н.Бекетова исследований рекомендуем применять в практике строительства акриловый клей [3-6]. Он включает в себя акриловую композицию, состоящую из полимерного порошка и жидкообразного отвердителя (мономера), наполнителя (кварцевого песка) и в необходимых случаях модифицирующих добавок [3-6]. По адгезионным и когезионным свойствам акриловый клей не уступает другим полимерным клеям, а по технологическим – значительно превосходит их. Он малокомпонентен, прост и надежен в приготовлении, имеет сравнительно невысокую стоимость, обладает высокими технологическими свойствами. К технологическим свойствам акриловых клеев относятся: наполняемость, вязкость, жизнеспособность, время отверждения, способ приготовления. Приготовление клея начинается со смешивания компонентов акрилового полимера (порошка) и отвердителя (жидкости) и сопровождается набуханием акриловой смеси. Процесс набухания представляет собой увеличение объема полимера.

В процессе набухания изменяется вязкость смеси, в результате чего она становится сметанообразной. В момент смешивания полимера с отвердителем (мономером) вязкость смеси составляет 64 см по вискозиметру Суттарда; после набухания она приобретает сметанообраз-

ное состояние и уменьшается до 39 см. В этот момент в смесь вводят наполнитель (кварцевый песок) [5,12].

Время набухания значительно изменяется с увеличением количества мономера в смеси, поэтому его можно регулировать. Набухание смесей, содержащих мономер в количестве от 60 до 120 частей по массе, происходит интенсивно в течение всего процесса. Введение мономера более 120 частей по массе замедляет процесс набухания. Кинетика его зависит и от температуры окружающей среды. С увеличением последней от 0 до 25<sup>0</sup>С время набухания возрастает более, чем в 20 раз, и наиболее интенсивно повышается при уменьшении температуры окружающей среды ниже 15<sup>0</sup>С.

Одно из важнейших технологических свойств клеев – их жизнеспособность. Различают полную и технологическую (рабочую) жизнеспособность, зависящую главным образом от состава акрилового компаунда, клеевой смеси и температуры среды. Отверждение акрилового компаунда происходит самопроизвольно при положительной температуре за счет полимеризации мономера.

Реакция полимеризации протекает по месту разрыва двойных связей углерода с углеродом. Инициирование реакции полимеризации акриловой композиции осуществляется введением веществ, способных легко распадаться с образованием свободных радикалов. В качестве инициатора применяют перекись бензоила, при распаде которого образуются два свободных радикала. Бензоил вводят в порошок на заводе-изготовителе в количестве 1%. Распад инициаторов на свободные радикалы при низких температурах без подогрева обеспечивает третичный аминдиметиланилин, который растворяется на заводе-изготовителе в мономере в количестве 3%. Инициирование полимеризационного процесса осуществляется действием окислительно-восстановительных систем на реакцию полимеризации. Окислителем в системе служит бензоил, а восстановителем – диметиланилин.

В связи с тем, что клей может применяться при различных температурах среды, были проведены эксперименты по определению влияния состава акриловой композиции на время отверждения клея. Они показали следующее. Количество мономера в акриловом клее не оказывает значительного влияния на время его отверждения. Значительное влияние оказывает температура окружающей среды. Так, при температуре окружающей среды от 21<sup>0</sup>С и выше время отверждения составляет до 6 ч, от 16 до 20<sup>0</sup>С – 10 ч, от 11 до 15<sup>0</sup>С – до 12 ч и от 0 до 10<sup>0</sup>С – до 24 ч.

Для удешевления клея в акриловую композицию вводят наполнитель. В качестве наполнителя, как указывалось выше, в акриловых

клеях в основном используют кварцевый песок. Наполняемость клея зависит от крупности зерен песка. Она возрастает от 300 до 800 масс-частей с увеличением размеров зерен кварцевого песка от 0,14 до 0,63 мм [5,12].

Экспериментами установлена оптимальная вязкость акриловых клеев, которая позволяет заливать скважины в бетоне под анкера, а также в пространство между стенками скважины и анкером. Она составляет по вискозиметру Суттарда около 24 см и не зависит от температуры окружающей среды.

Выполненными исследованиями определены механические характеристики акрилового клея (прочность при сжатии  $R_{сж} = 60-80$  МПа, растяжении  $R_{раст} = 13-15$  МПа, срезе  $R_{среза} = 21-30$  МПа). Установлено также, что он имеет хорошую водо-, масло-, морозо- и атмосферостойкость. При длительном воздействии воды снижение его прочности произошло не более чем на 21,1%, а при цикличном замораживании – не более, чем на 12,8%. Термостойкость этого клея составляет 80<sup>0</sup>С [5,7-11].

Вместе с тем повышение адгезионной прочности акриловых клеев, а также прочности их на срез позволит уменьшить глубину заделки в бетон анкерных болтов. В этом случае достигается значительная экономия трудовых затрат, металла и других материалов.

Исходя из сказанного, путем модификации различными добавками получены составы акрилового клея повышенной адгезионной и когезионной прочности [5,7-11].

Установлено, что модифицируя акриловый клей некоторыми добавками, можно повысить его физико-механические и физико-химические характеристики.

Анализ результатов исследований когезионной прочности различных составов модифицированных акриловых клеев свидетельствует, что они имеют более высокие прочностные характеристики. Установлено, что добавка окиси цинка в небольшом количестве увеличивает прочность акрилового клея при изгибе на 23% ( $R_{сж} = 98,61$  МПа), при срезе – на 37% ( $R_{среза} = 33,78$  МПа), а сочетание добавки окиси цинка с метакриловой кислотой приводит к увеличению прочности на 31% ( $R_{сж} = 97,43$  МПа,  $R_{среза} = 32,64$  МПа) [8-11].

Эксперименты по определению прочности анкерных соединений в случае заделки в бетон анкерных болтов для крепления строительных конструкций акриловыми клеями различных составов показали

следующее. В случае заделки в бетон гладкие анкерные болты акриловыми клеями без модифицирующих добавок прочность их определяется прочностью бетона при его заделке в бетон на глубину  $l_{анк} = 15d_s$ , где  $d_s$  – диаметр анкерного болта. Разрушения такого анкерного соединения происходило по металлу болта [4]. При глубине заделки в бетон на глубину  $l_{анк} = 10d_s$  разрушение анкерного соединения происходило по контакту клей-анкер при напряжениях в болте, равных пределу текучести. Такая глубина заделки достаточна для крепления технологического оборудования. Применение модифицирующих добавок такую же прочность обеспечивает при глубине заделки  $l_{анк} = 8d_s$  [10-13].

Изучение прочности указанных анкерных соединений в случае длительно действующего выдергивающего усилия на стержни показало, что эти соединения обеспечивают надежное закрепление анкерных болтов в бетоне. При экспериментальных исследованиях указанное выдергивающее усилие согласно существующим положениям составляло 90% от прочности анкерных стержней [13]. Исследования ползучести клеевого слоя показали, что они зависят от геометрии анкерного соединения и модуля упругости акрилового клея. Предельная величина сдвиговых деформаций клеевого слоя для анкерных болтов составила 0,158 мм. При экспериментах длительное выдергивающее усилие согласно существующему положению было на 30% больше расчетного [14].

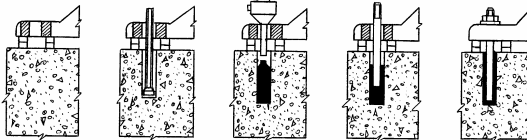
Проведенные исследования позволили разработать технологию установки анкерных болтов в бетон с помощью акриловых клеев, которая включает три схемы: установка болтов до, после и одновременно с монтажом технологического оборудования. На рисунке приведены эти схемы.

*Схема 1.* На возведенном фундаменте (без предварительной установки болтов) монтируют и выверяют технологическое или станочное оборудование, или их опорные части. Через отверстия под болты в опорных частях оборудования с помощью механизированного инструмента в бетоне бурят скважины. В них вводят акриловый клей, а затем устанавливают фундаментные болты, изготовленные в виде прямых гладких стержней.

После отверждения акрилового клея осуществляют проектную затяжку болтов в соответствии с требованиями СНиП Ш.Г.10.8-65.П.3.11.

*Схема 2.* Если образование скважины через опорную часть оборудования невозможно, болты устанавливают по указанной выше технологии, а места их расположения на готовых фундаментах определяют общепринятыми методами геодезической разбивки.

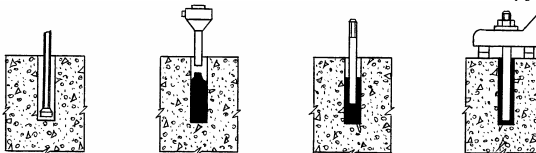
**Схема I.** Установка болтов после монтажа технологического оборудования



Описание технологической схемы:

1. Монтаж технологического оборудования;
2. Бурение скважины;
3. Заливка клея;
4. Установка болтов в скважины;
5. Затяжка болтов

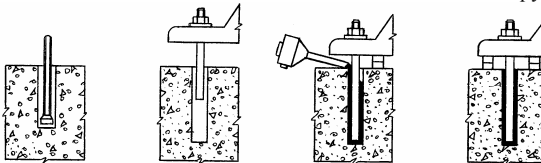
**Схема II.** Установка болтов до монтажа технологического оборудования



Описание технологической схемы:

1. Бурение скважин;
2. Заливка клея в скважины;
3. Установка болтов в скважины;
4. Монтаж оборудования и затяжка болтов

**Схема III.** Установка болтов с монтажом технологического оборудования



Описание технологической схемы:

1. Бурение скважины;
2. Монтаж оборудования;
3. Заливка клея в скважины;
4. Затяжка болтов

Технологические схемы установки анкерных болтов на клеях

После отверждения акрилового клея производят монтаж оборудования и затяжку болтов.

*Схема 3.* После образования скважин в бетоне монтируют и выверяют оборудование, затем через отверстия в опорных частях оборудования заводят болты и устанавливают в скважинах, после чего в скважину вводят акриловый клей.

Разработанные технологические схемы крепления оборудования анкерными болтами на акриловых клеях позволяют более рационально

решать указанные вопросы. При этом значительно экономятся материальные ресурсы и трудовые затраты. В дальнейшем необходимо определить рациональные методы отдельных операций технологии крепления оборудования, а также решить ряд организационных вопросов.

1. Шутенко Л.М. Кріплення технологічного обладнання і металевих конструкцій до фундаментів та безпека праці / Л.М. Шутенко, М.С. Золотов, Я.О. Серіков, С.М. Золотов: монографія. – Х.: ХНАМГ, 2008. – 284 с.

2. Болты фундаментные. Общие технические условия. Конструкция и размеры: ГОСТ 24379-80\*.

3. Золотов М.С. Опыт использования акриловых клеев для соединения строительных конструкций / М.С. Золотов, В.А. Скляр, С.М. Золотов, А.О. Гарбуз // Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства: материалы III межд. науч.-техн. интернет-конф. – Х.: ХНАГХ, 2012. – С. 15-20.

4. Шутенко Л.Н. Крепление башенных сооружений к фундаментам анкерными болтами и арматурными стержнями на акриловых клеях / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов // Будівельні конструкції будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Мажівка: ДонДАБА, 2001. – Вип. 5. – С. 176-178.

5. 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. – Днепропетровск: ПДАБА, 2004. – С. 192-196.

6. Золотов С.М. Акриловые клеи для крепления анкерами башенных сооружений / С.М. Золотов // Будівельні конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Мажівка: ДонДАБА, 2001. – Вип. 5. – С. 179-182.

7. Золотов С.М. Влияние модификаторов на адгезионные свойства акриловых клеев / С.М. Золотов // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне: УДУВГП, 2003. – Вип. 9. – С. 54-60.

8. Золотов С.М. Акриловые клеи для усиления, восстановления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций / С.М. Золотов // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2003. – Вип. 59. – С. 440-447.

9. Zolotov S. Adhesive on the Basis of Acrylic Compound to Join Concrete and Reinforced Concrete Elements // Science, Education and Society: 11 International Scientific Conference University of Zilina. Slovak Republic, part I, 2003. – P. 323-325.

10. Золотов С.М. Влияние различных факторов на адгезионные свойства и прочность акриловых клеев / С.М. Золотов // Вісник державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішнєрекламсервіс, 2009. – Вип. 33. – С. 218-224.

11. Золотов С.М. Влияние состава компаунда акрилового клея на его адгезионные свойства / С.М. Золотов, Е.С. Скрипник // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2010. – Вип. 95. – С. 445-450.

12. Золотов С.М. Технологические свойства акриловых клеев / С.М. Золотов // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – Днепропетровск: ПГАСА, 2010. – Вип. 56. – С. 183-187.

13. Молодченко Г.А. Кратковременная прочность анкерных болтов на модифицированных акриловых клеях / Г.А. Молодченко, В.А. Скляр // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2000. – Вип. 25. – С. 103-111.

14. Молодченко Г.А. Длительная прочность анкерных болтов на модифицированных акриловых клеях / Г.А. Молодченко, В.А. Скляр // Ресурсозберігаючі матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне, 2000. – Вип. 5. – С. 75-81.

*Получено 29.10.2013*