

Технология анкерного крепления к бетону и каменной кладке

Вячеслав Сергеевич СЕМЕНОВ, кандидат технических наук, зав. кафедрой строительных материалов и материаловедения, e-mail: SemenovVS@mgsu.ru

Александр Юрьевич ГУБСКИЙ, аспирант, e-mail: aleksander.gubskiy@bk.ru

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), 129337 Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация. Немаловажную роль в современном строительстве играют крепежные изделия. К их числу относятся и постустановленные анкеры, размещаемые в просверленные в готовой конструкции отверстия и служащие для закрепления строительных материалов, изделий, конструкций и оборудования. Зачастую они используются как альтернативное решение применению закладных деталей. Рассмотрены преимущества и недостатки анкеров как с точки зрения расчета, проектирования, так и монтажа. Приведена классификация анкеров. Показано, что химические (клеевые) анкеры, представляющие собой систему из клеевого состава и стального элемента, весьма перспективны. Данный тип крепежа обладает наибольшей гибкостью проектных решений. Установлено, что химические анкеры имеют более сложный набор эксплуатационных параметров по сравнению с механическими. С учетом этого в статье также приводится обзор разработанной в последние годы нормативной документации в области лабораторных испытаний, расчета и проектирования анкерного крепежа, в частности анализ особенностей клеевых анкеров и их основных свойств. Существенное влияние на несущую способность анкеров оказывают температурный режим эксплуатации, способ сверления отверстия, тип вклеиваемого элемента, минимально допустимая температура установки и др. Проанализированы особенности состава и свойств медленнотвердеющих химических анкеров. Отмечено, что весьма перспективной и актуальной для нашей страны областью исследований могут стать «зимние» клеевые составы с низкой температурой установки, эксплуатации и высокими темпами набора прочности при отрицательных температурах.

Ключевые слова: анкер, типы анкеров (постустановленный, химический, клеевой, механический), анкеровка, анкеры в бетоне и в кирпичной кладке.

TECHNOLOGY OF ANCHORING TO CONCRETE AND STONE MASONRY

Vyacheslav S. SEMENOV, e-mail: SemenovVS@mgsu.ru

Aleksander Yu. GUBSKIY, e-mail: aleksander.gubskiy@bk.ru

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavskoe shosse, 26, Moscow 129337, Russian Federation

Abstract. Fasteners play an important role in modern construction. These include post-installed anchors, which are installed in a hole drilled in the finished structure and used to fasten building materials, products, structures and equipment. They are often used as an alternative solution to the use of embedded parts. Advantages and disadvantages of anchors are revealed both from the point of view of calculation and design, and installation. Classification of anchors is presented. It is shown that chemical (adhesive) anchors, which are a system of adhesive composition and a steel element, are very promising. This type of fastener has the greatest flexibility of design solutions. It is established that chemical anchors have a more complex set of operational parameters in comparison with mechanical ones. With this in mind, the article also reviews the regulatory documentation developed in recent years in the field of laboratory testing, calculation and design of anchor fasteners, in particular, the analysis of the features of adhesive anchors and their main properties. The bearing capacity is significantly affected by the operating temperature, the method of drilling the hole, the type of element to be glued, the minimum permissible installation temperature, etc. The features of the composition and properties of slow- and fast-hardening chemical anchors are analyzed. It is noted that "winter" adhesive compositions with low installation and operation temperatures and high rates of strength gain at negative temperatures can become a very promising and relevant field of research for our country.

Key word: anchor, main types of anchors: post-installed, chemical, bonded, mechanical, anchorage, anchors in concrete, anchors in brick masonry.

Введение

Крепежные изделия в современном строительстве имеют немаловажное значение. Они применяются практически повсеместно для закрепления строительных конструкций, материалов и обо-

рудования — начиная от декоративных изделий, отделочных и облицовочных материалов, заканчивая несущими стальными и железобетонными конструкциями зданий и сооружений.

К таким крепежным изделиям

относятся постустановленные анкеры, которые монтируются в отверстие, просверленное «по месту» в готовой строительной конструкции. Один из типов анкерной продукции — распорный анкер — приведен на *рис. 1*. После

монтажа анкер передает нагрузку с закрепляемого элемента на материал основания. На строительном рынке анкеры представлены в очень широком ассортименте. При этом каждый из них обладает своим уникальным набором технических параметров, которые определяют их область применения и конкурентные преимущества как продуктов, так и различных технологий. В частности, одна из распространенных традиционных технологий, конкурирующая с технологией анкерного крепления, — технология применения закладных деталей, которые монтируются на стальной каркас железобетонной конструкции до ее бетонирования согласно МДС 31-4.2000 «Пособие по проектированию анкерных болтов для крепления строительных конструкций и оборудования (к СНиП 2.09.03)».

Цель данной статьи — анализ основных типов анкеров, применяемых в строительстве, их классификация, изучение области применения и основных преимуществ перед другими технологиями, а также анализ порядка установления и подтверждения нормируемых параметров анкеров в соответствии с требованиями законодательства.

Область применения и преимущества анкеров

По сравнению с закладными деталями анкеры имеют ряд преимуществ при выполнении расчета, проектирования и монтажа. Следует отметить:

- гибкость проектного решения, возможность установки анкеров вблизи края основания, в тонкие плиты, варьирование глубины установки, проведения работы как внутри, так и снаружи помещения, в том числе в зимних условиях при отрицательных температурах основания;
- возможность производить расчет несущей способности группы



Рис. 1. Распорный анкер для крепления стальной конструкции

анкеров в зависимости от фактических условий проекта: направления, величины и характера приложенной нагрузки, количества анкеров в группе, фактических краевых и межосевых расстояний, характеристик основания (материал, прочность материала основания, в случае бетонного основания — наличие трещин и т. п.), температуры эксплуатации, способа сверления отверстия для монтажа анкера и других параметров;

- проведение работ по монтажу анкеров «по месту», без привязки к конкретной точке в плане здания, что, с одной стороны, в ряде проектов снижает затраты на детальное проектирование узлов крепления (нет необходимости привязки к арматурному каркасу железобетонной конструкции, как в случае закладных деталей), а с другой — позволяет снизить риск несоответствия проектного положения закладных деталей с фактическим расположением закрепляемых конструкций (например, в случае смещения с проектного положения закладных деталей при бетонировании конструкций) [1].

Кроме того, стоит отметить, что в некоторых случаях применение закладных деталей становится невыгодным (или даже невозможным) и технически, и экономически. Например, для задач, связанных с реконструкцией или перепланировкой помещений здания, закладные детали не могут быть применены по причине

того, что строительные конструкции уже возведены. При возведении железобетонных конструкций зданий и сооружений в случае ошибок при монтаже арматурных каркасов использование химических анкеров для вклейки арматурных выпусков или элементов усиления часто становится наиболее целесообразной технологией [2]. Еще одним примером может служить возведение навесной фасадной системы, в которой крепление несущих кронштейнов с учетом допусков и отклонений при монтаже несущих конструкций производится по месту как в железобетонные, так и в каменные ограждающие конструкции (в частности, в ячеистый бетон). Закладные детали в эти конструкции предусмотреть проблематично.

Классификация анкеров

Для решения каждого из указанных случаев требуется продукт, обладающий соответствующим набором технических характеристик. В связи с этим анкеры имеют сложную классификацию. Они различаются: по принципу крепления в строительном основании; по виду материалов составных частей анкера, контактирующих со строительным основанием; по способам установки анкера в проектное положение и контроля фиксации в проектное положение и другим признакам. Общая классификация анкеров представлена в ГОСТ Р 57787—2017 «Крепления анкерные для строительства. Термины и определения. Классификация». Основные типы анкеров и обозначения их установочных параметров показаны на *рис. 2*.

По принципу крепления в строительном основании можно различать механические и химические (клеевые) анкеры.

Механические анкеры удерживаются в строительном основании по механическому принци-

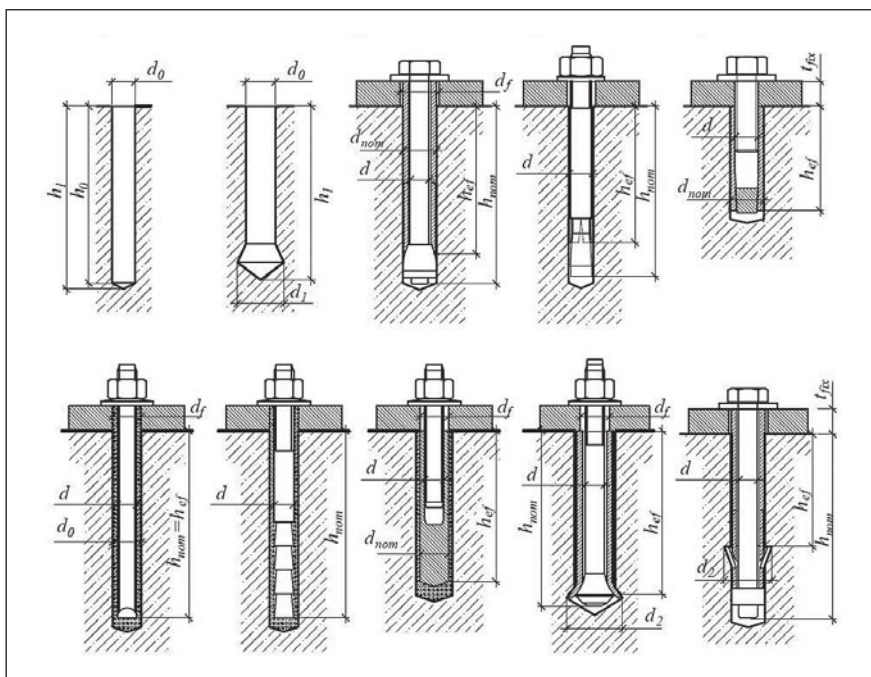


Рис. 2. Основные типы анкеров и обозначения в соответствии с методическим пособием к СП 63.13330 по расчету анкеров

пу действия, т. е. за счет трения или упора, возникающего между составными частями анкера и строительным основанием.

Различаются следующие виды механических анкеров:

- распорные анкеры — удерживаются в основании в результате трения, возникающего между распорной втулкой (или гильзой анкера) при его монтаже;
- винтовые анкеры-шурупы — закручиваются в просверленное в основании отверстие и нарезают в нем резьбу;
- забивные анкеры-втулки — расклиниваются при монтаже и, аналогично распорным анкерам, удерживаются в основании за счет возникающего трения на боковой поверхности гильзы;
- анкеры с пластиковым дюбелем и др.

Химические (клеевые) анкеры представляют собой систему из клевого состава, как правило, двухкомпонентного (связующее и отвердитель), который используется для клейки стальных элементов (резьбовая шпилька, арматура периодического профи-

ля, втулка с внутренней резьбой, элементы усиления и т. д.). По сравнению с механическими химические анкеры имеют более сложный набор эксплуатационных параметров и по этой причине у каждого клевого состава свои особенности и область применения, регламентированные производителем. Например, сцепление с бетоном, даже для одного типа клевого состава, различается в зависимости: от температурного режима эксплуатации (чем выше температура эксплуатации, тем ниже сцепление клевого состава с бетоном); от способа сверления отверстия (некоторые химические анкеры могут быть использованы только в отверстиях, пробуренных перфоратором, другие — в отверстиях, просверленных алмазной коронкой), от типа вклеиваемого элемента (сцепление клевого состава выше при применении резьбовых шпилек и ниже при использовании арматуры периодического профиля); от состояния бетона основания в зоне установки анкера (бетон может

иметь различный класс прочности, в том числе быть с трещинами или без них). Более того, у всех химических анкеров имеются различия в температурных режимах эксплуатации, минимально допустимой температуре установки и других параметрах.

Следует отметить, что практически все производители имеют свои «ноу-хау» в области анкерного крепежа, поэтому технология анкерного крепления не ограничивается только одним продуктом, а включает в себя также набор различных принадлежностей и аксессуаров для обеспечения корректного монтажа анкера: в частности, для бурения отверстия, инъектирования клевого состава или монтажа механического анкера в отверстие, затяжки анкера до требуемого момента и других технологических операций. Все это напрямую влияет на надежность и безопасность анкерного крепления.

Особенности технического регулирования и испытаний

Исходя из обилия различных технических решений в области анкерного крепежа немаловажное значение приобретают вопросы нормирования технических параметров данных изделий и подтверждения пригодности этой продукции для применения в строительстве.

Современные анкеры относятся к «новой» продукции, для подтверждения качества и пригодности которой для применения в строительстве существует процедура подтверждения пригодности в установленном законодательством порядке согласно постановлению правительства РФ от 21.12.1997 г. № 1636 «О правилах подтверждения пригодности новых материалов, изделий, конструкций и технологий для применения в строительстве». Результатом подтверждения пригодности будет Техническое свидетельство,

которое разрабатывается, в том числе с учетом результатов испытаний новой продукции на соответствие условиям строительства.

С точки зрения технических параметров анкеров, также стоит отметить, что, помимо несущей способности анкера, значительную роль играют и другие его технические характеристики, а именно:

- *геометрические параметры для проектирования* — минимально допустимое краевое и межосевое расстояния (от оси анкера до края строительного основания и между осями соседних анкеров соответственно), минимальная толщина основания;
- *параметры для расчета и проектирования* — нормативные значения сопротивления анкера по различным механизмам разрушения (например, по стали анкера, контакту анкера с основанием, сцеплению клеевого состава с бетоном основания), коэффициенты условий работы анкера (коэффициенты запаса, учитывающие восприимчивость анкеров к условиям монтажа);
- *установочные параметры* — минимальная температура установки клеевого анкера (температура основания, при которой может вестись монтаж анкера), время твердения и полного набора прочности клеевого состава, требуемый момент затяжки анкера (с помощью динамометрического ключа на завершающем этапе монтажа анкера) и др.

Для определения указанных технических характеристик продукции уже были разработаны и опубликованы стандартные методики лабораторных испытаний анкеров в соответствии с ГОСТ Р 56731—2015 «Анкеры механические для крепления в бетоне. Методы испытаний», ГОСТ Р 58387—2019 «Анкеры клеевые для крепления в бетон. Методы испытаний», ГОСТ Р 58430—2019 «Анкеры механические и клеевые для

крепления в бетоне в сейсмических районах. Методы испытаний» и др. Они распространяются на испытания в условиях как статических, так и сейсмических нагрузок. Более того, уже разработана специальная методика испытаний для подтверждения идентичности механических характеристик арматурных выпусков, которые установлены в бетон на клеевом составе, арматурным выпускам, установленным в бетон до бетонирования. Таким образом, факт развития нормативной базы свидетельствует о повышенном интересе российского научного сообщества к данной продукции [3, 4]. Как показывает анализ зарубежной литературы, ежегодно появляются новые методики испытаний. В их числе испытания анкеров при действии постоянных динамических (усталостных) нагрузок, действие которых может продолжаться миллионы циклов [5]. Изучение тематики анкерного крепежа также продолжается и по другим направлениям. В частности, ряд статей посвящен анализу технических характеристик анкеров в разных строительных основаниях с использованием разных типов клеиваемых элементов и при различных условиях эксплуатации [6—10].

Нормирование параметров клеевых анкеров

С точки зрения нормирования технических параметров большой интерес представляют именно химические анкеры, поскольку, с одной стороны, данный тип крепежа обладает наибольшей гибкостью проектных решений, с другой — принцип действия клеевых анкеров и взаимосвязь их технических параметров между собой кажутся менее очевидными по сравнению с механическими анкерами. Для того чтобы в этом убедиться, дополнительно стоит рассмотреть специфику монтажа клеевых анкеров и при-

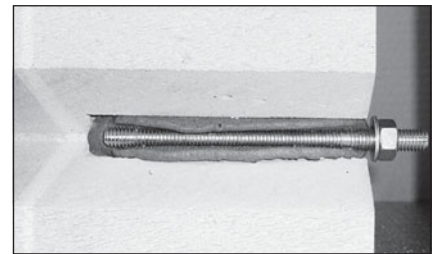


Рис. 3. Химический анкер в блоке ячеистого бетона

мерный набор параметров, который должен быть присущ применяемому клеевому составу.

Как уже отмечалось ранее, клеевой состав химического анкера, как правило, представляет собой двухкомпонентную клеевую смесь, посредством которой клеиваемый элемент фиксируется в основании и передает на него нагрузки. Пример химического анкера, вмонтированного в блок из ячеистого бетона, дан на рис. 3. При инъектировании клеевого анкера в отверстие и установке клеиваемого элемента важно, чтобы кольцевой зазор между клеиваемым элементом и стенками отверстия был заполнен по всей их площади, а также были бы заполнены все микротрещины, имеющиеся в основании, и элемент был надежно зафиксирован. Для этого клеевой состав должен обладать высокой подвижностью и текучестью. В то же время клеевой состав должен иметь достаточно быстрое время набора прочности, чтобы избежать простоя при выполнении монтажных работ. Однако в процессе набора прочности клеевой состав не должен иметь усадку, чтобы не рас трескаться и не потерять сцепления со стенками отверстия.

Поскольку химические анкеры могут использоваться как внутри помещений, так и на открытом воздухе, клеевой состав вместе с вышеперечисленными характеристиками также должен иметь высокую долговечность, устойчивость к атмосферным воздействиям, переменному перепаду

температур. Более того, он должен твердеть и набирать заданную прочность при любой температуре окружающей среды, которую заявил производитель. В добавление к указанному затвердевший клеевой состав должен обладать высокой механической прочностью и малой деформативностью, чтобы избежать избыточных перемещений или «вытягивания» анкера под нагрузкой, вне зависимости от условий применения.

Рецептура и технология производства каждого клеевого состава как правило не публикуется в открытом доступе. Однако часто в документации производителей приводится принципиальное описание продукции, ориентируясь на которое, можно разделить клеевые составы на две крупные группы и выделить их следующие особенности

Медленнотвердеющие клеевые составы на основе эпоксидной смолы могут дополнительно содержать различные добавки, отвердитель, а также неорганический наполнитель. Их позиционируют производители как клеевые составы для высоких/средних нагрузок и ответственных креплений. Они применяются преимущественно для крепления в бетонных и железобетонных конструкциях, имеют высокую адгезию к материалу основания, благодаря чему многие из них могут быть использованы для вклейки в отверстия, пробуренные как перфоратором, так и установкой алмазного бурения.

Кроме того, характеризуются длительным временем набора прочности, особенно в условиях пониженных температур, и высокой восприимчивостью к температуре установки и условиям эксплуатации. Для ряда таких клеевых составов максимально допустимая кратковременная температура эксплуатации не более 72 °С. Минимально допустимая

температура установки составляет в среднем от –5 до 5 °С. Однако время полного набора прочности при минимальной температуре основания может достигать 100 ч и более. Таким образом, их применение нерационально при низких температурах основания, в том числе и при производстве работ в зимних условиях.

Тем не менее, учитывая высокую адгезию клеевого состава с бетоном и длительное время набора прочности, данные составы действительно могут найти широкое применение при вклейке арматуры в железобетонные конструкции на большую глубину или вклейке резьбовых шпилек, включая большой диаметр, для анкерных креплений, усиления строительных конструкций и других задач. Несущая способность таких узлов крепления в любом случае должна быть подтверждена расчетом.

Быстротвердеющие клеевые составы на основе метакрилатов, полиэстера, винилэстера, стирола и т. д., помимо основного компонента, могут содержать неорганические наполнители, портландцемент и прочие добавки. Они представлены в разных вариациях в широком ассортименте и в зависимости от типа и марки позиционируются производителями как клеевые составы для высоких/средних/низких нагрузок для ответственных и неответственных креплений. В том числе многие из них могут использоваться для различных материалов основания. Существуют клеевые составы для бетона, кирпичной кладки, кладки из легкого бетона и других материалов. Они характеризуются быстрым набором прочности, время которого также зависит от температуры основания, но, как правило, составляет всего несколько часов. При положительной температуре оно может быть менее

1 ч. Стоит также отметить, что время застывания клеевого состава для температуры выше 20 °С может быть всего 3–5 мин. Это может создать сложности при монтаже анкеров большого диаметра, а также при вклейке анкеров на большую глубину – теоретически в таких случаях клеевой состав может затвердеть в отверстии уже во время его инъектирования. Кроме того, они менее восприимчивы к температурному режиму эксплуатации, отдельные типы клеевых составов имеют ограничение по максимальной температуре эксплуатации до 120 и даже до 160 °С.

Минимальная температура установки быстротвердеющих клеевых составов может достигать до –20 °С и ниже. Таким образом, в группе быстротвердеющих клеевых составов можно выделить подгруппу «зимних» клеевых составов, которые представляют дополнительный интерес. Такие составы найдутся в портфолио практически каждого производителя. Они отличаются низким значением минимально допустимой температуры установки, набирают полную проектную прочность после твердения при заявленной температуре. Наряду с этим анализ документации, имеющейся в открытом доступе, позволяет отметить следующее:

- наиболее низкое значение минимально допустимой температуры установки клеевых анкеров составляет –30 °С. При этом данный тип клеевого состава применим только с резьбовыми шпильками и не подходит для арматуры периодического профиля;
- температурный режим эксплуатации практически всех клеевых анкеров ограничен нижним порогом в –40 °С, что может свидетельствовать о стандартном ограничении, заложенном в саму методику испытаний и оценки результатов испытаний таких составов. У отдельных клеевых анкер-

ров имеются подтверждения о температурном режиме эксплуатации до -60°C . Тем не менее в ряде российских регионов в зимнее время температура может опускаться и ниже указанных значений, что подтверждает СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология».

Таким образом, вопрос разработки и использования клеевых составов для производства работ в зимних условиях на территории нашей страны может быть инте-

ресен для дальнейшего изучения и развития.

Вывод

Анкерная продукция очень разнообразная и многогранная как с точки зрения видов самих анкеров и принципов их действия, так и методик лабораторных испытаний и определения технических характеристик продуктов. Каждый анкер имеет свой уникальный набор технических параметров, которые определяют

наиболее рациональные области его применения, а также преимущества или недостатки по сравнению с другими продуктами и технологиями, используемыми в строительстве. Разработанная отечественная система нормирования технических параметров данной продукции, стандарты для ее расчета и проектирования в свою очередь позволяют обеспечить надежность и безопасность внедрения этой продукции в строительство.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Болгов А. Н., Иванов С. И., Кузеванов Д. В. Развитие нормативной базы в области анкерных креплений в России. Аспекты импортозамещения // Строительная орбита. 2016. № 4. С. 44–45.
1. Bolgov A. N., Ivanov S. I., Kuzevanov D. V. Development of the regulatory framework in the field of anchoring in Russia. Aspects of import substitutions. *Stroitel'naja orbita*, 2016, no. 4, pp. 44–45. (In Russian).
2. Ершов М. Н., Мушкин А. В. Технология усиления плит перекрытий от продавливания с использованием вклейки поперечных арматурных стержней Hilti HZA-P // Техника и технология строительства. 2013. № 2(3). С. 29–35.
2. Ershov M. N., Mushkin A. V. Design method for post-installed punching shear reinforcement with Hilti tension anchors HZA-P. *Tehnika i tehnologija stroitel'stva*, 2013, no. 2(3), pp. 29–35. (In Russian).
3. Иванов С. И., Смотров В. А. Опыт лабораторных испытаний анкерного крепления в бетоне // Технологии бетонов. 2016. № 5-6. С. 27–29.
3. Ivanov S. I., Smotrov V. A. Experience in laboratory testing of anchorage in concrete. *Tehnologii betonov*, 2016, no. 5-6, pp. 27–29. (In Russian).
4. Иванов С. И., Кузеванов Д. В., Болгов А. Н. К расчету анкерных креплений, устанавливаемых в готовое основание // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 6. С. 45–49.
4. Ivanov S. I., Kuzevanov D. V., Bolgov A. N. To the calculation of anchorages installed in finished base. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2018, no. 6, pp. 45–49. (In Russian).
5. EAD 330250-00-0601. *Post-installed fasteners in concrete under fatigue cyclic loading* [Постустановленные крепежные изделия в бетоне при действии усталостных нагрузок].
6. Richardson A. E., Dawson S., Campbell L., Moore G., Mc Kenzie C. Temperature related pull-out performance of chemical anchors bolts in fibre concrete [Прочностные характеристики анкерных болтов на вырыв из фибробетона в зависимости от температуры]. *Construction and Building Materials*, 30 January 2019, vol. 196, pp. 478–484.
7. Tayeh Bassam A., Zeyad M. EL dada, Shihada Samir, Moruf O. Yusuf. Pull-out behavior of post installed rebar connections using chemical adhesives and cement based binders [Прочностные характеристики вклеенных арматурных стержней на вырыв с применением химических анкеров и клеевых составов на основе цемента]. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*, October 2019, vol. 31, iss. 4, pp. 332–339.
8. González F., Fernández J., Agranati G., Villanueva P. Influence of construction conditions on strength of post installed bonded anchors [Влияние условий строительства на прочностные характеристики химических анкеров]. *Construction and Building Materials*, March 2018, vol. 165, 20, pp. 272–283.
9. Dudek D., Kadela M. Pull-out strength of resin anchors in non-cracked and cracked concrete and masonry substrates [Прочностные характеристики на вырыв химических анкеров в бетоне с трещинами и без трещин и в каменной кладке]. *Procedia Engineering*, 2016, vol. 161, pp. 864–867.
10. Available at: <https://kladembeton.ru/montazh/krepezh/himicheskie-ankera-dlya-betona.html> (accessed 06.09.2020)

Для цитирования: Семенов В. С., Губский А. Ю. Технология анкерного крепления к бетону и каменной кладке // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 9. С. 48–53. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.09.48-53.

For citation: Semenov V. S., Gubskiy A. Yu. Technology of post-installed anchors in concrete and masonry. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2020, no. 9, pp. 48–53. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2020.09.48-53. ■