



УДК 692.97

О. Б. КОНДРАШКИН, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой технологии строительства; **Е. А. КРИВОШАПКИНА**, студент; **И. Н. ХРЯПЧЕНКОВА**, канд. техн. наук, проф. кафедры технологии строительства

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ АНКЕРОВ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-17-74; эл. почта: tsp@nngasu.ru

Ключевые слова: большепролетные конструкции, технология, монтаж.

В статье обосновано применение химических анкеров в строительных конструкциях. Выполнен анализ сравнительной эффективности химических анкеров и традиционных фундаментных болтов, рассмотрено влияние физико-механических свойств основания, температурно-влажностного режима и типа внедряемого материала на показатели надежности, долговечности и приведенных затрат на единицу несущей способности крепежного узла.

Введение

Современные тенденции в строительстве и реконструкции характеризуются возрастающей потребностью в надежном креплении несущих конструкций, технологического оборудования и инженерных систем к бетонным и каменным основаниям в стесненных условиях и при ограниченной несущей способности материала [1]. Несмотря на значительный прогресс в области анкерных технологий, вопросы технико-экономического обоснования выбора между химическими анкерами и традиционными фундаментными болтами остаются недостаточно проработанными. Существующие методики проектирования часто не учитывают совокупность эксплуатационных факторов (характер нагрузок, температурно-влажностный режим, состояние основания), что приводит к снижению надежности либо к неоправданному удорожанию крепежных узлов. Данная работа посвящена сравнительному анализу технико-экономической эффективности применения химических анкеров и фундаментных болтов [2–10].

Цель исследования – сравнительный анализ экономической эффективности и технической целесообразности использования химических анкеров относительно традиционных фундаментных болтов.

Задачи исследования:

1. Выполнить сравнительный анализ технических параметров химических анкеров и традиционных фундаментных болтов, включая глубину заделки, требования к краевым и межосевым расстояниям, а также возможность работы в трещиноватом и слабом бетоне.
2. Провести расчет прямых затрат на монтаж узлов с учетом стоимости материалов, трудозатрат, очистки отверстий, установки и инъекции состава.
3. Оценить трудоемкость и стоимость геодезического сопровождения при установке фундаментных болтов (с изготовлением шаблона, выверкой и



контролем при бетонировании) и химических анкеров (с однократной разметкой отверстий), а также определить риск и последствия ошибок позиционирования.

4. Сформулировать рекомендации по области применения химических анкеров на основе технико-экономического обоснования, учитывающего факторы реконструкции, вибрационных нагрузок, стесненных условий, температурно-влажностных ограничений и требуемой надежности крепления.

Сравнительная характеристика фундаментных болтов и химических анкеров

В современном строительстве для фиксации оборудования, колонн и машин на бетонных фундаментах применяются два основных подхода: традиционные фундаментные болты и химические анкеры (табл. 1). Последние, активно набирающие популярность с 2000-х годов после появления на рынке таких составов, как *HIT-RE 500* (компания *Hilti*), позволяют пересмотреть устоявшиеся технологические решения.

Преимущества и недостатки фундаментных болтов

Преимущества:

1. Низкая стоимость материалов.
2. Неограниченный срок хранения.

Недостатки:

1. Необходимость точной установки до бетонирования.
2. Невозможность монтажа в существующий фундамент без штрабления.
3. Большая глубина заделки (15–25 диаметров) [5].
4. Высокая трудоемкость при ошибках в позиционировании.
5. Вероятность разрушения бетонного основания по краям крепления.
6. Потеря несущей способности в трещиноватом бетоне.

В последние десятилетия все чаще применяются химические анкеры – системы на основе эпоксидных, винилэфирных или полиуретановых составов. В отличие от фундаментных болтов, они обеспечивают соединение по всей длине штыря и не создают распорных напряжений в бетоне.

Преимущества и недостатки химического анкера

Преимущества:

1. Не создает распорных напряжений и эффективно работает даже в потрескавшемся бетоне (в т. ч. с раскрытием трещин), низкопрочных материалах (пенобетон, газобетон), пустотелых конструкциях, водонаполненных отверстиях [3, 4].

2. Высокая несущая способность – химический анкер распределяет нагрузку равномерно по всей длине заделки, а не концентрирует ее в точке расширения. И как результат – более высокая прочность на вырыв (на 30–60 % по сравнению с механическими анкерами), а также эффективная работа при сейсмических и динамических нагрузках (вибрациях) [1].

3. Применение химических анкеров позволяет эффективно работать в стесненных условиях за счет меньших краевых и межосевых расстояний (рис. 1) [3, 4].

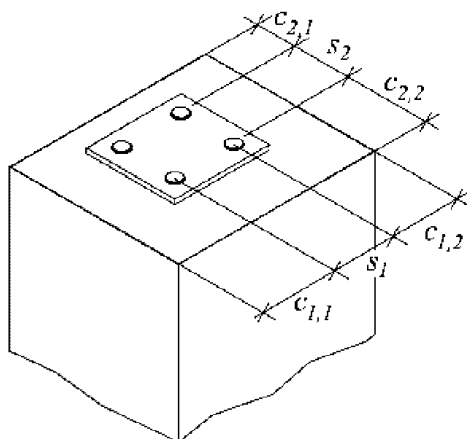


Рис. 1. Схема расположения анкеров в стесненных условиях

4. Рационален для реконструкции и монтажа в существующие конструкции [4].

5. Коррозионная стойкость. Полимерный состав полностью изолирует металлический стержень от агрессивной среды (отсутствие контакта с влагой и химикатами; встроенная защита от коррозии без дополнительных обработок).

6. Универсальность по материалам основания. Химические анкеры работают не только с бетоном, но и с натуральным и искусственным камнем, твердыми скальными породами, деревом, кирпичной кладкой [4].

Недостатки:

1. Высокая стоимость материалов.

2. Зависимость от качества подготовки отверстия. Требуется идеальной очистки от пыли – продувка, чистка ершиком, повторная продувка. При нарушении технологии адгезия резко падает, вплоть до полной потери несущей способности.

3. Зависимость от погодных и температурных условий:

– При отрицательных температурах требуются специальные «зимние» составы;

– Некоторые составы не работают в водонаполненных отверстиях;

– Время отверждения зависит от окружающей среды.

4. Химические составы имеют ограниченный срок хранения. Использование материала с истекшим сроком годности приводит к снижению адгезионной способности и не гарантирует проектную несущую способность анкерного соединения, что делает его непригодным к применению.

5. Химическая безопасность. Многие составы содержат стирол и другие летучие вещества, поэтому они требуют работы в проветриваемом помещении, использования перчаток и респираторов, тщательной гигиены после работы.



Таблица 1

Сравнение по ключевым параметрам

Параметр	Фундаментный болт	Химический анкер
Принцип работы	Механическое расширение, трение, зацепление	Химическая адгезия + механическое сцепление клея с бетоном
Наличие распора	Есть (создает напряжения в бетоне)	Нет (не создает напряжений)
Глубина заделки	15–25 диаметров болта (значительная)	Может быть меньше при той же несущей способности
Краевые расстояния	4 диаметра болта	1,7–4 диаметра болта
Межосевые расстояния	6 диаметров болта	1,7–4 диаметра болта
Нагрузка на вырыв	Ограничена прочностью бетона на растяжение	Высокая (за счет равномерного распределения по длине)
Работа в бетоне с трещинами	Неэффективен – трещина снимает распорное усилие	Эффективен – клей заполняет трещины и работает
Работа в растянутой зоне бетона	Недопустима (зона с трещинами)	Допустима
Установка в водонаполненных отверстиях	Невозможна	Возможна (для эпоксидных составов)
Установка в слабых основаниях (газобетон, пустотелый кирпич)	Неприменима (распор разрушит материал)	Применима (клей укрепляет стенки отверстия)
Время до приложения нагрузки	28 суток (набор прочности бетоном)	24 часа (полимеризация при +20°C, готовый фундамент)
Возможность монтажа в готовый фундамент	Ограничена (требует специальных типов болтов)	Да (основное применение)
Точность позиционирования	Более низкая (болты заливаются в бетон)	Более высокая (отверстие бурится точно в нужном месте)
Стоимость 1 узла	Более низкая (только металл)	Более высокая (металл + дорогой клеевой состав)

На основе исходных данных, представленных в табл. 2, выполнен расчет прямых затрат для фундаментного болта типа 1 (представлен на рис. 1а, 2) и химического анкера (представлен на рис. 1б, 3).

Результаты сравнения на 1 и 100 узлов крепления представлены в табл. 3.



Рис. 1. Анкеры: а – фундаментный болт типа 1, б – химический анкер

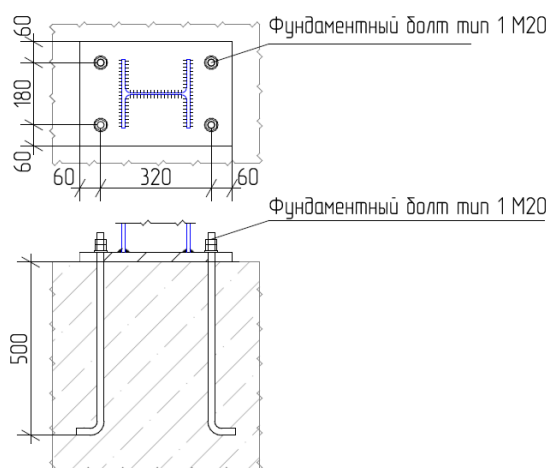


Рис. 2. Крепление базы колонны к бетонному основанию на фундаментные болты

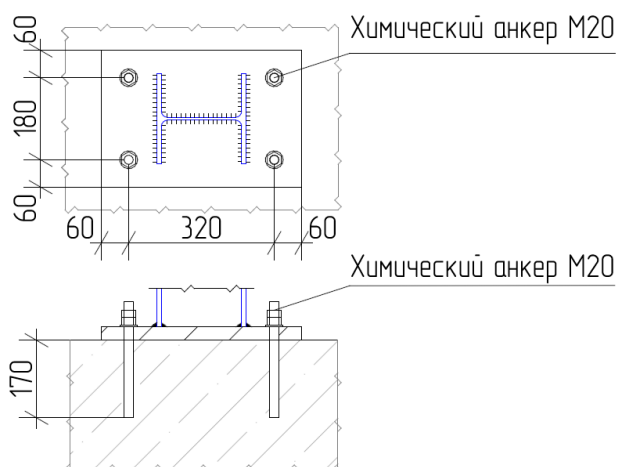


Рис. 3. Крепление базы колонны к бетонному основанию на химические анкера



Таблица 2

Технические параметры

Параметр	Фундаментный болт (тип 1)	Химический анкер
Глубина заделки, мм	500	170
Диаметр отверстия, мм	–	22 (под стержень 20)
Требование к армированию бетона	высокое (конструктивное)	низкое
Возможность установки в стесненных условиях	нет	да
Время готовности к нагрузке	28 суток (твердение бетона)	24 часа (полимеризация)

Таблица 3

Сопоставление затрат на 1 и 100 узлов крепления

Статья затрат	на 1 узел		на 100 узлов	
	Фундаментный болт	Химический анкер	Фундаментный болт	Химический анкер
Материал болта/стержня	236 руб.	200 руб.	23600 руб.	20000 руб.
Химический состав на кол-во узлов	–	637 руб.	–	70000 руб.
Бурение отверстия (1 норм. час.)	0,08 чел./час	0,08 чел./час	0,08 чел./час	0,08 чел./час
Установка болта в опалубке	0,5 чел./час	–	0,5 чел./час	–
Бурение и очистка + инъекция	–	0,25 чел./час	–	0,25 чел./час
Стоимость (1 норм. час.)	750 руб.	750 руб.	750 руб.	750 руб.

Затраты на геодезические работы

При монтаже оборудования на фундаментные болты используется классическая схема:

1. Изготовление и установка шаблона (кондуктора) – геодезист выносит оси, проверяет положение каждого болта в плане, контролирует высотные отметки.
2. Фиксация болтов в теле бетона – геодезическое сопровождение на всех этапах армирования и бетонирования.
3. Промежуточный контроль – после заливки бетона болты могут сместиться, требуется повторная проверка.
4. Приемка – после набора прочности геодезист проверяет фактическое положение болтов.

Существенным недостатком технологии является отсутствие возможности корректировки положения замоноличенного болта. Смещение элемента на 5–10 мм от проектных осей приводит к невозможности монтажа конструкции. Устранение такого дефекта реализуется исключительно путем локального



вскрытия бетона (штрабления), либо полного демонтажа и повторного устройства анкера в новой точке.

Требования к точности (типовые нормы):

- Смещение оси болта в плане: ± 5 мм;
- Отклонение от вертикали: не более 1:2000;
- Высотная отметка резьбы: ± 3 мм;
- Трудоемкость геодезических работ (на 100 узлов);
- Разбивка осей: 2–4 часа;
- Установка и выверка шаблона: 1–2 часа на каждый узел (суммарно 100–200 часов);
- Контроль в процессе бетонирования: 4–6 часов;
- Исполнительная съемка после бетонирования: 2–4 часа.

Сравнение затрат на геодезическое сопровождение при использовании химического анкера и фундаментных болтов приведено в табл. 4.

Таблица 4

Сравнительная таблица затрат на геодезические работы

Показатель	Фундаментный болт	Химический анкер
Количество выездов геодезиста	3–4 раза	1 раз
Трудоемкость (на 100 отверстий), чел./час	100	8
Стоимость геодезических работ (750 руб.-чел./час)	75000	6000 руб.
Риск переделки из-за ошибки позиционирования	Более высокий (неисправим)	Более низкий (исправим)

Разница: затраты на геодезиста при фундаментных болтах выше в 12–50 раз по сравнению с химическим анкером.

Прямые затраты

Фундаментный болт: $23600 + 0,58 \cdot 750 \cdot 100 + 75000 = 142100$ руб.

Химический анкер: $20000 + 70000 + (0,08 + 0,25) \cdot 100 \cdot 750 + 6000 = 120750$ руб.

При переходе на химические анкеры экономия составляет ≈ 21350 тыс. руб.

Выводы

1. Техническое превосходство. По показателям несущей способности на вырыв химические анкеры превосходят механические фундаментные болты на 30–60 %. Их ключевым преимуществом является возможность устройства креплений в существующем бетонном основании при минимальных краевых расстояниях между элементами.

2. Экономическая эффективность. При единичном монтаже прямые затраты на применение химических анкеров сопоставимы с затратами на установку фундаментных болтов. В условиях серийного применения (от 50 узлов и более) достигается экономический эффект за счет сокращения продолжительности строительно-монтажных работ, а также исключения необходимости устройства опалубки и армирования зоны анкеровки.

3. Рекомендуемая область применения. Химические анкеры целесообразно использовать для монтажа технологического оборудования на действующих предприятиях (в условиях стесненного пространства), для крепления к бетону



классов В15...В60, а также для фиксации элементов, воспринимающих вибрационные нагрузки.

4. Критерий выбора. Окончательное решение о типе анкерного крепления должно приниматься на основе технико-экономического обоснования (ТЭО), учитывающего стоимость возможного простоя производства, ограниченность монтажного пространства и требуемый уровень надежности соединения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 513.1325800.2022. Анкерные крепления к бетону : свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 марта 2022 г. № 188/пр : дата введения 25 апреля 2022 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/350276072?ysclid=mu0wtqa3v4649490500>. – Текст : электронный.
2. СП 43.13330.2012. Сооружения промышленных предприятий : свод правил : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 620 : дата введения 01 января 2013 г. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092709?ysclid=mu0wzszt41218262078>. – Текст : электронный.
3. СТО 36554501-048-2016. Анкерные крепления к бетону. Правила проектирования. Книга 2. Нормированные параметры и коэффициенты для расчета анкеров Hilti : стандарт организации. – Москва : НИЦ Строительство, 2017. – 88 с.
4. Ковалев, М. Г. Исследование свойств химического анкера на основе эпоксидной смолы / М. Г. Ковалев, В. А. Швецова // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19, № 10. – С. 1617–1628. – DOI 10.22227/1997-0935.2024.10.1617-1628. – EDN BYNLOP.
5. ГОСТ 24379.1-2012. Болты фундаментные. Конструкция и размеры : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. № 1852-ст дата : дата введения 2013-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097393?ysclid=mu0xkqgz1810645877>. – Текст : электронный.
6. СТО 42049948-003-2025. Химические анкерные крепления к бетону : стандарт организации. – Москва, 2025.
7. Руководство по анкерному крепежу HILTI. – URL: <https://www.xn---8sbncbiheot5bf9c9a.xn--plai/upload/iblock/01b/3ywwz66kdalssaalj9cz86uyzelw313m4.pdf?ysclid=mu0y3zdrll374284323>. – Текст : электронный.
8. Кабанцев, О. В. Определение механических характеристик анкеров в поврежденном бетонном основании / О. В. Кабанцев, М. Г. Ковалев // Промышленное и гражданское строительство. – 2022. – № 5. – С. 12–18.
9. УТЕСН. Химические анкеры для высоких нагрузок. Руководство по анкерному крепежу. Апрель 2026 г. – URL: <https://www.u-tech.ru/upload/tekhnicheskaya-dokumentatsiya/rukovodstva/himicheskie-ankery-dlya-vysokih-nagruzok.pdf?ysclid=mu0ycgdj4g899221742>. – Текст : электронный.
10. Химический анкер — российские нормативы, применение, расчет нагрузки. – URL: <https://goskrep.ru/articles/him-anker-03-2026/?ysclid=mt7pbcprje5207746629>. – Текст : электронный.



KONDRASHKIN Oleg Borisovich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of construction technology; **KRIVOSHAPKINA Eva Andreevna**, student; **KHRYAPCHENKOVA Irina Nikolaevna**, candidate of technical sciences, professor of the chair of construction technology

TECHNICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION FOR THE USE OF CHEMICAL ANCHORS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Phone: (831) 430-17-74; e-mail: tsp@nngasu.ru

Key words: long-span structures, technology, installation.

This paper substantiates the application of chemical anchors in building structures. The article analyzes the comparative effectiveness of chemical anchors and traditional foundation bolts. The study evaluates the influence of the physical and mechanical properties of the foundation, the temperature and humidity regime, and the type of material used on the reliability, durability, and cost per unit of load-bearing capacity of the anchoring assembly.

REFERENCES

1. SP 513.1325800.2022. Ankernye krepleniya k betonu [Anchor fastenings to concrete] : svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhden prikazom Ministerstva stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii ot 24 marta 2022 g. № 188/pr : data vvedeniya 25 aprelya 2022 g.. URL: <https://docs.cntd.ru/document/350276072?ysclid=mu0wtqa3v4649490500>.
2. SP 43.13330.2012. Sooruzheniya promyshlennykh predpriyatiy [Structures of industrial enterprises] : svod pravil : izdanie ofitsialnoe : utverzhden prikazom Ministerstva regionalnogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii (Minregion Rossii) ot 29 dekabrya 2011 g. № 620 : data vvedeniya 01 yanvarya 2013 g.. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092709?ysclid=mu0wzszt41218262078>.
3. STO 36554501-048-2016. Ankernye krepleniya k betonu [Anchor fastenings to concrete]. Pravila proektirovaniya. Kniga 2. Normirovannye parametry i koeffitsienty dlya rascheta ankerov Hilti [Standardized parameters and coefficients for calculating Hilti anchors]: standart organizatsii. Moscow, NITS Stroitelstvo, 2017, 88 p.
4. Kovalev M. G., Shvetsova V. A. Issledovanie svoystv khimicheskogo ankera na osnove epoksidnoy smoly [Investigation of the properties of a chemical anchor based on epoxy resin]. Vestnik MGSU [Vestnik MGSU]. 2024, Vol. 19, № 10, P. 1617–1628. DOI 10.22227/1997-0935.2024.10.1617-1628. EDN BYNLOP.
5. GOST 24379.1-2012. Bolty fundamentnye. Konstruktsiya i razmery [Foundation bolts. Design and dimensions]: mezhgosudarstvenny standart : izdanie ofitsialnoe : utverzhden prikazom Federalnogo agentstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 29 noyabrya 2012 g. № 1852-st : data vvedeniya 01.07.2013. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097393?ysclid=mu0xkqggz1810645877>.
6. STO 42049948-003-2025. Khimicheskie ankernye krepleniya k betonu [Chemical anchor fastenings to concrete]: standart organizatsii. Moscow, 2025.
7. Rukovodstvo po ankernomu krepzhu HILTI [HILTI anchor fastening guide]. URL: <https://www.xn----8sbnclabiheot5bf9c9a.xn--p1ai/upload/iblock/01b/3yww66kdalssaalj9cz86uyzelw313m4.pdf?ysclid=mu0y3zdrll374284323>.



8. Kabantsev O. V., Kovalev M. G. Opredelenie mekhanicheskikh kharakteristik ankerov v povrezhdennom betonnyy osnovanii [Determination of the mechanical characteristics of anchors in a damaged concrete base]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo [Industrial and Civil Engineering]. 2022, № 5, P. 12–18.

9. UTECH. Khimicheskie ankery dlya vysokikh nagruzok [Chemical anchors for high loads]. Rukovodstvo po ankernomu krepezh. Aprel 2026 g. URL: <https://www.utech.ru/upload/tekhnicheskaya-dokumentatsiya/rukovodstva/himicheskie-ankery-dlya-vysokih-nagruzok.pdf?ysclid=mu0ycgdj4g899221742> (accessed: 16.09.2026).

10. Khimicheskiy anker – rossiyskie normativy, primeneniye, raschet nagruzki [Chemical anchor – Russian regulations, application, load calculation]. URL: <https://goskrep.ru/articles/him-anker-03-2026/?ysclid=mt7pbcpje5207746629>.

© О. Б. Кондрашкин, Е. А. Кривошапкина, И. Н. Хряпченкова, 2026

Получено: 01.07.2026 г.