

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ИРАКА

Г.М. Бадьин¹, С.А. Сычев², А.А. Абасс², А.А.Х. Аль-Хабиб², Д.Т. Курасова³

¹ Российская академия архитектуры и строительных наук, г. Москва, Россия

² Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

³ Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

В данной статье предложено резьбовое соединение сборных железобетонных колонн, которое может быть использовано для соединения элементов полносборных зданий и сооружений. Контактно-винтовое соединение сборного железобетона состоит из верхней и нижней колонн, обе имеют стальную внешнюю резьбу цилиндрической формы в концевой секции со стальными стержнями в верхней и нижней частях. Прочность соединения винтовой колонны определяется для обеспечения передачи осевых нагрузок и момента в соединениях, обеспечивая разрушение, вызванное срезанием и смятием резьбы, которые могут возникнуть между соединенными колоннами. Структурные характеристики соединенных колонн были определены в соответствии с требованиями стандартов. Посредством необходимых расчетов для винтового соединения колонн из сборного железобетона (сталежелезобетона, трубобетона) была подтверждена соответствующая жесткость и прочность. Разработанные новые соединения будут помогать в модульности конструкции зданий и ускорении процесса монтажа.

Ключевые слова: сборные железобетонные конструкции, винтовое соединение, колонное соединение, резьба, монтаж, полносборное здание.

Введение

Развивающиеся страны пережили множество периодов войн и политических изменений, например, Ирак, особенно после 2003 года, когда военные операции и разрушения в нескольких городах Ирака вызвали разрушение инфраструктуры страны и многие люди потеряли свои дома, а многие из них эмигрировали в другие страны в поисках безопасности. Кроме того, ситуация с безопасностью продолжала ухудшаться, что привело к тому, что частные инвесторы и иностранные компании избегали въезда в страну для развития строительного сектора из-за небезопасных условий труда. Все это привело к приостановке некоторых проектов или незавершению их внедрения во всех государственных и частных секторах. В настоящее время перед Ираком и иракским правительством стоит поиск новых путей развития всех секторов, особенно жилищного и строительного секторов, и идти в ногу с происходящим в них развитием [1, 2].

Наличие на рынке изделий для выполнения сухого соединения железобетонных деталей может быть использовано для оценки уровня развития и применения решений «сухой» технологии в строительстве.

Все больше предприятий разрабатывают приспособления для нестандартного крепления железобетонных зданий. В табл. 1 представлена информация о фирмах, производящих изделия для устройства сухих швов в сборных железобетонных зданиях.

Наибольшее количество производителей товаров для строительства железобетонных конструкций без сварки и минимального количества операций по заделке сейчас сосредоточено в Западной Европе, как показано в табл. 1. Из-за использования традиционных методов в подрядных работах промышленность Ирака не успевает за развитием современных строительных технологий, которые характеризуются невысокой стоимостью и скоростью завершения. Монолитные строительные системы до сих пор широко используются в качестве основной системы в строительстве. Строительные леса и опалубка снимаются после того, как бетон набирает достаточную прочность и т. д. Это занимает много времени в дополнение к распространенным ошибкам, таким как плохое армирование опалубки, смешивание бетона на грязных полах или невозможность увлажнения бетона в течение семи дней после заливки, и, та-

Производители сборных железобетонных изделий

Страна	Наименование	Этажность	Тип конструктивной схемы, для которой предназначается продукция
Финляндия	AnStar	2–10	Каркасная
	Peikko	2–10	Каркасная Бескаркасная
Норвегия	Invisible Connections AS	4–7	Каркасная
Германия	Halfen	2–25	Каркасная
			Неполный каркас
			Бескаркасная
	V.T. Innovation GmbH	2–30	Каркасная
	Pfeifer	1–4	Каркасная
Италия	BSItaly	4–10	Каркасная
Мальта	iAS	5–7	Каркасная
США	Concretex	1–2	Бескаркасная
	JVI	4–7	Каркасная
Австралия	Threadsure Connection systems and Adjusta	10–20	Бескаркасная

ким образом, небольшая ошибка приводит к задержкам в работе [3].

Сборные панели также могут быть оснащены различными строительными материалами – изоляция, окна и двери. Эта система отличается точностью работы и скоростью монтажа на рабочем месте, а ее график работы короче, чем у монолитной системы, при соблюдении различных условий. В настоящее время это то, что необходимо строительной отрасли Ирака, чтобы ускорить процесс строительства и уйти от влияний факторов, вызывающих потерю времени, усилий и затрат, которые мы объясняли ранее в методах монолитного строительства.

В последние годы несколько стран и регионов перешли на сборные конструкции в мировой строительной отрасли и отошли от традиционных методов строительства. Сборные конструкции определяются как интегрированные конструкции [4]. Также возрождается полносборное строительство

в Германии в связи с приездом большого количества мигрантов.

Для оценки энергоэффективности (пассивности) строительных систем в условиях Ирака предложена методика и показатель комплексной энергоэффективности возведения полносборных зданий на основе энергозатрат монтажного процесса с учетом высокотехнологичного возведения зданий за счет различных форм соединений и монтажа. Результаты расчетов представлены на рис. 1.

Расчет единичных комплексных показателей энергоэффективности E_i при $0 \leq E_i \leq 1$, оказывающих влияние на показатель комплексной энергоэффективности строительной системы E_k , при $0 \leq E_k \leq 1$, осуществляется с учетом показателя влияния условий строительства $K_{пкф}$ при $K_{пкф} \geq 1$, на единичные коэффициенты энергоэффективности процессов E_{ij} , при $0 \leq E_{ij} \leq 1$. Определены классы энергоэффективности систем возведения зданий I–VI классы, кВт·ч/м². Введено было новое

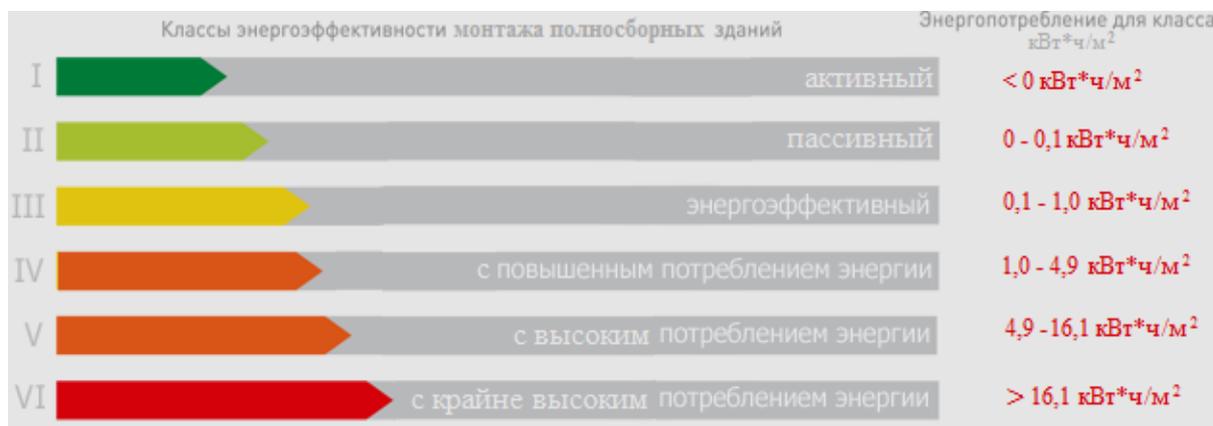


Рис. 1. Классы энергоэффективности строительных систем возведения зданий: I–VI — классы, кВт·ч/м²

понятие «пассивные системы монтажа», которые требуют разработки принципиально новых технических решений.

Проведено энергетическое моделирование энергоэффективных и пассивных методов монтажа на основе минимизации и обнуления энергозатрат при высокоскоростном и высокотехнологичном монтаже. Разработка принципиально новых решений монтируемых элементов и узлов – энергоэффективных соединений со снижением энергозатрат (W_3) в разы, пассивных методов контроля точности при энергозатратах $W_3 \rightarrow 0$, пассивных методов монтажа колонн, лестничных маршей, стен, ограждающих панелей при $W_3 \rightarrow 0$ – является обязательным и необходимым условием достижения высоких энергетических параметров строительства.

Самым важным этапом является установка сборных элементов после их доставки на строительную площадку. Соединения между сборными элементами влияют на общие характеристики конструкции, поэтому соединения между компонентами, которые обычно включают в себя соединения колонна – стена, балка – стена, колонна – балка, стена – пол и соединения колонна – колонна, должны отличаться прочностью и простотой соединения, установки и обслуживания [5]. В некоторых из этих изобретений использовались болтовые соединения колонна – колонна, которые состоят из двух частей стальной колонны, соединенных либо концевыми плитами, либо закрывающими плитами, и предназначены для работы в качестве жестких или шарнирных соединений [6].

В 2010 году Б.С. Соколов, Р.Р. Латыпов, Н.С. Лизунова в своем изобретении (стыковое соединение сборных железобетонных колонн) предложили стыковое соединение сборных железобетонных колонн с поперечными решетками с непрямым армированием, продольные рабочие выходы

стержней арматуры на конце одной колонны, вставленные в колодцы на конце последующей примыкающей колонны. Эта система имеет проблемы, вся выступающая планка не полностью покрыта раствором, и трудно достичь точности возведения, что задерживает процесс монтажа [7] (рис. 2а).

В 2014 году А.К. Шпетер [8] изобрел технологию (контактное резьбовое стыковое соединение сборных железобетонных колонн) для соединения колонн, она уже получила широкое распространение в области сборного строительства, поскольку позволяет легко и просто осуществлять быстрый монтаж. Анкерные болты и башмаки колонн – два основных компонента этой конструкции. Недостатком этого метода является то, что для заделки зазора между двумя колоннами используется бетон, поэтому могут возникать не полностью замкнутые полости (рис. 2б).

Болты и стержни, которые использовались в качестве соединения в предыдущих изобретениях, применяются для передачи внутренних сил между соседними соединениями, такими как соединения колонны с колонной [9].

Abtin Baghdadi, Mahmoud Heristchian, Lukas Ledderose, Harald Kloft экспериментально и численно оценили прочность на изгиб девяти сухих соединений сборного железобетона, а затем пришли к выводу, что определенные соединения могут обеспечить до 85 % прочности соответствующих неповрежденных секций [10].

J.Y. Hu, W.K. Hong, & S.C. Park предложили сухое механическое соединение на основе сборного железобетона для полностью сдерживаемых моментных соединений, которое можно использовать для соединения железобетонных сборных колонн, и, возможно, использовали это соединение для модульной конструкции за пределами площадки для здания предприятия тяжелой промышленности [11].

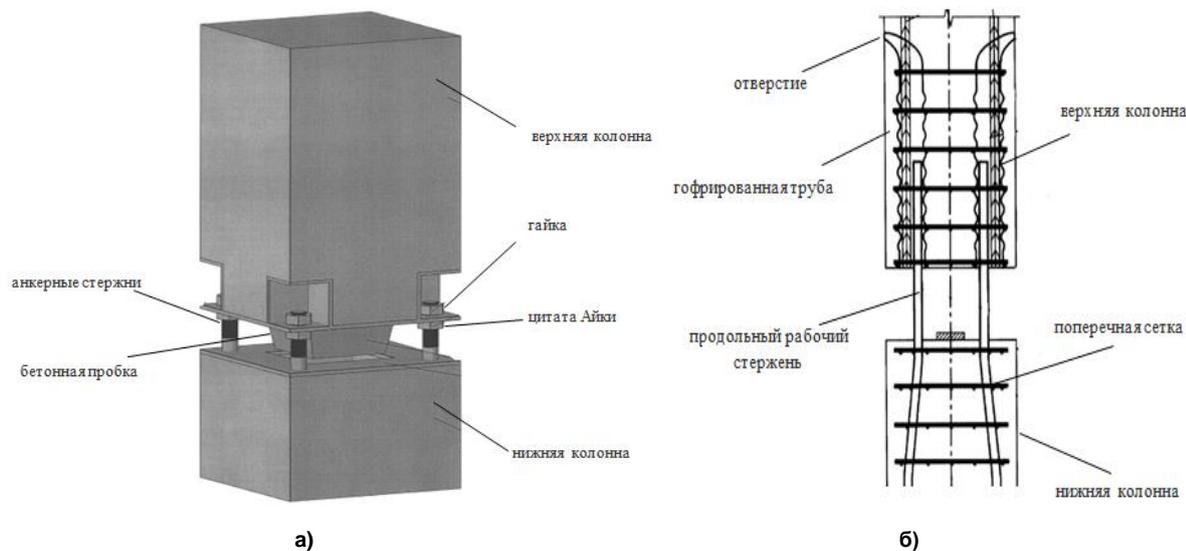


Рис. 2. Соединение сборных железобетонных колонн:
а – стыковое; б – контактное резьбовое стыковое

В этой статье описывается новое разработанное сухое механическое винтовое соединение «male–female» для железобетонных сборных каркасов. Предлагаемое сухое механическое соединение построено с использованием цилиндрической внешней резьбы для обеспечения соединения с ограниченным моментом для систем колонна – колонна.

Имеются и другие многочисленные научные и практические исследования в области сборных зданий и изобретения для разработки способов соединения колонн друг с другом, отличающиеся жесткостью узлов, обеспечивающие легкий и быстрый монтаж [12, 13].

Разработанное контактное резьбовое соединение сборных железобетонных колонн состоит из верхней и нижней колонн со стальной внешней и внутренней резьбой цилиндрической формы в нижней и верхней частях колонн. Для монтажа колонны выбирается плановая отметка нижней концевой секции верхней колонны, при этом верхняя колонна опускается и привинчивается к нижней колонне, при этом завинчивание происходит по всей контактной поверхности за счет резьбы, а верхняя колонна одновременно погружается и стыки между элементами закреплены. Профили колонн должны совпадать в конце монтажа (рис. 3).

Постановка задачи. В связи с тем, что разработанные методы монтажа не имеют аналогов, предложенные резьбовые соединения между железобетонными колоннами требуют проверки на реальные усилия и нагрузки, таким образом необходимы подтверждающие расчеты для определения вертикальных сил и изгибающих моментов, действующих на разработанные винтовые колонны.

Для определения вертикальных сил и изгибающих моментов, действующих на разработанные

винтовые колонны, выбран 16-этажный жилой дом на 60 квартир с подвалом (рис. 4). Здание прямоугольной формы в плане: 51 м × 21 м. Здание разделено на две части. Общая высота здания 51,2 м, высота этажа – 3 м, высота подвала – 2,4 м.

Ниже будут рассчитаны и определены нагрузки, действующие на конструкции здания (постоянная нагрузка, временная нагрузка, ветровая нагрузка). После проведения расчетов получаем величины вертикальной силы (N) и изгибающего момента (M) колонны № 3, которая расположена между первым и вторым этажами, как показано на рис. 4, которые будут применяться при исследовании (см. рис. 4, 5).

Необходимо рассчитать и запроектировать базу сплошной внецентренно-сжатой колонны на расчетные усилия $N = 1530$ кН, $M = 180$ кНм, согласно формуле

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \leq (Rb \cdot \gamma_c), \quad (1)$$

где A – площадь сечения колонны; N – вертикальные нагрузки; M – изгибающий момент; W – момент сопротивления сечения; σ – максимальное и минимальное значения давления; Rb – нормативные значения сопротивления бетона, согласно СП «Бетонные и железобетонные конструкции»; $\gamma_c = 0,75$ при классе бетона по прочности на сжатие $B30 = 22$ МПа, площадь сечения колонны $A = 500 \cdot 500 = 250000$ мм².

$$\text{Момент сопротивления сечения } W = \frac{bh^2}{6} = \frac{500 \cdot 500^2}{6} = 20833333,33 \text{ мм}^3,$$

$$\text{тогда } \sigma = \frac{1530000}{250000} \pm \frac{180 \cdot 10^6}{20833333,33}.$$

$$\sigma_{\max} = 14,76 \text{ МПа} < (Rb \cdot \gamma_c) = 16,5 \text{ МПа} - \text{допустимое значение,}$$

$$\sigma_{\min} = -2,52 \text{ МПа} < (Rb \cdot \gamma_c) = 16,5 \text{ МПа} - \text{допустимое значение.}$$

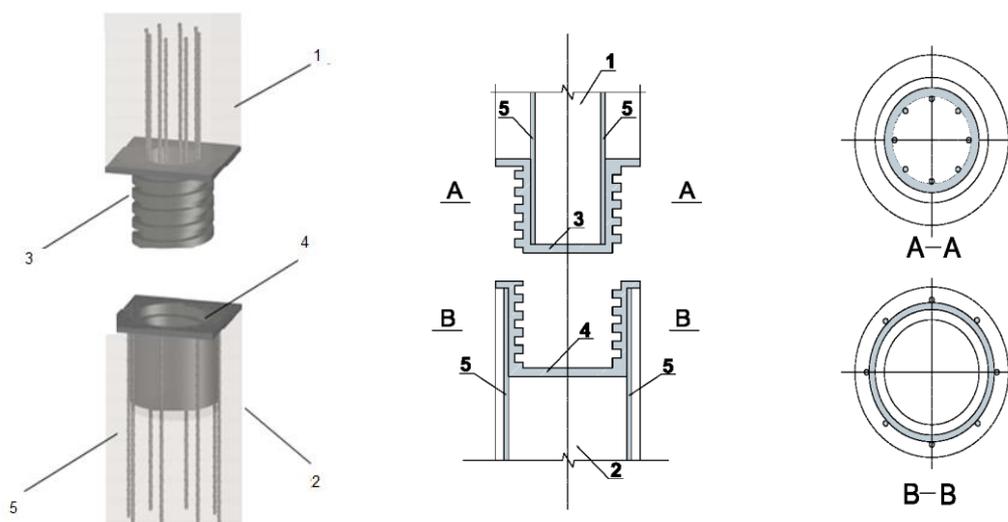


Рис. 3. Контактное винтовое соединение сборных железобетонных колонн: 1 – верхняя колонна; 2 – нижняя колонна; 3 – цилиндрическая наружная резьба; 4 – цилиндрическая внутренняя резьба; 5 – продольный рабочий стержень

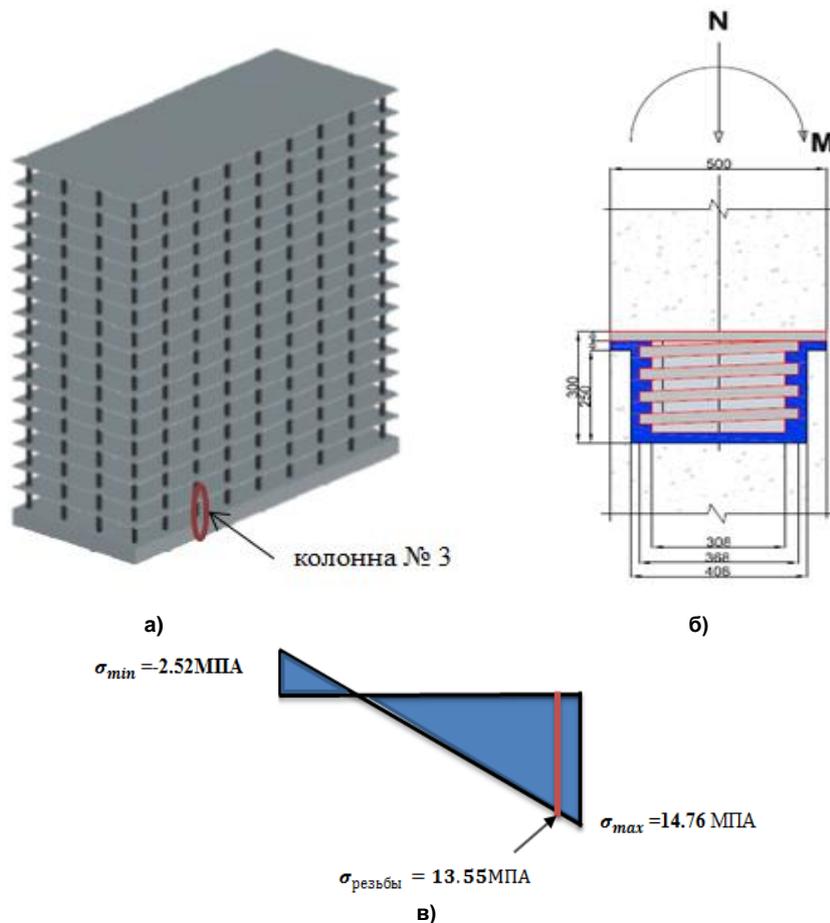


Рис. 4. а – многоэтажное здание; б – разрез колонны № 3;
в – расчёт максимального и минимального краевого давления

Рассчитать $\sigma_{резьбы}$ с использованием треугольников подобия

$$\sigma_{резьбы} = 13,55 \text{ МПа.}$$

Постановка задачи. В связи с тем, что разработанные методы монтажа не имеют аналогов, предложенные резьбовые соединения между железобетонными колоннами, а именно выступы, образованные на основной (рабочей) поверхности соединяемых колонн и расположенных по спиральной линии, требуют доказательного расчета на напряжения смятия. Подтверждающие расчеты представлены ниже.

Резьбовые соединения предназначены для разъемного соединения деталей. Пара винт – гайка применяется так же, как механическая передача, преобразующая вращательное движение в поступательное. Это соединение было принято между железобетонными колоннами [14, 15].

Согласно закону Гука, нагрузка пропорциональна деформации, то есть отношение первого восприятия является наибольшим, а разница деформаций уменьшается по мере удаления от контактной поверхности, как показано на рис. 5.

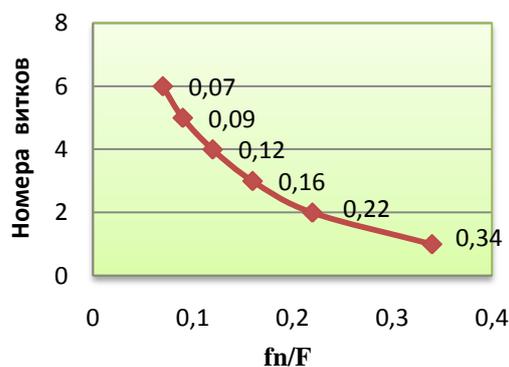


Рис. 5. Диаграмма, показывающая взаимосвязь между числом поворотов и приложенными вертикальными силами

Расчеты резьбы на прочность

Основные критерии работоспособности и расчета:

1. Для ходовой резьбы – износостойкость, связанная с напряжениями смятия, $\sigma_{см}$.

Напряжения смятия $\sigma_{см}$ рассчитаны согласно [16], что отражено на рис. 4 и 6.

$$\sigma_{см} = \frac{F}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z} \leq [\sigma_{см}], \quad (2)$$

$[\sigma_{см}] = 130$ МПа – допускаемое напряжение смятия (марка стали 10 Н-Ц-В59),

$F = N = 1530$ кН – вертикальные нагрузки,

d_2 – средний диаметр резьбы (средний диаметр гайки), мм,

h – рабочая высота профиля, мм,

z – число рабочих витков.

Из рис. 5 следует:

$$\sigma_{резьбы} = 13,55 \text{ МПа.}$$

Из уравнения (2)

$$z = \frac{F}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot \sigma_{резьбы}}, \quad (3)$$

$F = 1530$ кН, $\pi = 3,14$, $d_2 = 338$ мм, $h = 30$ мм, $\sigma_{см} = 13,55$ МПа; $z = 3,4$ число рабочих витков

Принимаем $z = 4$.

$$\sigma_{см} = \frac{F}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z} \leq [\sigma_{см}]$$

$F = 1530$ кН, $\pi = 3,14$, $d_2 = 338$ мм,

$h = 30$ мм, $z = 4$, $[\sigma_{см}] = 130$ МПа.

$\sigma_{см} = 9,61$ МПа $< [\sigma_{см}] = 130$ МПа – допустимое значение.

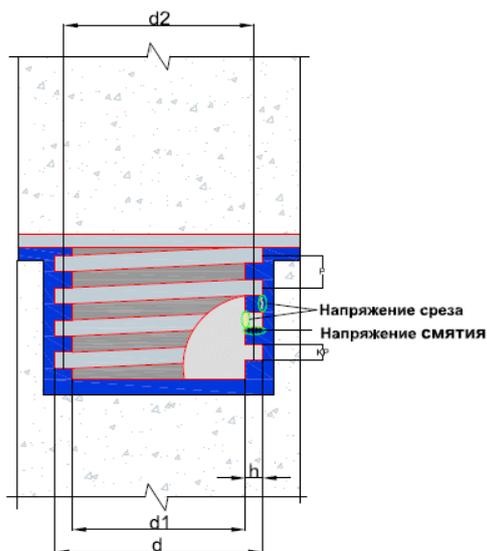


Рис. 6. Расположение касательных и раздавливающих напряжений в двух неподвижных колоннах

2. Для крепежной резьбы – прочность, связанная с напряжениями сдвига (τ).

Напряжения сдвига (τ) рассчитаны согласно учебному пособию [15].

$$\tau_1 = \frac{F}{\pi \cdot d_1 \cdot p \cdot z \cdot k_n \cdot k_{hep}} \leq [\tau] - \text{для винта} \quad (4)$$

$$\tau_2 = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot p \cdot z \cdot k_n \cdot k_{hep}} \leq [\tau] - \text{для гайки} \quad (5)$$

$[\tau] = (0,2-0,3)\sigma_T$ – допускаемое напряжение сдвига,

σ_T – предел текучести,

$F = N = 1530$ кН – вертикальные нагрузки,

d – наружный диаметр (внутренний диаметр гайки), мм,

d_1 – внутренний диаметр резьбы (диаметр отверстия в гайке), мм,

p – шаг резьбы, мм,

z – число рабочих витков,

k_n – коэффициент полноты профиля,

k_{hep} – коэффициент, учитывающий неравномерность нагрузки на витках:

$$k_{hep} = (0,6 - 0,7),$$

$F = 1530$ кН, $\pi = 3,14$, $d = 368$ мм, $d_1 = 308$ мм, $p = 60$ мм, $z = 4$, $k_n = 0,5$, $k_{hep} = 0,65$, $\sigma_T = 250$ МПа, $[\tau] = 0,2 \sigma_T = 50$ МПа.

Используя предыдущие формулы и значения, с учётом значений коэффициента полноты профиля (табл. 2) напряжения сдвига для винта и гайки были рассчитаны в допустимых пределах.

$$\tau_1 = \frac{F}{\pi \cdot d_1 \cdot p \cdot z \cdot k_n \cdot k_{hep}} = 16,22 \text{ МПа} < [\tau] = 50 \text{ МПа} \text{ (допустимый).}$$

$$\tau_2 = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot p \cdot z \cdot k_n \cdot k_{hep}} = 13,58 \text{ МПа} < [\tau] = 50 \text{ МПа} \text{ (допустимый).}$$

Таблица 2

Коэффициент полноты профиля

Резьба	k_n
Прямоугольная	0,5
Трапецеидальная	0,65
Упорная	0,75
Треугольная	0,87

Контактное винтовое соединение сборных железобетонных колонн (рис. 7) содержит верхнюю и нижнюю колонну и плиту перекрытия, расположенную между ними. В каждом элементе запроектированы закладные детали, в верхней колонне содержится наружная резьба в виде усеченного конуса, в перекрытии сквозная резьба с уменьшением диаметра по высоте, и в нижней колонне располагается внутренняя резьба. Монтаж осуществляется в несколько этапов. Выбирается планируемая отметка нижнего концевой участка верхней колонны и осуществляется монтаж перекрытия (3) и его временное закрепление на нижней колонне, при этом закладные детали и отверстия резьбы должны быть совмещены. После этого опускается верхняя колонна (1) и производится завинчивание, при котором из-за резьбы по всей поверхности соприкосновения и одновременным погружением верхней колонны и фиксации стыков между элементами. После окончания процесса профили колонн должны совпасть, и временное закрепление плиты перекрытия можно убрать.

Таким образом, предложенные обоснованные решения позволяют снизить трудоемкость работ за счет отказа от замоноличивания стыков конструкции или сварки закладных деталей. Также повышается производительность ввиду меньшего ис-

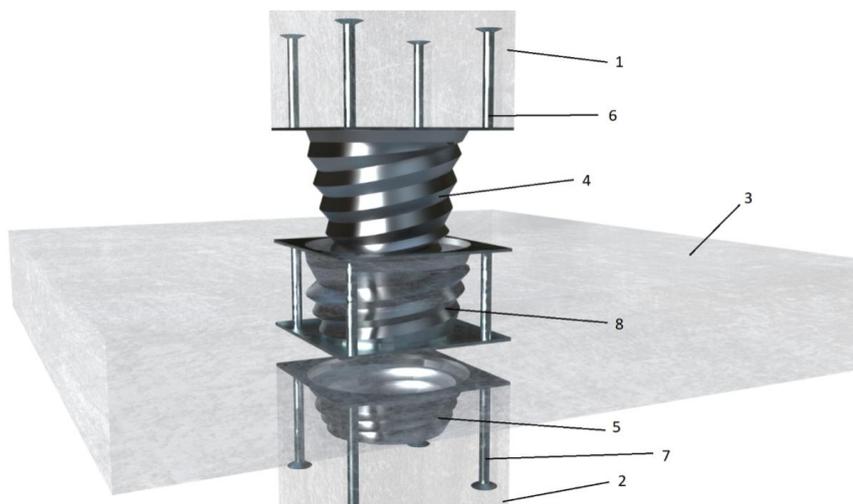


Рис. 7. Контактное винтовое соединение сборных железобетонных колонн:
1 – верхняя и 2 – нижняя колонна, 3 – плита перекрытия, 4 – стальная наружная
резьба в виде усеченного конуса, 5 – внутренняя паз-резьба, 6 – верхняя
и 7 – нижняя закладные детали, 8 – сквозная резьба

пользования ручного труда за счет использования механизированного.

И кроме того, ускоряется монтаж в результате облегченной выверки и быстрого проектного закрепления монтируемых конструкций, что соответствует принципам высокотехнологичного монтажа, увеличивая скорость монтажа, при этом снижая его энергоемкость [17–19].

Выводы

Разработаны принципиально новые технические и технологические решения энергопассивной (энергоэффективной) винтовой сборки элементов полносборных строительных систем в условиях Ирака.

Установлено, что напряжения сдвига для винта и сетки $\tau_1 = 16,22$ МПа $< [\tau] = 50$ МПа и $\tau_2 = 13,58$ МПа $< [\tau] = 50$ МПа находятся в допустимых пределах при соединении колонн.

Исследовано рабочее состояние при монтаже винтовой формы узла многоэтажного полносборного здания при классе бетона по В30, сечении колонны $A = 500 \times 500$ мм.

Литература

1. Абрамов, И. Преимущества сборных железобетонных конструкций в Ираке / И. Абрамов, А. Степанов, Ибрагим Ибрагим Фадил // *MATEC Web of Conferences*. – 2017. – 117, 00001.

2. Наус, Д.Дж. Влияние повышенной температуры на бетонные материалы и конструкции. Обзор литературы / Д.Дж. Наус // *Комиссия по ядерному регулированию США, Управление ядерного регулирования*, 2005.

3. Sychev, S.A. An interactive construction project for method of statement based on BIM technologies for high-speed modular building / S.A. Sychev, G.M. Badin // *Architecture and Engineering*. – 2016. – No. 4. – P. 36–41.

4. Nawi, M.N.M. *Modern Method of Construction: An Experience from UK Construction Industry* / M.N.M. Nawi, F.A. Abdul Nifa, K.A.M. Kamar, A. Lee, M.N.A. Azman // *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. – 2014. – Vol. 8 (5). – P. 527–532.

5. Holly, I. *Connections and Joints in Precast Concrete Structures* / I. Holly, I. Abrahoim // *Slovak Journal of Civil Engineering*. – 2020. – Vol. 1. – P. 49–56.

6. Патент № 2581179 С1 Российская Федерация, МПК E04B 1/38. Узел соединения строительных железобетонных элементов / С.А. Худяков, Р.В. Айсверт, П. Сальваторе, М.С. Дмитрусенко. – № 2014139334/03; заявл. 30.09.2014; опубл. 20.04.2016.

7. Патент на полезную модель № 99506 U1 Российская Федерация, МПК E04B 1/38. Стыковое соединение сборных железобетонных колонн / Б.С. Соколов, Р.Р. Латыпов, Н.С. Лизунова; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Казанский государственный архитектурно-строительный университет (ФГОУ КазГАСУ). – № 2010124170/03; заявл. 11.06.2010; опубл. 20.11.2010.

8. Патент № 2536902 С1 Российская Федерация, МПК E04B 1/58. Контактное винтовое стыковое соединение сборных железобетонных колонн / А. К. Шнелер, П. Н. Семенюк, В.В. Родевич [и др.]; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Стройтехинновации ТДСК». – № 2013141894/03; заявл. 12.09.2013; опубл. 27.12.2014.

9. Interlocking system for enhancing the integrity of multi-storey modular buildings / Pezhman Sharafi, M. Mortazavi, B. Samali, H. Ronagh // *Automation in Construction*. – 2018. – Vol. 85. – P. 263–272.

10. Baghdadi Abtin. Experimental and numerical assessment of new precast concrete connections under bending loads / Abtin Baghdadi, Mahmoud Herist-

chian, Lukas Ledderose, Harald Kloft // *Engineering Structures*. – 2020. – Vol. 212.

11. Hu, J.Y. *Experimental investigation of precast concrete based dry mechanical column-column joints for precast concrete frames* / J.Y. Hu, W.K. Hong, & S.C. Park // *The Structural Design of Tall and Special Buildings*. – 2017. – 26(5). – e1337.

12. СП 63.13330.2012 *Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения*. – М., 2012. – 161 с.

13. Bahrami, Saeed. *Experimental performance of a new precast beam to column connection using hidden corbel* / Saeed Bahrami, M. Madhkhan // *Asian Journal of Civil Engineering*. – 2017. – 18 (5). – P. 791–805.

14. Гордин, П.В. *Детали машин и основы конструирования: учебное пособие* / П.В. Гордин, Е.М. Росляков, В.И. Эвелеков. – СПб.: СЗТУ, 2006. – 186 с.

15. Арефьева, О.Ю. *Резьбовые соединения: учебно-методическое пособие* / О.Ю. Арефьева,

Л.Г. Тимофеева. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2015.

16. *Сопротивление материалов: учебное пособие* / В.А. Хохлов, К. Цукублина, Н.А. Куприянов, Н.А. Логвинова; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 228 с.

17. Sychev, S.A. *Technologies for fast economical construction of residential buildings* / S.A. Sychev // *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2015. – Vol. 10, no. 17. – P. 7502–7506.

18. Sychev, S.A. *Monitoring and Logistics of Erection of Prefabricated Modular Buildings* / S.A. Sychev, D. Sharipova // *Indian Journal of Science and Technology*. – 2015. – Vol. 8 (29). – P. 1–6.

19. *Dynamic modeling of process support by the influence of various factors on the activities of firms in a competitive environment* / I.V. Zaitseva, O.A. Malafeyev, S.A. Sychev et al. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES)*. – 2019. – Vol. 315. – P. 22036.

Бадьин Геннадий Михайлович, доктор технических наук, профессор, почетный член Российской академии архитектуры и строительных наук (Москва), gennady.badin@mail.ru

Сычёв Сергей Анатольевич доктор технических наук, доцент, профессор кафедры промышленно-гражданского строительства и экспертизы недвижимости, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург), sasychev@yandex.ru

Абасс Агадир Ахмед Абасс, аспирант кафедры промышленно-гражданского строительства и экспертизы недвижимости, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург), aghadeera@gmail.com

Аль-Хабиб Ахмед Али Хуссейн, аспирант кафедры промышленно-гражданского строительства и экспертизы недвижимости, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург), abojaber877@gmail.com

Курасова Диана Талгатовна, аспирант кафедры организации строительства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург), dianasha@mail.ru

Поступила в редакцию 25 января 2022 г.

DOI: 10.14529/build220206

ENERGY EFFICIENCY OF CONSTRUCTION PROCESSES IN IRAQ

G.M. Badin¹, gennady.badin@mail.ru

S.A. Sychev², sasychev@yandex.ru

A.A. Abass², aghadeera@gmail.com

A.A. Al-Habib³, abojaber877@gmail.com

D.T. Kurasova³, dianasha@mail.ru

¹ Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Moscow, Russia

² Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

³ Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia

In this article, a threaded connection of precast reinforced concrete columns is proposed, which can be used to connect elements of fully assembled buildings and structures. The contact-screw joint of precast reinforced concrete consists of an upper and lower column, both having steel external threads of cylindrical shape connected in the end section, while the upper and lower part it consists of 16 deformed steel rods with welding, with 8 rods at each of the parts. The strength of the screw column connection is determined to ensure the transfer of axial loads and torque in the connections, providing for the destruction caused by thread shearing and buckling that can occur between

connected columns. The structural characteristics of the connected columns have been determined in accordance with the standards. By means of the necessary calculations for the screw connection of columns made of precast reinforced concrete (steel-reinforced concrete, pipe concrete), the corresponding rigidity and strength have been confirmed. The new developed connections will help in the modularity of the construction of buildings and accelerate the installation process.

Keywords: precast reinforced concrete structures, screw connection, column connection, thread, installation, fully assembled building.

References

1. Abramov I., Stepanov A., Ibragim F. [Advantages of Precast Concrete Structures in Iraq]. *MATEC Web of Conferences*, 2017, 117, 00001.
2. Naus D. Dzh. *Vliyaniye povyshennoy temperatury na betonnyye materialy i konstruksii. Obzor literatury, Komissiya po yadernomu regulirovaniyu SShA* [Effects of Elevated Temperature on Concrete Materials and Structures – Literature Review, US Nuclear Regulatory Commission]. *Upravleniye yadernogo regulirovaniya Publ.*, 2005.
3. Sychev S. A., Badin G. M. [An Interactive Construction Project for Method of Statement Based on BIM Technologies for High-Speed Modular Building]. *Architecture and Engineering*, 2016, no. 4, pp. 36–41.
4. *Nawi M.N.M., Abdul Nifa F.A., Kamar K.A.M., Lee A., Azman M.N.A. Modern Method of Construction: An Experience from UK Construction Industry*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2014, 8 (5), pp. 527–532.
5. Kholli Ivan, Abrakhoim Iyad. Connections and Joints in Precast Concrete Structures. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 2020, vol., no. 1, pp. 49–56.
6. Khudyakov S.A., Aisvert R.V., Salvatore P., Dmitrusenko M.S. Patent 2581179 C1 Russian Federation, IPC E04B 1/38. [Junction of structural reinforced concrete elements]. No. 2014139334/03, application 30.09.2014, publ. 20.04.2016.
7. Sokolov B.S., Latypov R.R., Lizunova N.S.; applicant Federal State Educational Institution of Higher Professional Education Kazan State-State University of Architecture and Construction (FGOU KazGASU). Utility model Patent No. 99506 U1 Russian Federation, IPC E04B 1/38. [Butt joint of precast reinforced concrete columns]. No. 2010124170/03, application 11.06.2010; publ. 20.11.2010.
8. Shpeter A.K., Semenyuk P.N., Rodevich V.V. [et al.]; applicant Limited Liability Company “Stroytehinnovations TDSK” Patent No. 2536902 C1 Russian Federation, IPC E04B 1/58. [Contact screw butt joint of precast reinforced concrete columns]. No. 2013141894/03, application 12.09.2013, publ. 27.12.2014.
9. *Pezhman Sharafi, M. Mortazavi, B. Samali, H. Ronagh. Interlocking system for enhancing the integrity of multi-storey modular buildings. Automation in Construction.*, 2018, iss. 85, pp. 263–272.
10. Abtin Baghdadi, Mahmoud Heristchian, Lukas Ledderose, Harald Kloft. [Experimental and numerical assessment of new precast concrete connections under bending loads]. *Engineering Structures*, 2020, vol. 212.
11. Hu J.Y., Hong W.K., & Park S.C. Experimental investigation of precast concrete based dry mechanical column–column joints for precast concrete frames. *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 2017, 26(5), e1337
12. *SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonnye konstruksii. Osnovnye polozheniya* [Set of Rules 63.13330.2012. Concrete and won concrete construction Design requirements], Moscow, 2012. 161 p.
13. *Bahrami Saeed, Madhkhan M. Experimental performance of a new precast beam to column connection using hidden corbel. Asian Journal of Civil Engineering*, 2017, no. 18 (5), pp. 791–805.
14. Gordin P.V., Roslyakov E.M., Evelekov V.I. *Detali mashin i osnovy konstruirovaniya: Uchebnoye posobiye* [Machine Parts and Design Basics: Textbook]. St. Petersburg, SZTU Publ., 2006, 186 p.
15. Aref'eva O.Yu., Timofeyeva L.G. *Rez'bovyye soyedineniya* [Threaded Connections]. Ekaterinburg, Ural State Forest Engineering Univ. Publ., 2015. 60 p.
16. Khokhlov V.A., Tsukublina K., Kupriyanov N.A., Logvinova N.A. *Soprotivleniye materialov: uchebnik* [Strength of Materials: Textbook]. Tomsk, Tomsk Polytechnic Univ. Publ., 2011. 228 p.
17. Sychev S.A. [Technologies for Fast Economical Construction of Residential Buildings]. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2015, vol. 10, no. 17, pp. 7502–7506.
18. Sychev S.A., Sharipova D. [Monitoring and Logistics of Erection of Prefabricated Modular Buildings]. *Indian Journal of Science and Technology*, 2015, vol. 8 (29), pp. 1–6. DOI: 10.17485/ijst/2015/v8i1/84114
19. Sychev S.A., Zaitseva I.V., Malafeyev O.A., Kolesov D.N., Smirnova T.E. [Dynamic Modeling of Process Support by the Influence of Various Factors on the Activities of Firms in a Competitive Environment]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES)*, 2019, vol. 315, pp. 22036. DOI: 10.1088/1755-1315/315/2/022036

Received 25 January 2022

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Энергетическая эффективность строительных процессов в условиях Ирака / Г.М. Бадьин, С.А. Сычев, А.А. Абасс и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 43–51. DOI: 10.14529/build220206

FOR CITATION

Badin G.M., Sychev S.A., Abass A.A., Al-Habib A.A., Kurasova D.T. Energy Efficiency of Construction Processes in Iraq. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2022, vol. 22, no. 2, pp. 43–51. (in Russ.). DOI: 10.14529/build220206