Технология и организация строительства

УДК 624.05

© Ю. Н. Казаков, д-р техн. наук, профессор

© Е. А. Алексеев, студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: kazakov@spbgasu.ru, alexeev-evgenj@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-6-122-134

© Yu. N. Kazakov, Dr. Sci. Tech., Professor

© E. A. Alekseev, student

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: kazakov@spbgasu.ru, alexeev-evgenj@yandex.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ИЗ ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

IMPROVEMENT OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY OF BUILDINGS AND FACILITIES OF TCC DESIGN

Рассмотрены основные этапы технологии строительства зданий и сооружений из трубобетонных конструкций с точки зрения усовершенствования методов и способов производства работ.

Ключевые слова: технология производства работ, здания и сооружения из трубобетонных конструкций, вертикальное развитие, поперечный монтаж, опорные балки, стальные листы усиления, насадка-оболочка, свайное основание, буровые сваи, бетонная смесь.

This paper considers the main stages of the construction technology of buildings and facilities from tube confined concrete structures in the context of improving the methods and techniques for work production.

Keywords: work production technology, buildings and facilities of TCC design, vertical development, transverse installation, support beams, reinforcement steel sheets, nozzle shell, pile foundation, bored piles, concrete mix.

В строительной индустрии возрастает потребность в возведении зданий и сооружений на основе более устойчивых, надежных в эксплуатации и в то же время более простых в технологии производства несущих конструкций. Одной из возможностей в удовлетворении такой потребности в настоящее время стало применение сталежелезобетонных или трубобетонных конструкций, в том числе и в области строительства высотных зданий и сооружений.

С введением 01.07.2017 в действие СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования» в Российской Федерации упорядочен механизм, четко регламентирующий правила проектирования зданий и сооружений из трубобетонных конструкций. До момента введения в действие данного документа какие-либо нормативные акты в области строительства и проектирования

сталежелезобетонных конструкций отсутствовали полностью. В то же время действующий в настоящее время СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции», непосредственно регламентирующий производство и приемку строительно-монтажных работ, выполняемых при строительстве, не включает в себя положений, касающихся изготовления трубобетонных конструкций в условиях строительной площадки. Исходя из этого, наиболее актуальным и проблемным вопросом при строительстве вышеуказанных зданий и сооружений в настоящий момент является технология их строительства.

Основными циклами строительства зданий и сооружений из трубобетонных конструкций являются:

- выполнение работ нулевого цикла (устройство фундамента);

- возведение конструкций здания (сооружения) и кровли;
- выполнение отделочных и специальных видов работ;
- монтаж специального оборудования.

Рассмотрим пути совершенствования технологии производства работ по устройству фундамента и возведению конструкции зданий и сооружений данного типа.

Здания и сооружения из трубобетонных конструкций по своей конструктивной схеме относятся к каркасным или каркасно-ствольным, что в первую очередь определяет особенности их монтажа. В качестве каркаса в соответствии с СП 266.1325800.2016 выступают трубобетонные конструкции с внешней стальной оболочкой в виде круглой трубы, с бетонным ядром без арматуры или с бетонным ядром, армированным продольной гибкой арматурой (с железобетонным ядром). Ствол здания (сооружения) образуют аналогичные конструкции преимущественно большего диаметра.

По опыту зарубежного и отечественного строительства в качестве оснований таких зданий выбирались свайные или монолитные фундаменты. Монолитный фундамент в виде плиты в настоящее время уже широко применяется в современном строительстве. Свайный фундамент по своей конструктивной схеме более подходит для восприятия нагрузок от трубобетонного каркаса, фактически продолжая его в грунте, и совместно с ним является неизменяемой статически неопределимой системой. Применение свайного основания из стальных свай позволяет уменьшить материалоемкость, трудоемкость возведения, сократить до минимума объем земляных работ и увеличить скорость возведения. Устройство свайного фундамента достаточно широко исследовано и регламентировано строительными нормами. Выбору этого типа фундамента должны предшествовать тщательные инженерно-геологические изыскания и основательное изучение свойств и состава грунта. Наиболее неблагоприятными для свайного основания являются слабые грунты¹, распространенные в Северо-Западном регионе Российской Федерации. Максимальная суммар-

ная мощность слабых грунтов не превышает 20–30 м, в ряде случаев достигает 50 м [3], что влечет применение для устройства свайного основания составных металлических свай общей длиной 25–35 м и более с диаметром от 325 до 1500 мм. Основой является стальная круглая свая-оболочка, внутренний объем которой полностью заполнен бетоном классом не ниже В15. Для придания жесткости конструкции внутреннюю полость сваи возможно армировать путем погружения в нее армокаркаса.

Предварительное изготовление свай производят посекционно непосредственно на строительной площадке в зависимости от их проектной длины посредством электродуговой сварки из двух металлических труб. Полная сборка осуществляется непосредственно в ходе погружения свай путем последовательного их соединения электросваркой после опускания каждой предыдущей секции в скважину. Целесообразно при этом организовать работу на монтажном участке для изготовления звеньев свай-оболочек поточным методом, определив три производственных звена:

- звено изготовления армированных кольцевых наконечников (газорезчики, монтажники);
- звено изготовления секций свай — соединение труб, армированных кольцевых наконечников (по необходимости) в секции, подготовка кромок торцов труб для сварки в процессе погружения (сварщики, монтажники, стропальщики-такелажники);
- звено антикоррозионной защиты корпусов металлических свай-оболочек (маляры, стропальщики-такелажники).

Секции свай-оболочек после изготовления раскладывают на горизонтальных стеллажах в непосредственной близости от места их погружения. Это позволяет сократить время транспортировки звеньев свай и их перемещения, сократить количество рабочих и средств механизации, привлекаемых для устройства свайного основания. Нормы времени в чел.-ч на соединение звеньев стальных свай общей длиной 16–32 м в ходе погружения приведены в табл. 1.

Наиболее простым способом возведения свайного фундамента из полых круглых свай для малоэтажных зданий и ряда сооружений из трубобетонных конструкций является забивной

¹ СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03–85 Свайные фундаменты».

Таблица 1

**Нормы времени на изготовление стальных полых круглых свай и свай-оболочек
комплексной бригадой без учета работы краном***

Наименование работ	Состав звена, чел.	Ед. изм.	Диаметр, м		
			полых круглых свай, чел.-ч		свай-оболочек, чел.-ч
			0,8	1,2	1,6
Установка первой секции	Монтажники конструкций: 5-го разр. — 1 3-го разр. — 2	1 звено	3,72	3,72	3,72
Установка последующей секции	Монтажники конструкций: 5-го разр. — 1 3-го разр. — 2	То же	5,88	6,12	13,2
Электросварка стыка снаружи оболочки	Электросварщик ручной сварки 5-го разр. — 1	1 стык	8,8	12,8	27,6

* ЕНиР. Сборник Е12. Свайные работы. М.: Стройиздат, 1988. С. 65.

с предварительным бурением лидерных скважин (рис. 1). Этот способ наиболее распространен в районах Крайнего Севера России. Глубина бурения лидерных скважин при этом выбирается в районе 4–6 м, глубина погружения свай в грунт находится в промежутке от 6 до 15 м в зависимости от расчетной нагрузки.

Рис. 1. Погружение свай в грунт

Для строительства высотных зданий на свайном основании, в том числе и районе средней полосы Российской Федерации, требуется достижение значительно большей глубины бурения и погружения свай, что влечет за собой применение иной технологии устройства свайного поля. Это связано с необходимостью в преодолении толщи слабых грунтов с целью достижения твердых и устойчивых слоев, для чего требуются более мощные средства механизации для бурения скважин и погружения в них стальных свай диаметром до 1,5 м. Такие возможности имеются у образцов техники некоторых зарубежных производителей, таких как Bauer, KATO, Zoomlion, Trive, практикующих технологию устройства буронабивных свай. Конкретным примером является буровая установка Bauer BG 24H BT 75², технические характеристики которой приведены в табл. 2.

Существует несколько технологических вариантов устройства буронабивных свай, например Double Rotary, «Атлас», «Омега», Fundex (с теряемым наконечником), метод с применением раскатчика (DDS-технология), устройство свай под защитой обсадных труб и т. д. Их применение напрямую зависит от конкретных инженерно-геологических условий и степени воздействия на

² Официальный сайт компании ООО «БАУЭР Машинен Руссланд». URL: <http://www.bauer-rus.ru/ru> (дата обращения: 07.11.2017).

Таблица 2

Технические характеристики буровой установки Bauer BG 24H BT 75

Параметры	Характеристики
Масса буровой установки	82 500 кг
Мощность двигателя	313 кВт
Глубина бурения	58 м
Общая высота	21 900 мм
Максимальный диаметр скважины	1700 мм
Длина ходовых механизмов	5500 мм
Ширина ходовых механизмов	3000–4400 мм
Траки	700 мм

окружающую среду [13]. Взяв за основу каждый из перечисленных вариантов в части бурения скважины, погружения и заполнения полости бетонной смесью, необходимо принять во внимание, что применительно к данному случаю свая-оболочка из грунта не извлекается, а используется как стальная трубобетонная конструкция в грунте. Преимуществом такого метода в сравнении с другими будет высокое качество сплошности бетонного заполнения, защита бетона от влияния агрессивной среды и влаги как во время набора прочности, так и во время эксплуатации, жесткость и устойчивость конструкции. Заполнение полости свай-оболочек бетонной смесью осуществляется по окончании процесса их погружения в грунт. Приготовление

бетонной смеси целесообразно осуществлять на специализированных предприятиях — бетонных заводах (ЦБЗ), поскольку получение большого количества высококачественного бетона непосредственно на строительной площадке затруднительно. Доставку бетонной смеси на строительную площадку необходимо осуществлять по графику автомобильным транспортом.

Основные этапы погружения стальных свай-оболочек в грунт с наращиванием звеньев буронабивным способом представлены на рис. 2.

На этапе 1, после геодезической разметки планового положения свай, подъема первой секции на установку и наводки установки в точку бурения, производится процесс опережающего бурения скважины путем вращения свай-оболочки с кольцевой коронкой через трубовкручивающий стол. На этапе 2 производится погружение свай-оболочки и очистка ее внутренней полости при помощи короткого шнека, подвешенного на телескопической штанге Келли, через каждые 1,5–2 м бурения. На этапе 3 по достижении глубины полного погружения первой секции осуществляется подтягивание и подъем следующей секции, установка в вертикальное положение. На этапе 4 производится жесткое соединение секций электросваркой, проводят мероприятия по защите сварного шва от коррозии; на этапе 5 — последующее бурение и погружение соединенных секций путем вращения свай-оболочки с периодической выемкой грунта из полости тру-

Рис. 2. Схема погружения свай-оболочек в грунт

бы. На этапе 6 по достижении нижней частью сваи-оболочки проектной глубины погружения осуществляется полная очистка внутренней полости от шлама и заполнение ее бетонной смесью. На этапе 7 — окончание заполнения, проверка качества выполнения работ [13].

Нормы времени на погружение одной стальной полый круглой сваи в грунт с помощью копра напрямую зависят от выбранных образцов средств механизации. Усредненные нормы времени даны в табл. 3.

Подача бетона в полость стальных свай производится бригадой или звеном бетонщиков с помощью бетононасосов. Усредненные нормы бетонирования полости труб даны в табл. 4.

Завершением работ нулевого цикла является срубка свай и монтаж их оголовков. Данный процесс неразрывно связан с проведением комплекса геодезических работ. Схема монтажа оголовка и стык со стойкой каркаса здания (сооружения) представлены на рис. 3.

Оголовник сваи и аналогичная ей по конструкции усиливающая пластина (поз. 4) посредством сварного соединения монтируются

на верхнюю часть сваи (поз. 1) и нижнюю часть стойки каркаса (поз. 2). Усиление конструкции соединительного узла производится стальными ребрами (поз. 3). На рис. 3 представлен вариант соединения стальной сваи и стойки каркаса здания разных диаметров.

Заполнение труб-стоек конструкций каркаса и ядра бетонной смесью производится снизу вверх методом напорного бетонирования, предложенным профессором А. В. Курочкиным [5]. Его принцип состоит в непрерывном нагнетании бетонной смеси по напорному бетоноводу в конструкцию под воздействием гидродинамического давления, развиваемого напорным оборудованием — бетононасосом, при погружении бетоновода в бетонную смесь на глубину 0,3–0,4 м [12]. Наиболее эффективно использовать литые (ЛБС) или самоуплотняющиеся бетонные смеси (СУБ), полученные за счет применения суперпластификаторов или специальных химических добавок.

На рис. 4 представлена схема монтажа трубы-насадки. Стыки сварного соединения металлических труб каркаса (поз. 1, 2) усиливаются

Таблица 3

Усредненные нормы времени погружения одиночной сваи, чел.-ч*

Состав звена	Длительность погружения одной сваи, мин, до							
	3	5	7	10	15	20	30	40
Машинист крана 5-го разр. — 1 чел. Копровщики: 5-го разр. — 1 чел. 4-го разр. — 1 чел. 3-го разр. — 1 чел.	1,88	2,04	2,2	2,44	2,8	3,28	3,96	4,8

* ЕНиР. Сборник Е12. Свайные работы. М.: Стройиздат, 1988. С. 65.

Таблица 4

Усредненные нормы бетонирования полости труб*

Состав звена	Количество, чел.	На расстояние до 250 м, производительность насоса 20 м³/ч, на 100 м³ бетонной смеси
Машинист бетононасосной установки 4-го разр.	1	18 чел.-ч
Слесарь строительный 4-го разр.	1	
Бетонщик 2-го разр.	1	

* ЕНиР. Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Вып. 1. Здания и промышленные сооружения. М.: Стройиздат, 1987. С. 28.

Рис. 3. Схема монтажа оголовка и стыка со стойкой каркаса

путем специальной насадки-оболочки (поз. 7), изготовленной из аналогичных стальных труб большего диаметра с учетом толщины ее стенки. Для наибольшей прочности конструкции длина насадки-оболочки (поз. 7) должна быть не менее двух диаметров соединяемых труб. Ее монтаж к стальным стойкам (поз. 1, 2) целесообразно осуществлять электросваркой двумя горизонтальными сварочными швами.

Научная новизна предлагаемого технологического решения заключается в жестком конструктивном соединении стержневого трубобе-

Рис. 4. Схема монтажа трубы-насадки

тонного каркаса и свайного фундамента здания (сооружения), однообразно выполненных на основе бетона и стальной трубы-оболочки. Конструктивно внешняя стальная труба-оболочка выполняет функции продольного и поперечного армирования. Бетон, воспринимающий сжимающие и относительно всей конструкции продольные нагрузки, которые принимаются стенкой трубы, передает их в поперечном направлении. Часть трубобетонной конструкции, находящейся в грунте, принимает продольную сжимающую нагрузку, опираясь конусом основания на твердые слои грунта, и передает ее в поперечном направлении в виде давления стенкой трубы на грунт, создавая эффект висячей сваи, что дает дополнительную устойчивость всей конструкции. Таким образом, применение свайного основания является в технологическом плане наиболее приемлемым решением для возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций.

При возведении каркаса и ядра зданий и сооружений из трубобетонных конструкций необходимо использовать поперечный монтаж в вертикальном развитии. Конструкция здания состоит из однотипных несущих элементов и узлов, что дает возможность развития строительства как вверх, так и вниз. По опыту строительства аналогичных зданий в Китае, в подобных зданиях в первую очередь осуществлялся монтаж ячейки нулевого уровня, а затем осуществлялся монтаж с развитием ячеек вверх и технических подземных ячеек вниз [8]. Каркас и ядро зданий и сооружений в данном случае (рис. 5) состоят из трубобетонных стоек-колонн круглого профиля (поз. 1 и 2), имеющих между собой балочную связь (поз. 3), конструктивно представляющих собой двутавровые балки длиной до 6 м. В качестве балок в зданиях и сооружениях такого типа наиболее целесообразно применять стальные двутавры по СТО АСЧМ 20-93³.

Крепление балок (поз. 3) к стойкам круглого сечения (поз. 1 и 2), соединенным между собой насадкой-оболочкой (поз. 7), производится электросваркой с помощью треугольных стальных пластин с пазом (поз. 4) для надежности

³ СТО АСЧМ 20-93. Двутавры горячекатаные с параллельными гранями полок. Прокат стальной сортовой фасонного профиля. Технические условия.

Рис. 5. Схема монтажа балок

стыковки с насадкой-оболочкой, соединяемых с балкой через стальную пластину (поз. 5). Кроме того, для крепления балки предусмотрено дополнительное соединение электросваркой через стальной уголок стандартного профиля (поз. 6). В данном случае треугольные стальные пластины (поз. 4) будут воспринимать вертикальные нагрузки, а стальные уголки (поз. 6) — горизонтальные. В дальнейшем в процессе монтажа здания и сооружения треугольные стальные пластины (поз. 4) будут закрыты устанавливаемой монолитной стеной и дополнительно будут усиливать соединение каркаса с бетоном. В процессе монтажа стальным уголком посредством нагревания и передачи им небольшого усилия ударным способом нужно придать форму, как показано на рис. 6.

Для равномерного распределения нагрузки конструктивно предусматривается балочная связь между каркасом здания и ядром. Указанные связи также выполняют роль основания для перекрытий.

Основной задачей после устройства фундамента становится правильная, геометрически выверенная установка трубобетонных стоек каркаса и ядра на основание с последующим монтажом межстоечных связей. Изготовление указанных конструкций целесообразно проводить непосредственно на объекте строительства посредством привлечения к этому высвободившихся сил и средств после изготовления свай-

оболочек в той же технологической последовательности. В данном случае важное значение будет иметь точность заводского изготовления каждой из труб. При строительстве высотных зданий и сооружений и технической невозможности установки стоек каркаса и ядра, соответствующих проектируемой высоте здания, их монтаж производится методом их вертикального наращивания самоподъемными приставными кранами.

Нормы времени в чел.-ч для изготовления стоек каркаса зданий и сооружений трубобетонных конструкций представлены в табл. 5.

В Российской Федерации действует несколько государственных стандартов, регулирующих производство стальных труб общего назначения, объединенных 21.12.2010 в ГОСТ Р 54159–2010. В соответствии с указанными нормами стандартная максимальная длина стальных труб общего назначения и прецизионных труб составляет 12 м, что соответствует высоте корпуса жилого здания до четырех ярусов. Стандартный максимальный наружный диаметр трубы составляет 325 мм при толщине стенки 24 мм⁴. По согласованию между изготовителем и заказчиком трубы мерной длины и длины, кратной мерной, могут быть изготовлены длиной, не предусмотренной ГОСТ Р 54159–2010. Таким образом, фактически в настоящий момент четко определенный стандарт по изготовлению стальных труб для трубобетонных конструкций отсутствует. Поэтому на первый план при изготовлении та-

⁴ ГОСТ Р 54159–2010. Трубы стальные бесшовные и сварные холоднодеформированные общего назначения. Технические условия.

Рис. 6. Схема монтажа усиления соединения балок уголком (обозначения позиций совпадают с рис. 5)

Таблица 5

Нормы времени на изготовление колонн, стоек и опор комплексной бригадой^{*,}**

Состав звена	Ед. изм.	Электросварщики, монтажники конструкций, чел.-ч	Добавлять на 1 тонну, чел.-ч
Электросварщик 4–6-го разр. — 1 чел.	Один конструктивный элемент диаметром 325–426 мм	2	—
Монтажники конструкций: 6-го разр. — 1 чел.; 5-го разр. — 2 чел.; 4-го разр. — 1 чел.; 3-го разр. — 1 чел.;	Один конструктивный элемент	2,1	0,77
Машинист крана 6-го разр. — 1 чел.		0,42	0,15

^{*} Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Монтаж металлических конструкций // Сборник Е5. Информационный справочник. Вып. 1. М., 1986. С. 8–10.

^{**} Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сварочные работы // Сборник Е22. Информационный справочник. Вып. 2. М., 1986. С. 15–17.

ких конструкций выступает точность и выверка, а также соответствие государственным стандартам труб-полуфабрикатов общего назначения, выпускаемых заводами-изготовителями. При поступлении строительных материалов, в том числе стальных труб, на строительную площадку они подвергаются сплошному или выборочному входному контролю, где проверяют их основные параметры и производят проверку их соответствия сопроводительной документации и техническим условиям. Особое внимание при этом необходимо уделить входному контролю трубной продукции.

Изготовление или укрупненную сборку стоек каркаса и ядра в случае строительства высотных зданий и сооружений из трубобетонных конструкций целесообразно производить электросваркой при помощи специальных устройств — центраторов промышленного изготовления, выпускаемых под определенный стандартный диаметр трубы. Стальные трубы при этом выкладывают на горизонтальные стойки-стеллажи. Сварочные работы производят в два этапа. На первом этапе осуществляется сварка непосредственно самой стойки трубобетонной конструкции, на втором этапе — сварка насадок-оболочек, усиливающих сварные соединения стальных стоек. Учитывая важность указанной операции, после проведения сварочных работ

каждого из вышеперечисленных этапов все сварные соединения стоек каркаса должны подвергаться сплошному визуально-измерительному контролю и контролю физическими методами. В настоящий момент специальные нормы и допуски по определению степени годности указанных сварных соединений, непосредственно применяющихся для трубобетонных конструкций, фактически отсутствуют. После проведения контроля качества и признания сварных соединений годными производится их антикоррозийная защита с последующим окрашиванием части поверхности трубы, покрываемой насадками-оболочками.

Монтаж стоек каркаса и ядра зданий и сооружений из трубобетонных конструкций с центровкой и выверкой в вертикальном положении необходимо производить с помощью грузоподъемных стреловых башенных или мостовых кранов, установленных по обе стороны от строящегося здания или сооружения, поскольку имеется необходимость одновременного выполнения не менее двух операций подъема-опускания или удержания конструкции в вертикальном положении [1], как показано на рис. 7.

В порядке исключения возможно производить установку стоек автомобильными и гусеничными самоходными кранами при высоте конструкций не более 25–30 м и наружном диа-

Рис. 7. Схема расстановки кранов

метре трубы-стойки не более 325 мм. В первую очередь производят установку стоек ядра, во вторую — стоек каркаса. При строительстве высотных зданий и сооружений из трубобетонных конструкций применяются самоподъемные приставные башенные краны. Нормы времени в чел.-ч для производства монтажа стоек каркаса зданий и сооружений трубобетонных конструкций представлены в табл. 6.

После установки стойки в вертикальное положение до момента снятия кранового такелажного оборудования и монтажа постоянного крепежного оборудования или сварного соединения

с оголовком сваи, ее центровки и выверки стойку необходимо временно закрепить не менее чем с трех сторон на двойных тросовых растяжках с парным креплением, оснащенных талрепами. С этой целью до начала монтажа стоек необходимо предусмотреть установку конструкций крепления указанных растяжек как непосредственно на стойке, так и на грунте. Соединение стоек каркаса (ядра) и свай основания зданий и сооружений из трубобетонных конструкций производится посредством электросварки, анкерного или фланцевого болтового соединения, либо комбинацией указанных способов⁵.

По окончании работ по установке стоек каркаса и ядра зданий и сооружений из трубобетонных конструкций, их центровки и выверки вертикального положения производят монтаж балочных связей на нулевом (технический ярус) и последующих ярусах. Конструкции ярусов являются однотипными для всего здания. Поэтому при точной вертикальной установке и правильной их сборке возможно применение крупноэлементного метода монтажа, в частности при установке армокаркаса монолитных перекрытий. Монтаж балок вследствие их точной подгонки и в целях доступности стыковочных узлов для проведения сварочных работ производится поэлементно.

Конструкции перекрытий устанавливаются после монтажа балок перекрытия и состоят из

⁵ СП 70.13330.2012 «СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции».

Таблица 6

Нормы времени на монтаж колонн, стоек и опор^{*,**}

Состав звена	Ед. изм.	Электросварщики, монтажники конструкций, чел.-ч	Машинист крана, чел.-ч
Электросварщик 4-6-го разр. — 1 чел.	Один конструктивный элемент диаметром 325–426 мм	2	—
Монтажники конструкций: 6-го разр. — 1 чел.; 4-го разр. — 2 чел.; 3-го разр. — 1 чел.	Один конструктивный элемент	3,5	0,7
Машинист крана 6-го разр. — 1 чел.	Добавлять на 1 т	0,75	0,15

^{*} Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Монтаж металлических конструкций // Сборник Е5. Информационный справочник. Вып. 1. М., 1986. С. 8–10.

^{**} Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сварочные работы // Сборник Е22. Информационный справочник. Вып. 2. М., 1986. С. 15–17.

сталежелезобетонного перекрытия, где стальной профилированный лист выполняет роль несъемной опалубки. Его армирование и заливка бетоном осуществляются, как показано на рис. 8⁶.

Такая конструкция позволяет значительно сократить время на монтаж перекрытий, исключив из процесса ее сборки монтаж и демонтаж съемной опалубки, а также повышает надежность и устойчивость указанных конструкций.

Наружные и внутренние стены в зданиях и сооружениях, выполненных по каркасно-ствольной схеме, не являются несущими и выполняют роль ограждающих конструкций, что дает возможность принятия любого объемно-планировочного решения при проектировании зданий и сооружений из трубобетонных конструкций и выборе строительного материала для их монтажа. Наиболее удачным вариантом является монтаж несъемной опалубки, используемой в дальнейшем в качестве облицовочной части фасада здания, с последующим заполнением ее смесью из легкого бетона и слоя теплоизоляционных материалов. Внутренние перегородки здания и сооружения целесообразнее выполнять, используя пенобетонные блоки.

Строительно-монтажные работы по строительству зданий и сооружений из трубобетонных конструкций ведутся поточно-комплексным методом с разделением на несколько бригад:

⁶ СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования.

- бригада по монтажу стоек каркаса, ядра и балочных связей (электросварщики, монтажники, стропальщики-такелажники, средства механизации);

- бригада по монтажу металлоконструкций перекрытий (электросварщики, монтажники, стропальщики-такелажники, средства механизации);

- бригада по монтажу конструкций стен ярусов — монтаж несъемной опалубки, армокаркаса (электросварщики, монтажники, стропальщики-такелажники, средства механизации);

- бригада по бетонированию конструкций стоек, наружных стен и перекрытий (бетонщики, средства механизации);

- бригада по монтажу внутренних перегородок (каменщики, бетонщики, стропальщики, средства механизации);

- бригада по производству отделочных и специальных работ (штукатуры, маляры, столяры, сантехники, электрики, монтажники КИПиА);

- бригада по установке специального оборудования (монтажники лифтового оборудования, средства механизации и т. д.);

- бригада по производству кровельных работ (кровельщики, монтажники, стропальщики-такелажники, средства механизации).

Такое распределение по бригадам дает возможность вести последовательные и параллельные операции.

Рис. 8. Конструкция сталежелезобетонного перекрытия: 1 — опорная балка; 2 — арматурная каркасная сетка; 3 — стаб-болт; 4 — бетон; 5 — профнастил

Таблица 7

Основные характеристики затрат на строительство

Показатели технологических преимуществ	Ед. изм.	Виды строительных технологий			
		Традиционные			Монтаж трубожелезобетонных конструкций
		Монолитное бетонирование	Кирпичная кладка	Монтаж железобетонных панелей	
Трудоемкость монтажа	чел.-ч/м ²	20	10	5	10
Степень заводской готовности	%	50	60	70	50
Стоимость монтажа	руб./м ²	4000	2000	1000	1400
Средняя масса сопоставимой панели перекрытия	кг	3000	3000	3000	900
Требуемый разряд рабочих	–	5–6	5–6	4–5	4–6
Уход законструкциями после монтажа (прогрев, полив и др.)	–	+	+	+	–
Каркас панели	–	ЖБК	ЖБК	ЖБК	ТЖБК
Теплоизоляция	–	Газобетон, керамика	Керамика, газобетон	Газобетон, керамика	Газобетон, керамика
Обшивки	–	Штукатурка	Штукатурка	Навесной фасад	Несъемная опалубка
Узлы соединения	–	Бетон, сварка	Раствор, сварка	Сварка, раствор	Сварка

Сравнение основных технологических параметров возведения зданий и сооружений для нескольких вариантов конструкций представлено в табл. 7.

Выводы

1. Разработана новая жесткая, прочная, устойчивая, статически неизменяемая конструкция, отличающаяся технологической простотой производства, требующая для возведения значительно меньший объем производимых строительно-монтажных работ и затрат, способная выдерживать значительные нагрузки при относительно малых поперечных сечениях в неблагоприятных инженерно-геологических условиях и дающая возможность экономии строительных материалов.

2. Оптимальной областью использования технологии трубобетонных конструкций является строительство каркасов высотных зданий и сооружений, устройство свайных фундаментов при применении технологии глубокого бурения, возведение опор автомобильных и железнодорожных мостов и иных стержневых конструк-

ций, воспринимающих значительные продольные нагрузки при относительно малом значении эксцентриситета.

3. По своим технологическим параметрам (трудоемкости, стоимости, требуемой квалификации рабочих) трубобетонные конструкции в 2–3 раза превосходят конкурентные технологии, их применение приносит значительный выигрыш во времени и результате производства.

Библиографический список

1. Казаков Ю. Н., Копанская Л. Д., Тишкин Д. Д. Основы строительного производства: курс лекций. СПб.: СПбГАСУ, 2008. С. 126–178.
2. Бикбау М. Я., Тросницкий В. Б., Юлдашева Ф. С., Ильясова И. А. Новые комплексные технологии строительства жилья. Технологическая и технико-экономическая оценка. М.: МИМЭТ, 2010. С. 6–20.
3. Сотников С. Н., Симагин В. Г., Вершинин В. П. Проектирование и возведение фундаментов вблизи существующих сооружений. Опыт строительства в условиях Северо-Запада СССР / Под ред. С. Н. Сотникова. М.: Стройиздат, 1986. 96 с.

4. Етекбаева А. Б. Прочность и деформация трубобетонных сжатых элементов при знакопеременных горизонтальных нагрузках: дис. ... канд. техн. наук. Алматы, 2010. 132 с.

5. Курочкин А. В. Возведение каркасных зданий с несущими конструкциями из трубобетонных элементов // Вестник МГСУ. 2010. № 3. С. 82–86.

6. Кришан А. Л., Мельничук А. С. Трубобетонные колонны квадратного сечения // Жилищное строительство. 2012. № 5. С. 19–21.

7. Санталова Т. Н., Дроженко К. В., Санталов А. Ю. Новые технические решения при строительстве высотных зданий // сб. науч. тр. SWorld. 2010. Т. 23. № 2. С. 21–22.

8. Цай Шаохуай. Новейший опыт применения трубобетона в КНР // Бетон и железобетон. 2001. № 3. С. 20–24.

9. Сидельникова О. П., Козлов Ю. Д. Методы безопасного производства высокоэффективных строительных материалов для использования в особых условиях эксплуатации // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: «Строительство и архитектура». 2010. № 17. С. 74–82.

10. Беккер А. Т., Цимбельман Н. Я. Применение оболочечных конструкций с упругим наполнителем в строительстве // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2010. № 2 (4). С. 27–34.

11. Стороженко Л. И. Прочность и деформативность трубобетонных элементов // Бетон и железобетон. 1980. № 12. С. 8–9.

12. Комаринский М. В., Онисковец Р. В., Остаркова О. А. Бетонирование густоармированных конструкций литыми смесями // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 2 (53). С. 29–41.

13. Верстов В. В., Гайдо А. Н. Технология устройства свайных фундаментов: учеб. пособие. СПб.: СПбГАСУ, 2010. С. 12–79.

14. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Монтаж металлических конструкций // Сборник Е5. Информационный справочник. Вып. 1. М., 1986. С. 8–10.

15. Sychev S. A. Technologies for fast economical construction of residential buildings // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015. Vol. 10, № 17. Pp. 7502–7506.

16. Badjin G., Sychev S., Judina A. Buildings in the Conditions of Northern Regions // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725–726. P. 100–104. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.100.

17. Tsuda K., Matsui C., Fujinaga T. Simplified Design Formula of Slender Concrete-Filled Steel Tubular Beam-Columns // Proceedings, 6th ASCCS Conference on

Composite and Hybrid Structures. Los Angeles, 2000. Vol. 1. Pp. 457–464.

References

1. Kazakov Yu. N., Kopanskaya L. D., Tishkin D. D. *Osnovy stroitel'nogo proizvodstva. Kurs lektsiy* [Basics of construction production. A course of lectures]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2008, pp. 126–178.

2. Bikbau M. Ya., Trosnitskiy V. B., Yuldasheva F. S., Il'yasova I. A. *Novye kompleksnye tekhnologii stroitel'stva zhil'ya. Tekhnologicheskaya i tekhniko-ehkonomicheskaya otsenka* [New complex technologies of housing construction. Technological, technical, and economic assessment]. Moscow, MIMET Publ., 2010, pp. 6–20.

3. Sotnikov S. N., Simagin V. G., Vershinin V. P. *Proektirovanie i vozvedenie fundamentov vblizi sushchestvuyushchikh sooruzheniy. Opyt stroitel'stva v usloviyakh Severo-Zapada SSSR* [Design and construction of the foundations near the existing structures. Experience of construction in conditions of the Northwest of the USSR]. Ed. by Sotnikov S. N. Moscow, Stroyizdat Publ., 1986, 96 p.

4. Etekbaeva A. B. *Prochnost' i deformatsiya trubobetonnykh szhatykh ehlementov pri znakoperemennykh gorizonta'lnykh nagruzkakh. Diss. kand. tekhn. nauk* [Durability and deformation the tube concrete compressed elements at sign-variable horizontal loads. PhD in Sci. Tech. diss.]. Almaty, 2010, 132 p.

5. Kurochkin A. V. *Vozvedenie karkasnykh zdaniy s nesushchimi konstrukttsiyami iz trubobetonnykh ehlementov* [Erection of framed buildings with load-carrying structures from concrete tube elements]. *Vestnik MGSU – MGSU Bulletin*, 2010, no. 3, pp. 82–86.

6. Krishan A. L., Mel'nichuk A. S. *Trubobetonnye kolonny kvadratnogo secheniya* [Concrete tube columns of square section]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo – Housing construction*, 2012, no. 5, pp. 19–21.

7. Santalova T. N., Drozhenko K. V., Santalov A. Yu. *Novye tekhnicheskie resheniya pri stroitel'stve vysotnykh zdaniy* [New technical solutions at construction of high-rise buildings]. *Nauch. tr. SWorld* [Coll. of sci. works SWorld]. 2010, vol. 23, no. 2, pp. 21–22.

8. Tsay Shaokhuay. *Noveyshiy opyt primeneniya trubobetona v KNR* [The newest experience of application of tube-confined concrete with metal shell in the People's Republic of China]. *Beton i zhelezobeton – Concrete and steel concrete*, 2001, no. 3, pp. 20–24.

9. Sidel'nikova O. P., Kozlov Yu. D. *Metody bezopasnogo proizvodstva vysokoehffektivnykh stroitel'nykh materialov dlya ispol'zovaniya v osobykh usloviyakh ehkspluatatsii* [Methods of safe production of highly effective construction materials for use in special operating conditions]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo*

arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura – Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Engineering. Series: Construction and architecture, 2010, no. 17, pp. 74–82.

10. Bekker A. T., Tsimbel'man N. Ya. *Primenenie obolocheknykh konstruktsiy s uprugim napolnitelem v stroitel'stve* [Application of shell designs with elastic fillers in construction]. *Vestnik Inzhenernoy shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta – Bulletin of FEPU (Far Eastern Federal University)*, 2010, no. 2 (4), pp. 27–34.

11. Storozhenko L. I. *Prochnost' i deformativnost' trubobetonnykh ehlementov* [Durability and deformability of tube-confined concrete with metal shell elements]. *Beton i zhelezobeton – Concrete and reinforced concrete*, 1980, no. 12, pp. 8–9.

12. Komarinskiy M. V., Oniskovets R. V., Ostarkova O. A. *Betonirovanie gustoarmirovannykh konstruktsiy litymi smesyami* [Concreting the densely reinforced designs with cast mixtures]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy – Construction of unique buildings and structures*, 2017, no. 2 (53), pp. 29–41.

13. Verstov V. V., Gaydo A. N. *Tekhnologiya ustroystva svaynykh fundamentov. Uchebnoe posobie* [Construction

technology of pile foundations. Teaching manual]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2010, pp. 12–79.

14. *Edinye normy i rastsenki na stroitel'nye, montazhnye i remontno-stroitel'nye raboty. Montazh metallicheskih konstruktsiy* [Uniform norms and quotations for construction, installation and maintenance works. Mounting of metal facilities]. *Sbornik E5. Informatsionnyy spravochnik* [Collection E5. Information reference book]. Iss. 1. Moscow, 1986, pp. 8–10.

15. Sychev S. A. Technologies for fast economical construction of residential buildings. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2015, vol. 10, no. 17, pp. 7502–7506.

16. Badjin G., Sychev S., Judina A. Buildings in the Conditions of Northern Regions. *Applied Mechanics and Materials*, 2015, vol. 725–726, pp. 100–104. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.100.

17. Tsuda K., Matsui C., Fujinaga T. *Simplified Design Formula of Slender Concrete-Filled Steel Tubular Beam-Columns*. Proc. of the 6-th ASCCS Conference on Composite and Hybrid Structures. Los Angeles, 2000, vol. 1, pp. 457–464.