

**Сидорова Марина Максимовна** (автор)  
студент кафедры Организации Строительства  
Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного  
университета  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [sidorova\\_m04@mail.ru](mailto:sidorova_m04@mail.ru)

**Тилинин Юрий Иванович** (научный руководитель)  
кандидат технических наук кафедры Технологии Строительного  
Производства  
Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного  
университета  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [tilsp@inbox.ru](mailto:tilsp@inbox.ru)

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОННЫХ РАБОТ**

Анализ факторов строительного производства показал, что в современном строительстве при возведении зданий и сооружений монолитные технологии являются наиболее целесообразными по многим критериям. Одним из которых является компактность складского хозяйства, что важно при стесненности строительной площадки. Строительные площадки часто располагаются в густонаселённых районах, что зачастую сопровождается нехваткой свободного пространства для складирования сборных строительных конструкций, для которых необходимы большие проезды при транспортировке. Поэтому в условиях стесненности сборные технологии возведения зданий мало применимы по сравнению монолитным строительством. Поэтому данная статья посвящена совершенствованию методов бетонирования при возведении монолитных зданий. Авторы предлагают использовать шахтные подъёмники в технологии монолитного строительства, а также проводят сравнительный анализ различных способов

вертикальной транспортировки бетонной смеси при возведении зданий. При сравнении строительных технологий используется метод экспертных оценок.

**Метод:** экспертной оценки

**Ключевые слова:** стесненность строительства, монолитные технологии, методы бетонирования, шахтный подъемник, бетононасос, строительный кран, распределительная стрела, сравнение, метод экспертной оценки, результат, анализ.

An analysis of construction production factors has shown that in modern construction, when constructing buildings and structures, monolithic technologies are the most appropriate according to many criteria. One of which is the compactness of the warehouse facilities, which is important when the construction site is cramped. Construction sites are often located in densely populated areas, which often leads to a lack of free space for storing prefabricated building structures, which require large passages for transportation. Therefore, in confined spaces, precast building construction technologies are less applicable than monolithic construction. Therefore, this article is devoted to improving concreting methods for monolithic building construction. The authors propose the use of shaft hoists in monolithic construction technology and also conduct a comparative analysis of various methods of vertical transportation of concrete mix during building construction. Expert assessments are used to compare construction technologies.

**Method:** expert assessment

**Keywords:** Building construction constraints, monolithic technologies, concreting methods, mine hoist, concrete pump, construction crane, distribution boom, comparison, expert assessment method, result, analysis.

Внешняя стесненность является причиной ограниченности внутри строительной площадки с перемещением и хранением материалов, а также с

размещением строительного оборудования, особенно кранов, что имеет первостепенное значение для строительства [1-4].

В качестве предмета исследования нами рассматриваются способы производства работ при возведении монолитных конструкций зданий в стесненных условиях. Совершенствование технологии вертикальной транспортировки бетонной смеси при возведении монолитных зданий служит главной целью исследования.

Поиск рациональных областей применения различных способов вертикальной транспортировки бетонной смеси и рассмотрение перспективы использования шахтного подъемника при возведении монолитных зданий рассматриваются как основные задачи исследования.

Совершенствование технологии вертикального транспортирования бетонной смеси при строительстве монолитных конструкций представляет собой одно из перспективных направлений повышения эффективности бетонных работ, несмотря на разнообразие существующих методов возведения монолитных сооружений, предлагается рассмотреть использование шахтного подъемника, оснащенного подъемной головкой с распределительной стрелой, закрепленной на рамной конструкции. К этой стреле подводится бетоновод от стационарного бетононасоса.

Шахтный подъемник рекомендуется устанавливать либо в специально оставленных проемах межэтажных перекрытий, либо в лифтовой шахте строящегося здания. (рис.1.).

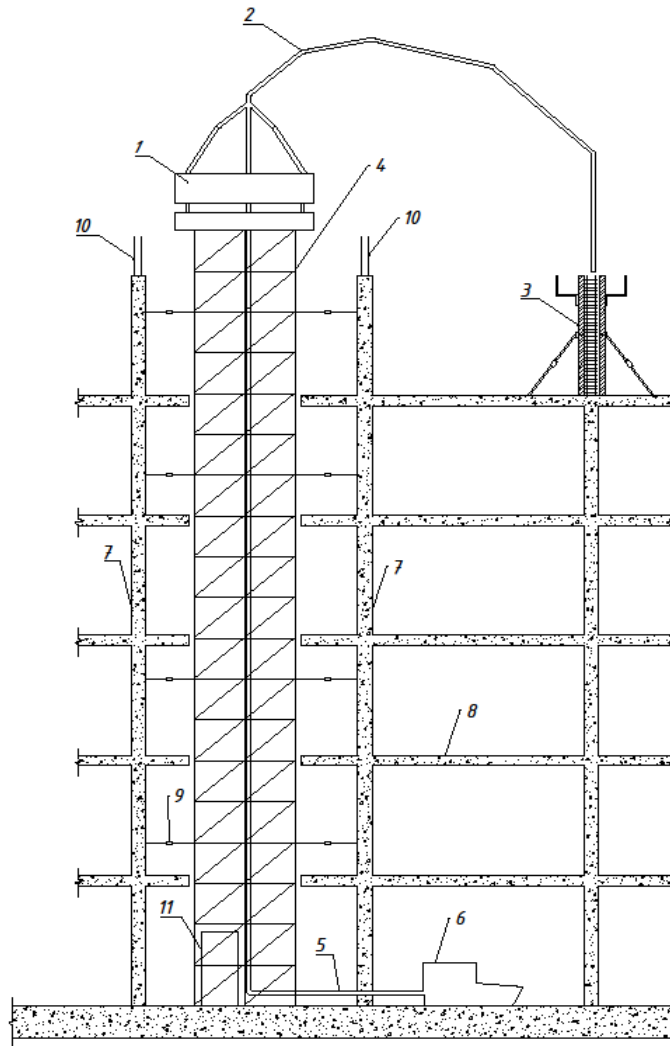


Рис. 1. Шахтный подъемник с самоподъемной головкой и распределительной стрелой при возведении монолитного высотного здания:

1 – самоподъемная головка; 2 – распределительная стрела; 3 – сборно-разборная щитовая опалубка стен; 4 – собираемый из трубчатых элементов многоклеточный шахтный подъемник; 5 – бетоновод; 6 – бетононасос; 7 – железобетонная монолитная стена; 8 – железобетонное монолитное перекрытие; 9 – натяжная муфта центrovочного троса; 10 – стержни вертикальной арматуры стен; 11 – клеть подъема людей и грузов.

Предложенный метод строительства монолитных зданий основан на использовании шахтного подъемника с распределительной стрелой, изначально разработанного для монтажа монолитных железобетонных

дымовых труб. Эта технология эффективна при сооружении зданий более 25 этажей.

Процесс наращивания шахтного подъемника включает монтаж стоек, ригелей, раскосов и направляющих для движения клетей, с последующей выверкой уже установленной части конструкции и окончательной фиксацией болтовых соединений. Внутри шахтной ячейки предусмотрено размещение переходных площадок и установка лестниц. Эти работы выполняются бригадой трубокладов-бетонщиков в составе двух специалистов 5-го разряда и одного специалиста 4-го разряда. С учетом подачи сборных элементов непосредственно к месту монтажа, на сборку одного яруса подъемника требуется не более двух часов.

При строительстве очередного этажа здания работы выполняются в следующей последовательности:

- увеличение высоты шахтного подъемника на уровень, соответствующий этажу;
- перемещение самоподъемной головки по шахтному подъемнику на высоту этажа;
- удлинение вертикального бетоновода;
- подача бетонной смеси в заранее установленную опалубку межэтажного перекрытия с помощью распределительной стрелы;
- технологический перерыв для ухода за твердеющим бетоном;
- монтаж арматуры и установка опалубки стен;
- подача бетонной смеси в опалубку стен с помощью распределительной стрелы;
- технологический перерыв, связанный с уходом за твердеющим бетоном.

В процессе увеличения высоты шахтного подъемника проводится его центровка с использованием тросов и натяжных муфт по отвесу. Для фиксации тонкого троса отвеса используется крепление в центре верхней части шахтного подъемника. Вертикальный стальной стержень, забетонированный

в фундаментной плите, служит направляющим элементом для установки отвеса. Вместо классического отвеса может применяться лазерное оборудование.

Наибольшей эффективностью в монолитном строительстве зданий отличается шахтный подъемник с ячейками размером 900 мм. Стойки этого подъемника изготавливаются из труб диаметром 60 мм и толщиной стенки 5,5 мм, а ригели и раскосы – из труб диаметром 40 мм с толщиной стенки 4 мм.

Учитывая параметры доступных на рынке бетононасосов и распределительных стрел, запланировано достижение сменной производительности бетонирования не менее 800 м<sup>3</sup> на расстоянии до 50 м в горизонтальном направлении. Стандартный диаметр бетоновода составляет 125 мм.

Использование башенного крана с бадьей или неподвижным бункером для вертикальной подачи бетона характеризуется низкой интенсивностью, ограниченной примерно 27 м<sup>3</sup> смеси за смену.

Для ускорения монолитного строительства зданий средней высотности, особенно на ограниченных строительных площадках, применяют стационарные бетононасосы и разнообразные виды распределительных стрел:

- стрела на рамной опоре;
- стрела на башенной трубчатой опоре;
- стрела на башенной решетчатой опоре;
- стрела на решетчатой опоре с одной или двумя консолями.

Проведена многокритериальная экспертная оценка методов вертикальной подачи бетонной смеси для определения областей их наибольшей эффективности. Результаты анализа представлены в таб.1.

Таблица 1

Результаты экспертной оценки вертикальной транспортировки бетонной смеси строительным краном в бадье и бетононасосом с установкой распределительной стрелы на различных видах опор

№ п/ п	Критерий	Экспертная оценка критерия							
		Кран строительн ый		Распределительная стрела с различными видами опор					
		Стре лово й	Баше нны й	Авто моби ль	Рамн ая опор а	Трубч атая опора	Решет чатая опора	Опор а с конс олям и	Кран с бетон оводо м
1	Устойчивост ь	6	9	10	6	8	8	9	9
2	Мобильность	8	4	10	6	5	4	4	4
3	Высота подачи бетонной смеси	7	10	5	7	6	7	8	8
4	Наращиваем ость вышки	7	10	7	4	7	7	8	8
5	Максимальн ый вылет стрелы	7	10	7	6	7	7	7	8
6	Подъем груза	8	10	1	1	1	1	3	7
7	Наличие холостого хода	1	1	10	10	10	10	10	8
8	Необходимос ть	10	10	10	1	7	7	7	10

перестановки краном									
Итого	54	64	60	41	51	51	56	62	

Способ вертикальной транспортировки бетонной смеси при помощи строительного крана наиболее приемлем при бетонировании стен, с малыми объемами бетонной смеси, потому что малая скорость около 20 м в минуту и наличие холостого хода крюка крана снижает его производительность при подаче бетонной смеси на высоту более 40 м и соответственно снижается интенсивность бетонирования.

Вертикальная транспортировка бетонной смеси автобетононасосами, оборудованными распределительной стрелой, наиболее эффективна при высоте подачи до 40 м. Для подачи бетонной смеси на высоту более 40 м применяется стационарный бетононасос и распределительная стела с опорой в виде рамы, переставляемая башенным краном.

Выбор способа вертикальной транспортировки бетонной смеси в реальных условиях строительства зависит от характеристик строительного объекта и строительной площадки.

Если увеличение срока строительства не приводит к существенному росту накладных расходов и укладывается в сроки контракта, то рекомендуется выбирать бетононасос со средними параметрами, руководствуясь более низкой ценой аренды.

Одним из ключевых преимуществ монолитного строительства на исторической территории Санкт-Петербурга является успешное сочетание технологий освоения подземного пространства с технологиями возведения надземной части зданий.

Вывод: Таким образом в настоящей работе выполнено сравнение методом экспертных оценок технологий производства бетонных работ с использованием различных машин для вертикального транспорта бетонной смеси:

- при строительстве монолитных зданий средней и повышенной этажности наиболее экономичны башенные краны, которые применяют для бетонирования стен;

- бетонирование фундаментных плит и перекрытий до 9-12 этажей лучше производить с использованием автобетононасоса;

- на высоту до 5 этажей в стесненных условиях эффективен способ с использованием распределительных стрел, установленных на вертикальных опорах-вышках;

- универсальных башенных кранов, оборудованных бетоноводами пока в строительстве нет;

- предложенная технология возведения зданий с использованием шахтного подъемника имеет практическое применение при возведении монолитных и в стесненных условиях достаточно эффективна.

Conclusion: This paper compares, using expert assessments, concrete production technologies using various machines for vertical transport of concrete mix:

- when constructing monolithic mid- and high-rise buildings, tower cranes are the most cost-effective for concreting walls;

- Concreting foundation slabs and floors up to 9-12 stories is best done using a truck-mounted concrete pump;

- For heights up to 5 stories in cramped conditions, a method using distribution booms mounted on vertical support towers is effective;

- universal tower cranes equipped with concrete pumps are not yet in use in construction;

- the proposed technology for constructing buildings using a shaft hoist has practical application in monolithic construction and is quite effective in cramped spaces.

## Литература:

1. Тилинин Ю.И., Щербаков А.П. Механизация и автоматизация процессов монолитного домостроения с учетом проблем строительной робототехники. В сборнике: Технология и организация строительства. Материалы I Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 80-летию основания кафедры "Строительное производство". Под общей редакцией А.Н. Гайдо. 2020. С. 407-417.
2. Тилинин, Ю. И. Организационно - технологические решения при реконструкции и новом строительстве зданий медицинских учреждений Минобороны России / Ю. И. Тилинин // Актуальные проблемы естественных и технических наук: Сборник статей межвузовской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18 октября 2024 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – С. 93-102. – EDN KVEDZY.
3. Тилинин, Ю. И. Эффективность строительных материалов и технологий возведения зданий в городских условиях / Ю. И. Тилинин, Б. Б. Дудурич // Современные направления развития технологии, организации и экономики строительства: Сборник статей I Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 21 апреля 2025 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – С. 185-190. – EDN UDURBL.
4. Тилинин, Ю. И. Предпосылки развития индустриальных методов строительства в Санкт-Петербурге / Ю. И. Тилинин // Строительство и реконструкция. – 2024. – № 1(111). – С. 117-128. – DOI 10.33979/2073-7416-2024-111-1-117-128. – EDN MIANUT.
5. Yudina, A. Selection of criteria for comparative evaluation of house building technologies / A. Yudina, Yu. Tilinin // Architecture and Engineering. – 2019. – Vol. 4, No. 1. – P. 47-52. – DOI 10.23968/2500-0055-2019-4-1-47-52.
6. Тилинин, Ю. И. Предпосылки развития индустриальных методов строительства в Санкт-Петербурге / Ю. И. Тилинин // Строительство и

реконструкция. – 2024. – № 1(111). – С. 117-128. – DOI 10.33979/2073-7416-2024-111-1-117-128. – EDN MIANUT.

7. Алешинцев, О. В. Актуальные проблемы технологии строительства специальных сооружений в слабых грунтах / О. В. Алешинцев, Ю. И. Тилинин // Актуальные проблемы естественных и технических наук : Сборник статей межвузовской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18 октября 2024 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – С. 110-114. – EDN FSPAZD.

8. Домостроительные технологии в системе сохранения и развития архитектурно-планировочной структуры исторических российских городов / Ю. И. Тилинин, О. А. Пастух, Д. А. Животов, А. Н. Панин. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. – 239 с. – ISBN 978-5-9227-1210-1. – EDN MPBWFN.