

Анализ применения строительной техники при возведении монолитного остова гражданского здания (на примере г. Екатеринбурга)

А.Р. Файзрахманов, Н.И. Фомин

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

Аннотация: Основная тенденция развития гражданского строительства связана с расширением применения монолитного железобетона. Во многих случаях, монолитный железобетон имеет лучшие строительно-технологические свойства (по сравнению со сборным железобетоном, металлом) и позволяет с экономической выгодой свободно реализовывать самые разнообразные архитектурные решения. В свою очередь, современные достижения в технологии выполнения бетонных работ были бы невозможны без применения прогрессивной строительной техники. В настоящей статье выполнен анализ применения строительных машин при возведении монолитного железобетонного остова гражданского здания на примере объектов, реализованных в г. Екатеринбурге в 2020-2021 гг. По результатам исследования были установлены производители строительной техники, а также технологии, преобладающие в монолитном домостроении. Выполнено технико-экономическое сравнение по основным параметрам, определяющих эффективность инвестиционно-строительного проекта – срокам и стоимости строительства на примере возведения 16-этажных гражданских зданий с монолитными железобетонными несущими конструкциями. Были сформулированы рекомендации, применение которых позволит сократить сроки и стоимость строительства, и, как следствие, обеспечить эффективность возведения гражданских монолитных зданий.

Ключевые слова: гражданское здание, монолитный железобетон, строительная машина, несущая конструкция, технико-экономическое сравнение, бетонная смесь, остов здания, строительная техника, возведение, гражданское строительство.

Екатеринбург по праву считается промышленным центром Уральского федерального округа. Здесь непрерывно и успешно развиваются различные отрасли производства, одной из которых является строительство.

Также Екатеринбург называют одним из самых «монолитных» городов России. По данным национального института развития строительной отрасли, сегодня для возведения гражданских зданий российские застройщики применяют в качестве основного материала железобетон (монолитный, сборный, сборно-монолитный), металл и кирпич. При этом уже более 20 лет лидирующие позиции занимает монолитное строительство [1-3]. В сегменте строительства гражданских зданий этажностью более 5

этажей, доля строительства из монолитного железобетона в России в настоящее время составляет 74%. Стоит отметить, что в Екатеринбурге объем строительства из монолитного железобетона еще выше – 83,8%. Основные материалы, используемые для строительства несущих конструкций гражданских зданий и их доля в общем объеме (для г. Екатеринбурга) представлены в таблице №1.

Таблица №1

Основные материалы, используемые для строительства несущих конструкций гражданских зданий и их доля в общем объеме (для г. Екатеринбурга)

Материал	Монолитный железобетон	Сборный и сборно-монолитный железобетон	Кирпич	Металл
Доля строительства, %	83,8	8,6	5,2	2,4

В зарубежной строительной практике монолитное домостроение также является доминирующим [4-6]. Так, в США объем применения монолитного железобетона составляет 85%, в Германии – 71%, во Франции – 82%, в Китае – 87%.

Прогнозируется, что к 2025 году доля строительства из монолитного железобетона в наиболее развитых странах будет достигать 90%.

Таким образом, следует признать, что в настоящее время основным материалом для строительства гражданских зданий является монолитный железобетон, поэтому исследования в данном направлении являются наиболее актуальными.

Для устройства несущих конструкций монолитных гражданских зданий в г. Екатеринбурге применяют следующие три основные технологии:

1) бетонирование вертикальных и горизонтальных конструкций с помощью технологии «кран-бадья»;

2) бетонирование вертикальных конструкций с помощью технологии «кран-бадья», а горизонтальных – с помощью технологии «бетононасос-бетоновод-распределительная стрела» («комбинированная» технология бетонирования);

3) бетонирование вертикальных и горизонтальных конструкций с помощью технологии «бетононасос-бетоновод-распределительная стрела».

Для определения наиболее распространенной технологии бетонирования гражданских зданий было проведено исследование на 45 строительных площадках г. Екатеринбурга, что составляет 72% от общего числа строительства гражданских зданий, возведенных за 2020-2021 гг. Объем выборки достаточно репрезентативен и поэтому ее анализ позволяет оценить тенденцию развития гражданского строительства в целом по городу. Критерии отбора объектов: гражданское здание с этажностью более 5 этажей, несущие конструкции здания выполнены из монолитного железобетона, период строительства – 2020-2021 гг.

Из исследуемых гражданских зданий возводятся:

- 24 объекта (53%) – по технологии «кран-бадья»;
- 16 объектов (36%) – по «комбинированной» технологии;
- 5 объектов (11%) – по технологии «бетононасос-бетоновод-распределительная стрела».

В результате натурных исследований строительных площадок была определена номенклатура основной строительной техники. Для детального определения технико-экономических показателей работы строительных машин был выявлен перечень производителей, чья техника наиболее часто

используется на строительных площадках г. Екатеринбурга. Результаты представлены на рис. 1 и рис. 2 соответственно по башенным кранам и бетононасосам.

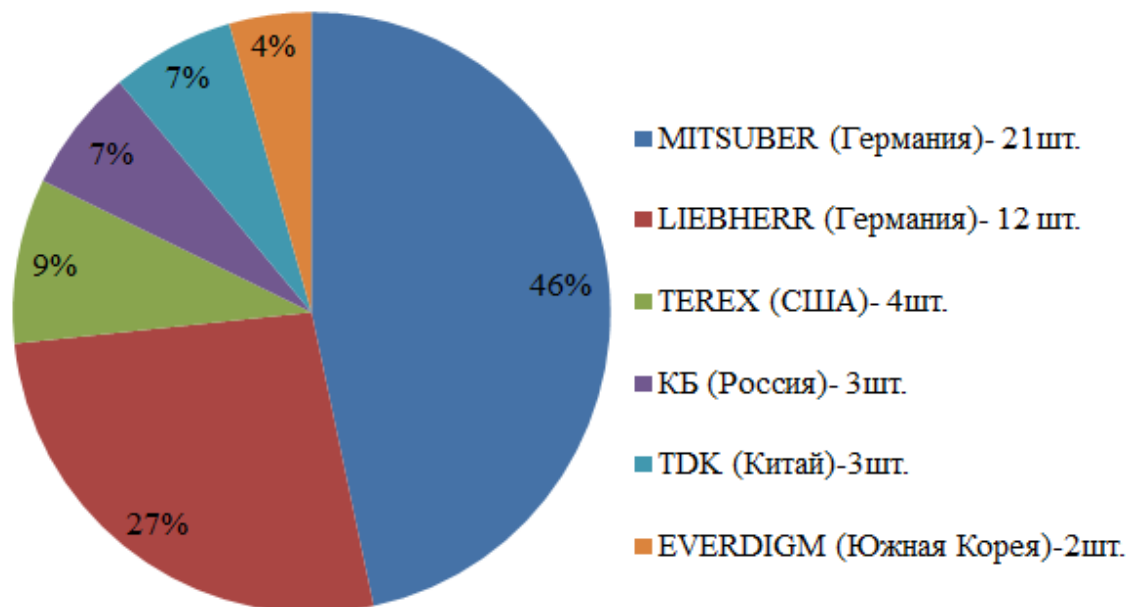


Рис. 1. – Доля применения башенных кранов различных производителей при устройстве монолитного остова гражданских зданий в г. Екатеринбурге

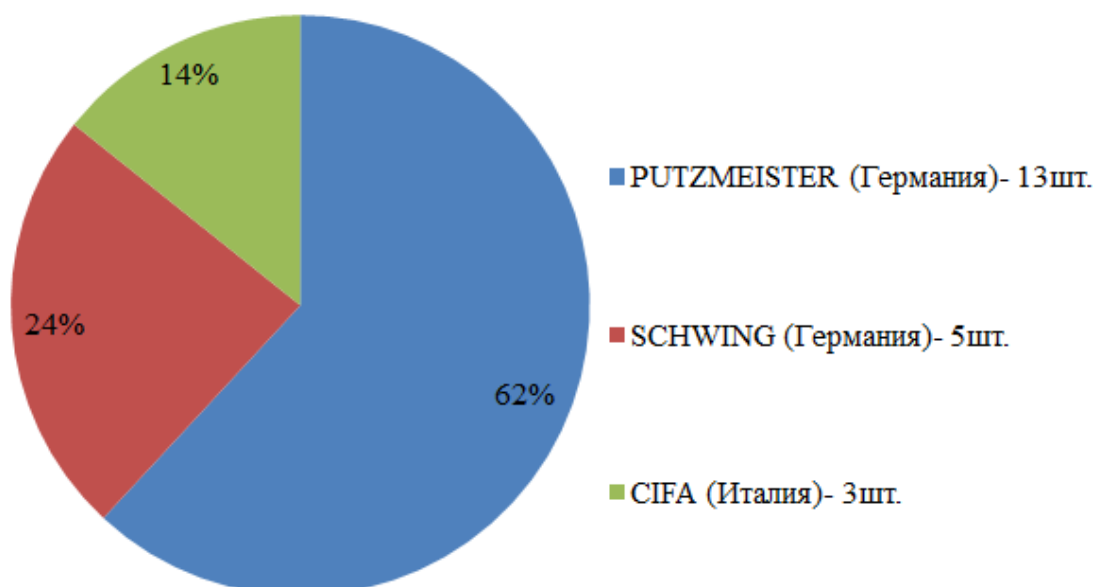


Рис. 2. – Доля применения бетононасосов различных производителей при устройстве монолитного остова гражданских зданий в г. Екатеринбурге

К настоящему времени из используемых производителей башенных кранов в Екатеринбурге (см. рис. 1), наибольшее предпочтение застройщики отдают компании MITSUBER (Германия); среди бетононасосов (см. рис. 2) – PUTZMEISTER (Германия). С применением башенных кранов и бетононасосов данных производителей возводятся 46% и 62% соответственно от общего числа исследуемых объектов.

Одними из основных параметров, определяющих эффективность инвестиционно-строительного проекта, являются сроки и стоимость строительства [7, 8]. Поэтому особую актуальность имеют исследования, результаты которых позволят обеспечить их снижение, например, за счет технико-экономического сравнения некоторых показателей работы строительной техники [9, 10].

Для этого необходимо определить условную стоимость аренды (лизинговую составляющую) и время подачи бетонной смеси при бетонировании несущих конструкций гражданских зданий.

В ходе исследований, проведенных на строительных площадках, было отмечено, что большинство подрядных организаций при строительстве гражданских зданий предпочитают арендовать башенные краны (83%) и бетононасосы (76%). В результате были определены сравнительные расходы на аренду указанной техники. Значения были получены для гражданских зданий высотой в 16 этажей (наибольшее количество объектов), на основании коммерческих данных организаций, предоставляющих аренду.

При определении стоимости для технологии «кран-бадья», помимо стоимости аренды самого крана, была также учтена стоимость аренды: бадьи, пристежек для крана по высоте (если необходимы), а также заработная плата крановщика; затраты на монтаж, демонтаж и транспортировку башенного крана, устройство фундамента под кран. Для технологии «бетононасос-бетоновод-распределительная стрела» учтена стоимость аренды:

бетононасоса, бетоноводов, распределительной стрелы, а также заработная плата операторов (3-4 человека); затраты на монтаж, демонтаж, транспортировку, устройства фиксации, рукава, замки.

Полученные значения условной стоимости аренды представлены на рис. 3 и рис. 4 соответственно для технологии «кран-бадья» и технологии «бетононасос-бетоновод-распределительная стрела».

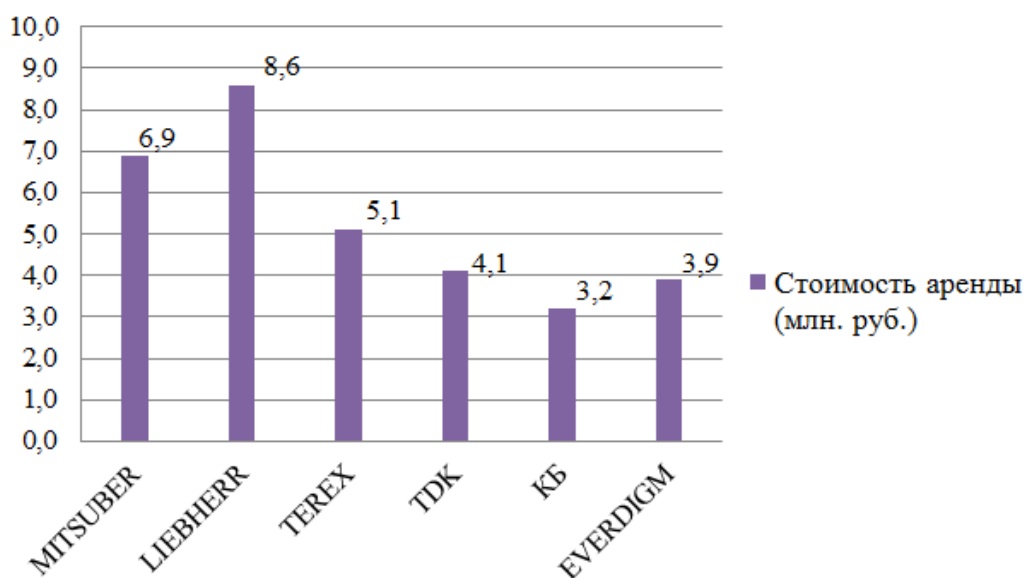


Рис. 3. – Условная стоимость аренды строительной техники для технологии «кран-бадья» по производителям

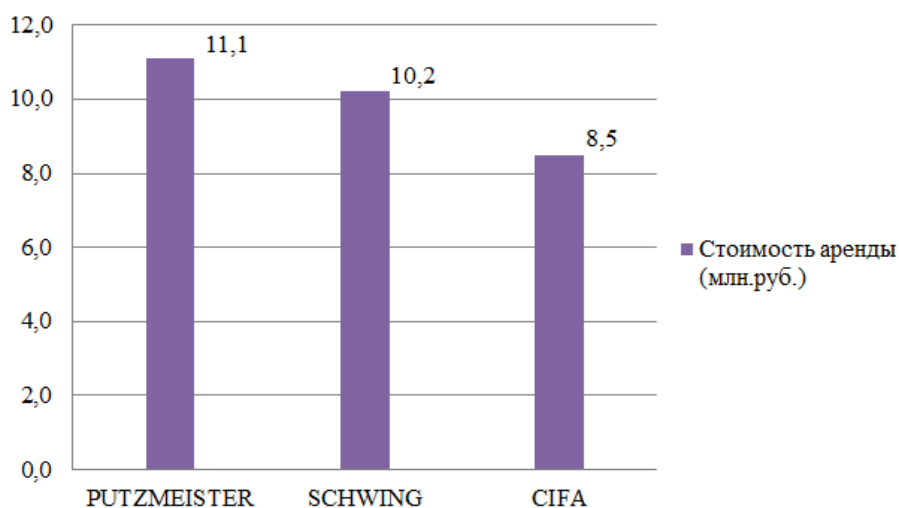


Рис. 4. – Условная стоимость аренды строительной техники для технологии «бетононасос-бетоновод-распределительная стрела» по производителям

Таким образом, наибольшие расходы на условную аренду при возведении 16-этажных гражданских зданий с железобетонным монолитным остовом получаются при использовании башенного крана LIEBHERR (Германия) - 8,6 млн. руб. Среди бетононасосов наиболее затратным является PUTZMEISTER (Германия) – 11,1 млн. руб. Наименьшие же расходы по кранам получаются при применении башенного крана КБ – 3,2 млн. руб., среди бетононасосов дешевле всего применять CIFA – 8,5 млн. руб.

На основании вышеизложенного следует сделать вывод, что по критерию минимизации условной стоимости аренды при строительстве 16-этажных гражданских зданий с несущими конструкциями из монолитного железобетона выгоднее использовать башенный кран.

Как было указано выше, для определения времени подачи бетонной смеси при устройстве несущих конструкций гражданских зданий был проведен хронометраж, при следующих условиях:

- объем подачи 6 м^3 , что соответствует наиболее распространенному объему автобетоносмесителя на объектах исследования;
- подача бетонной смеси производится на 15 этаж;
- температура наружного воздуха в границах от $+12 \text{ C}^\circ$ до $+20 \text{ C}^\circ$.

После проведения хронометража была проведена статистическая обработка данных. Полученные результаты представлены в таблице №2 и таблице №3 соответственно для технологии «кран-бадьа» и технологии «бетононасос-бетоновод-распределительная стрела».

Таблица №2

Итоговое время подачи бетонной смеси по производителям для технологии
«кран-бадья»

Производитель	MITSUBER (Германия)	LIEBHERR (Германия)	TEREX (США)	TDK (Китай)	КБ (Россия)	EVERDIGM (Южная Корея)
Время, мин.	40,5	37,1	43,6	43,9	46,2	44,1

Таблица №3

Итоговое время подачи бетонной смеси по производителям для технологии
«бетононасос-бетоновод-распределительная стрела»

Производитель	PUTZMEISTER (Германия)	SCHWING (Германия)	CIFA (Италия)
Время, мин.	15,2	17,7	20,5

Таким образом, при технологии «кран-бадья» наименьшее время подачи бетонной смеси в заданных условиях показал производитель LIEBHERR (Германия) – 37,1 мин., наибольшие затраты времени были обнаружены при работе кранов КБ (Россия) – 46,2 мин. При технологии «бетононасос-бетоновод-распределительная стрела» лучшее время за PUTZMEISTER – 15,2 мин., а наиболее затратным по времени оказался CIFA – 20,5 мин.

Следовательно, по критерию минимизации времени подачи бетонной смеси при строительстве 16-этажных гражданских зданий с несущими конструкциями из монолитного железобетона выгоднее применять бетононасос.

Таким образом, в настоящей статье был произведен анализ применения строительной техники при возведении монолитного остова гражданского здания (на примере г. Екатеринбурга), в котором было проведено технико-экономическое сравнение некоторых показателей работы строительных машин. На основании полученных результатов была определена наиболее эффективная строительная техника, использование которой в дальнейшем позволит минимизировать критерии, определяющие сроки и стоимость строительства гражданских зданий из монолитного железобетона.

Литература

1. Щерба В.Г. Эффективные технологии возведения многоэтажных монолитных жилых зданий на слабых грунтах: дисс. ... докт. техн. наук: 05.23.08. М., МГСУ, 2007. 313 с.
2. Умаров А.Г., Меретуков З.А., Умаров Р.Г. К вопросу внедрения современных материалов и технологий в строительстве // Инженерный вестник Дона, 2021, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2021/6833/.
3. Joseph J. Waddell, Joseph A. Dobrowolski. Concrete Construction Handbook, 1998. 64 p.
4. Зиневич Л.В., Галумян А.В. Скоростное монолитное домостроение: условия достижения высоких темпов строительства и качества бетона получаемых конструкций // Бетон и железобетон. 2009. №5. С. 23-26.
5. Дикман Л.Г., Дикман Д.Л. Организация строительства в США. М.: Издательство Ассоциация строительных вузов, 2004. 376 с.

6. Амбарцумян С.А. Основы проектирования и производства опалубочных работ: дисс. ... докт. техн. наук: 05.23.02. Ереван, ЕрАСИ, 1999. 279 с.
7. Ahuja H.N. et al. Project Management: Techniques in Planning and Controlling Construction Project. 2-nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 501 p.
8. Толстых Т.В., Туманян Э.А., Шеина С.Г. Перспективы развития строительного комплекса Ростовской области // Инженерный вестник Дона, 2020, №12. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n12y2020/6732/.
9. Афанасьев А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. М.: Стройиздат, 1990. 384 с.
10. Атаев С.С. Интенсификация работ при возведении зданий из монолитного железобетона. М.: Стройиздат, 1990. 275 с.

References

1. Shcherba V.G. Effektivnyye tekhnologii vozvedeniya mnogoetazhnykh monolitnykh zhilykh zdaniy na slabykh gruntakh [Effective technologies for the construction of multi-storey cast-in-situ residential buildings on weak soils]. М., MGSU, 2007. 313 p.
 2. Umarov A.G., Meretukov Z.A., Umarov R.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2021/6833/.
 3. Joseph J. Waddell, Joseph A. Dobrowolski. Concrete Construction Handbook, 1998. 64 p.
 4. Zinevich L.V., Galumyan A.V. Beton i zhelezobeton. 2009. №5. pp. 23-26.
 5. Dikman L.G., Dikman D.L. Organizatsiya stroitel'stva v SShA [Organization of construction in the United States of America]. М.: Izdatel'stvo Assotsiatsiya stroitel'nykh vuzov, 2004. 376 p.
-



6. Ambartsumyan S.A. Osnovy proektirovaniya i proizvodstva opalubochnykh rabot [Fundamentals of design and production of formwork works]. Erevan, ErASI, 1999. 279 p.
7. Ahuja H.N. et al. Project Management: Techniques in Planning and Controlling Construction Project. 2-nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. 501 p.
8. Tolstykh T.V., Tumanyan E.A., Sheina S.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №12. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n12y2020/6732/.
9. Afanas'ev A.A. Vozvedenie zdaniy i sooruzheniy iz monolitnogo zhelezobetona [Construction of buildings and structures made of cast-in-situ reinforced concrete]. M.: Stroyizdat, 1990. 384 p.
10. Ataev S.S. Intensifikatsiya rabot pri vozvedenii zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona [Intensification of work in the construction of buildings made of cast-in-situ reinforced concrete]. M.: Stroyizdat, 1990. 275 p.