



Выбор вариантов механизации бетонных работ в монолитно-каркасном строительстве

С.Г. Османов, А.Ю. Манойленко, В.В. Литовка

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Обоснована актуальность исследования эффективности известных вариантов механизации бетонных работ в многоэтажном монолитно-каркасном строительстве. Обобщены и систематизированы уточненные и дополненные авторами сведения об областях рационального применения, преимуществах и недостатках таких вариантов. Подробно рассмотрены особенности трех из них, наиболее значимых в исследовательском плане. При этом представлены результаты оценки их эффективности по показателям удельных трудовых и финансовых затрат при возведении каркасов односекционных зданий башенного типа, позволяющие облегчить задачу оптимального выбора соответствующих решений в строительном организационно-технологическом проектировании.

Ключевые слова: монолитно-каркасное здание, бетонные работы, варианты механизации, эффективность, удельные трудовые затраты, удельные финансовые затраты.

Технология монолитно-каркасного строительства, безусловно, – одна из наиболее успешных среди прочих альтернативных, созданных человечеством за всю историю его существования [1–3]. Минимальные требования к уровню развития производственной базы [2], этажность, ограниченная в максимуме лишь возможностями современной крановой и бетононасосной техники [4], возможность реализации любых объемно-планировочных решений [5] в условиях проектирования конструкций под восприятие значительно бóльших нагрузок, чем при работе с любыми сборными аналогами [2, 3], – все это во многом и обуславливает довольно давно наблюдающуюся устойчивую тенденцию ускоренного роста объемов возведения монолитно-каркасных зданий не только в мире в целом, но и у нас в стране в частности. Авторам удалось установить соответствующую динамику применительно к отечественному жилищному строительству (рис. 1). При этом важно также понимать, что, например, 9,5 млн. м² площади таких зданий (красный маркер), при объеме бетона в их надземной части, равном 6,5 млн. м³, соответствуют 55 % от общего объема многоэтажного жилья, введенного в эксплуатацию за весь 2018 год.

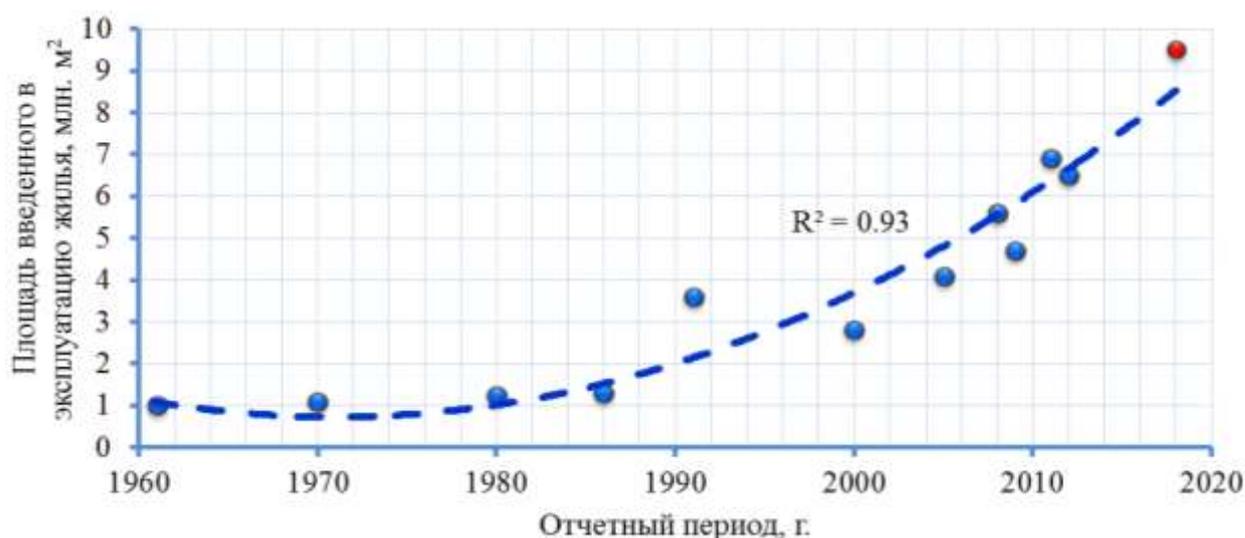


Рис. 1. – Динамика объемов жилищного монолитно-каркасного строительства в СССР и РФ в период с 1961 по 2018 гг.

Учитывая изложенное, следует отметить, что при возведении монолитного железобетонного каркаса здания в среднем 35 % трудовых затрат приходится на бетонные работы [2] и в среднем 10 % финансовых – на их механизацию [6]. Однако величина не только последних, но и первых в значительной степени зависит от того, насколько рационально для заданных условий строительства подобраны основные средства механизации этих работ [7–9], что на практике нередко так и остается неочевидным из-за нехватки подобной информации как в справочной, так и в научной литературе, а также необходимости ухода при выяснении этого расчетным путем от привычных алгоритмов организационно-технологического проектирования и его ощутимого при этом удорожания.

В ходе проводимого авторами исследования эффективности отдельного и совместного применения башенных кранов и бетононасосов как ведущих машин, предусмотренных в составе соответствующих комплектов известными вариантами механизации бетонных работ, удалось уточнить и дополнить имеющиеся на сегодняшний день представления об областях рационального применения, преимуществах и недостатках этих вариантов (табл. 1), что некоторым образом облегчает предварительное обоснование их выбора.



Таблица 1

Уточненные и дополненные сведения об областях рационального применения, преимуществах и недостатках исследованных вариантов механизации бетонных работ в многоэтажном монолитно-каркасном строительстве

Признак уточнения и (или) дополнения		Варианты механизации, их обозначение					
		простые, при минимуме машин реализуемые с помощью			комбинированные, при минимуме машин реализуемые с помощью		
		башенного крана и бады, БК-Б	автобетононасоса, АБН	стационарного бетононасоса и бетонораздатчика, СБН + БР	башенного крана и стационарного бетононасоса, СБН + БК	башенного крана и бады в комплекте с автобетононасосом, АБН + БК-Б	
по схеме 1, АБН + БК-Б (1)	по схеме 2, АБН + БК-Б (2)						
Область рационального применения по	подвижности смеси, не менее, см	3	6	6	6	3	3
	дальности подачи смеси, не более, м	60	50	не нуждается в ограничении	40	50	50
	высоте подачи смеси, не более, м	250	60	350 (на один бетононасос)	350	60	90
Преимущества		отсутствие ограничений по составу смеси	гарантированное отсутствие рабочих швов в бетонируемых конструкциях			эффективное (в т.ч. гибкое) использование производительности машин, а также их возможностей по распределению смеси	высокий темп бетонирования, особенно при большой длине несущих стен и малой площади верхних этажей
			возможность непрерывной подачи смеси с высокой производительностью				
		простота, универсальность, экономичность	минимум трудовых затрат, автономность, полная мобильность машинокомплекта	возможность работы бетононасосов по каскадной схеме	эффективность при расположении крана внутри здания		
Недостатки		цикличность подачи смеси и невысокая производительность	жесткие ограничения по составу смеси, необходимость частой прочистки бетоновода (в т.ч. с прокачкой пусковой смеси), высокие требования к квалификации рабочих и уровню организации их труда			простои крановой техники при работе бетононасосной	
		наличие «мертвых» зон	высокая стоимость	высокая трудоемкость вспомогательных и сопутствующих монтажных работ		резкое увеличение финансовых затрат на механизацию при строительстве зданий свыше 20 этажей	разность темпов бетонирования конструкций нижней и верхней частей каркаса
		большой объем ручных работ по распределению смеси	простои крановой техники на объекте при бетонировании	стационарность, неавтономность машинокомплекта	большие технологические нагрузки на кран		
Примечание. Согласно варианту СБН + БК кран работает как бетонораздатчик: бетоновод выводится через башню на переднюю либо заднюю часть стрелы; согласно схеме 1 автобетононасос и кран используются при бетонировании вертикальных и горизонтальных конструкций каркаса соответственно; согласно схеме 2 последний бетонируется сначала с помощью автобетононасоса (до исчерпания его возможностей по высоте подачи смеси), а затем (оставшаяся часть) – с помощью крана и бады.							



Но поскольку при выявлении оптимального варианта механизации может потребоваться и технико-экономическое сравнение наиболее конкурирующих альтернатив, то для упрощения этой трудоемкой процедуры авторами выполнена и оценка эффективности таких вариантов (БК-Б, АБН + БК-Б (1) и СБН + БР) по наиболее важным [1] и в то же время универсальным показателям – удельным трудовым затратам на выполнение бетонных работ и удельным финансовым затратам на их механизацию. И если при подсчете первых учтены подача и укладка бетонной смеси, а при рассмотрении последних двух вариантов – еще и сопутствующие процессы (монтаж и демонтаж бетоноводов, их прочистка, запуск и перебазировка техники), то при подсчете вторых – текущая стоимость аренды ведущих машин, оборудования, приспособлений и инвентаря в базовом районе РФ. Данные варианты механизации, наряду с тем что встречаются, как установлено, в целом примерно в 65 % случаев (рис. 2), наиболее интересны в исследовательском плане. Варианты же АБН и АБН + БК-Б (2) рациональны в основном при директивно сжатых сроках строительства, хотя во многом из-за некомпетентности и (или) недобросовестности его участников [10] применяются также довольно часто, несмотря на то что отличаются от выбранных (причем в большей степени первый, чем второй) не только меньшими трудовыми, но и большими финансовыми затратами

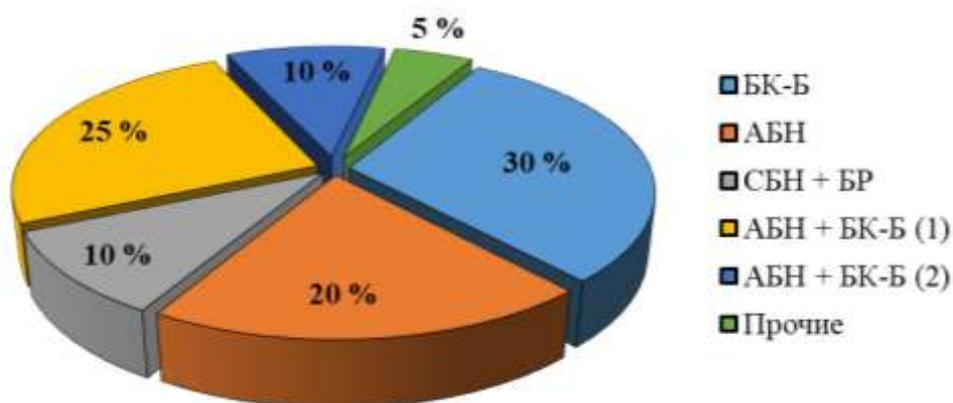


Рис. 2. – Среднее распределение объемов бетонных работ по вариантам их механизации в РФ в период с 2008 по 2018 гг.

Выбранные варианты механизации сопоставлены в условиях возведения односекционных зданий башенного типа со сборными лестничными маршами и площадками, а также наиболее свойственным характером конфигурации и взаимного расположения несущих конструкций (рис. 3). В таких зданиях высота типового этажа чаще всего составляет 3 м, а толщина перекрытий, стен и размеры поперечного сечения колонн в каркасах – соответственно 180, 200 и 400×400 мм, что и было принято в исследовании. Применимость его результатов ко всем объектам, удовлетворяющим указанным особенностям, обеспечена заданным постоянством соотношения объемов вертикальных и горизонтальных несущих конструкций, которое само по себе, согласно выдвинутой авторами гипотезе, при рациональном проектировании однотипных каркасов, не отличающихся в т.ч. по высоте этажей, колеблется в небольших пределах. Значение этого соотношения, находящееся внутри характерного для данного случая диапазона, уточняемого в настоящее время, принято равным 0,5.

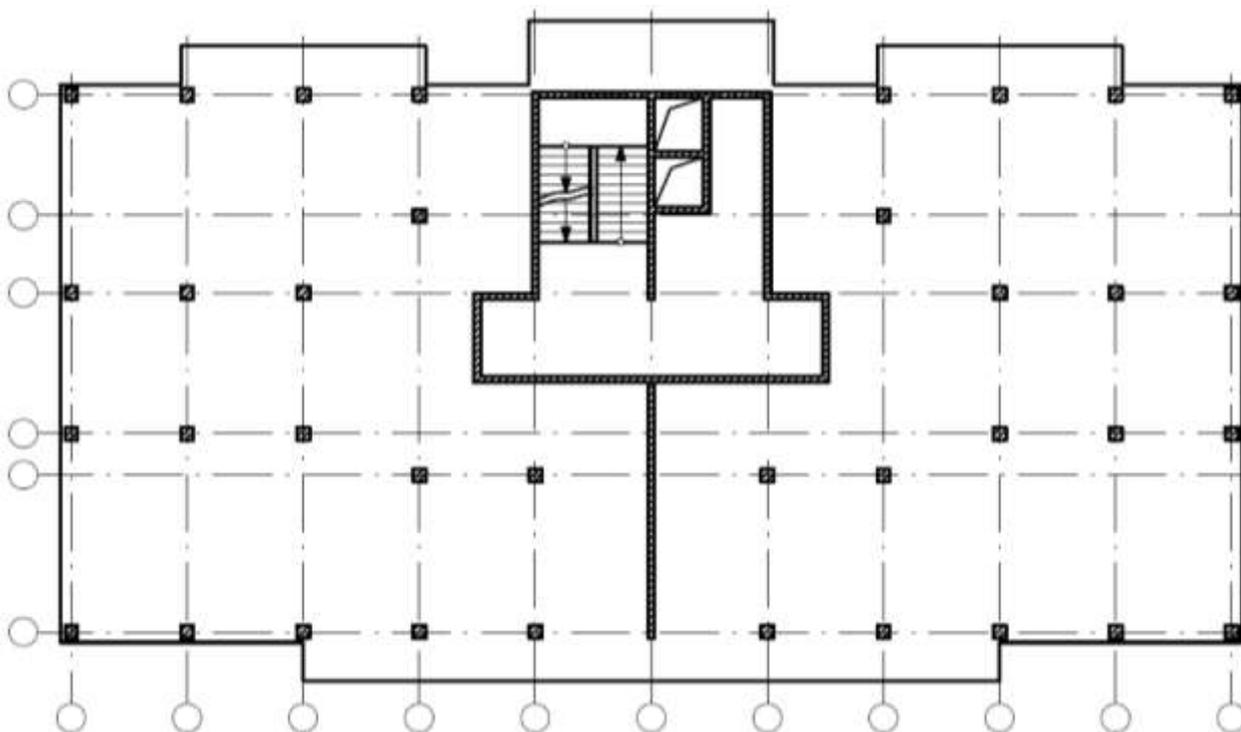


Рис. 3. – Характер конфигурации и взаимного расположения несущих конструкций типового этажа, принятый в качестве репрезентативного

Результаты расчетной части исследования для удобства их применения на практике представлены в виде номограмм (рис. 4–6). При этом, как видно, показатели эффективности рассмотренных вариантов механизации определены с учетом вариативности трех нижеобоснованных ключевых факторов.

Первый из них – это средняя дальность подачи смеси, взятая в интервале 10–35 м на основе предварительно выполненного анализа соответствующих минимальных и максимальных дальностей, требуемых для бетонирования нескольких десятков монолитных перекрытий различной конфигурации при стационарном исполнении крана, а также числе стоянок переставного бетонораздатчика, равном 1–2, а автобетононасоса – 2–8.

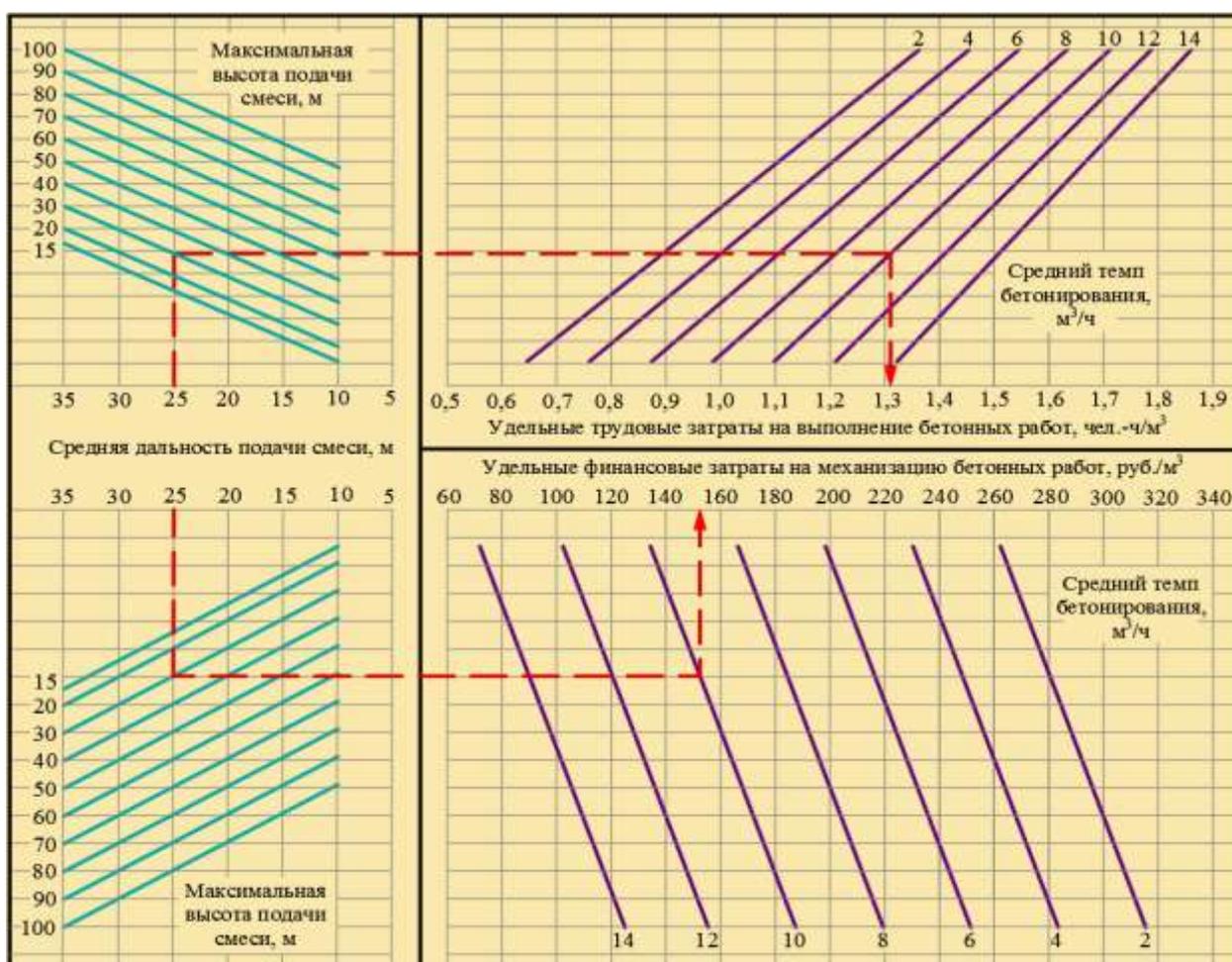


Рис. 4. – Номограмма для оценки эффективности применения варианта механизации БК-Б

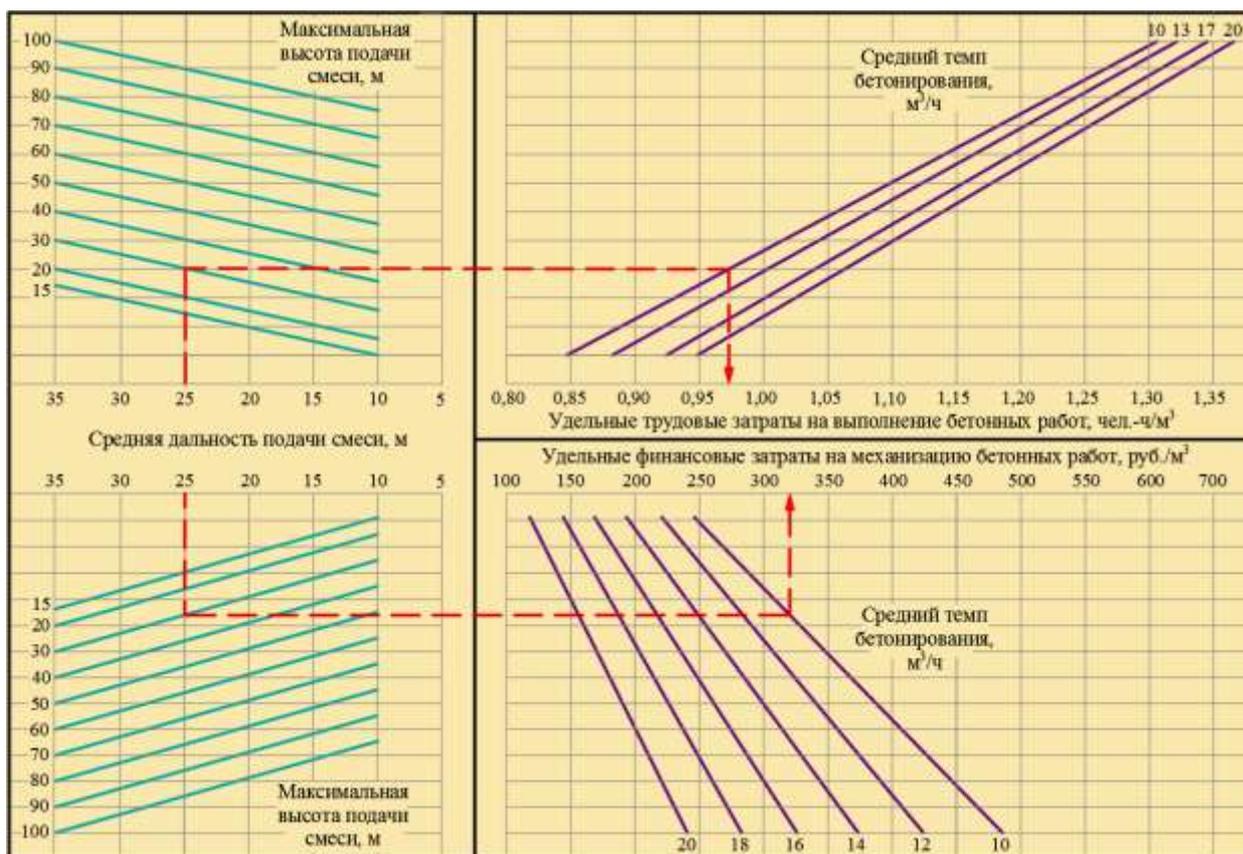


Рис. 5. – Номограмма для оценки эффективности применения варианта механизации СБН + БР

Второй – максимальная высота подачи смеси, принятая равной 15–60 м для варианта АБН + БК-Б (1) и 15–100 м для прочих, что имеет место при количестве надземных этажей обычно не более 5–20 и 5–35 соответственно.

И третий – средний темп бетонирования, учитывающий разницу в трудоемкости укладки смеси в вертикальные и горизонтальные конструкции и непосредственно на самой укладке обеспеченный потребным для этого составом бетонщиков в количестве 2–11 чел., а на подаче – возможностями задействованных машин и оборудования (отечественных и (или) зарубежных), оптимально подобранных в рамках каждого из вариантов механизации.

Последнее обстоятельство особенно значимо для варианта БК-Б, и для него этот темп, в каждом конкретном случае гарантированный соответствующим подбором крана с учетом всех необходимых ограничений по



скорости перемещения бады требуемой емкости, взят в интервале 2–14 м³/ч. Установлено, что более низкий даже при минимальном составе бетонщиков не рационален из-за высокой вероятности невыполнения содержащихся в ЕНиР производственных норм, а более высокий либо труднореализуем, либо приводит к резкому увеличению финансовых затрат на механизацию.

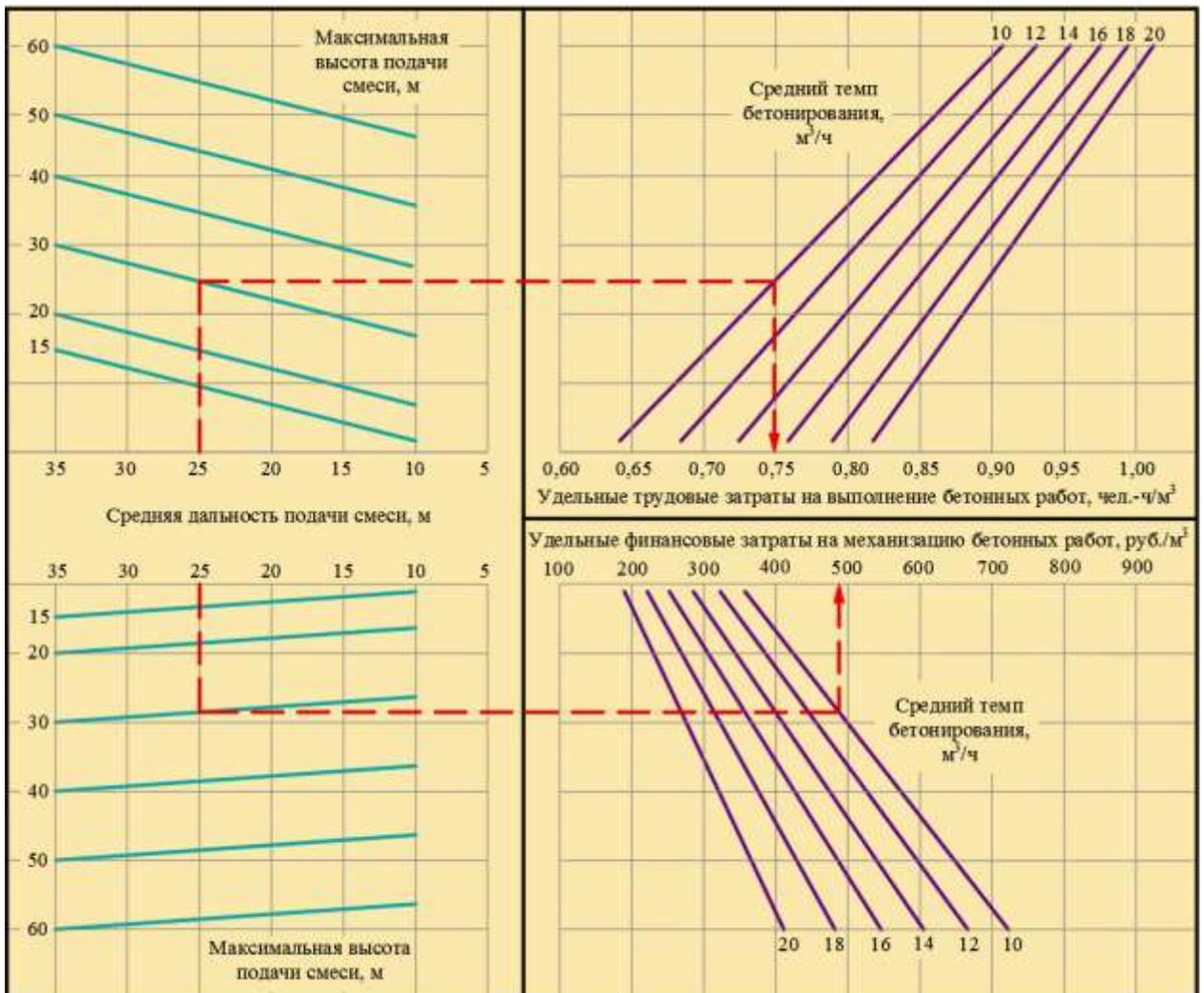


Рис. 6. – Номограмма для оценки эффективности применения варианта механизации АБН + БК-Б (1)

В свою очередь, для двух других вариантов приняты значения 10–20 м³/ч: при меньших, как выяснилось, применение бетононасосной техники в рассмотренных случаях заведомо невыгодно, тогда как при бóльших уже сама

укладка смеси в опалубку конструкций каркаса становится практически невозможной по организационно-технологическим причинам, при том что данный процесс и без того отличается не только достаточно высокой трудоемкостью (рис. 7), но и тем, что резервы интенсификации его привычными способами без использования самоуплотняющихся смесей в принципе весьма ограничены, в особенности при бетонировании вертикальных конструкций.

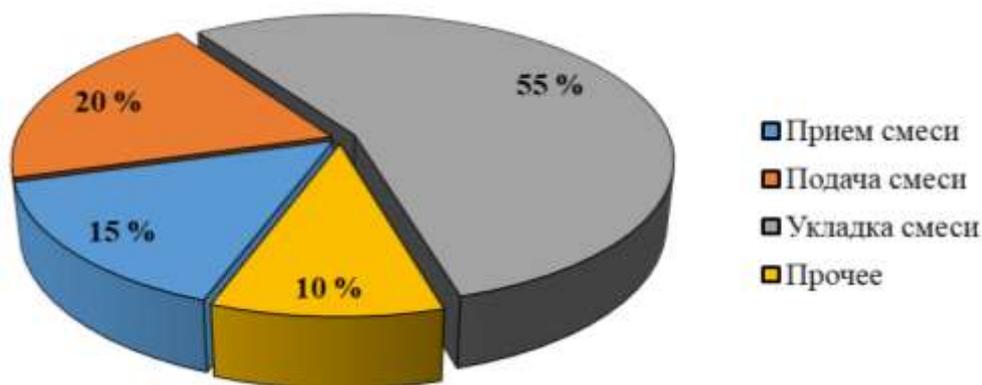


Рис. 7. – Среднее распределение затрат труда в составе бетонных работ при возведении монолитно-каркасных многоэтажных зданий

Таким образом, представленные номограммы позволяют производить экспресс-оценку значений принятых целевых показателей в довольно широком диапазоне условий, что в подавляющем большинстве случаев может действительно существенно облегчить задачу оптимального выбора между конкурирующими вариантами механизации и, как следствие, в целом повысить экономическую эффективность бетонных работ в многоэтажном монолитно-каркасном строительстве.

Литература

1. Афанасьев А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. М.: Стройиздат, 1990. 380 с.
2. Анпилов С.М. Технология возведения зданий и сооружений из монолитного железобетона. М: АСВ, 2010. 576 с.



3. Elliot Kim S., Hamid Zuhairi Abd. Modernisation, mechanisation and industrialisation of concrete structures. Chichester: Wiley-Blackwell, 2017. 496 p.
4. Хаютин Ю.Г. Монолитный бетон: технология производства работ. М.: Стройздат, 1991. 576 с.
5. Peck M. Modern concrete construction manual: structural design, material properties, sustainability. Munich: Institut für internationale Architektur-Dokumentation, 2014. 272 p.
6. Афанасьев А.А. Интенсификация работ при возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона. М: Стройиздат, 1990. 384 с.
7. Лысов В.П. Формирование ресурсосберегающих технологических процессов возведения конструкций из монолитного бетона: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.23.08. Минск, 1984. 364 с.
8. Жадановский Б.В. Повышение технического уровня производства бетонных работ // Механизация строительства. 2003. № 11. С. 21–25.
9. Османов С.Г., Жолобов А.Л. Предложения по применению инерционных конвейеров при устройстве монолитных стяжек в покрытиях зданий с рулонными и мастичными кровлями // Инженерный вестник Дона, 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2101/.
10. Османов С.Г., Жолобов А.Л. К вопросу о выборе методов и средств подачи к месту укладки готовой к употреблению бетонной смеси на плотных заполнителях // Инженерный вестник Дона, 2011, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/361/.

References

1. Afanas'ev A.A. Vozvedenie zdaniy i sooruzheniy iz monolitnogo zhelezobetona [Construction of buildings and structures of monolithic reinforced concrete]. Moscow: Stroyizdat, 1990. 380 p.



2. Anpilov S.M. Tekhnologiya vozvedeniya zdaniy i sooruzheniy iz monolitnogo zhelezobetona [Technology of construction of buildings and structures of reinforced concrete.]. Moscow: ASV, 2010. 576 p.

3. Elliot Kim S., Hamid Zuhairi Abd. Modernisation, mechanisation and industrialisation of concrete structures. Wiley-Blackwell, Chichester, 2017. 496 p.

4. Khayutin Yu.G. Monolitnyy beton: tekhnologiya proizvodstva rabot [Monolithic concrete: construction technology]. Moscow: Stroyzdat, 1991. 576 p.

5. Peck M. Modern concrete construction manual: structural design, material properties, sustainability. Institut für internationale Architektur-Dokumentation, Munich, 2014. 272 p.

6. Afanas'ev A.A. Intensifikatsiya rabot pri vozvedenii zdaniy i sooruzheniy iz monolitnogo zhelezobetona [Intensification of work during the construction of buildings and structures of monolithic reinforced concrete]. Moscow: Stroyizdat, 1990. 384 p.

7. Lysov V.P. Formirovanie resursosberegayushchikh tekhnologicheskikh protsessov vozvedeniya konstruktsiy iz monolitnogo betona [Formation of resource-saving processes of construction of monolithic reinforced concrete structures]: DSc diss. Minsk, 1984. 364 p.

8. Zhadanovskii B.V. Mekhanizatsiya stroitel'stva. 2003. № 11. pp. 21–25.

9. Osmanov S.G. Zholobov A.L. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2101/.

10. Osmanov S.G. Zholobov A.L. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2011, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/361/.