

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION



УДК 693.546

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2026-5-1-79-88>

Анализ результатов хронометража при непрерывном бетонировании массивной фундаментной плиты

Г.В. Несветаев¹ , Ю.И. Корянова¹ , В.В. Шуть² 

¹ Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

² ИП «Шуть Владимир Валерьевич», п. Водопадный, Российская Федерация

✉ nesgrin@yandex.ru



EDN: LBZJTQ

Аннотация

Введение. Оценка риска раннего трещинообразования при возведении массивных монолитных железобетонных фундаментных плит вследствие температурных градиентов предопределяет актуальность исследований многочисленных факторов, связанных с технологией бетонирования, с учетом технических возможностей производителей работ и поставщиков бетонных смесей, а также погодных условий. При разработке технологических регламентов бетонирования с расчетом термонапряженного состояния в ранний период с целью уменьшения экзотермии и управления кинетикой тепловыделения актуальными являются исследования в области назначения и регулирования временных параметров процесса формирования тела фундаментной плиты с учетом рецептурных особенностей бетонных смесей и погодных условий, а также расчет термонапряженного состояния в ранний период. Цель исследования: получение новых данных для расчетов временных параметров бетонирования массивных конструкций с использованием автобетононасосов с техническими характеристиками, данные о которых отсутствуют в нормативной базе.

Материалы и методы. Приведены результаты хронометража технологических параметров непрерывного бетонирования массивной фундаментной плиты объемом 1642 м³ за 13,6 ч. Получены численные значения скорости перекачивания бетонной смеси, времени маневрирования автобетононасосов, коэффициентов перехода от технической к эксплуатационной производительности автобетононасосов с технической производительностью 170 и 180 м³/ч. Использование автобетононасосов с такой производительностью при фактической скорости разгрузки автобетононасосов до 2,3 м³/мин обеспечивает коэффициент фактической производительности при перекачивании до 0,81, что в принципе соответствует нормальной эксплуатации.

Результаты исследования. Получены значения коэффициента использования автобетононасосов по времени от 0,478 до 0,841 при среднем значении $\approx 0,66$. Фактическая средняя производительность одного автобетононасоса за период бетонирования составила ≈ 61 м³/ч.

Обсуждение и заключение. При расстоянии от автобетононасоса до площадки ожидания автобетононасосов в пределах 25–50 м время маневрирования мало зависит от расстояния, составляет с обеспеченностью 0,95 по данным 69 замеров не более 5,76 мин и определяется удобством площадки для маневрирования автобетононасосов и подъездных путей. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологических регламентов на непрерывное бетонирование аналогичных массивных конструкций.

Ключевые слова: фундаментная плита, непрерывное бетонирование, скорость перекачивания, параметры рабочего цикла, автобетононасос

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-19-00164, <https://rscf.ru/project/25-19-00164/> (дата обращения: 31.01.2026).

Для цитирования. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И., Шуть В.В. Анализ результатов хронометража при непрерывном бетонировании массивной фундаментной плиты. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2026;5(1):79–88. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2026-5-1-79-88>

Analysis of Timing Results during Continuous Concreting of a Massive Foundation Slab

Grigory V. Nesvetaev¹  , Julia I. Koryanova¹ , Vladimir V. Shut² 

¹ Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation,

² IE "Shut Vladimir Valeryevich", Vodopadny, Russian Federation

 nesgrin@yandex.ru

Abstract

Introduction. Risk assessment of early cracking during hardening of massive monolithic reinforced concrete foundation slabs due to temperature gradients enhances the relevance of studies of a host of factors related to a concreting technology given the technical capabilities of workers and suppliers of concrete mixtures, as well as weather conditions. While developing technological regulations for concreting with a calculation of the thermal stress state in the early period in order to reduce and control heat dissipation, studies in the field of assignment and regulation of time parameters of the process of forming the body of the foundation slab taking into account the prescription features of concrete mixtures and weather conditions are relevant. The aim of the study is to obtain new data for calculating the time parameters of concreting massive structures using concrete pumps with technical characteristics that are not available in the regulatory framework.

Materials and Methods. The paper presents the results of timing the process parameters of continuous concreting of a massive foundation slab with a volume of 1642 m³ in 13.6 h. The numerical values of the concrete mixture pumping speed, maneuvering time of concrete mixer trucks as well as the coefficients of transition from technical to operational performance of concrete pump trucks with a technical capacity of 170 and 180 m³/h are obtained. The use of concrete pumps with such a capacity at an actual unloading speed of concrete mixer trucks of up to 2.3 m³/min ensures an actual pumping performance coefficient of up to 0.81, which basically corresponds to normal operation.

Research Results. The values of the concrete pump utilization coefficient over a time period ranging from 0.478 to 0.841 with an average value of ≈ 0.66 were obtained. The actual average productivity of one concrete pump during the concreting period was ≈ 61 m³/h.

Discussion and Conclusion. With a distance from the concrete pump truck to the concrete mixer truck waiting area within 25–50 m, the maneuvering time does not depend greatly on the distance, according to 69 measurements, it is no more than 5.76 min with a reliability of 0.95 and is identified by the convenience of an area for maneuvering concrete mixer and access roads. The results can be used in developing process regulations for continuous concreting of similar massive structures.

Keywords: foundation slab, continuous concreting, pumping speed, operating cycle parameters, concrete pump

Funding. The research was carried out with support of a grant of the Russian Science Foundation No. 25-19-00164, <https://rscf.ru/project/25-19-00164/> (accessed: 31.01.2026).

For citation: Nesvetaev GV, Koryanova JI, Shut VV Analysis of Timing Results during Continuous Concreting of a Massive Foundation Slab. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2026;5(1):79–88. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2026-5-1-79-88>

Введение. В последние годы отмечается рост этажности возводимых жилых зданий, особенно в крупных городах в условиях плотной городской застройки. По данным [1] в 2019 г. средняя этажность жилищного строительства составила 17,7 этажа на 1 м² возводимого здания, а в Ростовской области средняя этажность составила 19,7. В 2022–2025 гг. в Ростове-на-Дону возводятся здания до 32 этажей, рассматривается вопрос о возведении объектов до 45 этажей. В качестве фундаментов под подобные объекты часто используются плоские фундаментные плиты (ФП) либо плитные ростверки по свайному полю. Рекомендуемая толщина ФП составляет от 0,5 до 2 м согласно п. 7.10 СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий» и до 3 м — согласно п. 5.2.7 СП 430.13225800.2018 «Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования». В СП 430.13225800.2018 в п. 5.2.7 допускается в «первом приближении толщину плоской фундаментной плиты на естественном основании назначать равной $1/65 \div 1/50$ строительной высоты здания», в связи с этим ФП для зданий средней и более этажности для Ростовской области будут относиться к массивным монолитным железобетонным конструкциям. СП 430.13225800.2018 указывает: в п. 9.3.4 — «способ укладки бетонной смеси должен обеспечивать монолитность конструкции»; в п. 5.12 — «способ подачи бетонной смеси следует выбирать по расчетному значению интенсивности бетонирования»; в п. 6.2.8 — «темпы поступления бетонной смеси на объект и перекачивания насосом должны обеспечивать непрерывность подачи бетонной смеси. Технологические перемены не должны превышать 20 мин».

Согласно [2, 3], на качество массивных монолитных ФП оказывают влияние многочисленные факторы, связанные с технологией бетонирования, с учетом технических возможностей производителей работ и поставщиков бетонных смесей, а также погодных условий. Многочисленность факторов предопределяет актуальность проработки вопросов, необходимых для разработки технологических регламентов (ТР), при этом в нормативных документах не всегда представлены необходимые данные и указания.

Серьезную проблему представляют температурные градиенты, вызывающие формирование растягивающих напряжений и угрозу раннего трещинообразования вследствие тепловыделения твердеющего бетона. СТО НОСТРОЙ 2.30.214-2016 «Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Требования к производству работ. Правила и методы контроля» предписывает регулировать тепловыделение уменьшением экзотермии и управлением кинетикой, что при расчетах риска раннего трещинообразования [4–6] требует точного назначения временных параметров процесса формирования тела ФП с учетом рецептурных особенностей бетонных смесей [7] и погодных условий, в связи с чем являются актуальными исследования в области назначения и регулирования временных параметров процесса бетонирования при разработке ТР с расчетом термонапряженного состояния в ранний период. Необходимость четкого алгоритма технологических расчетов при разработке ТР обусловлена в том числе важностью определения рационального времени перекрытия слоев, которое зависит от сохраняемости бетонной смеси, температурно-влажностных условий, технических возможностей производителя (темп бетонирования) и может существенно различаться [8, 9]. Особенно важно правильно определить предельное время перекрытия слоев и темп бетонирования в условиях сухой жаркой погоды [10].

По данным [11, 12] интенсивность непрерывного бетонирования конструкции может составлять до 226 м³/ч, а согласно [7] — даже до 450 м³/ч в зависимости от количества автобетононасосов (АБН), а общая продолжительность непрерывного бетонирования может составлять до 35 ч и даже до 3 сут. В связи с этим обоснованный показатель «интенсивность бетонирования», в первую очередь в расчете на один АБН, является одним из важнейших параметров, необходимых при разработке ТР и формирования бетоноукладочного комплекса [10]. При рационально организованной поставке бетонной смеси на объект интенсивность бетонирования будет определяться технической производительностью автобетоносмесителя (АБС) при разгрузке (скорость выгрузки), технической производительностью бетононасоса либо АБН (скорость перекачивания) и эффективностью организации процесса (коэффициент использования АБН по времени). Для определения требуемого числа АБН и АБС необходимы данные об их эксплуатационной производительности, зависящие от скорости перекачивания и коэффициента использования АБН по времени. Техническая производительность АБС при разгрузке, согласно инструкции по транспортировке и укладке бетонной смеси в монолитные конструкции с помощью АБС и АБН, составляет от 0,5 до 2 м³/мин или до 120 м³/ч, а скорость разгрузки, согласно рекомендациям по доставке бетонных смесей автотранспортными средствами, может составлять до 2,5 м³/мин или до 150 м³/ч [13]. По данным [14] техническая производительность АБН составляет до 200 м³/ч. Эксплуатационная производительность АБН, определяющая интенсивность бетонирования, зависит от многих факторов и в общем случае определяется коэффициентом перехода от технической производительности бетононасоса к эксплуатационной [15, 16], а также коэффициентом использования АБН по времени [13].

По данным [10] при бетонировании ФП общим объемом около 1500 м³ непосредственно подача 10 м³ бетонной смеси автобетононасосом с технической производительностью 120 м³/ч при дальности подачи до 50 м в среднем осуществлялась за 7,5 минут, что составляет примерно 80 м³/ч и соответствует коэффициенту перехода от технической производительности к эксплуатационной $80/120 \approx 0,67$. В технологических картах значение коэффициента, учитывающего организацию процесса (коэффициент использования АБН по времени), часто принимается равным 0,65 [10, 13].

Целью настоящего исследования является получение новых данных для расчетов временных параметров бетонирования массивных конструкций с использованием технологического оборудования (автобетононасосов) с техническими характеристиками, данные о которых отсутствуют в нормативной базе, в частности, ГЭСН. В настоящей работе приводятся результаты определения и анализ некоторых параметров технологического процесса, в т.ч. интенсивности бетонирования, при непрерывном бетонировании ФП объемом 1642 м³ на одном из объектов г. Ростова-на-Дону.

Материалы и методы. Хронометраж в процессе непрерывного бетонирования ФП толщиной 2 м объемом 1642 м³ с использованием бетонной смеси (БС) с маркой по удобоукладываемости П4 по ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия», АБН Zomlion 59X-6RZ (АБН 1) и КСР58ZX170 (АБН 2) с технической производительностью соответственно 180 и 170 м³/ч при поставке БС в АБС объемом от 7 до 16 м³. Средневзвешенный объем АБС 12,6 м³, при расчетах параметров в ТР принималось значение 14 м³. Фиксировались: время перекачивания БС на расстояние до 50 м, τ_n , как время от начала разгрузки АБС до окончания перекачивания (по сигналу

АБН); общее время рабочего цикла АБН, $\tau_{\text{ц}}$, как время от начала разгрузки предыдущего АБС до начала разгрузки последующего АБС; время маневрирования АБС при расстоянии от 15 до 25 м, $\tau_{\text{м}}$, как разность общего времени рабочего цикла и времени перекачивания БС. Бетонирование произведено в сухую ясную погоду при температуре 15–20 °С. Всего произведено 35 замеров по АБН 1 и 34 замера по АБН 2. Скорость разгрузки АБС и скорость перекачивания БС принимались равными и определялись по формуле:

$$v_p = v_{\text{п}} = \frac{V_{\text{АБС}}}{\tau_p},$$

где $V_{\text{АБС}}$ — объем АБС, м³.

Результаты исследования. В таблице 1 представлены результаты замеров продолжительности технологических операций. В таблице 2 представлены результаты расчетов скорости разгрузки АБС (время перекачивания БС).

Таблица 1

Результаты замеров параметров рабочего цикла, мин

АБН	Параметры цикла					
	$\tau_{\text{ц}}$		$\tau_{\text{п}}$		$\tau_{\text{м}}$	
	диапазон	среднее	диапазон	среднее	диапазон	среднее
1	6,73–13,06	9,68	4,58–8,4	6,11	2,15–6,08	3,56
2	6,42–17,2	10,11	4,03–10,95	7,09	1,37–8,83	3,22
по ТР		15,0		9,0		6,0

Таблица 2

Результаты замеров скорости разгрузки АБС (скорости перекачивания БС), м³/мин

Объем АБС, м ³	Скорость разгрузки (скорость перекачивания)	
	Диапазон	Средняя
7	1,615–1,736	1,675
10	<u>1,709–2,182</u> 1,36–1,77*	<u>1,936</u> 1,565*
11	1,688–2,115	2,11
12	<u>1,503–2,278</u> 1,568*	<u>1,917</u> 1,568*
13	1,866–1,984	1,925
14	<u>1,278–2,227</u> 1,49–1,83*	<u>1,959</u> 1,61*
15	1,731–2,284	1,898
16	1,72–2,02	1,834
По ТР		1,6

Примечание: * — по данным [10]

Общее время продолжительности разгрузки АБС (время перекачивания БС), строго говоря, не подчиняется закону нормального распределения (рис. 1). Для АБН 1 имеет место распределение с положительной асимметрией, для АБН 2 имеется наличие двух пиков, что можно объяснить, помимо технических, влиянием технологических и организационных моментов, например производительность бетонщиков при укладке и уплотнении.

Скорость разгрузки АБС в нашем случае изменялась в довольно широком диапазоне — от 1,28 до 2,28 м³/мин (рис. 2). Скорость разгрузки практически не зависела от объема АБС.

Средняя скорость перекачивания БС составила для АБН 1 2,04 м³/мин при диапазоне от 1,69 до 2,222 м³/мин, для АБН 2 — 1,78 м³/мин при диапазоне от 1,278 до 2,284 м³/мин. Скорость перекачивания БС с обеспеченностью 0,95 составила для АБН 1 1,815 м³/мин, для АБН 2 — 1,422 м³/мин (рис. 3), среднее по АБН 1 и АБН 2 значение 1,62 м³/мин практически совпало со значением 1,6 м³/мин, принятом при разработке ТР. Скорость перекачивания БС не зависит от объема АБС.

В нашем случае средний коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной составил для АБН 1

$$k = \frac{v_{\text{п,ф}}}{v_{\text{п,т}}} = \frac{2,04}{3} = 0,68,$$

а для АБН 2 — 0,63.

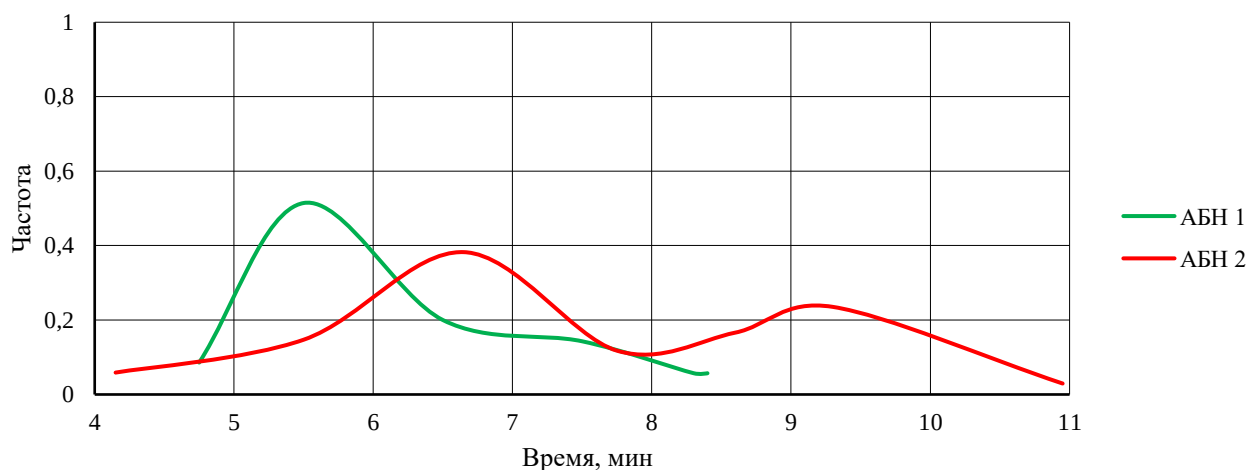


Рис. 1. Частотность продолжительности перекачивания БС



Рис. 2. Скорость разгрузки АБС

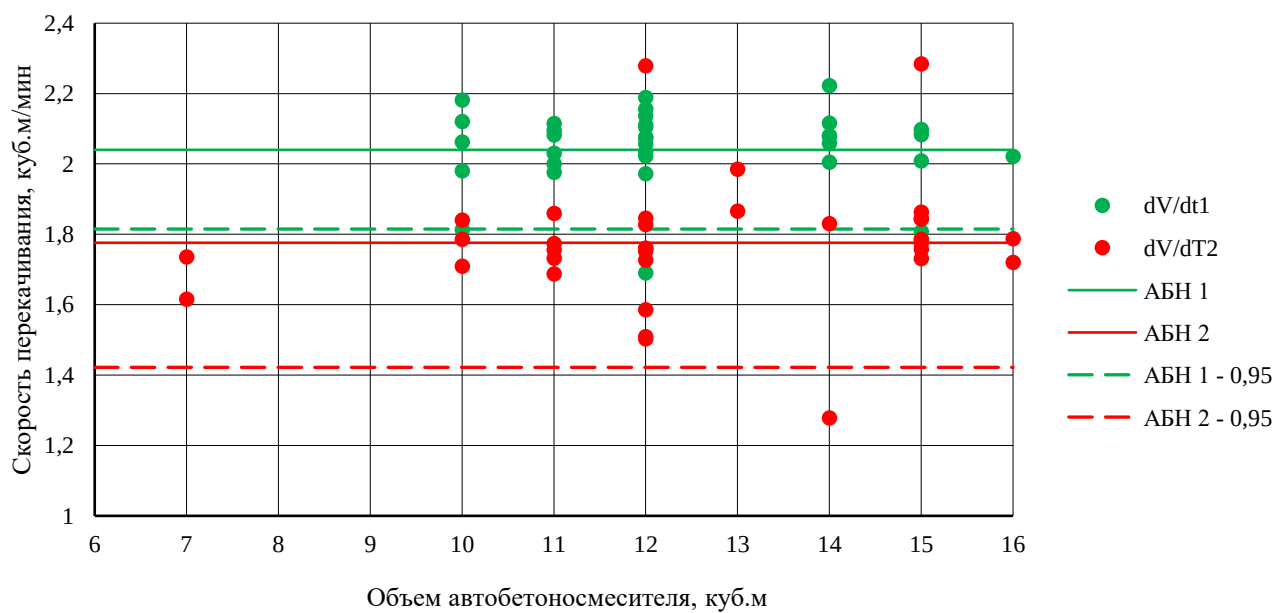


Рис. 3. Зависимость скорости перекачивания БС от объема АБС

Не следует связывать коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной с технической производительностью АБН. В нашем случае целесообразность использования АБН с технической производительностью более 2,83 м³/мин (170 и 180 м³/ч) обоснована пиковыми значениями коэффициента производительности при перекачивании не более 0,85.

На рис. 4 представлена зависимость коэффициента β , учитывающего организацию процесса (коэффициент использования АБН по времени) и объем АБС. Коэффициент рассчитывался по формуле:

$$\beta = \frac{\tau_{\Pi}}{\tau_{\Sigma}} = \frac{\tau_{\Sigma} - \tau_{\text{м}}}{\tau_{\Sigma}}.$$

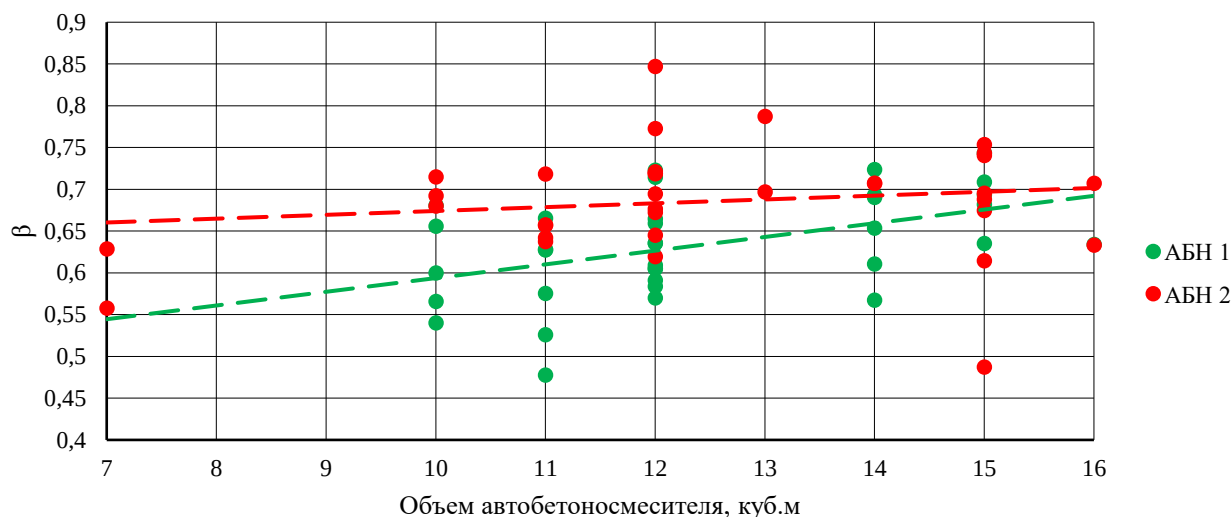


Рис. 4. Зависимость коэффициента использования АБН по времени (организация процесса) от объема АБС

Диапазон значений коэффициента β составил для АБН 1 от 0,478 до 0,744 при среднем значении 0,634. Диапазон значений коэффициента β составил для АБН 2 от 0,487 до 0,847 при среднем значении 0,685. Среднее значение по обоим АБН составило 0,659. На зависимость коэффициента β от объема АБС закономерно значительное влияние оказывает ритмичность смены АБС.

Значение коэффициента фактической эффективности АБН в период «стабилизации» процесса в среднем составило:

$$k_3 = k\beta = \frac{0,659 \cdot (0,68 + 0,63)}{2} = 0,43$$

По данным [10] эта величина составила 0,41.

Время маневрирования АБС, обеспечивающих АБН 1 и АБН 2, составило в среднем 3,56 минуты и 3,22 минуты (лучшие условия площадки для маневрирования) соответственно, а с обеспеченностью 0,95 — не более 5,28 и 5,76 минуты. По данным [10] среднее время маневрирования АБС составляло 3,38 минуты при диапазоне от 2,8 минуты до 4,45 минуты при лучших в сравнении с рассматриваемыми условиями для маневрирования. Можно сделать вывод, что при расстоянии от АБН до площадки ожидания АБС в пределах 25–50 м время маневрирования мало зависит от расстояния, а более определяется удобством площадки для маневрирования АБС и подъездных путей. Стесненные условия при производстве работ являются основным фактором, определяющим временные параметры бетонирования (рис. 5).

На рис. 6 представлена зависимость производительности АБН по часам бетонирования и данные о среднем темпе бетонирования.

Зависимость (пунктир на рис. 6) среднего темпа бетонирования, м³/ч, от времени в течение процесса с показателем достоверности аппроксимации $R^2 = 0,977$ описывается уравнением:

$$\text{ТБ} = 93\tau - 19\tau^2 + 1,6\tau^3 - 0,05\tau^4$$

Четко прослеживаются периоды развертывания и свертывания процесса — порядка 2 ч каждый. По данным [17] при бетонировании нижней плиты коробчатого фундамента башни комплекса «Лахта Центр» выход на темп бетонирования 440 м³/ч был обеспечен примерно через 4 ч. В нашем случае в период «стабилизации» пиковая производительность «максимум/минимум» различалась до 2,5 раз. Общее время бетонирования ФП фактически составило 13,58 ч, расчетное по ТР — 15 ч. Средняя производительность: фактическая — 122 м³/ч; расчетная по ТР — 112 м³/ч. Средний коэффициент производительности АБН с учетом периодов развертывания и свертывания процесса составил $\approx 0,35$. По данным [10] такое значение заложено в ГЭСН.



Рис. 5. Рабочая площадка АБН 2

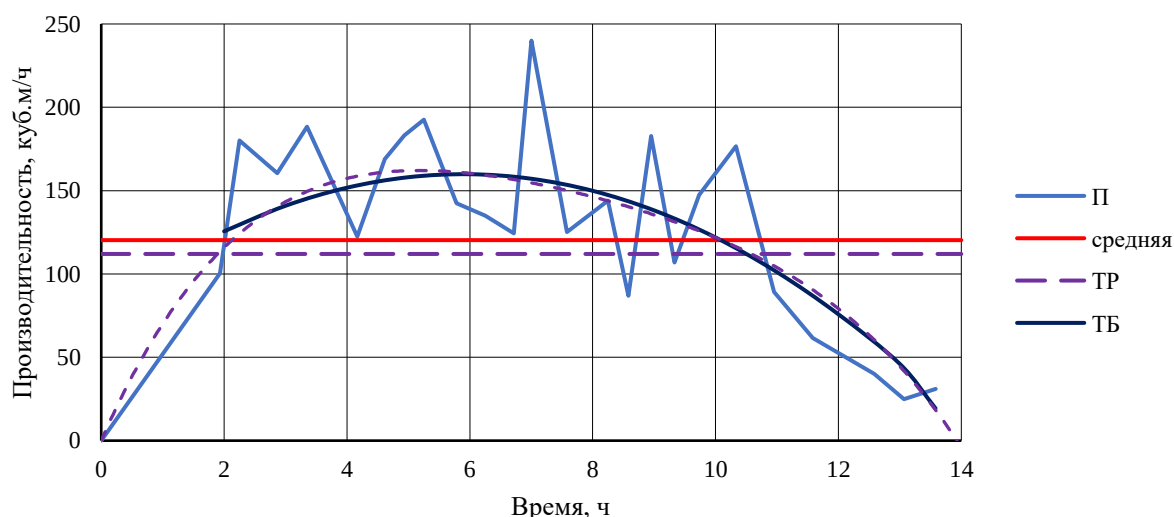


Рис. 6. Производительность АБН по часам бетонирования (П) и средний темп бетонирования (ТБ)

При средней технической производительности обоих АБН $175 \text{ м}^3/\text{ч}$ фактическая средняя производительность за период бетонирования составила $\approx 61 \text{ м}^3/\text{ч}$. По данным [10] в период «стабилизации» процесса при значении среднего коэффициента производительности АБН 0,41 и технической производительности АБН $120 \text{ м}^3/\text{ч}$ фактическая средняя производительность за период бетонирования составила $\approx 49 \text{ м}^3/\text{ч}$. По данным [17] при бетонировании нижней плиты коробчатого фундамента башни комплекса «Лахта Центр» объемом около 20,3 тыс. м^3 за 49 ч средняя интенсивность бетонирования составила $\approx 414 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $\approx 23 \text{ м}^3/\text{ч}$ на один АБН (параметры АБН не приводятся).

Обсуждение и заключение. Получены новые данные для расчетов временных параметров бетонирования массивных конструкций с использованием технологического оборудования (автобетононасосов) с техническими характеристиками, данные о которых отсутствуют в нормативной базе, в частности, ГЭСН. В результате хронометража при бетонировании ФП толщиной 2 м и объемом 1642 м^3 получены значения скорости разгрузки и скорости перекачивания БС: средняя составила для АБН 1 $2,04 \text{ м}^3/\text{мин}$ при диапазоне от 1,69 до $2,222 \text{ м}^3/\text{мин}$, для АБН 2 — $1,78 \text{ м}^3/\text{мин}$ при диапазоне от 1,278 до $2,284 \text{ м}^3/\text{мин}$. С обеспеченностью 0,95 скорость перекачивания БС составила для АБН 1 $1,815 \text{ м}^3/\text{мин}$, для АБН 2 — $1,422 \text{ м}^3/\text{мин}$. Средний коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной составил $\approx 0,68$ для АБН 1 и $\approx 0,63$ для АБН 2. Целесообразность использования АБН с технической производительностью более $2,83 \text{ м}^3/\text{мин}$ или $170 \text{ м}^3/\text{ч}$ обусловлена необходимо-

стью нормальной работы машины даже при пиковых нагрузках. Коэффициент использования АБН по времени составил от 0,478 до 0,847 при среднем значении по обоим АБН $\approx 0,66$. При средней технической производительности 175 м³/ч обоих АБН фактическая средняя производительность за период бетонирования составила ≈ 61 м³/ч.

Время маневрирования АБС при расстоянии до 25 м составило в среднем 3,22...3,56 минуты в зависимости от удобства площадок, с обеспеченностью 0,95 — не более 5,28...5,76 минуты. При расстоянии от АБН до площадки ожидания АБС в пределах 25–50 м время маневрирования мало зависит от расстояния, определяется удобством площадки для маневрирования АБС и подъездных путей.

Представленные результаты позволяют обоснованно назначать временные параметры бетонирования массивных фундаментных плит и могут быть использованы при разработке ТР.

Список литературы / References

1. Щербakov Н.А., Двоенко О.В., Аристархов В.А., Федяев В.Д., Халиков Р.В. Тактические особенности ликвидации пожаров в зданиях повышенной этажности. *Пожарная, экологическая и техносферная безопасность*. 2023;2:33–43. <https://doi.org/10.25257/FE.2023.2.33-43>

Shcherbakov NA, Dvoenko OV, Aristarkhov VA, Fedyayev VD, Khalikov RV Tactical Specific of Extinguishing Fires in High-Rise Buildings. *Fires and Emergencies: Prevention, Elimination*. 2023;2:33–43. (In Russ.) <https://doi.org/10.25257/FE.2023.2.33-43>

2. Шпилевская Н.Л., Шведов А.П. Особенности возведения массивных фундаментов с учетом различных факторов, влияющих на непрерывное производство работ. В: *Сборник научных работ Международной научно-практической конференции к 50-летию Полоцкого государственного университета «Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов»*. Новополоцк: Полоцкий государственный университет; 2018. С. 238–244.

Shpilevskaya NL, Shvedov AP Features of the Construction of Massive Foundations Taking into Account Various Factors Affecting the Continuous Production of Works. *Collection of Scientific Papers of the International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 50th Anniversary of the Polotsk State University. Actual Problems of Architecture of the Belarusian Dvina and Adjacent Regions*. Novopolotsk: Educational Institution “Polotsk State University”; 2018. P. 238–244. (In Russ.)

3. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Чилин И.А. Оптимизация параметров технологии бетона для обеспечения термической трещиностойкости массивных фундаментов. *Строительные материалы*. 2022;10:41–51. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-807-10-41-51>

Kaprielov SS, Sheinfeld AV, Chilin IA Optimization of Concrete Technology Parameters to Ensure Thermal Crack Resistance of Massive Foundations. *Construction Materials Russia*. 2022;10:41–51. (In Russ.) <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-807-10-41-51>

4. Kondratieva TN, Tyurina VS, Chepurnenko AS Predicting the Risk of Early Cracking in Massive Monolithic Foundation Slabs Using Artificial Intelligence Algorithms. *Construction Materials and Products*. 2025;8(1):6. <http://dx.doi.org/10.58224/2618-7183-2025-8-1-6>

5. Tyurina VS, Chepurnenko AS, Akopyan VF Prediction of Thermal Cracking During Construction of Massive Monolithic Structures. *Applied Sciences*. 2025;15(3):1499. <https://doi.org/10.3390/app15031499>

6. Tyurina VS, Chepurnenko AS, Akopyan VF Methodology for Determining True Temperature Stresses during the Construction of Massive Monolithic Reinforced Concrete Structures. *Construction Materials and Products*. 2024;7(3):5. <https://doi.org/10.58224/2618-7183-2024-7-3-5>

7. Травуш В.И., Никифоров С.В. Технология бетонирования массивных конструкций фундаментов зданий МФК «Лакhta Центр». *Строительство и реконструкция*. 2025;2(118):44–55. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2025-118-2-44-55>

Travush VI, Nikiforov SV Technology of Concreting Massive Structures of the Foundations of the Lakhta Center Multifunctional Complex. *Building and Reconstruction*. 2025;(2):44–55. (In Russ.) <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2025-118-2-44-55>

8. Шпилевская Н.Л., Шведов А.П. Разработка организационно-технологической документации на бетонирование массивных фундаментных плит. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки*. 2018;8:49–55. URL: <https://elib.psu.by/handle/123456789/22821> (дата обращения: 31.01.2026).

Shpilevskaya NL, Shvedov AP Development of Organizational and Technological Documentation for Concreting Massive Foundation Slabs. *Bulletin of the Polotsk State University. Series F. Construction. Applied Science*. 2018;8:49–55. (In Russ.) URL: <https://elib.psu.by/handle/123456789/22821> (accessed: 31.01.2026)

9. Доладов Ю.И., Доладова И.П. Ресурсосберегающая технология бетонирования массивных фундаментных плит. *Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура*. 2011;2:132–134. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2011.02.29>
- Doladov YI, Doladova IP Resource Saving Technology of Pouring Massive Foundation Slab. *Bulletin of SGASU. Urban Construction and Architecture*. 2011;2:132–134. (In Russ.) <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2011.02.29>
10. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И., Сухин Д.П. Некоторые вопросы технологии бетонирования массивных фундаментных плит с применением самоуплотняющихся бетонных смесей. *Инженерный вестник Дона*. 2022;8(92). URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2022/7870> (дата обращения: 31.01.2026).
- Nesvetaev GV, Koryanova YI, Sukhin DP Some Questions of the Technology of Concreting Massive Foundation Slabs Using Self-Compacting Concrete Mixtures. *Engineering Journal of Don*. 2022;8(92). (In Russ.) URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2022/7870> (accessed: 31.01.2026)
11. Калиновская Н.Н., Осос Р.Ф., Кучук Е.В. Бетонирование фундаментной плиты турбоагрегата Белорусской АЭС с применением самоуплотняющегося бетона. *Технологии бетонов*. 2017;3–4:15–19. URL: <https://polyplas-thim.by/wp-content/uploads/2017/09/Betonirovanie-fundamentnoj-plity-turboagregata-Belorusskoj-AES-s-primeneniem-samouplotnyayushhegosya-betona.-Tehnologiya-betonov.pdf> (дата обращения: 31.01.2026).
- Kalinovskaya NN, Osos RF, Kuchuk EV Concreting of the Foundation Slab of the Turbine Unit of the Belarusian NPP Using Self-Compacting Concrete. *Concrete Technologies*. 2017;3–4:15–19. (In Russ.) URL: <https://polyplas-thim.by/wp-content/uploads/2017/09/Betonirovanie-fundamentnoj-plity-turboagregata-Belorusskoj-AES-s-primeneniem-samouplotnyayushhegosya-betona.-Tehnologiya-betonov.pdf> (accessed: 31.01.2026)
12. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Аль-Омаис Д., Зайцев А.С. Высокопрочные бетоны в конструкции фундаментов высотного комплекса «ОКО» в ММДЦ «Москва-Сити». *Промышленное и гражданское строительство*. 2017;3: 53–57. URL: <http://pgs1923.ru/archiv/2018/01/02.pdf> (дата обращения: 31.01.2026).
- Kaprielov SS, Sheynfeld AV, Al-Omais D, Zaitsev AS Experience in Production of High-Strength Concrete Used in Construction of High-Rise Complex "OKO" in MIBC "Moscow-City". *Industrial and Civil Engineering*. 2017;3:53–57. (In Russ.) URL: <http://pgs1923.ru/archiv/2018/01/02.pdf> (accessed: 31.01.2026)
13. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И., Сухин Д.П. Об определении параметров бетонирования массивных плоских фундаментных плит. *Инженерный вестник Дона*. 2023;8(104). URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2023/8626> (дата обращения: 31.01.2026).
- Nesvetaev GV, Koryanova YI, Sukhin DP About Defining Pouring Parameters Massive Flat Foundation Slabs. *Engineering Journal of Don*. 2023;8(104). (In Russ.) URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2023/8626> (accessed: 31.01.2026)
14. Комаринский М.В., Червова Н.А. Транспорт бетонной смеси при строительстве уникальных зданий и сооружений. *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2015;1(28):6–7. URL: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2015/1\(28\)/1_chervova_28.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2015/1(28)/1_chervova_28.pdf) (дата обращения: 31.01.2026).
- Komarinsky MV, Chervova NA Transport of Concrete Mix during Construction of Unique Buildings and Structures. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2015;1(28):6–7. (In Russ.) URL: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2015/1\(28\)/1_chervova_28.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2015/1(28)/1_chervova_28.pdf) (accessed: 31.01.2026)
15. Комаринский М.В. Производительность поршневого бетононасоса. *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2013;6(11):43–49. URL: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2013/6\(11\)/6_komarinskij_11.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2013/6(11)/6_komarinskij_11.pdf) (дата обращения: 31.01.2026).
- Komarinsky MV A Productivity of Reciprocating Concrete Pump. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2013;6(11):43–49. (In Russ.) URL: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2013/6\(11\)/6_komarinskij_11.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2013/6(11)/6_komarinskij_11.pdf) (accessed: 31.01.2026)
16. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Корягин С.И. Определение производительности поршневого бетононасоса. *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2018;2(44):8–11. URL: <https://sciup.org/opredelenie-proizvoditelnosti-porshneвого-betononasosa-148186434> (дата обращения: 31.01.2026).
- Velikanov NL, Naumov VA, Koryagin SI Definition of Performance Piston Concrete Pump. *Technical and Technological Problems of the Service*. 2018;2(44):8–11. (In Russ.) URL: <https://sciup.org/opredelenie-proizvoditelnosti-porshneвого-betononasosa-148186434> (accessed: 31.01.2026)
17. Травуш В.И., Шахворостов А.И. Бетонирование нижней плиты коробчатого фундамента башни комплекса «Лакhta Центр». *Высотные здания*. 2015;1:92–101. URL: <http://old.inforceproject.ru/media/article20.pdf> (дата обращения: 31.01.2026).
- Travush VI, Shakhvorostov AI Concreting the Lower Slab of the Box Foundation of the Tower of the Lakhta Center Complex. *High-Rise Buildings*. 2015;1:92–101. (In Russ.) URL: <http://old.inforceproject.ru/media/article20.pdf> (accessed: 31.01.2026)

Об авторах:

Несветаев Григорий Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии строительного производства Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ORCID](#), nesgrin@yandex.ru

Корянова Юлия Игоревна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии строительного производства Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ScopusID](#), [ORCID](#), koryanova.yi@mail.ru

Шуть Владимир Валерьевич, директор ИП «Шуть Владимир Валерьевич» (346715, Российская Федерация, Ростовская область, Аксайский район, п. Водопадный, ул. Ягодная, 3, кв. 1), [ORCID](#), don-com-ru@mail.ru

Заявленный вклад соавторов:

Г.В. Несветаев: формирование основной концепции, цели и задач исследования, обоснование критериев, общее планирование эксперимента, анализ результатов исследований, редактирование текста, корректировка выводов.

Ю.И. Корянова: детальное планирование, организация и реализация исследований, анализ результатов исследований, подготовка текста, формулировка выводов.

В.В. Шуть: рабочее планирование и реализация исследований, обработка результатов исследований, анализ результатов исследований.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Grigory V. Nesvetaev, Dr.Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Construction Production Technology at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ORCID](#), nesgrin@yandex.ru

Julia I. Koryanova, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction Production Technology at the Don State Technical University (1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ScopusID](#), [ORCID](#), koryanova.yi@mail.ru

Vladimir V. Shut, Head of IE "Shut Vladimir Valeryevich" (Apartment 1, 3 Yagodnaya Str., Vodopadny, Aksaiskiy district, Rostov region, 346715, Russian Federation), [ORCID](#), don-com-ru@mail.ru

Claimed contributorship:

GV Nesvetaev: formation of the basic concept, aims of the study, justification of the criteria, general planning of the experiment, analysis of the research results, editing of the manuscript, correction of the conclusions.

JI Koryanova: detailed planning, organization and implementation of the research, analysis of the research results, preparation of the manuscript, formulation of the conclusions.

VV Shut: operational planning and implementation of the research, processing of the research results, analysis of the research results.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 31.01.2026

Поступила после рецензирования / Reviewed 13.02.2026

Принята к публикации / Accepted 28.02.2026