

Об определении параметров бетонирования массивных плоских фундаментных плит

Г.В. Несветаев¹, Ю.И. Корянова¹, Д.П. Сухин²

¹Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

²ООО «Дон-Кубань Строй», Ростов-на-Дону

Аннотация: Предложен подход к определению параметров бетонирования плоских массивных фундаментных плит - эксплуатационная производительность поставщика бетонной смеси, транспортных средств и бетононасоса с учетом лимитирующих факторов – интенсивности поставки и укладки бетонной смеси и времени перекрытия слоев. Предложена схема определения общего коэффициента эксплуатационной производительности. Определены в результате хронометража значения коэффициента перехода от технической к эксплуатационной производительности соответственно для автобетоносмесителя объемом 10 м³ от 0,54 до 0,65 и 0,41 для автобетононасоса с технической производительностью 120 м³/ч при бетонировании массивной плоской фундаментной плиты объемом 1500 м³ с использованием бетонной смеси с маркой по удобоукладываемости П4 при дальности подачи до 50 м. Предложено в качестве основного резерва повышения эксплуатационной производительности рассматривать коэффициент, учитывающий снижение производительности автобетононасоса вследствие непостоянства режима подачи бетонной смеси. Приведены схемы определения продолжительности бетонирования конструкции без технологических перерывов как при равной толщине укладываемых слоев, так и при различных схемах назначения толщин укладываемых слоев. Показана нецелесообразность возведения подобных конструкций при времени перекрытия слоев менее 4 ч. Рассмотренный в работе подход может быть использован для выбора рациональных методов бетонирования подобных конструкций по непрерывной схеме либо с разбиением на температурно-усадочные блоки и устройством рабочих швов. Последняя схема в связи с проблемой обеспечения качества швов и монолитности конструкции представляется менее предпочтительной.

Ключевые слова: интенсивность бетонирования, техническая производительность, эксплуатационная производительность, массивные плоские фундаментные плиты, время перекрытия слоев, толщина слоя.

Согласно СП 70.13330.2012, п. 5.3.4. «бетонную смесь следует укладывать по утвержденному проекту производства работ (ППР)». Важность учета временных параметров на качество возводимых монолитных железобетонных конструкций и наличия достоверных данных для всех операций при проектировании графика производства работ отмечена в [1]. Следует отметить, что вопросы обеспечения организационно-технологической надежности играют важную роль на всех этапах жизненного цикла зданий [2]. Согласно СП 435.1325800.2018, п. 6.2.8 «...темпы поступления бетонной смеси

на объект и перекачивания насосом должны обеспечивать непрерывность подачи бетонной смеси. Технологические перерывы не должны превышать 20 мин», исходя из этого требования в первом приближении можно при значительных объемах работ рассматривать время бетонирования слоя и время перекрытия слоев равными. При бетонировании массивных плоских фундаментных плит обеспечение, в соответствии с требованиями норм, «монолитности конструкции», достигается послойной укладкой бетонной смеси с нормируемым значением времени перекрытия слоев [3], зависящим от свойств бетонной смеси, температурных условий, параметров конструкции и интенсивности бетонирования. Эти вопросы частично решаются регулированием рецептурных факторов на стадии разработки карты подбора с учетом особенностей подачи бетонной смеси и возможных последующих температурных воздействий [4]. Особенно актуальны вопросы определения предельного времени перекрытия слоев при использовании все более широко применяемых при возведении объектов самоуплотняющихся бетонных смесей с использованием суперпластифицирующих добавок на основе различных комплексов [5, 6]. Интенсивность бетонирования, особенно при возведении неординарных объектов, может составлять порядка 40...226 м³/ч при общей продолжительности непрерывного цикла бетонирования до 35 ч [7, 8]. В связи с этим показатель интенсивности бетонирования следует рассматривать, как один из важнейших параметров, учитываемых при расчете бетоноукладочного комплекса, определения схемы бетонирования (непрерывный цикл или с разбиением на температурно-усадочные блоки с устройством рабочих швов), объема и количества захваток бетонирования, определения времени перекрытия и толщины слоев и др. В работе предлагается подход к определению вышеуказанных параметров при бетонировании плоских массивных фундаментных плит при использовании одного бетононасоса.

Показатель эксплуатационной интенсивности бетонирования $I_{Б,Э}$, м³/ч может быть определен как:

$$I_{Б,Э} = \min(Q_{БСТ,Э}; Q_{АБС,Э}; Q_{БН,Э}), \quad (1)$$

где:

$Q_{БСТ,Э}$ - эксплуатационная производительность поставщика готовой бетонной смеси, м³/ч;

$Q_{АБС,Э}$ – эксплуатационная производительность автобетоносмесителя при разгрузке, м³/ч;

$Q_{БН,Э}$ - эксплуатационная производительность бетононасоса (автобетононасоса) м³/ч.

При условии обоснованного выбора поставщика бетонной смеси и количества автобетоносмесителей очевидно, что лимитирующим фактором в расчетах будет эксплуатационная производительность бетононасоса:

$$Q_{БСТ,Э} > Q_{АБС,Э} > Q_{БН,Э}. \quad (2)$$

Если в качестве лимитирующего фактора будет выступать эксплуатационная производительность поставщика либо время транспортирования бетонной смеси, подход к определению параметров процесса в принципе не изменится.

Поскольку эксплуатационная производительность связана с технической производительностью в общем случае зависимостью:

$$Q_{i,Э} = k \cdot Q_{i,Т}, \quad (3)$$

где k – может быть определен, как общий коэффициент эксплуатационной производительности, то вопрос обоснованного назначения значений указанного коэффициента при разработке ППР является актуальным.

Техническая производительность поставщика готовой бетонной смеси $Q_{БСТ,Т}$ для одного потребителя определяется типом, объемом и количеством эксплуатируемых на заводе бетоносмесителей. Согласно ОНТП 07-85, для смесителей принудительного действия нормативная производительность

составляет 35 замесов/ч, т.е. при числе смесителей n и объеме смесителя V имеем:

$$35 \cdot V \leq Q_{\text{БСТ,Т}} \leq 35 \cdot V \cdot n. \quad (4)$$

Техническая производительность автобетоносмесителя при разгрузке $Q_{\text{АБС,Т}}$ определяется, в первую очередь, темпом выгрузки, который зависит, в т.ч., от подвижности бетонной смеси и составляет, например, согласно инструкции по транспортировке и укладке бетонной смеси в монолитные конструкции с помощью автобетоносмесителей и автобетононасосов 0,5 – 2 м³/мин, или до 120 м³/ч. Согласно рекомендациям по доставке бетонных смесей автотранспортными средствами, разгрузка может происходить со скоростью до 2,5 м³/мин, или до 150 м³/ч, тогда:

$$30 < Q_{\text{АБС,Т}} < 150. \quad (5)$$

Техническая производительность бетононасоса (автобетононасоса) $Q_{\text{БН,Т}}$, м³/ч, зависит от типа бетононасоса и составляет до 120 и даже 200 м³/ч [9]. Техническая производительность бетононасосов, применяемых при бетонировании фундаментных плит, согласно ГЭСН 81-02-06-2022, составляет 65 м³/ч, а по СП 70.13330.2012, п. 5.3.5. «бетонную смесь можно подавать бетононасосами... при интенсивности бетонирования не менее 6 м³/ч», поэтому для дальнейших расчетов принимаем:

$$65 < Q_{\text{БН,Т}} < 120 \text{ (200)}. \quad (6)$$

Для оценки эксплуатационной производительности поставщика бетонной смеси необходимы значения общего коэффициента эксплуатационной производительности $k_{\text{БСТ,Э}}$. Согласно ОНТП 07-85, нормируется значение часового коэффициента на неравномерность выдачи товарной бетонной смеси величиной 0,8.

Для оценки эксплуатационной производительности автобетоносмесителя при разгрузке необходимы значения общего коэффициента эксплуатационного темпа разгрузки автобетоносмесителя $k_{\text{АБС,Э}}$. Обоснованных данных найти не

удалось. Хронометраж, проведенный авторами при бетонировании фундаментной плиты объемом около 1500 м^3 , показал для автобетоносмесителя объемом 10 м^3 значения порядка $1,3 \dots 1,35 \text{ м}^3/\text{мин}$, что дает значение $k_{\text{АБС,Э}}$ от 0,54 до 0,65 при значении технического темпа разгрузки $2,5 \dots 2 \text{ м}^3/\text{мин}$. Вероятно, возможны более высокие значения. Далее при расчетах будут приняты во внимание значения $k_{\text{АБС,Э}}$ до 0,8. Влияние затрат времени на маневрирование автобетоносмесителей при подаче под разгрузку на общий коэффициент эксплуатационной производительности автобетоносмесителя при разгрузке может быть практически исключено при спаренной подаче автобетоносмесителей под разгрузку, если позволяют габариты площадки.

Для оценки эксплуатационной производительности бетононасоса необходимы значения общего коэффициента его эксплуатационной производительности. Согласно ГЭСН 81-02-06-2022 (06-01-003-02), затраты машинного времени бетононасоса составляют $4,4 \text{ маш}\cdot\text{ч} / 100 \text{ м}^3$ при технической производительности автобетононасоса $65 \text{ м}^3/\text{ч}$, т.е. величину $100/4,4 = 22,7 \text{ м}^3/\text{ч}$ можно рассматривать как нормируемую эксплуатационную производительность. Тогда за общий коэффициент эксплуатационной производительности бетононасоса $k_{\text{БН,Э}}$ можно принять значение:

$$k_{\text{БН,Э}} = \frac{Q_{\text{БН,Т}}}{65} = \frac{22,7}{65} = 0,349 \approx 0,35. \quad (7)$$

По данным ТТК на бетонные и железобетонные работы (монолитный железобетон) 6306031075/31075 (Устройство монолитных фундаментов под каркас гражданских и промышленных зданий с применением щитовой опалубки), указанный коэффициент представляется в виде:

$$k_{\text{БН,Э}} = K_1 \cdot K_2 \quad (8)$$

где: K_1 - коэффициент перехода от технической производительности бетононасоса к эксплуатационной, ($K_1 = 0,4$ по ТТК на бетонные и железобетонные работы (монолитный железобетон) 6306031075/31075

(Устройство монолитных фундаментов под каркас гражданских и промышленных зданий с применением щитовой опалубки));

K_2 - коэффициент снижения производительности автобетононасоса, учитывающий непостоянный режим подачи бетонной смеси, ($K_2 = 0,65$ по ТТК на бетонные и железобетонные работы (монолитный железобетон) 6306031075/31075 (Устройство монолитных фундаментов под каркас гражданских и промышленных зданий с применением щитовой опалубки)).

Коэффициент перехода от технической производительности бетононасоса к эксплуатационной зависит от многих факторов [10, 11]. По данным хронометража при бетонировании фундаментной плиты общим объемом около 1500 м^3 подача 10 м^3 бетонной смеси автобетононасосом с технической производительностью $120 \text{ м}^3/\text{ч}$ при дальности подачи до 50 м в среднем осуществлялась за $7,5 \text{ мин}$, что составляет примерно $80 \text{ м}^3/\text{ч}$ и соответствует коэффициенту перехода от технической производительности к эксплуатационной $80/120 \approx 0,67$. Далее в расчетах будет рассматриваться, в т.ч., значение этого коэффициента до $0,8$. Бетонирование указанной плиты осуществлялось в непрерывном режиме в течение 30 ч , что соответствует фактической эксплуатационной производительности $Q_{\text{БН,Э}} \approx 49 \text{ м}^3/\text{ч}$, тогда для рассматриваемого случая общий коэффициент эксплуатационной производительности бетононасоса составляет $49/120 \approx 0,41$. Исходя из приведенных данных, можно выделить коэффициент снижения производительности автобетононасоса, учитывающий непостоянный режим подачи бетонной смеси: $0,41/0,67 \approx 0,61$. Очевидно, что коэффициент снижения производительности автобетононасоса, учитывающий непостоянный режим подачи бетонной смеси, можно рассматривать в качестве основного резерва повышения эксплуатационной производительности бетононасоса. Далее в расчетах будет рассматриваться, в т.ч., значение этого коэффициента до $0,8$.

Результаты оценки коэффициентов снижения технической производительности бетононасоса представлены в табл. 1.

Таблица №1

Значения коэффициентов снижения
эксплуатационной производительности бетононасоса

№	Коэффициенты	Оценка по данным		
		ГЭСН	рекомендаций по доставке бетонных смесей автотранспортными средствами	авторов
1	общий коэффициент эксплуатационной производительности	0,349	0,26	0,41
2	коэффициент перехода от технической производительности к эксплуатационной	-	0,4	0,67
3	коэффициент, учитывающий непостоянный режим поставки бетонной смеси	-	0,65	0,61

Таким образом, при работе одного бетононасоса планируемая эксплуатационная интенсивность бетонирования $I_{Б,ЭП}$, м³/ч, может быть определена, с учетом ф. (2), исходя из условия:

$$I_{Б,ЭП} = \min(Q_{БСГ,Э}; Q_{АБС,Э}; Q_{БН,Э}). \quad (9)$$

Результаты оценки планируемой эксплуатационной интенсивности бетонирования для одного бетононасоса с технической производительностью 65...120 м³/ч приведены в табл. 2.

Таблица №2

Результаты оценки планируемой эксплуатационной интенсивности
бетонирования для одного бетононасоса

№	$Q_{\text{БН,Т}}$	$I_{\text{Б,ЭП}}$, с учетом $k_{\text{БН,Э}}$ по			
		ГЭСН 0,349	Рекомендации по доставке бетонных смесей автотранспортными средствами 0,26	Авторов 0,41	$0,8 \cdot 0,8 =$ 0,64
1	120	≈ 42	≈ 31	≈ 49	≈ 77
2	65	≈ 23	≈ 17	≈ 27	≈ 42

Поскольку, согласно СП 70.13330.2012, «бетонную смесь укладывают в форму или опалубку горизонтальными слоями», при бетонировании плоских массивных фундаментных плит объем укладываемого слоя, $V_{\text{СЛ}}$, м³, может быть определен, как:

$$V_{\text{СЛ}} = A_{\text{ОСН}} \cdot h_{\text{СЛ}}, \quad (10)$$

Или:

$$V_{\text{СЛ}} = I_{\text{Б,ЭП}} \cdot \tau_{\text{ПС}}, \quad (11)$$

где: $\tau_{\text{ПС}}$ – время перекрытия слоев [3], ч, может быть определено, исходя из условия:

$$\tau_{\text{ПС}} = \min (f(\tau_{\text{СБС}}); \tau_{\text{Т}}), \quad (12)$$

где: $\tau_{\text{СБС}}$ – время сохраняемости бетонной смеси, ч;

$\tau_{\text{Т}}$ - допустимое время перекрытия слоев, ч, в т.ч. по температурным условиям при производстве работ (время замерзания ранее уложенного слоя в зимний период, время критического обезвоживания ранее уложенного слоя в жаркую сухую погоду).

При этом весьма желательно выполнение условия:

$$\tau_{\text{ПС}} > \tau_{\text{СТ}}, \quad (13)$$

где $\tau_{\text{СТ}}$ – время стабилизации слоя бетонной смеси после укладки, ч.

Согласно ВСН 37-96, п. 5.21: «продолжительность времени между укладкой и уплотнением последовательно укладываемых слоев бетонной смеси не должна превышать двух часов», что без учета технологических особенностей бетонной смеси и условий производства работ совершенно не обосновано, а согласно СП 70.13330.2012, СП 435.1325800.2018 это время определяется строительной лабораторией, при этом критерии определения в нормах не оговариваются. ГОСТ Р 59300-2021 предусматривает, в т.ч., марку бетонной смеси по сохраняемости С4 с показателем более 3 ч, при этом максимальное значение времени не оговаривается. По данным [7], при бетонировании с применением самоуплотняющихся бетонных смесей (СУБ) время перекрытия слоев составляло до 6 ч. При бетонировании уникальных конструкций сохраняемость бетонной смеси может составлять до 18 ч и более [12, 13]. По [1, 3] ориентировочное предельное время перекрытия слоев при температуре смеси от 5 до 30 °С не должно превышать 5 (5,5) – 1,5 (1) ч (при температуре выше 20 °С – не более 2,5 ч) для смесей с маркой по сохраняемости С-3, С-4 по ГОСТ Р 59300. По данным [14] в сухую жаркую погоду критическое обезвоживание при применении СУБ в слое толщиной 20 см было достигнуто за 45 мин, исходя из чего можно предварительно принять:

$$0,75 < \tau_{ПС} < 6, \quad (14)$$

при этом объем $V_{СЛ}$, укладываемого слоя толщиной h , м, с учетом ф. (11-13) и данных табл. 2 составит, м³:

$$13 = 17 \cdot 0,75 < V_{СЛ} < 77 \cdot 6 = 462. \quad (15)$$

При определении времени перекрытия слоев, по нашему мнению, следует учитывать, кроме указанных выше, и данные о продолжительности процесса осадки слоя бетонной смеси после завершения укладки и уплотнения. Например, по данным [14], стабилизация осадки слоя самоуплотняющейся бетонной смеси с показателем сохраняемости 5...5,5 ч при толщине слоя 30 см произошла через 3...5 ч в зависимости от типа применяемой

суперпластифицирующей добавки - с ускоряющим или замедляющим эффектом.

Согласно СП 435.1325800.2018, п. 9.3.14, уплотнение бетонной смеси должно обеспечивать требуемые плотность и однородность бетона, при этом «толщина уплотняемого слоя должна соответствовать глубине проработки уплотняющего устройства». Согласно СП 70.13330.2012, толщина укладываемого слоя $h_{\text{СЛ}}$ зависит от параметров применяемого для уплотнения оборудования. На практике толщина слоя обычно принимается 0,3-0,4 м, возможно максимальное значение порядка 0,5 м, а минимальное значение при непрерывной укладке в технологических регламентах принимается 0,2 м, причем при бетонировании с устройством рабочих швов следует учитывать требование п. 5.3.7 СП 70.13330.2012 «при отсутствии специального указания в проекте толщина слоя бетона, уложенного после рабочего шва, должна быть не менее 25 см». Исходя из вышеизложенного, для схемы бетонирования с непрерывной укладкой бетонной смеси принимаем:

$$0,2 < h_{\text{СЛ}} = \frac{H_K}{N} < 0,5, \quad (16)$$

где: N – число слоев (N – целое число), может быть определено при условии равной толщины всех укладываемых слоев, как:

$$N = \frac{H_K}{h_{\text{СЛ}}} = \frac{V_K}{V_{\text{СЛ}}}, \quad (17)$$

где: V_K – объем возводимой конструкции или объем захватки бетонирования, м^3 ;

H_K – толщина бетонируемой конструкции, м.

Тогда, поскольку фактическая интенсивность бетонирования $I_{\text{Б,Ф}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$, может быть определена при равной толщине слоев, как:

$$I_{\text{Б,Ф}} = \frac{V_K}{N \cdot \tau_{\text{ПС}}}, \quad (18)$$

то время бетонирования конструкции без технологических перерывов, τ_K , ч, логично может быть определено при равной толщине слоев, как:

$$\tau_K = \frac{V_K}{I_{Б,Ф}} = N \cdot \tau_{ПС}. \quad (19)$$

Для оценки эффективности принятых параметров процесса может быть использован, например, коэффициент эффективности организации работ, в нашем случае равный:

$$K_{Э} = \frac{I_{Б,Ф}}{I_{Б,ЭП,маx}} = \frac{I_{Б,Ф}}{77}. \quad (20)$$

В табл. 3 в качестве примера представлены рассмотренные выше показатели применительно к плоской фундаментной плите толщиной 1,4 м и объемом 1500 м³ при равной толщине укладываемых слоев. С учетом ф. (2), принято, что лимитирующим фактором является эксплуатационная производительность бетононасоса. Данные табл. 3 позволяют определить рациональные случаи применения бетонирования по непрерывной схеме или с разбиением на температурно-усадочные блоки и устройством рабочих швов. Последняя схема в связи с проблемой выполнения качественных швов представляется менее предпочтительной [15]. В табл. 4 в качестве примера представлены рассмотренные выше показатели по схемам послойного бетонирования 1x20 см + 3x40 см и 2x25 см + 3x30 см.

Поскольку, согласно представленным в табл. 3 данным, $I_{Б,ЭП}$ м³/ч, бетононасоса с технической производительностью ориентировочно может составлять 42...77 м³/ч, сопоставляя эти данные с табл. 4, можно определить приемлемые для практики параметры (см. примечания к табл. 4). В частности, очевидно, что значение времени перекрытия слоев 2 ч в рассматриваемом примере является неприемлемым, а схема послойного бетонирования 1x20 см + 3x40 см нерациональна. Схема послойного бетонирования 2x25 см + 3x30 см при времени перекрытия слоев 4 ч требует максимальной концентрации ресурсов и четкой организации процесса, при это позволяет выполнить бетонирование ориентировочно за 20 ч, как и при схеме бетонирования с 5 слоями равной толщины, что абсолютно логично.

Таблица №3

Оценка параметров бетонирования

Параметр	Техническая производительность бетононасоса $Q_{БН,Т}$, м ³ /ч					
	65			120		
$K_{БН,Э}$	0,35	0,41	0,64	0,35	0,41	0,64
$I_{Б,ЭП}$, м ³ /ч	23	27	42	42	49	77
$\tau_{ПС}$, ч	2			2		
	4			4		
	6			6		
$V_{СЛ}$, м ³	46	54	84	84	98	154
	92	108	168	168	196	308
	138	162	252	252	294	462
N	32,6 ≈ 33	27,8 ≈ 28	17,9 ≈ 18	17,9 ≈ 18	15,3 ≈ 15	9,7 ≈ 10
	16,3 ≈ 16	13,9 ≈ 14	8,9 ≈ 9	8,9 ≈ 9	7,7 ≈ 8	4,9 ≈ 5
	10,9 ≈ 11	9,3 ≈ 9	5,9 ≈ 6	5,9 ≈ 6	5,1 ≈ 5	3,2 ≈ 3
$h_{СЛ}$, см	4,2*	5*	7,8*	7,8*	9,3*	14*
	8,8*	10*	15,6*-с	15,6*-с	17,5*-с	28
	12,7*	15,6*-с	23,3	23,3	28	46,7
τ_K , ч	-	-	-	-	-	-
	-	-	36-с	36-с	32-с	20
	-	54-с	36	36	30	18
$I_{Б,Ф}$, м ³ /ч	-	-	-	-	-	-
	-	-	≈ 42-с	≈ 42-с	≈ 49-с	50
	-	≈ 27-с	≈ 42	≈ 42	50	≈ 83**
$K_Э$	-	-	-	-	-	-
	-	-	≈ 0,55-с	≈ 0,55-с	≈ 0,64-с	0,65
	-	0,35-с	≈ 0,55	≈ 0,55	0,65	≈ 1,08**

Примечания: * - нецелесообразно с практической точки зрения при бетонировании без устройства швов и вибрационном уплотнении; -с – возможно при применении СУБ; ** - повышенные требования к организации процесса

Таблица №4

Некоторые параметры бетонирования рассматриваемой фундаментной плиты

№	Параметр	Требуемая интенсивность бетонирования, м ³ /ч при толщине слоя, см				
		20	25	30	40	
1	Объем слоя, м ³	≈ 215	≈ 268	≈ 321	≈ 429	
2	$I_{Б,ЭП}$, м ³ /ч, при времени перекрытия слоев	2	≈ 107*	≈ 134*	≈ 161*	≈ 215*
3		4	≈ 54***	≈ 68***	≈ 80**	≈ 107*
4		6	≈ 36***	≈ 45***	≈ 54***	≈ 72***

Примечания: * - маловероятно; ** - в принципе, достижимо; *** - реально

Поставщик бетонной смеси должен соответствовать требованиям по интенсивности поставки в адрес одного потребителя:

$$I_{\text{БСТ,Г}} = \frac{I_{\text{БСТ,ЭП}}}{0,8} \approx \frac{80}{0,8} = 100 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (21)$$

Заключение

Предложен подход к определению параметров бетонирования плоских массивных фундаментных плит с учетом таких лимитирующих факторов, как эксплуатационная производительность поставщика бетонной смеси, транспортных средств и бетононасоса. Предложена и обоснована схема определения общего коэффициента эксплуатационной производительности с учетом полученных по результатам хронометража значений коэффициента 0,54...0,65 снижения технической производительности при разгрузке автобетоносмесителя и 0,41 для автобетононасоса. Отмечено, что коэффициент снижения производительности автобетононасоса, учитывающий непостоянный режим подачи бетонной смеси, можно рассматривать в качестве основного резерва повышения фактической эксплуатационной производительности. Рассмотрены схемы определения продолжительности бетонирования конструкции без технологических перерывов как при равной толщине укладываемых слоев, так и при различных схемах назначения толщин укладываемых слоев. Предложенный подход может быть использован для выбора рациональных схем бетонирования подобных конструкций, а именно по непрерывной схеме или с разбиением на температурно-усадочные блоки и устройством рабочих швов. Отмечено, что последняя схема в связи с проблемой выполнения качественных швов и обеспечения монолитности представляется менее предпочтительной.

Литература

1. 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. - С. 49-55
2. Побегайлов О.А., Аль-Мсари А.А.Р.А., Талалаев А.Д. Аспекты повышения организационно-технологической надежности в строительстве // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий, 2023, №2 (2). – С. 36–41. URL: doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-36-41
3. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И., Сухин Д.П. Некоторые технологические параметры перекрытия слоев при применении самоуплотняющихся бетонных смесей // Инженерный вестник Дона, 2023, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8147
4. Касторных Л.И., Каклюгин А.В., Гикало М.А. Влияние суперпластификаторов на основе поликарбоксилатов на эффективность термообработки монолитного бетона // Строительные материалы, 2023, № 4. – С. 35-41. DOI 10.31659/0585-430X-2023-812-4-35-41
5. Муртазаев С.А.Ю., Шеина С.Г., Муртазаев И.С.А., Межидов Д.А. Самоуплотняющиеся бетоны с использованием химических добавок на основе эфиров полиариллов и поликарбоксилатов // Вестник ГГНТУ. Технические науки, 2023, Т. 19, № 1 (31). – С. 88-95. DOI 10.34708/GSTOU.2023.74.53.009
6. Касторных Л.И., Хартанович В.В., Шершень Д.Р. Влияние суперпластифицирующей добавки MasterPolyNeed на основные свойства тяжелого и мелкозернистого бетона // Молодой исследователь Дона, 2020, № 4 (25). – С. 46-55.



7. Калиновская Н.Н., Осос Р.Ф., Кучук Е.В. Бетонирование фундаментной плиты турбоагрегата Белорусской АЭС с применением самоуплотняющегося бетона // Технологии бетонов, 2017, № 3-4 (128-129). - С. 15-19.
8. 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. - С. 53-57.
9. Комаринский М.В., Червова Н.А. Транспорт бетонной смеси при строительстве уникальных зданий и сооружений // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2015, №1 (28). - С. 6-7.
10. Комаринский М.В. Производительность поршневого бетононасоса // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2013, №6 (11). - С. 43-49.
11. Великанов Н.Л., Наумов В.А., Корягин С.И. Определение производительности поршневого бетононасоса // Техничко-технологические проблемы сервиса, 2018, №2 (44). - С. 8-11.
12. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Киселева Ю.А., Пригоженко О.В., Кардумян Г.С., Ургапов В.И. Опыт возведения уникальных конструкций из модифицированных бетонов на строительстве комплекса "Федерация" // Промышленное и гражданское строительство, 2006, №8. - С. 20-22.
13. Муртазаев С.А.Ю., Сайдумов М.С., Аласханов А.Х., Муртазаева Т.С.А. Высокопрочные бетоны повышенной жизнеспособности для конструкций фундаментов МФК «Ахмат-Тауэр» // Фундаментальные основы строительного материаловедения. Сборник докладов Международного онлайн-конгресса, 2017. - С. 875-883.
14. 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.

URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2022/7870

15. Nesvetaev G., Koryanova Yu., Cherpurnenko A. Comparison of the shear strength in heavy and self-compacting concrete // Architecture and Engineering, 2023, №2 (8). - pp. 63-71. DOI: 10.23968/2500-0055-2023-8-2-63-71

References

1. Shpilevskaya N.L., Shvedov A.P. Vestnik Poloczkiego gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel`stvo. Prikladny`e nauki, 2018, № 8. pp. 49-55.

2. Pobegajlov O.A., Al`-Msari A.A.R.A., Talalaev A.D. Sovremennyy`e tendencii v stroitel`stve, gradostroitel`stve i planirovke territorij, 2023, №2 (2). pp. 36-41. URL:doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-2-36-41

3. Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I., Suxin D.P. Inzhenerny`j vestnik Dona, 2023, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8147

4. Kastorny`x L.I., Kaklyugin A.V., Gikalo M.A. Stroitel`ny`e materialy`, 2023, № 4. pp. 35-41. DOI 10.31659/0585-430X-2023-812-4-35-41

5. Murtazaev S.A.Yu., Sheina S.G., Murtazaev I.S.A., Mezhidov D.A. Vestnik GGNTU. Texnicheskie nauki, 2023, T. 19, № 1 (31). pp. 88-95. DOI 10.34708/GSTOU.2023.74.53.009

6. Kastorny`x L.I., Xartanovich V.V., Shershen` D.R. Molodoj issledovatel` Dona, 2020, № 4 (25). pp. 46-55.

7. Kalinovskaya N.N., Osos R.F., Kuchuk E.V. Texnologii betonov, 2017, № 3-4 (128-129). pp. 15-19.

8. Kaprielov S.S., Shejnfel`d A.V., Al`-Omais D., Zajcev A.S. Promy`shlennoe i grazhdanskoe stroitel`stvo, 2017, №3. pp. 53-57.

9. Komarinskij M.V., Chervova N.A. Stroitel`stvo unikal`ny`x zdaniy i sooruzhenij, 2015, №1 (28). pp. 6-7.



10. Komarinskij M.V. Stroitel'stvo unikal'ny`x zdaniy i sooruzhenij, 2013, №6 (11). pp. 43-49.
11. Velikanov N.L., Naumov V.A., Koryagin S.I. Tekhniko-texnologicheskie problemy` servisa, 2018, №2 (44). pp. 8-11.
12. Kapriellov S.S., Shejnfel'd A.V., Kiseleva Yu.A., Prigozhenko O.V., Kardumyan G.S., Urgapov V.I. Promy'shlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo, 2006, №8. pp. 20-22.
13. Murtazaev S.A.Yu., Sajdumov M.S., Alasxanov A.X., Murtazaeva T.S.A. Vy`sokoprochny`e betony` povy'shennoj zhiznesposobnosti dlya konstrukcij fundamentov MFK «Axmat-Taue`r» [High-strength concretes of increased vitality for the structures of foundations of the MFC "Akhmat-Tower"], Fundamental'nye osnovy` stroitel'nogo materialovedeniya. Sbornik dokladov Mezhdunarodnogo oglajn-kongressa, 2017. pp. 875-883.
14. Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I., Suxin D.P. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2022/7870
15. Nesvetaev G., Koryanova Yu., Chepurnenko A. Architecture and Engineering, 2023, №2 (8). pp. 63-71 DOI: 10.23968/2500-0055-2023-8-2-63-71