
Некоторые вопросы технологии бетонирования массивных фундаментных плит с применением самоуплотняющихся бетонных смесей

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

¹Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

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

Аннотация: Многочисленность факторов, определяющих качество монолитных железобетонных массивных фундаментов, предопределяет актуальность тщательной проработки совокупности вопросов, связанных с интенсивностью бетонирования, техническими возможностями производителя работ, температурно-влажностными условиями, особенностями технологических свойств бетонной смеси и кинетики твердения бетона. Для обеспечения монолитности конструкции обоснована целесообразность определения толщины укладываемого слоя не только длиной рабочей части вибратора, как предписывают нормы, но и показателями интенсивности бетонирования, определяемыми параметрами конструкции, температурно-влажностными условиями и возможностями производителя работ. Показано влияние на рациональное время перекрытия слоев температурно-влажностных условий среды и рецептурных особенностей бетонной смеси. Приведены результаты моделирования уровня растягивающих напряжений от таких рецептурно-технологических факторов, как класс и кинетика твердения бетона, температурные условия и условия теплообмена с окружающей средой на примере температурно-усадочного блока 20х20х2 м. Предложена зависимость определения интенсивности бетонирования в зависимости от рассмотренных факторов и дано обоснование значениям входящих в нее параметров. Приведено уравнение относительных влагопотерь по толщине конструкции в условиях сухой жаркой погоды при применении самоуплотняющихся бетонных смесей.

Ключевые слова: интенсивность бетонирования, качество массивных монолитных фундаментов, время перекрытия слоев, влагопотери, уровень растягивающих напряжений.

При возведении монолитных железобетонных конструкций, в т.ч. массивных, широко применяются модифицированные бетонные смеси, в т.ч. самоуплотняющиеся (СУБ), технологические свойства которых несколько отличаются от традиционных смесей без химических добавок с относительно невысокой подвижностью, укладываемых с применением интенсивного вибрационного уплотнения [1,2]. Многочисленность факторов, определяющих качество массивных фундаментов, предопределяет актуальность тщательной проработки совокупности вопросов, связанных с технологией бетонирования с учетом технических возможностей [3] и

погодных условий. Согласно СП 435.1325800.2018 для обеспечения монолитности конструкции «бетонная смесь должна укладываться в бетонизируемую конструкцию горизонтально слоями одинаковой толщины без разрывов, с последовательным направлением укладки в одну сторону во всех слоях. Новый слой бетонной смеси должен быть уложен до начала схватывания бетона ранее уложенного слоя. При массиве, разбитом на блоки, бетонирование замыкающих блоков следует проводить только после усадки и охлаждения бетона смыкаемых блоков». Согласно СП 70.13330.2012, «продолжительность перерыва между укладкой смежных слоев бетонной смеси без образования рабочего шва устанавливается строительной лабораторией», а толщина укладываемого слоя определяется в зависимости от длины рабочей части вибратора. При этом «открытые поверхности до окончания бетонирования (в том числе и при перерывах в укладке) следует надежно предохранять от испарения воды». Таким образом, при возведении монолитных конструкций возможны два вида рабочих швов: горизонтальный вследствие перерыва при послойной укладке и вертикальный между смыкаемыми блоками. Очевидно, что толщина укладываемого слоя должна определяться не только длиной рабочей части вибратора, как предписывают нормы, но и показателями интенсивности бетонирования, определяемыми параметрами конструкции, температурно-влажностными условиями и возможностями производителя работ. А эффективно защитить открытую поверхность при перерывах в бетонировании от испарения воды не всегда возможно из-за арматурной конструкции. При разработке регламентов бетонирования целесообразно применять следующую связь между рассматриваемыми параметрами [4]:

$$Q_p = \frac{h \cdot A}{0,8 \cdot t}, \quad (1)$$

где:

- h - толщина укладываемого слоя бетонной смеси, м;

- A - площадь бетонирования, м^2 ;
- Q_p - интенсивность бетонирования, $\text{м}^3/\text{ч}$;
- t - время укладки слоя бетонной смеси ч, оно же время перекрытия слоев, зависит, в т.ч., от сохраняемости бетонной смеси в конкретных температурных условиях.

Предельное время перекрытия слоев зависит от показателя сохраняемости бетонной смеси, температурно-влажностных условий и технических возможностей производителя и может, по данным разных источников, существенно различаться [5, 6]. Скорость разгрузки автобетоносмесителей составляет от 0,5 до 2,5 $\text{м}^3/\text{мин}$ [7], наиболее часто встречаемый показатель в технической характеристике автобетоносмесителей – 1 $\text{м}^3/\text{мин}$, при этом с учетом маневрирования при доставке смесей смесителями емкостью 10-12 м^3 ожидаемая интенсивность укладки составит порядка 40 $\text{м}^3/\text{ч}$. Например, для температурно-усадочного блока 20x20x2 м при толщине укладываемого слоя 40 см время укладки слоя, оно же время перекрытия слоев, составит порядка 4 ч. Как будет показано далее, это время может оказаться завышенным, в связи, с чем при разработке проекта производства работ (ППР) в данном случае целесообразно рассматривать варианты уменьшения размера блока, толщины укладываемого слоя или повышения интенсивности бетонирования. В частности, по данным [8] при времени перекрытия слоев более 2,5 ч для слоистых конструкций из бетонов с различными деформативными и прочностными характеристиками отмечено снижение прочности сцепления.

По данным [9] перерыв между укладкой предыдущего и последующего слоя бетонной смеси не должен превышать время, в течение которого влагопотери из твердеющего бетона превысят 10 % от воды затворения. При критической для сухой жаркой погоды интенсивности испарения 200 $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ [10] для слоя толщиной 200 мм это время, в зависимости от состава бетонной

смеси, составляет примерно 15-17 ч. К этому времени при температуре 20 °С бетон класса В25 в зависимости от рецептурных особенностей будет иметь предел прочности на сжатие примерно 3 – 6,5 МПа. Но по данным [10] трещины от пластической усадки могут появляться на поверхности уже через несколько часов после укладки бетонной смеси. По данным [11] при гелиотермообработке изделий величина влагопотерь 10 % соответствует снижению предела прочности бетона на 5-6 % относительно нормальных условий (НУ), а снижение предела прочности бетона на 10 % отмечается при величине влагопотерь примерно 15 % (интенсивность испарения не превышала 200 г/м²·ч). Отсутствие надлежащего влажностного ухода при бетонировании фундаментной плиты толщиной 500 мм привело к снижению прочности бетона до 40 % и более, причем значительно более существенному в верхней части плиты [12]. По данным [13] при снижении предела прочности бетона относительно НУ на 10 % снижение морозостойкости бетона относительно НУ может составлять более 60 %. По рекомендациям [4], ориентировочное предельное время перекрытия слоев при температуре смеси от 5 до 30 °С не должно превышать 5,5 – 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.

Следует иметь в виду, что влагопотери по толщине твердеющей конструкции распределяются весьма неравномерно. Так, по экспериментальным данным [14] распределение влагопотерь при толщине слоя 400 мм в суточном возрасте после тепловлажностной обработки (ТВО) может быть описано предложенной авторами настоящей статьи функцией:

$$W_{\text{отн}} = -0,83 + 1,81 \cdot h - 0,157 \cdot h^2 + 0,0043 \cdot h^3 \quad (2)$$

Анализ функции (ф. 2) показывает, что более 90 % влагопотерь при этом приходится на слой толщиной 20 мм, на слой толщиной 30 мм – 70-75 %, а на слой толщиной 50 мм – не менее 60 %. Согласно СП 63.13330.2018,

для конструкций, эксплуатируемых на открытом воздухе, толщина защитного слоя принимается не менее 30 мм. Согласно СП 28.13330.2017 (ГОСТ 31384-2017) толщина защитного слоя для конструкций без предварительного напряжения арматуры принимается в зависимости от степени агрессивности среды 20-25 мм (сборные) и 25-30 мм (монолитные). При водосодержании бетонной смеси 170 л/м^3 в слое толщиной 400 мм, водосодержание бетонной смеси составит 68 л/м^2 . При допустимом уровне влагопотерь 10 % это $6,8 \text{ л/м}^2$. Для слоя толщиной 30 мм водосодержание составит $170 \cdot 0,03 = 5,1 \text{ л/м}^2$, а 10 % от этой величины $0,51 \text{ л/м}^2$. Тогда $0,51/0,75 = 0,67 \text{ л/м}^2$, что соответствует примерно времени 3...3,5 час при интенсивности испарения $200 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$. Т.е. соблюдение рекомендаций [4] по времени перекрытия слоев в принципе обеспечивает отсутствие критических влагопотерь в условиях сухой жаркой погоды при интенсивности испарения до $200 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$. Поскольку параметры массопереноса и массообмена при твердении в условиях ТВО и без ТВО различны, выполнено исследование послойного распределения влагопотерь (рис. 1) в слое смеси СУБ толщиной 200 мм при выдерживании без ухода в жаркую сухую погоду при интенсивности испарения до $1000 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$ (июль, $30 \text{ }^\circ\text{C}$, ветер до 5 м/с). В слое толщиной 50 мм величина влагопотерь 10 % зафиксирована для СУБ уже через 0,75 ч выдерживания. Очевидно, что при выдерживании без исключения испарения воды с поверхности свежееуложенного бетона основная доля влагопотерь в период до 4 ч приходится на слой толщиной до 50 мм. Учитывая скорость развития процесса, целесообразно исследовать степень возможного восстановления структуры бетона после перекрытия слоев через более длительное время.

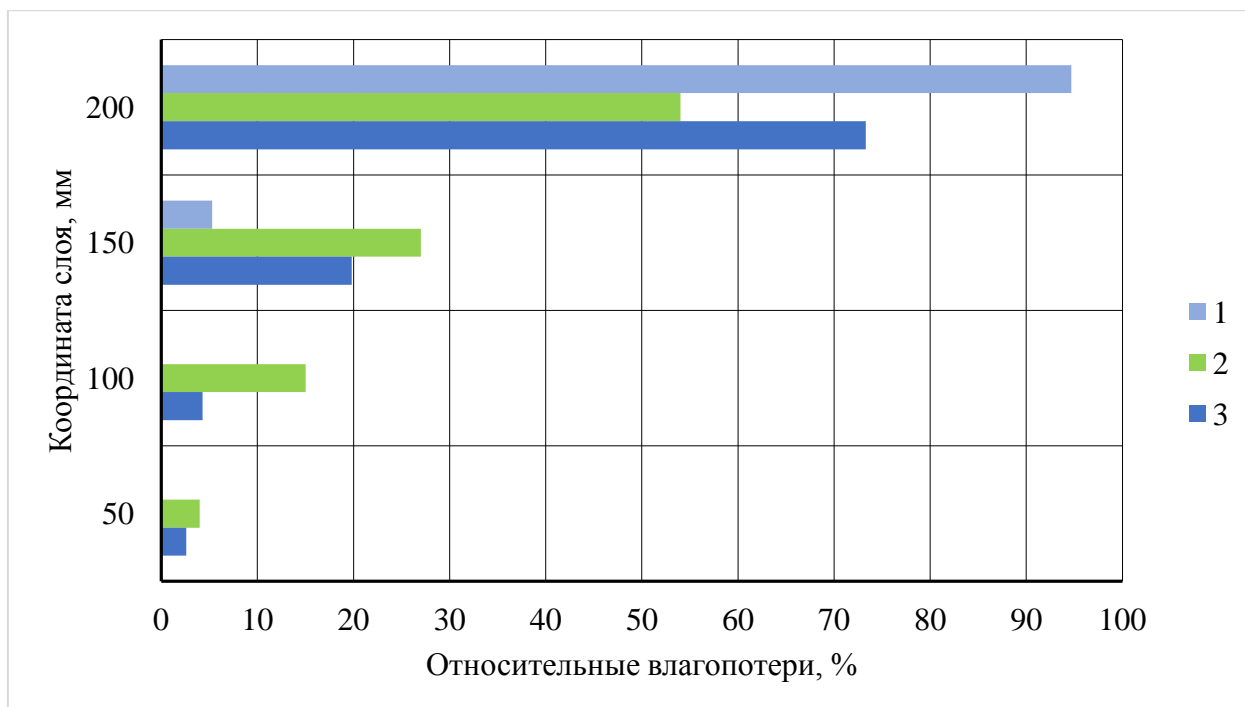


Рис. 1. - Распределение влагопотерь в слое 200 мм (200 – верх слоя)
1 (3) – данные авторов через 4 (24) часа выдерживания СУБ без ухода в сухую жаркую погоду; 2 – по [14] через 24 часа, ТВО (координата 200 мм соответствует верху плиты)

Помимо указанных факторов, на рациональное время перекрытия слоев при укладке бетонной смеси могут оказывать влияние такие технологические особенности бетонной смеси, как продолжительность и величина осадки после укладки и уплотнения. Осадка смеси может приводить к нарушению сплошности структуры свежееуложенного бетона под горизонтальной арматурой, особенно большого диаметра, т.е. к появлению горизонтальных трещин, особенно при укладке смеси слоем, превышающем рекомендуемые значения 30...40 см. На рис. 2 представлены результаты измерений деформаций осадки СУБ с маркой по удобоукладываемости SF1, исследования проводились на слое толщиной 300 мм при температуре 24 – 26 °С. В исследованиях величина осадки составила от 0,9 до 1,6 мм/м, а продолжительность стабилизации осадки бетонной смеси составила от 3 до 4

ч, т.е. для рассматриваемых условий рациональное время перекрытия слоев целесообразно принимать в этом диапазоне.

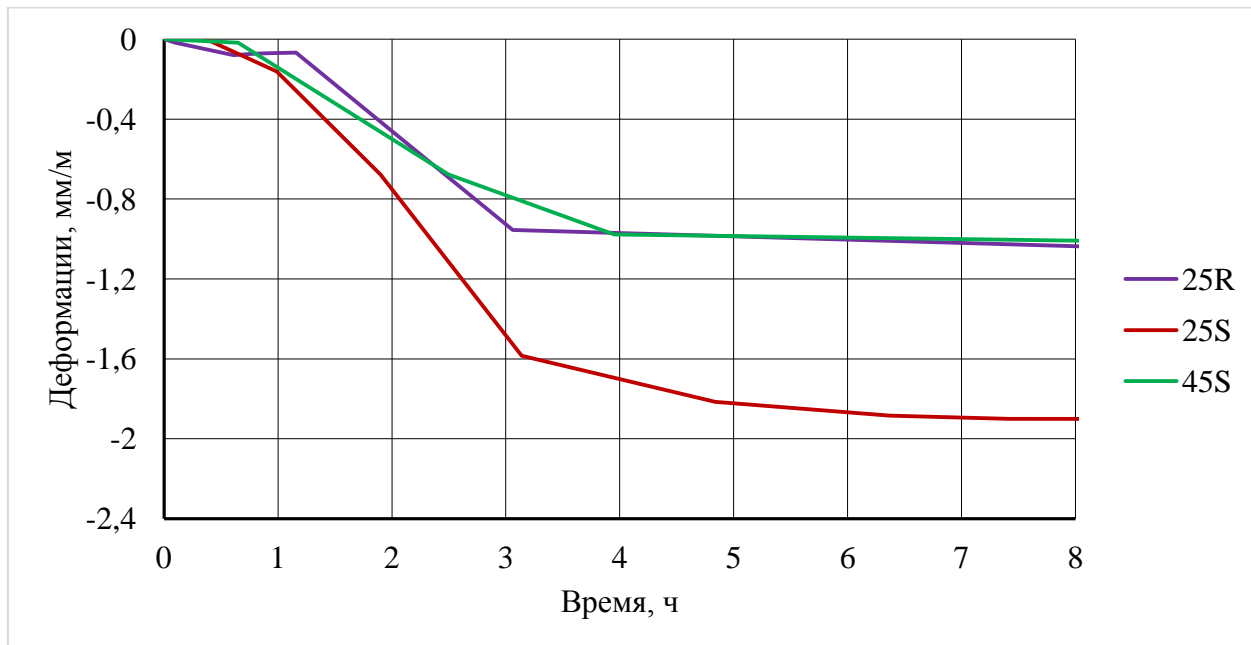


Рис. 2. - Деформации бетонной смеси после укладки и уплотнения
25, 45 – класс бетона; R, S – быстро и медленно твердеющий бетон
соответственно

Поскольку на формирование температурных полей и свойства бетона монолитных железобетонных конструкций указанные выше рецептурно-технологические факторы оказывают существенное влияние [15], выполнено моделирование температурных полей и напряжений с использованием модели [16], достоверность которой подтверждена, в т.ч., экспериментальными данными других исследователей. Получены зависимости уровня растягивающих напряжений в ранний период формирования структуры быстро, нормально и медленно твердеющего СУБ от таких факторов, как время перекрытия слоев от 2 до 24 ч, температура окружающей среды от 5 °С до 35 °С, коэффициент теплоотдачи от 1 до 23

Вт/м²·°С, класс бетона от В25 до В45 для температурно-усадочного блока фундаментной плиты 20х20х2 м.

На рис. 3 представлена зависимость уровня растягивающих напряжений для быстро (R) и медленно твердеющих (S) СУБ классов В25 и В45 от времени перекрытия слоев при температуре окружающей среды 5 °С и коэффициенте теплоотдачи 23 Вт/м²·°С (неутепленная опалубка и поверхность конструкции).

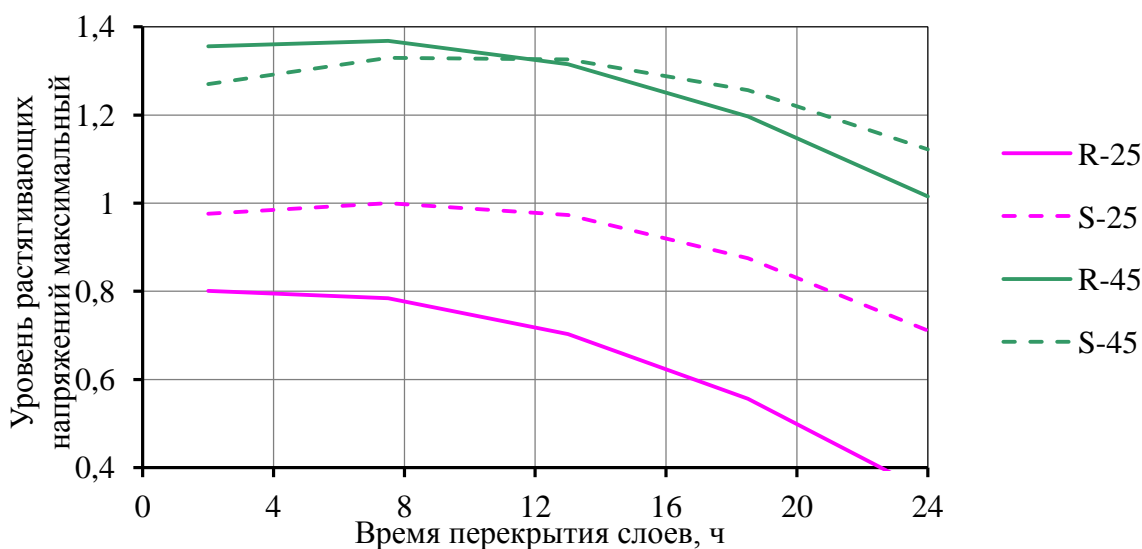


Рис. 3. - Зависимость уровня растягивающих напряжений от времени перекрытия слоев для быстро (R) и медленно твердеющих бетонов классов В25 и В45 при температуре среды 5 °С и коэффициенте теплоотдачи 23 Вт/м²·°С

На рис. 4 представлена зависимость уровня растягивающих напряжений для быстро (R) и медленно твердеющих (S) СУБ классов В25 и В45 от времени перекрытия слоев при температуре окружающей среды 5 °С и коэффициенте теплоотдачи 1 Вт/м²·°С (утепленная опалубка и поверхность конструкции).

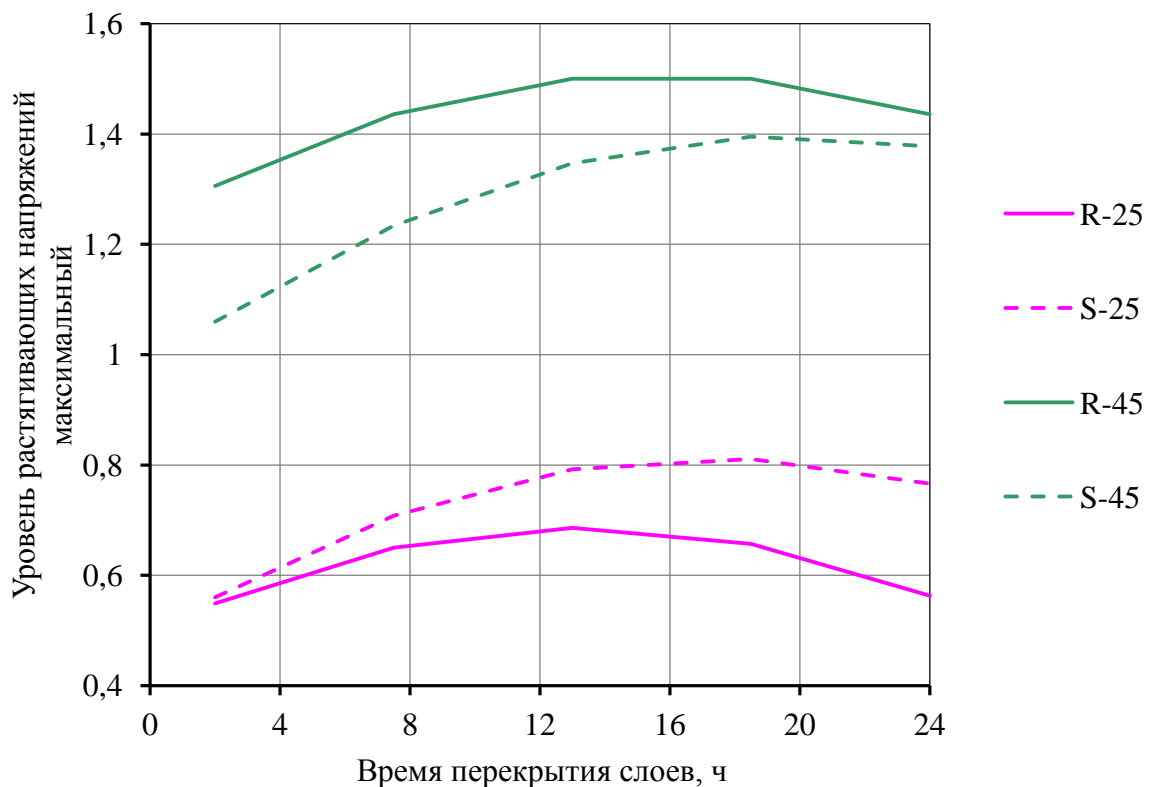


Рис. 4. - Зависимость уровня растягивающих напряжений от времени перекрытия слоев для быстро (R) и медленно (S) твердеющих бетонов классов В25 и В45 при температуре среды 5 °С и коэффициенте теплоотдачи 1 Вт/м²·°С

На рис. 5 представлена зависимость уровня растягивающих напряжений для быстро (R) и медленно твердеющих (S) СУБ классов В25 и В45 от времени перекрытия слоев при температуре окружающей среды 35 °С и коэффициенте теплоотдачи 23 Вт/м²·°С (неутепленная опалубка и поверхность конструкции).

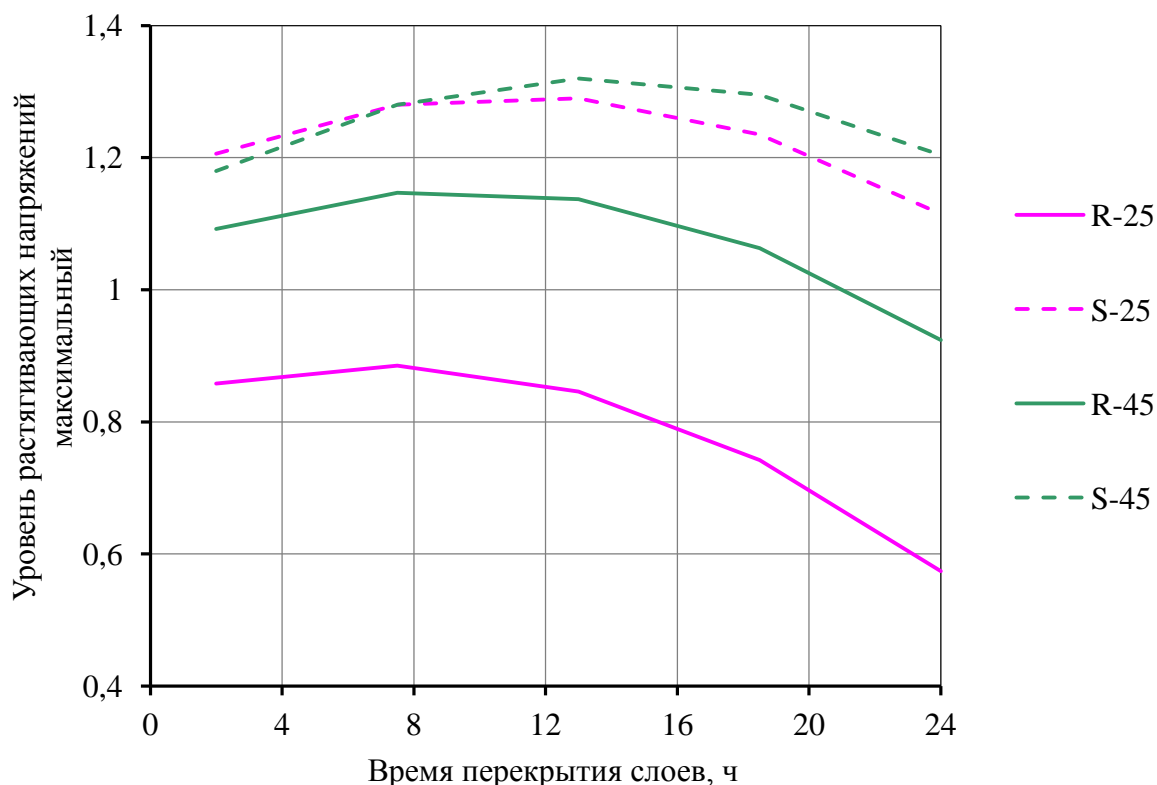


Рис. 5. - Зависимость уровня растягивающих напряжений от времени перекрытия слоев для быстро (R) и медленно (S) твердеющих бетонов классов В25 и В45 при температуре среды 35 °С и коэффициенте теплоотдачи 23 Вт/м²·°С

На рис. 6 представлена зависимость уровня растягивающих напряжений для быстро (R) и медленно твердеющих (S) СУБ классов В25 и В45 от времени перекрытия слоев при температуре окружающей среды 35 °С и коэффициенте теплоотдачи 1 Вт/м²·°С (утепленная опалубка и поверхность конструкции).

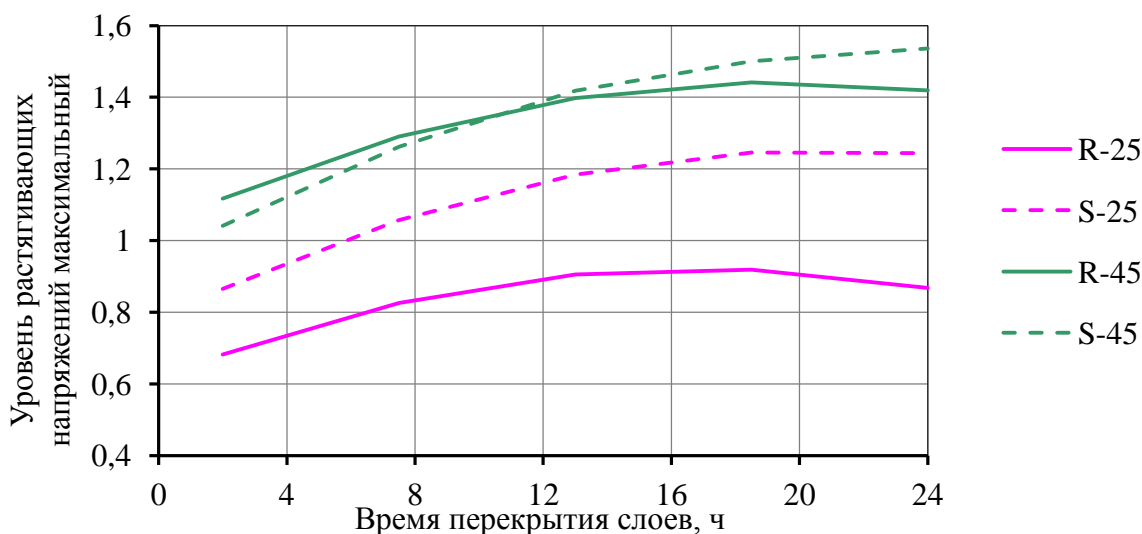


Рис. 6. - Зависимость уровня растягивающих напряжений от времени перекрытия слоев для быстро (R) и медленно (S) твердеющих бетонов классов В25 и В45 при температуре среды 35 °С и коэффициенте теплоотдачи 1 Вт/м²·°С

Анализ результатов моделирования, представленных на рис. 3-6, показывает:

- применение СУБ класса В45 практически во всех анализируемых случаях не позволяет обеспечить уровень растягивающих напряжений менее 1, что можно рассматривать как нецелесообразность его применения в рассматриваемых случаях;

- при температуре окружающей среды 5 °С в случае применения СУБ класса В25 уменьшение коэффициента теплоотдачи (утепление опалубки и поверхности конструкции) уменьшает уровень растягивающих напряжений при времени перекрытия слоев до 12...16 ч, при этом применение быстротвердеющего бетона обеспечивает снижение уровня растягивающих напряжений в сравнении с медленнотвердеющим;

- при температуре окружающей среды 35 °С в случае применения СУБ класса В25 при отсутствии утепления значение уровня растягивающих

напряжений менее 1 возможно только в случае применения быстротвердеющего бетона, а уменьшение коэффициента теплоотдачи (утепление опалубки и поверхности конструкции) позволяет получить уровень растягивающих напряжений менее 1 и для медленнотвердеющего бетона при времени перекрытия слоев до 4 ч.

На рис. 7 представлены результаты моделирования уровня растягивающих напряжений в температурно-усадочном блоке 20x20x2 м при времени перекрытия слоев 4 ч и неутепленной опалубке в зависимости от температуры среды, класса и кинетики твердения бетона.

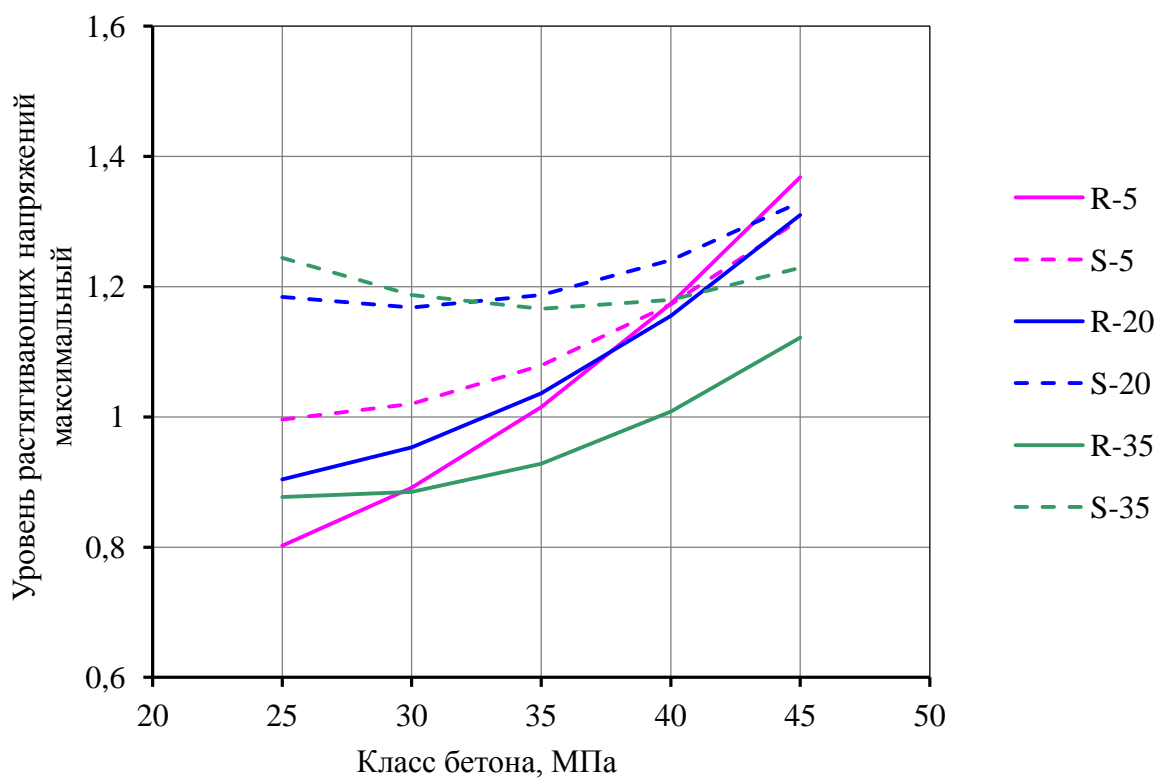


Рис. 7. - Зависимость уровня растягивающих напряжений от класса бетона при времени перекрытия слоев 4 ч для быстро (R) и медленно (S) твердеющих бетонов классов при температуре среды 5, 20 и 35 °С и неутепленной опалубке

Из представленных на рис. 6 результатов моделирования очевидно:

- применение медленнотвердеющих СУБ любых классов в рассматриваемых условиях для возведения рассматриваемого температурно-усадочного блока нецелесообразно;

- быстротвердеющие бетоны могут быть использованы, в зависимости от температуры среды, классов до В30...35.

На рис. 8 представлены результаты моделирования уровня растягивающих напряжений в температурно-усадочном блоке 20x20x2 м при времени перекрытия слоев 4 ч и утепленной опалубке и поверхности конструкции (коэффициент теплоотдачи 1 Вт/м²·°С обеспечивает, например, 40 мм ПСБ 40) в зависимости от температуры среды, класса и кинетики твердения бетона.

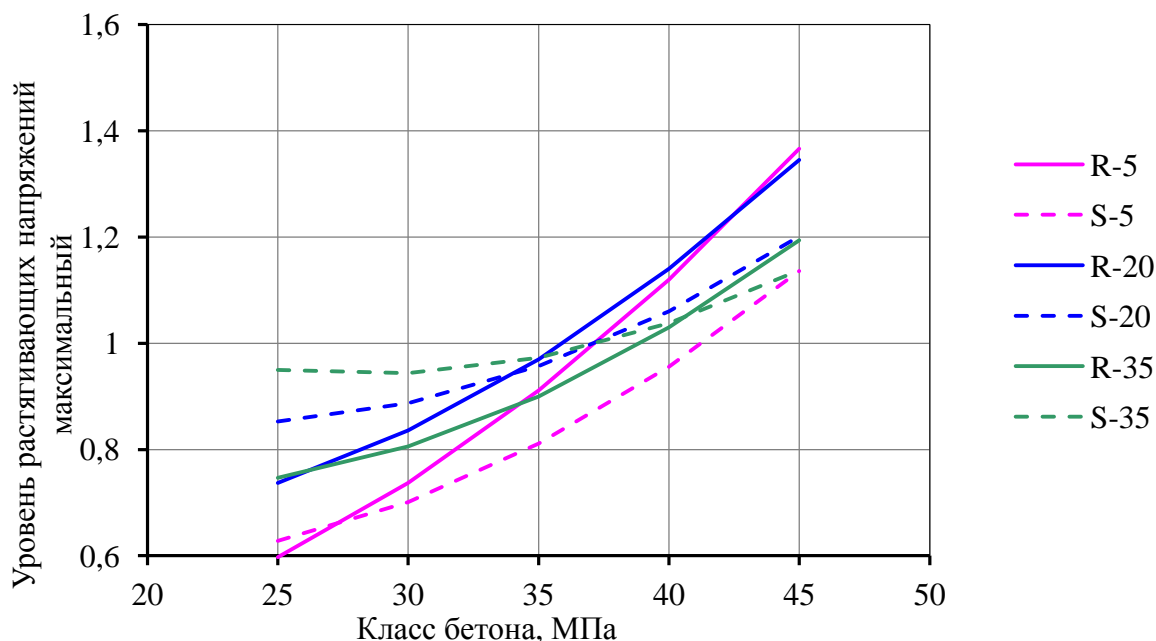


Рис. 8. - Зависимость уровня растягивающих напряжений от класса бетона при времени перекрытия слоев 4 ч для быстро (R) и медленно (S) твердеющих бетонов классов при температуре среды 5, 20 и 35 °С и утепленной опалубке и поверхности конструкции

Из представленных на рис. 8 результатов моделирования следует, что в случае утепленной опалубки и поверхности конструкции при всех рассматриваемых температурных режимах возможно применение как быстро, так и медленно твердеющих СУБ, целесообразно использовать бетоны классов до В30 включительно.

Заключение

Для обеспечения монолитности массивных железобетонных фундаментов обоснована целесообразность при определении толщины укладываемого слоя учитывать не только длину рабочей части вибратора, как предписывают нормы, но и показатели интенсивности бетонирования, определяемые параметрами конструкции, температурно-влажностными условиями и возможностями производителя работ, а при расчете времени перекрытия слоев учитывать температурно-влажностные условия и рецептурные особенности бетонной смеси. Результаты моделирования уровня растягивающих напряжений от таких рецептурно-технологических факторов, как класс и кинетика твердения бетона, температурные условия, условия теплообмена с окружающей средой на примере температурно-усадочного блока 20x20x2 м показали нецелесообразность применения при возведении массивных фундаментных плит бетонов классов более В30...В35. Предложена зависимость определения интенсивности бетонирования в зависимости от рассмотренных факторов и дано обоснование значениям входящих в нее параметров.

Литература

1. 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

2. 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

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

4. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И. Технология и качество бетонных работ: учебное пособие. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 228 с.

5. 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

6. Доладов Ю. И., Доладова И.П. Ресурсосберегающая технология бетонирования массивных фундаментных плит // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура, 2011, №2. – С. 132-134

7. Рекомендации по доставке бетонных смесей автотранспортными средствами / ЦНИИОМТП. — М.: Стройиздат, 1988 — 95 с.

8. Король Е. А., Пугач Е.М., Николаев А.Е. Экспериментальные исследования сцепления бетонов различной прочности в многослойных железобетонных элементах // Технологии бетонов, 2006, № 4 (9). – С. 54-55

9. Шифрин С.А. Теплофизические основы формирования потребительских свойств конструктивных элементов транспортных сооружений из монолитного и сборно-монолитного железобетона: автореф. дис. на соиск. учен. степ. док. техн. наук. – М.: 2007. – 45 с.

10. Миронов С.А., Малинский Е.Н. Основы технологии бетона в условиях сухого жаркого климата. - М.: Стройиздат, 1985. - 316 с.

11. Алиев С.А., Муртазаев С.-А.Ю., Таймасханов Х.Э., Муртазаева Р.С.-А. Влияние влагопотерь на прочностные характеристики гелиобетона // Вестник ГГНТУ. Технические науки, 2021, том XVII, № 1 (23) DOI: 10.34708/GSTOU.2021.78.77.005

12. Жариков И.С., Лакетич А., Лакетич Н. Влияние качества бетонных работ на прочность бетона монолитных конструкций // Строительные материалы и изделия, 2018, Т. 1, №1. – С. 51-58

13. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И., Коллеганов А.В. Об оценке качества бетона монолитных конструкций по показателю морозостойкости // Научные труды КубГТУ, 2021, № 4 URL: ntk.kubstu.ru/data/mc/0083/3985.pdf

14. Крылов Б.А., Айрапетов Г.А., Шахабов Х.С. Влияние влагопотерь на свойства и структуру тяжелого бетона // Бетон и железобетон, 1981, №11. - С. 16-17

15. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И., Чепурненко А.С., Сухин Д.П. О влиянии некоторых технологических факторов на качество бетона монолитных железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона, 2021, № 11 (83) URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7256

16. Чепурненко А.С., Несветаев Г.В., Корянова Ю.И. Моделирование нестационарных температурных полей при возведении массивных монолитных железобетонных фундаментных плит // Architecture and Engineering, 2022, Том 7, № 2 URL: aej.spbgasu.ru/index.php/AE/article/view/601/230

References

1. Kaprielov 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
2. Murtazaev S.A.Yu., Sajdumov M.S., Alasxanov A.X., Murtazaeva T.S.A. Vy`sokoprochny`e betony` povы`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`ny`e osnovy` stroitel`nogo materialovedeniya. Sbornik dokladov Mezhdunarodnogo oglajn-kongressa, 2017. pp. 875-883
3. Shpilevskaya N.L., Shvedov A.P. Osobennosti vozvedeniya massivny`x fundamentov s uchetom razlichny`x faktorov, vliyayushhix na besprery`vnoe proizvodstvo rabot [Features of the construction of massive foundations, taking into account various factors affecting the continuous production of work], Aktual`ny`e problemy` arxitektury` Belorusskogo Podvin`ya i sopredel`ny`x regionov: Sbornik nauchny`x rabot Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii k 50-letiyu Poloczkogo gosudarstvennogo universiteta. Novopoloczk: Uchrezhdenie obrazovaniya «Poloczkij gosudarstvenny`j universitet», 2018. pp. 238-244
4. Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I. Texnologiya i kachestvo betonny`x rabot [Technology and quality of concrete works]: uchebnoe posobie. Moskva; Vologda: Infra-Inzheneriya, 2022. 228 p.
5. Shpilevskaya N.L., Shvedov A.P. Vestnik Poloczkogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel`stvo. Prikladny`e nauki, 2018, №8. pp. 49-55
6. Doladov Yu. I., Doladova I.P. Vestnik SGASU. Gradostroitel`stvo i arxitektura, 2011, №2. pp. 132-134

7. Rekomendacii po dostavke betonny`x smesej avtotransportny`mi sredstvami [Recommendations for the delivery of concrete mixtures by vehicles]/CzNIIOMTP. M.: Strojizdat, 1988. 95 p.

8. Korol` E. A., Pugach E.M., Nikolaev A.E. Texnologii betonov, 2006, № 4 (9). pp. 54-55

9. Shifrin S.A. Teplofizicheskie osnovy` formirovaniya potrebitel`skix svoystv konstruktivny`x e`lementov transportny`x sooruzhenij iz monolitnogo i sborno-monolitnogo zhelezobetona [Thermophysical bases for the formation of consumer properties of structural elements of transport structures from monolithic and precast-monolithic reinforced concrete]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. dok. texn. nauk. M.: 2007. 45 p.

10. Mironov S.A., Malinskij E.N. Osnovy` texnologii betona v usloviyax suxogo zharkogo klimata [Fundamentals of concrete technology in a dry hot climate]. M.: Strojizdat, 1985. 316 p.

11. Aliev S.A., Murtazaev S.-A.Yu., Tajmasxanov X.E`., Murtazaeva R.S.-A. Vestnik GGNTU. Texnicheskie nauki, 2021, tom XVII, № 1 (23) DOI: 10.34708/GSTOU. 2021.78.77.005

12. Zharikov I.S., Laketich A., Laketich N. Stroitel`ny`e materialy` i izdeliya, 2018, T. 1, №1. pp. 51-58.

13. Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I., Kolleganov A.V. Nauchny`e trudy` KubGTU, 2021, № 4. URL: ntk.kubstu.ru/data/mc/0083/3985.pdf

14. Kry`lov B.A., Ajrapetov G.A., Shaxabov X.S. Beton i zhelezobeton, 1981, №11. pp. 16-17

15. Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I., Chepurnenko A.S., Suxin D.P. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7256



16. Chepurnenko A.S., Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I. Architecture and Engineering, 2022, Tom 7, № 2. URL: aej.spbgasu.ru/index.php/AE/article/view/601/230