

DOI: 10.12737/23802

Антохин П.И., магистр

Национально исследовательский Московский государственный строительный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ И РАЗМЕРОВ НАКЛАДКИ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ БЕТОНА

pavel-antokhin@rambler.ru

В условиях больших объемов и высоких темпов изготовления монолитных конструкций особую остроту приобретают вопросы разработки и применения надёжных методов построения контроля температуры выдерживания и динамики нарастания прочности бетона и связанных с этим технологических приёмов выдерживания конструкций, подвергающихся ранней распалубке. Основная цель исследований – изучение особенностей совместной работы накладки и датчика температуры с палубой, подбор оптимального типа накладки и расчётной зависимости, оценка производственной точности метода. В основу экспериментальных исследований, как и при исследовании ИК измерений, заложен принцип идентичности проведения эксперимента производственным условиям. Выполнена проверка метода косвенных измерений с применением теплоизолирующих накладок в производственных условиях. Экспериментально установлены основные факторы, влияющие на точность расчёта температуры бетона, подтверждены случаи возможности корректного аналитического расчёта. Предложена оптимальная конструкция накладки малых размеров, получена экспериментальная корреляционная зависимость пересчёта температуры поверхности палубы в температуру бетона для наиболее распространённых палуб из фанеры и рекомендуемых накладок

Ключевые слова: контроль температуры бетона, технологические приемы выдерживания конструкций, теплоизолирующие накладки, конструкция накладки малых размеров, температурно-прочностной контроль, поверхность палубы.

Указанный МОТБ (метод определения температуры бетона), реализующий способ измерений температуры поверхности опалубки под теплоизолирующей накладкой посредством контактных датчиков представляет больший интерес, чем МОТБ с применением ИК (инфракрасной термометрии), поскольку позволяет устранить либо существенно уменьшить влияние дестабилизирующих факторов при определении температуры поверхности опалубки за счёт использования теплоизолирующей накладки.

Косвенный МОТБ с применением теплоизолирующих накладок известен уже более 10-ти лет [2, 4, 5, 6, 7], хотя широкого распространения не имеет. В виду отсутствия описания проведения подобных измерений в научно-технической литературе, вопросы об областях применимости такого метода, точности построения определения температуры бетона и характере распределения температуры под накладками являются актуальными с позиций более детальных исследований.

Анализ основ косвенного определения температуры бетона через опалубку с использованием теплоизолирующих накладок

Техника выполнения измерений температуры бетона через опалубку с применением теплоизолирующей накладки предполагает:

– размещение датчика температуры на палубе опалубки под теплоизолирующей накладкой на всё время проведения наблюдений;

– периодическое считывание показаний при помощи переносного прибора-регистратора;

– удаление накладки с датчиком при окончании температурного контроля или перед распалубкой конструкции.

Практически реализованный термометрический комплект для выполнения косвенных измерений в качестве теплоизолирующей накладки полагает использовать «штатные» накладки или накладки из пенополистирола со стороной 100...150 мм и толщиной 50 мм, а также специальные температурные датчики в мягком защитном кожухе.

Теоретические основы способа косвенного определения температуры бетона с применением теплоизолирующих накладок строятся на следующих предпосылках:

– накладка уменьшает ветровую температурную инварианту в зоне контакта с поверхностью опалубки;

– накладка сглаживает температуры в месте размещения (частично компенсируются неоднородности температурных распределений при обогреве бетона линейными нагревателями - греющими проводами, электродами);

– закрывая внешнюю поверхность опалубки утепляющей накладкой, можно достичь такого местного распределения температур в прилегающих к опалубке под ней слоях бетона, при котором произойдет

выравнивание температуры этих слоев с температурой бетона на некоторой глубине от поверхности (смещение изотермы).

Однако при этом много будет зависеть от геометрических параметров накладки:

– при *малых* её размерах не будет обеспечиваться должная адекватность температуры на поверхности бетона;

– при *больших* размерах накладки она будет работать как утеплитель, что приведет к более высокому разогреву бетона в зоне контакта с накладкой;

– при недостаточной *толщине* накладки температура на поверхности опалубки под накладкой может изменяться в зависимости от ветровой нагрузки в недопустимо больших пределах для точности измерений.

Исследования косвенного МОТБ направлены на поиск «универсальной» зависимости, позволяющей с достаточной степенью достоверности определять температуру бетона (t_6) по изме-

1. Накладка 100×100×40мм:

$$t_6 = t_{\text{п}} + 2,694 + 0,594(t_{\text{п}} - t_{\text{нв}}); S_r = \pm 1,7^\circ\text{C}; n = 52 \text{ знач.} \quad (1)$$

2. Накладка 150×150×40мм:

$$t_6 = t_{\text{п}} + 2,151 + 0,348(t_{\text{п}} - t_{\text{нв}}); S_r = \pm 0,87^\circ\text{C}; n = 12 \text{ знач.} \quad (2)$$

3. Накладка 200×200×45мм:

$$t_6 = t_{\text{п}} + 1,184 + 0,212(t_{\text{п}} - t_{\text{нв}}); S_r = \pm 1,8^\circ\text{C}; n = 97 \text{ знач.} \quad (3)$$

4. Накладка 250×250×50мм:

$$t_6 = t_{\text{п}} + 0,73 + 0,153(t_{\text{п}} - t_{\text{нв}}); S_r = \pm 0,09^\circ\text{C}; n = 8 \text{ знач.} \quad (4)$$

Здесь указывается также, что при *малых* размерах накладок более точный результат дает *линейный* анализ (построение линейных корреляций), а при размерах накладки от 25×25см – анализ Фурье (решение стационарной (линейной) задачи теплопроводности).

Полученный результат позволяет сделать вывод, что обозначенные факторы влияний качественно верны, однако должного количественного обоснования применительно к построечным условиям выполнения работ не имеют. Например, при назначении «оптимальной» толщины накладки в качестве критерия оптимальности принята возможная ветровая температурная инварианта на поверхности палубы под накладкой, не превышающая 2 °С, тем не менее, характер изменения этой величины детально не исследовался. Эксперименты, проводимые на стенде, дают оценку лишь для конкретного случая применения рассматриваемых накладок и палубы, что не отвечает вопросам практического применения их в производственных условиях. К тому же, как указывалось вы-

ренной температуре под накладкой (t_n) при известной температуре наружного воздуха ($t_{\text{нв}}$). В ходе этих исследований выполнены:

– вычислительный эксперимент, на основе которого подбиралась оптимальная толщина накладки (при которой влияние скорости ветра на температуру поверхности опалубки под накладкой минимально);

– стендовые испытания, посредством которых уточнялся характер влияния размера накладок в плане на расчётную зависимость определения температуры бетона по температуре палубы под накладкой.

В результате теоретических исследований указывается, что толщина накладки из пенополистирола должна составлять не менее 40мм. При выполнении эксперимента на стенде (палуба толщиной 21мм) были получены следующие расчётные зависимости для определения температуры бетона:

ше, к практическому применению рекомендуются накладки из пенополистирола со стороной 100...150 мм при толщине 40...50 мм, т.е. с вариацией размеров на одну расчётную зависимость, что может обуславливать существенные ошибки.

Таким образом, дальнейшие исследования рассматриваемого способа направлены на его теоретическое и экспериментальное уточнение с целью:

– установить характер возможных колебаний температуры поверхности палубы под накладкой от влияния скорости ветра (рекомендуемое термическое сопротивление накладки, исходя из требуемой точности определения температуры бетона, также назначается из условия, что ветровая температурная инварианта под накладкой не превышает 2 °С);

– исследовать работу накладок из различных материалов на ограждениях различной толщины и материала, в т.ч. при различной плотности контакта накладки и

датчика с палубой, установить величину смещения изотермы (локального увеличения температуры бетона под накладкой);

– установить величину суммарных ошибок (точность) косвенного МОТБ с применением теплоизолирующих накладок в производственных условиях.

Расчётное определение температуры бетона через опалубку

Определение температурной инварианты от влияния ветра.

Как и в случае пирометрических измерений, косвенные измерения с накладками могут выполняться преимущественно только по наружной поверхности палубы опалубки, плотно прилегающей к бетону. Это может быть не утеплённая палуба переставной или несъёмной опалуб-

ки, поверхность утеплённой опалубки, когда возможно размещение датчика температуры на палубе под плотно прилегающим к ней утеплителем.

Расчёт температуры бетона по температуре палубы под накладкой и температуре воздуха признания значений коэффициентов теплопроводности материала палубы и накладки (утеплителя) выполнены, как и для ИК измерений. При этом температура бетона за плоской тонкой стенкой палубы определяется теоретически на основе стационарного уравнения Фурье теплопроводности первого рода при решении задачи равенства тепловых потоков (5) по закону сохранения энергии с определением теплоотдачи с поверхности накладки (температуры поверхности накладки t_n):

$$\frac{1}{R_{\text{огр}}} (t_{\text{б}} - t_{\text{п}}) = \frac{1}{R_{\text{нак}}} (t_{\text{п}} - t'_{\text{п}}) = \alpha (t'_{\text{п}} - t_{\text{нв}}) \quad (5)$$

$$\frac{(t_{\text{п}} - t'_{\text{п}})}{R_{\text{нак}}} = \left[\frac{\sigma \varepsilon [(273 + t'_{\text{п}})^4 - (273 + t_{\text{нв}})^4]}{(t'_{\text{п}} - t_{\text{нв}})} + \alpha_{\text{к}} \right] * (t'_{\text{п}} - t_{\text{нв}}): t'_{\text{п}} \quad (6)$$

$$t_{\text{б}} = \frac{R_{\text{огр}}}{R_{\text{нак}}} (t_{\text{п}} - t'_{\text{п}}) + t_{\text{п}} \quad (7)$$

где $R_{\text{огр}}$ – термическое сопротивление ограждения; $R_{\text{н}}$ – термическое сопротивление накладки; $\alpha = \alpha_{\text{л}} + \alpha_{\text{к}}$ – коэффициент теплоотдачи воздуха; $t_{\text{б}}$ – температура бетона под ограждением; $t_{\text{п}}$ – температура ограждения под накладкой; $t'_{\text{п}}$ – температура наружной поверхности накладки; $t_{\text{нв}}$ – температура окружающего воздуха (среды).

При этом также принимается, что накладка в расчёте представляется в виде бесконечной плоской тонкой стенки, как и палуба. Из уравнения (7) видно, что температуру бетона при знании термического сопротивления ограждения и накладки можно определять по температуре под накладкой и температуре внешней поверхности накладки. Однако температуру внешней поверхности накладки вместо температуры воздуха в расчёте использовать не рекомендуется, поскольку на значение первой оказывает влияние скорость ветра, что будет приводить к дополнительным ошибкам.

Данные об отклонениях температуры на поверхности опалубки под накладками различной толщины от влияния скорости ветра получены, аналогично расчётам для ИК измерений, при решении задачи (5) с применением итерацион-

ного способа поиска t_n при определении теплоотдачи с поверхности накладки.

Количественные и качественные характеристики изменения температуры поверхности под накладками от действия ветра также показаны через температурное отклонение $\Delta t = [t_n(V=0) - t_n(V>0)]$ графически (рис. 1).

Очевидно, что для обеспечения точности измерений в 2 °С необходимо использовать накладки толщиной не менее 40 мм ($R_{\text{н}} > 0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$), как и указывалось в работе [3]. При этом дальнейшее увеличение толщины накладки не приводит к существенному снижению ветровой температурной инварианты (Δt).

На графике рис. 2 для того же ограждения показана зависимость величины Δt от скорости ветра при накладке 40мм и при различных величинах $t_{\text{б}} - t_{\text{нв}}$.

Показательно, что величина отклонений температуры на поверхности палубы стабилизируется по достижении ветром скорости 5м/с, то есть при дальнейшем его увеличении практически не изменяется. Таким образом, ошибка определения температуры палубы под рассматриваемой накладкой от действия скорости ветра может в среднем составлять 1...1,5 °С и не превысит 2 °С.

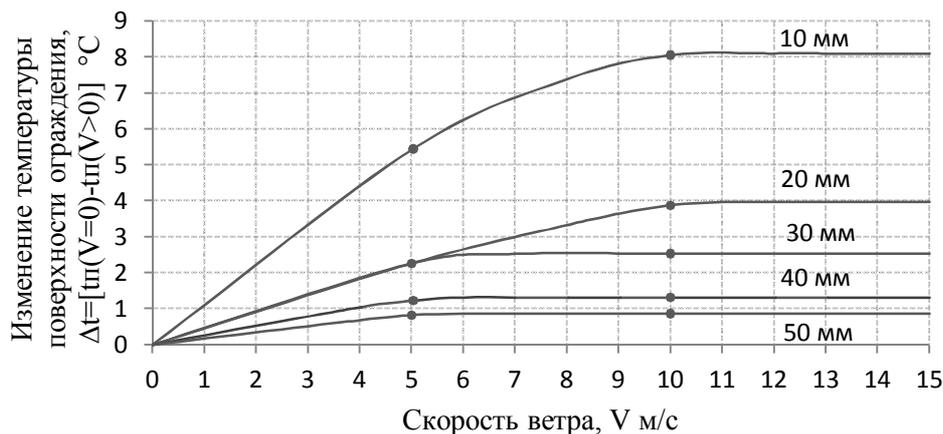


Рис. 1 Изменение температуры поверхности ограждения ($R=0,175\text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$) под накладками толщиной 10, 20, 30, 40, 50 мм ($\lambda=0,049\text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{°C}$) от действия ветра $V=0\dots 15\text{ м}/\text{с}$ ($\alpha_k=3,25+(6V)^{0,8}$, $\text{Вт}/\text{м}^2\cdot\text{°C}$) при $t_{\sigma}-t_{нв}=60\text{ °C}$; $\varepsilon=0,95$

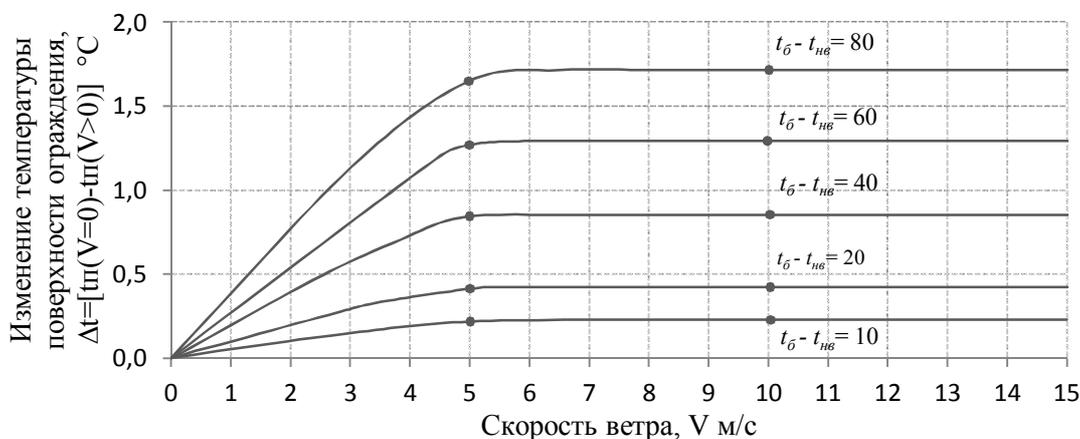


Рис. 2. Изменение температуры поверхности ограждения под накладкой толщиной 40мм от действия ветра при различных значениях температурной разности $t_{\sigma}-t_{нв}$

При решении задачи с бесконечной плоской пластиной применительно к накладке, не учитывалась ограниченность её геометрических размеров. Очевидно, что при технологических ограничениях размеров накладок в пределах до $200\times 200\text{ мм}$ в случае аналитического расчёта будут иметь место существенные неточности в определяемой температуре бетона (её занижение) из-за влияния краевых эффектов. В этом случае для расчёта температуры бетона и оценки точности исследуемого косвенного МОТБ такая простая аналитическая модель определения температуры бетона не годится - расчетные зависимости должны строиться по экспериментальным данным на основе *линейных корреляций*, как и в работе [3].

Влияние геометрии накладок и толщины палубы.

Полученные экспериментальные данные показывают, что изменение толщины накладки из пенополистирола в пределах 30...50мм практически не влияет на величину коэффициентов полученных уравнений, также как и изменение толщины фанерной палубы в пределах 18...21 мм.

Характер изменения расчётной зависимости при изменении размера накладок в плане в большей своей части подтверждает уже имеющиеся данные [3]. По сериям измерений на контрольных щитах для накладок из пенополистирола толщиной 30–50 мм со стороны от указанного -1/+2см на ламинированной фанере толщиной 18–21 мм выведены следующие расчётные уравнения:

а) Накладка $100\times 100\text{ мм}$:

$$t_{\sigma} = t_{п} + 2,564 + 0,525(t_{п} - t_{нв}); S_r = 1,48\text{°C}; n = 34 \tag{8}$$

б) Накладка $150\times 150\text{ мм}$:

$$t_{\sigma} = t_{п} + 2,103 + 0,3(t_{п} - t_{нв}); S_r = 1,28\text{°C}; n = 31 \tag{9}$$

в) Накладка 200×200 мм:

$$t_6 = t_n + 1,604 + 0,231(t_n - t_{нв}); S_r = 1,62 \text{ } ^\circ\text{C}; n = 34 \quad (10)$$

г) Сплошное утепление 300×1000 мм толщиной 50 мм:

$$t_6 = t_n + 1,121 + 0,138(t_n - t_{нв}); S_r = 0,14 \text{ } ^\circ\text{C}; n = 17 \quad (11)$$

Здесь также следует отметить, что при величине стороны накладки 250...300 мм ещё сохраняются достаточно большие расхождения с теоретическими уравнениями по Фурье, которые для накладок толщиной 30, 40, 45 и 50 мм имеют вид (для сравнения):

$$30 \text{ мм: } t_6 = t_n + 0,168(t_n - t_{нв}) \quad (12)$$

$$40 \text{ мм: } t_6 = t_n + 0,132(t_n - t_{нв}) \quad (13)$$

$$45 \text{ мм: } t_6 = t_n + 0,119(t_n - t_{нв}) \quad (14)$$

$$50 \text{ мм: } t_6 = t_n + 0,108(t_n - t_{нв}) \quad (15)$$

Совместная работа системы ограждение-накладка.

Стационарное распределение температур в системе ограждение-накладка устанавливается в течение 0,5...1,5 ч (1...2 ч) на фанере 18 мм (21 мм) в зависимости от величины температурной разности $t_n - t_{нв}$. Для металлической опалубки температура бетона практически равна измеренной на поверхности палубы под накладкой, независимо от размеров последней. При этом, для толстых металлических ограждений (толщина более 4 мм) при малом значении $t_n - t_{нв}$ (до 10 °С) установление теплового равновесия может занимать несколько часов, но в большинстве иных случаев не более получаса.

Величина локального увеличения температуры под накладкой как и величина смещения изотермы, зависит от множества непостоянных факторов, (например, от толщины палубы, толщины и размеров накладки, равномерности распределения температур в бетоне) и не может быть достаточно точно охарактеризована конкретным числом или выражением. Тем не менее, её можно, описать, частным выражением для конкретных условий проведения эксперимента.

Величина смещения изотермы определялась за мерами температур бетона под накладкой (t) и в 20 см на удалении от неё (точки $t_1...t_4$) в глубине бетона. Результаты расчёта показывают, что глубина, на которой накладка со стороной 100 мм позволяет определять температуру бетона, составляет около 1...2 см и возрастает пропорционально увеличению теплового потока через ограждение (рис. 3).

Согласно приведённым данным, зависимость смещения изотермы под накладкой со стороной 100 мм на ограждении из фанеры толщиной 18 мм приблизительно равна:

$$h = 0,897[t_{n(n)} - t_{нв}], \text{ мм.} \quad (16)$$

Влияние конструкции накладки

Применение накладок в построчных условиях из различного материала показало, что наиболее стабильные результаты на палубах из фанеры получаются при использовании жёстких накладок из обычного (типа «ПСБ») и экструдированного (типа «Пеноплекс») пенополистирола. При этом многое зависит от сплошности контакта накладки с палубой и степени прижатия датчика температуры к палубе.

Лёгкие накладки из обычного пенопласта с ровной контактирующей поверхностью за счёт выраженного статического притяжения создают благоприятные условия на контакте с ограждением даже при слабом креплении накладок, однако они недолговечны (5...10 оборотов). На поверхности накладок из экструдированного пенополистирола из-за их меньшей упругости быстро образуются неровности, препятствующие сплошности контакта накладки с палубой, на который также сильно влияют и неровности на самой палубе. Это обстоятельство требует наличия ровных контактирующих поверхностей и обеспечения достаточно плотного крепления накладок. Применение различных «уплотняющих вставок» в целом проблему не решает – при устранении сквозных продухов сплошность контакта не обеспечивается.

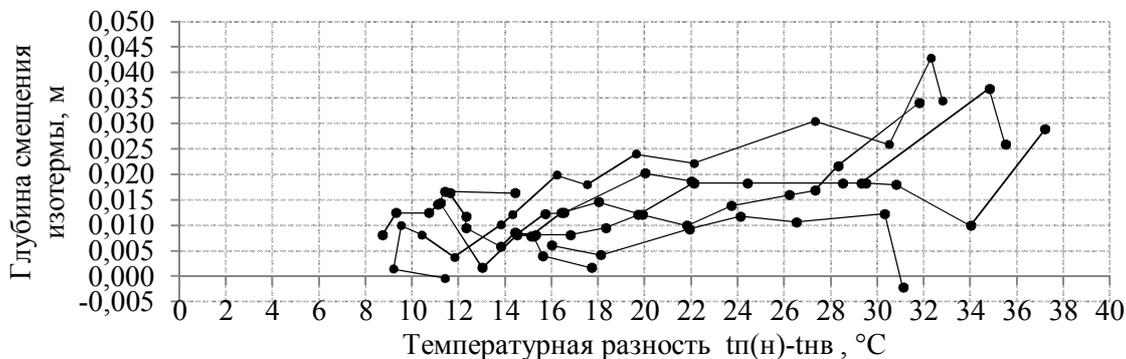
Практика использования на ограждениях из фанеры накладок из гибкого утеплителя (например, из 2-х слоев «Этафома» 150×150×20 мм) свидетельствует, что эти накладки дают нестабильные показания от серии к серии, не вызванные ветровой нагрузкой. Тем не менее, накладки такого типа надёжно работают на металлических палубах и позволяют выполнять измерения на криволинейных поверхностях, когда значение температуры под накладкой приравнивается к температуре поверхности бетона.

Наблюдения, показали, что плотность контакта поверхностей палубы и накладки, палубы и датчика, имеет большое значение. К дальнейшему исследованию (и оценке точности) были приняты двухслойные накладки 100×100×(40+10) мм – с несущей основой из жёсткого пенополистирола толщиной 30-40 мм и мягкой прослойкой «Этафома» толщиной 10 мм на границе контакта с палубой. Такая конструкция показала наиболее устойчивую работу в

производственных условиях (обеспечивает надёжный контакт датчика с палубой без образования зазоров, в том числе при неровностях палубы или жёсткой части накладки).

Также необходимо отметить, что для целей косвенных измерений под накладками должны использоваться малогабаритные температурные

датчики, которые, обеспечивая надёжный контакт с палубой, не препятствуют при этом плотности контакта утепляющей накладке с палубой. Так, например, в экспериментах использовались датчики в гибкой резиновой трубке диаметром 3мм.



б)

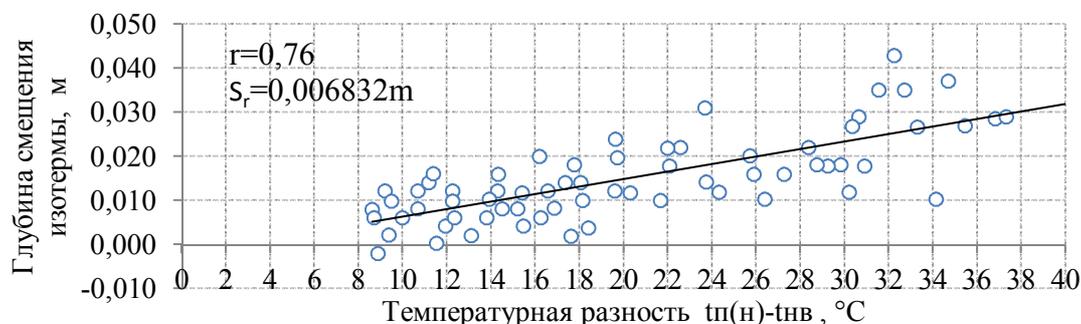


Рис. 3. Величина глубины смещения изотермы в зависимости от температурной разности $t_{n(n)}-t_{нв}$, где $t_{n(n)}$ – температура поверхности опалубки под накладкой, $t_{нв}$ – температура воздуха: а) для каждой из накладок; б) корреляционный анализ для всех накладок (со стороны 100 мм)

Сформулированы аналитические расчётные алгоритмы вычисления температуры бетона. Теоретически установлено количественное и качественное влияние основного дестабилизирующего фактора – скорости ветра на изменение температуры поверхности различных ограждений.

Экспериментально установлены основные факторы, влияющие на точность расчёта температуры бетона, подтверждены случаи возможности корректного аналитического расчёта. Предложена оптимальная конструкция накладки малых размеров, получена экспериментальная корреляционная зависимость пересчёта температуры поверхности палубы в температуру бетона для наиболее распространенных палуб из фанеры и рекомендуемых накладок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афанасьев А.А. Технологическая надёжность монолитного домостроения //

Промышленное и гражданское строительство. 2001. №3. С.24.

2. Афанасьев П.Г. Инженерная подготовка зимнего бетонирования // Строительная газета. 2002. №41 (11 октября). С. 5.

3. Волков В.Ю. Исследование температурных распределений в стеновой конструкции при обогреве нагревательными проводами: дисс. ... магистра; Москва, МГСУ, 2003. С. 422.

4. Журов Н.Н. Информационное обеспечение качества ответственных монолитных железобетонных конструкций при зимнем бетонировании // Справочник Строитель. 2002. №6. С. 57–61.

5. Комиссаров С.В. Система оперативного технологического обеспечения обогрева и выдерживания ответственных монолитных железобетонных конструкций // Строительные конструкции XXI века: сб. материалов по архитектуре и технологии строительного производства: к Международной научно-

практической конференции; Москва, 21-23 ноября 2001г. М., МГСУ, 2000.

6. Комиссаров С.В. Система температурно-прочностного мониторинга за состоянием бетона при устройстве монолитных конструкций // Обеспечение качества несущих конструкций при всепогодном монолитном домостроении: сб. статей по материалам семинара - совещания «Монолитное домостроение: отечественная и зарубежная опалубка, способы ведения работ»; Москва, 20 апреля 2000г. / Правительство Москвы, Московская лицензионная палата, ГУ «Мосстройлицензия». М., 2000.

7. Ремейко О.А. Технологическое сопровождение всепогодного монолитного строительства // Обеспечение качества несущих конструкций при всепогодном монолитном домостроении: сборник статей по материалам семинара совещания «Монолитное домостроение: отечественная и зарубежная опалубка, способы ведения работ»; Москва, 20 апреля 2000г. / Правительство Москвы, Московская лицензионная палата, ГУ «Мосстройлицензия». Москва, 2000.

8. Серых Р.Л. Нарастание прочности бетона во времени // Бетон и железобетон. 1992. №3. С. 19–21.

9. Титасв В.А. Прогнозирование прочности бетона на основе данных температурного

контроля // Технологии бетонов. 2007. №3(14). С.66-67.

10.Трембицкий С.М. Технические и организационные основы зимнего бетонирования монолитных железобетонных конструкций с прогревом бетона // Бетон и железобетон. 2007. №6(549). С. 20–24.

11.Трембицкий С.М. Условия достижения высоких темпов и качества строительства зданий из монолитного железобетона // Бетон и железобетон. -2008. -№5. -С.8-11; Строительный эксперт. -2009. -№1

12.Трембицкий С.М. Технические и организационные основы зимнего бетонирования монолитных железобетонных конструкций с прогревом бетона // Технологии бетонов. 2007. №5(16). С.59.

13.Хаютин Ю.Г. Монолитный бетон. Технология производства работ. -Изд. 2-е. -М.: Стройиздат, 1991. –С.576.

14.Malhotra, V.M. In-place evaluation of concrete // Journal of Construction Division, Proceedings of American Society of Civil Engineers. 1975. Vol.101. P. 23-26.

15.Rastrup. E. Heat of Hydration in Concrete // Magazine of Concrete Research. London, September 1954, Vol.6. №.17.

Antokhin P.I.

STUDY DESTABILIZING FACTOR AND SIZE LINING FOR CONCRETE ACCURACY OF TEMPERATURE

In terms of large volumes and a high rate of production of monolithic structures become especially acute issues of development and use of reliable methods of keeping control of as-built, and the dynamics of the temperature rise of concrete strength and related technological methods aging structures exposed to early stripping. The main purpose of research - the study of the features of teamwork lining and a temperature sensor to the deck, the selection of the optimal type and lining the estimated dependency evaluation accuracy of the method of production. The basis of the experimental studies, as well as at the IR measurement study, based on the principle of identity of the operating conditions of the experiment. Perform this test method, indirect measurements with the use of heat-insulating lining in a production environment. Experimentally established the main factors affecting the accuracy of the calculation of concrete temperature, confirmed cases of possible correct analytical calculation. The optimum design of lining of small size, obtained experimental correlation conversion deck surface temperature in the concrete temperature for the most common decks of plywood and recommended lining

Key words: control concrete temperature, processing methods of structural aging, heat-insulating lining, lining design of small size, temperature and strength control, the deck surface.

Антохин Павел Игоревич, магистрант кафедры технология и организация строительного производства. Московский государственный строительный университет.
Адрес: Россия, 308012, Москва, Ярославское ш.,26
E-mail: pavel-antokhin@rambler.ru