

Моделирование условий прогрева монолитных железобетонных конструкций с использованием греющих матов и нагревательных проводов

Руководитель:

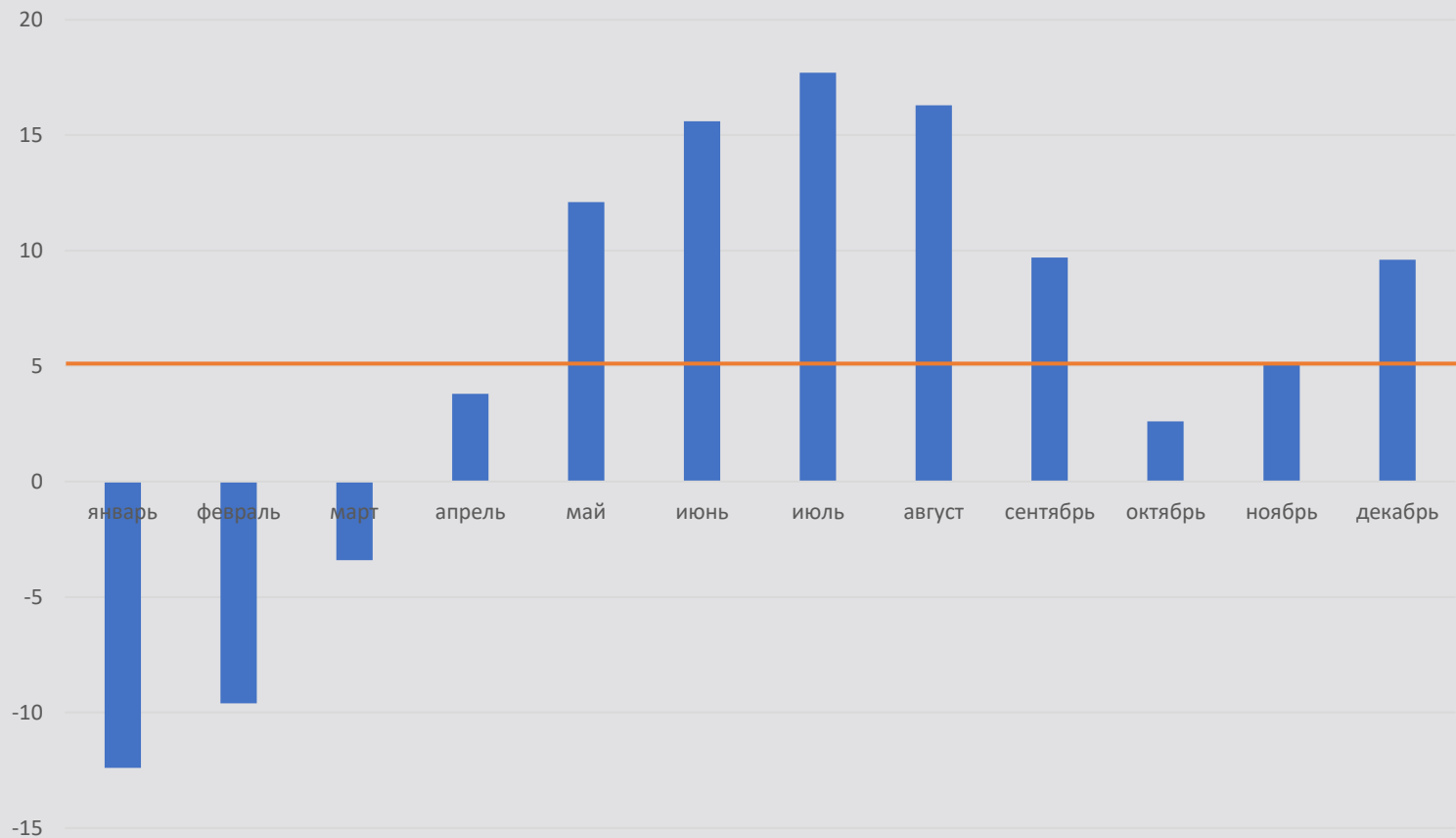
С.В. Леонтьев, к.т.н., доцент кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение»

Докладчик:

А.А Талейко, студент гр. ПСКЗ-21-1м кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение»



Среднемесячная температура воздуха в г. Пермь за 2021 год, °C



Климатические условия Пермского края характеризуются продолжительностью холодного времени года со среднесуточной температурой ниже 0°C равной 162 суткам, а ниже +8°C – 225 суток*

* По данным СП 131.13330.2020





Цель работы – сравнение методов прогрева бетона греющим проводом и греющими матами на основании численной модели, построенной с учётом изменения температурного поля и скорости набора прочности бетона на примере монолитной плиты перекрытия жилого многоэтажного дома

Задачи:

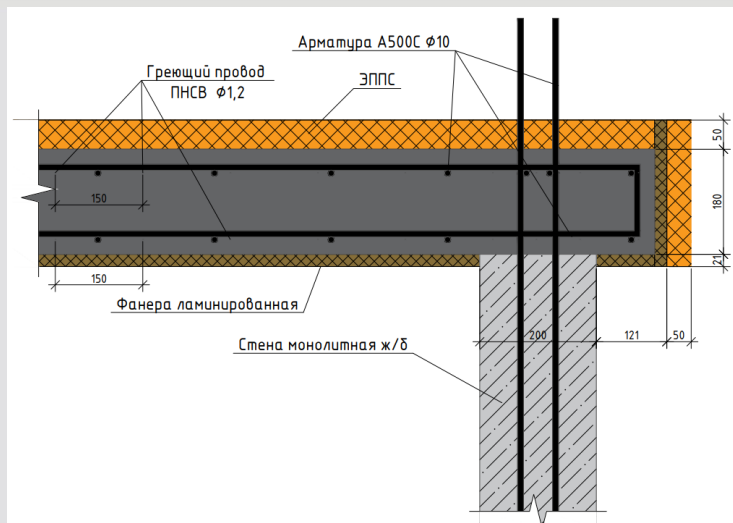
- построить две модели в ELCUT прогрева плиты перекрытия: с помощью греющего провода и с использованием греющих матов;
- провести анализ создаваемых температурных полей на предмет их равномерности по всему объёму бетонируемой конструкции;
- проанализировать динамику набора прочности бетона в зависимости от метода прогрева;



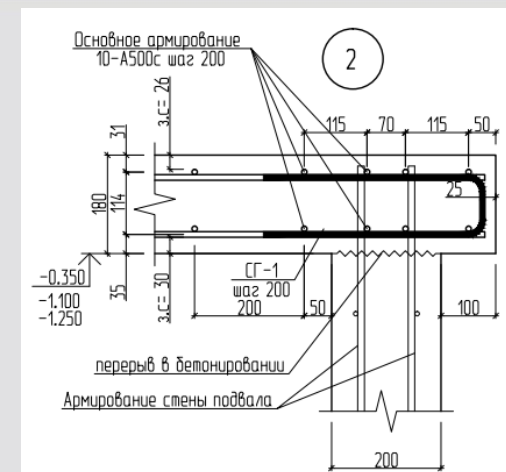


Постановка задачи

Геометрическая модель для
способа прогрева с
использованием греющего
провода



Рабочий чертёж



Геометрическая модель для
способа прогрева с
использованием греющих матов

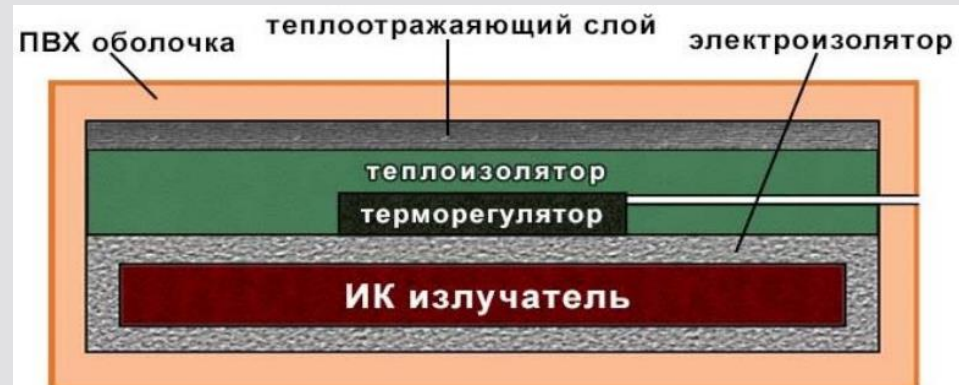
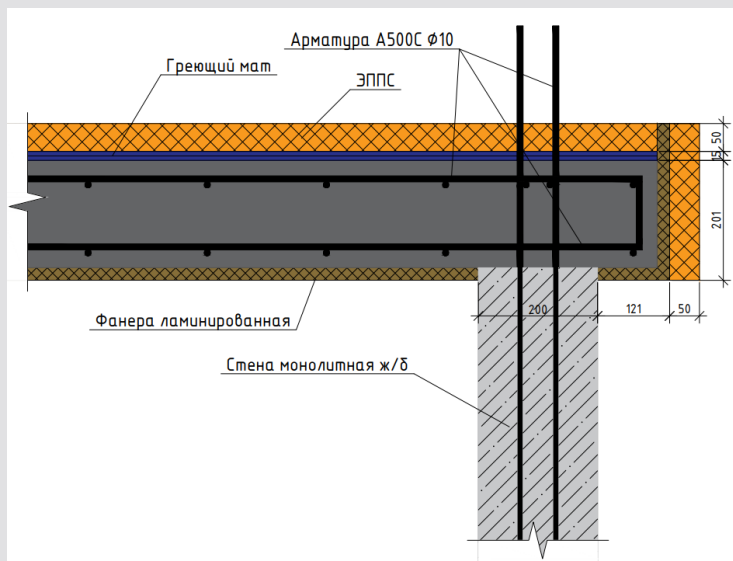


Схема устройства греющего мата



Построение модели выполнялось с учётом следующих исходных условий и характеристик материалов:

- Температура наружного воздуха - минус 10°C;
- Скорость ветра – 5 м/с;
- Температура свежеложенной бетонной смеси – плюс 10°C;
- Расход цемента – 350 кг/м³

Расчётные характеристики материалов

Материал	λ , Вт/(м·°С)	ρ , кг/м ³	c , Дж/(кг·°С)
Бетон тяжёлый класса В25	1,51	2400	840
ЭППС	0,029	29	1340
Фанера ламинированная	0,12	600	2300
Арматура стальная	58	7850	482
ПВХ	0,159	1400	90

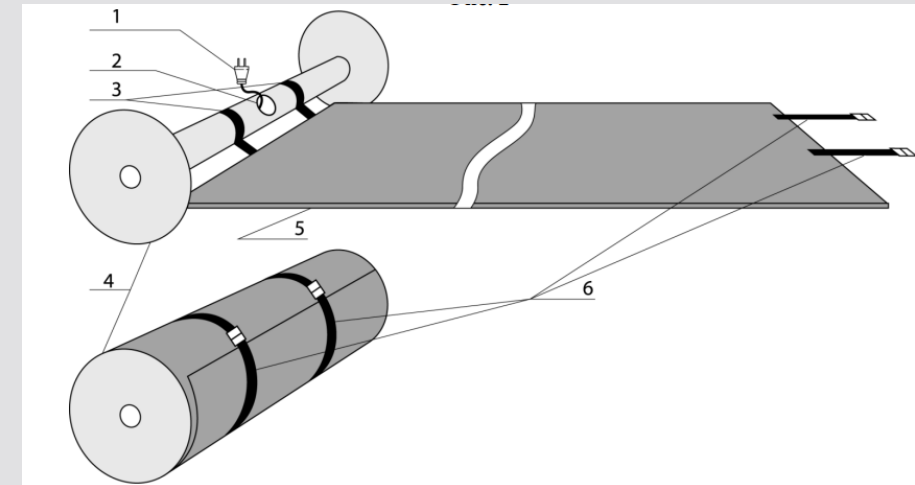
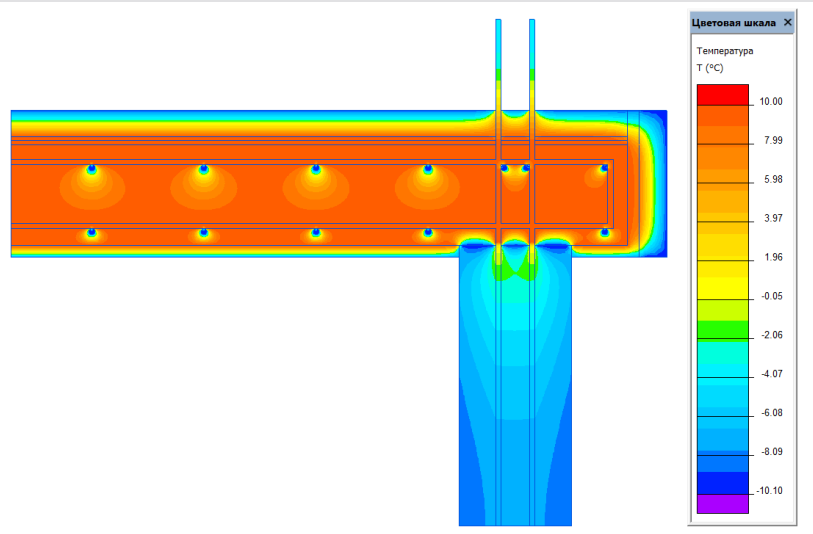


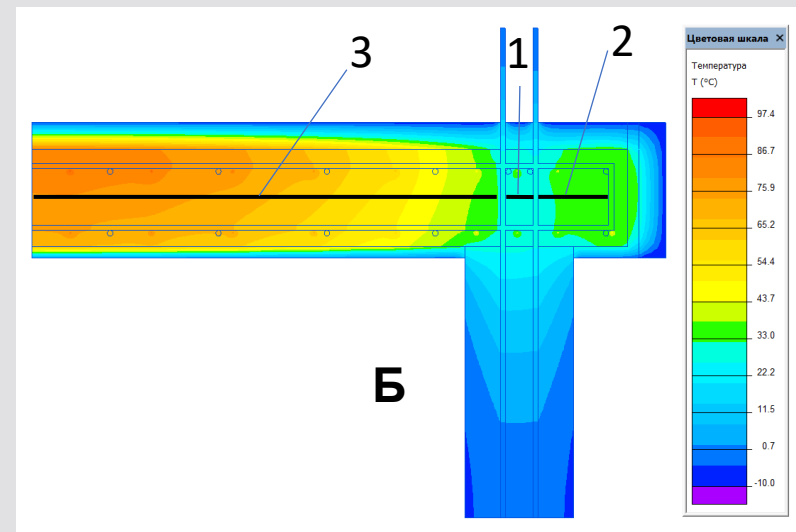
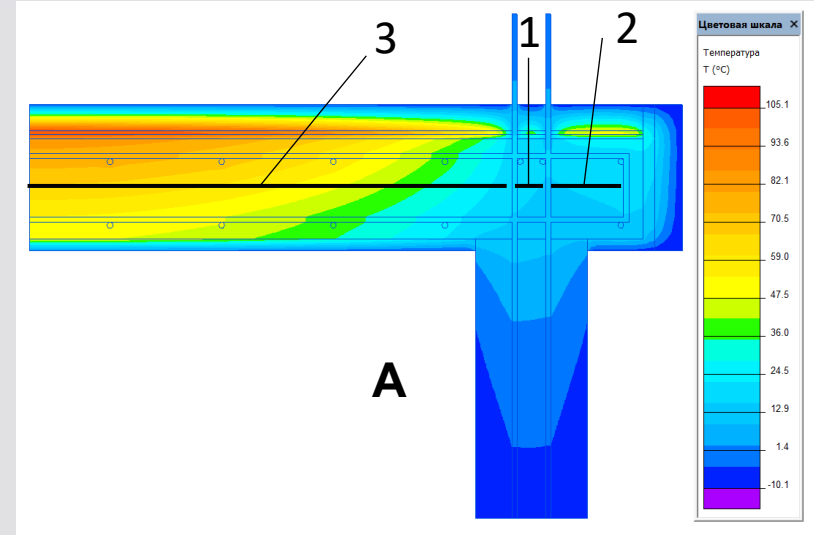
Схема рулонного греющего мата
(1 – токоведущий провод; 2 – отверстие для токоведущего провода; 3 – ремни для крепления нагревателя к катушке; 4 – боковые стенки катушки; 5 – нагреватель; 6 – ремни для фиксации нагревателя в сложенном виде)



Анализ результатов



Температурное поле по
прошествии 48 часов прогрева
(греющими матами – А;
греющим проводом – Б)



Решение стационарной задачи теплопередачи
(для задания начальных условий)

Средняя температура поверхности через контур, °C					
1	2	3	1	2	3
Греющий провод			Греющий мат		
27,5	24,7	48,2	12,8	12,5	38,2

Значения средней температуры через контур
за 48 часов прогрева

Сравнительная характеристика прогрева бетона греющими матами и греющим проводом

Параметр	Прогрев греющими матами	Прогрев греющим проводом
Область применения*	Универсальный (но предпочтительней для горизонтальных конструкций с $M_n > 6$)	Универсальный
Затраты электроэнергии*, кВт/(ч·м ³)	100-130	80-110
Скорость набора прочности бетоном**	60% R_{28} за 48 часов	70% R_{28} за 48 часов
Безопасность труда	Относительно более высокая	Относительно более низкая
Необходимость использования понижающего трансформатора	Нет	Есть
Равномерность создаваемого температурного поля	Относительно более низкая	Относительно более высокая

* Согласно СП 70.13330.2012

** По результатам данной работы с учётом рекомендованных режимов прогрева

Основные выводы:

- При прогреве конструкции греющими матами возникает необходимость дополнительного утепления зоны стыка стены и перекрытия, тогда как при прогреве греющим проводом эта проблема решается более частым расположением провода в этой зоне;
- Использование греющих матов при прогреве конструкций с большой открытой поверхностью целесообразно с точки зрения более простой технологии монтажа и большей безопасности труда по сравнению с прогревом греющими проводами;
- С точки зрения скорости набора прочности бетона способ прогрева греющими матами проигрывает прогреву греющими проводами, решение о применении того или иного метода будет зависеть от бизнес-модели частного застройщика и генподрядчика или позиции государственного застройщика, скорости строительства





Направления будущих исследований:

- Для уточнения модели прогрева планируется использовать надстройку к ELCUT – WinConcrete;
- Необходимо для проверки полученных численных моделей провести экспериментальное моделирование прогрева бетона;





пермский
политех

Спасибо за внимание!

