

# 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»

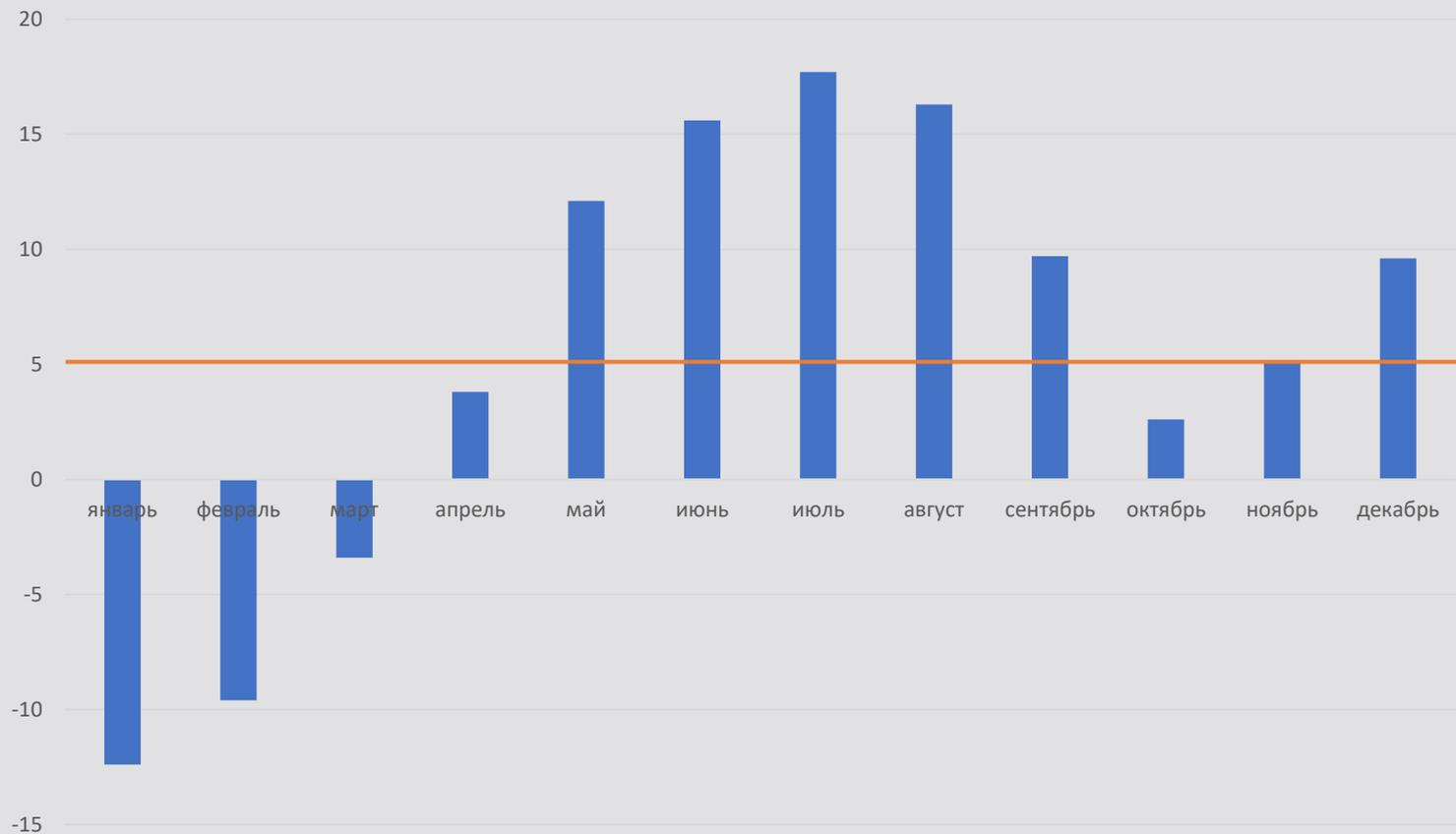
Докладчик:

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

Пермь 2022



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:**

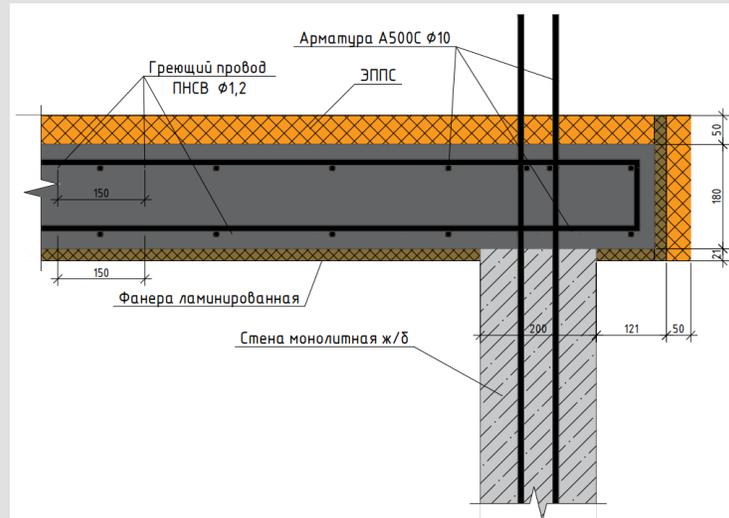
- построить две модели в ELCUT прогрева плиты перекрытия: с помощью греющего провода и с использованием греющих матов;
- провести анализ создаваемых температурных полей на предмет их равномерности по всему объёму бетонируемой конструкции;
- проанализировать динамику набора прочности бетона в зависимости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



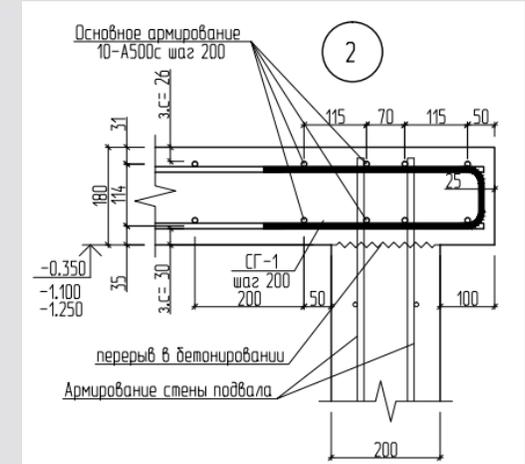


# Постановка задачи

Геометрическая модель для  
способа прогрева с  
использованием греющего  
провода



Рабочий чертёж



Геометрическая модель для  
способа прогрева с  
использованием греющих матов

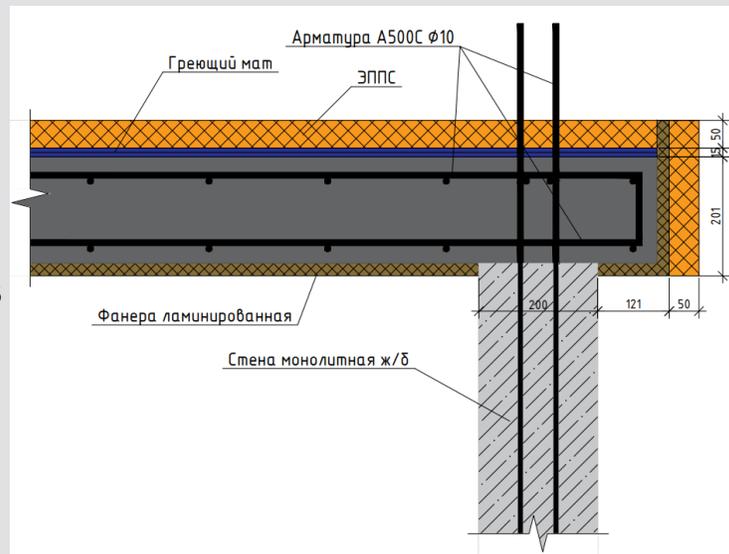


Схема устройства греющего мата



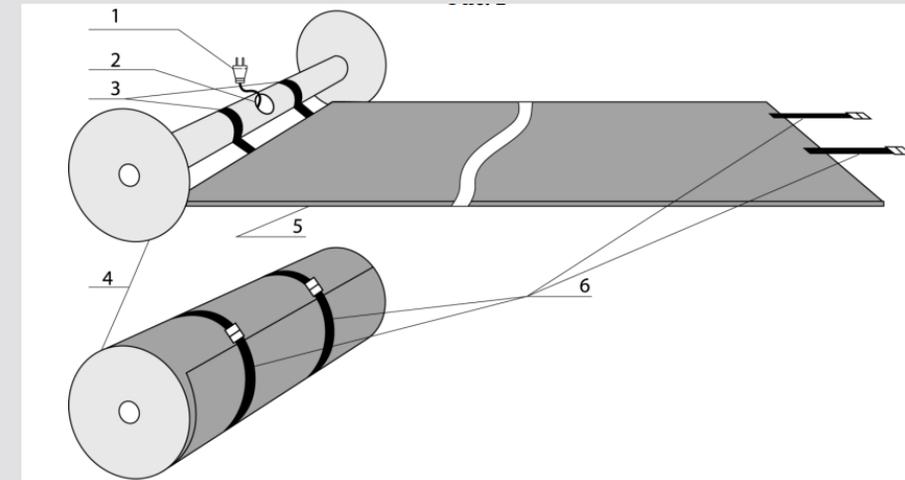
## Постановка задачи

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/м<sup>3</sup>

### Расчётные характеристики материалов

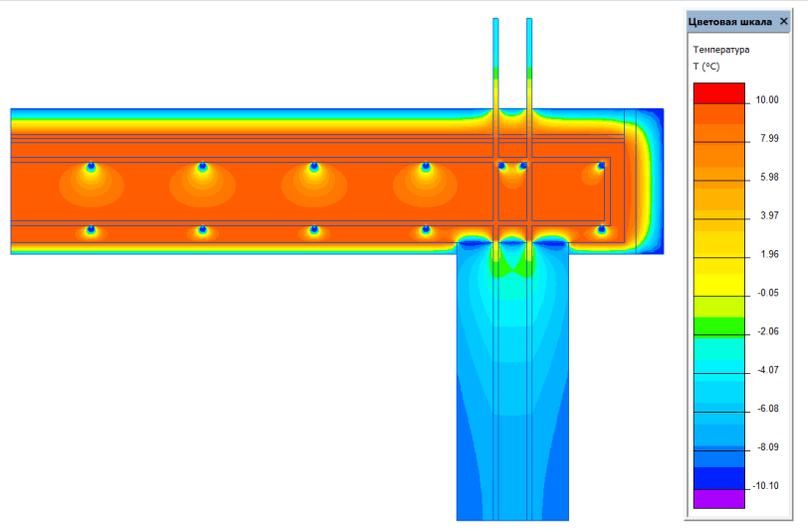
Материал	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$c$ , Дж/(кг·°С)
Бетон тяжёлый класса В25	1,51	2400	840
ЭППС	0,029	29	1340
Фанера ламинированная	0,12	600	2300
Арматура стальная	58	7850	482
ПВХ	0,159	1400	90



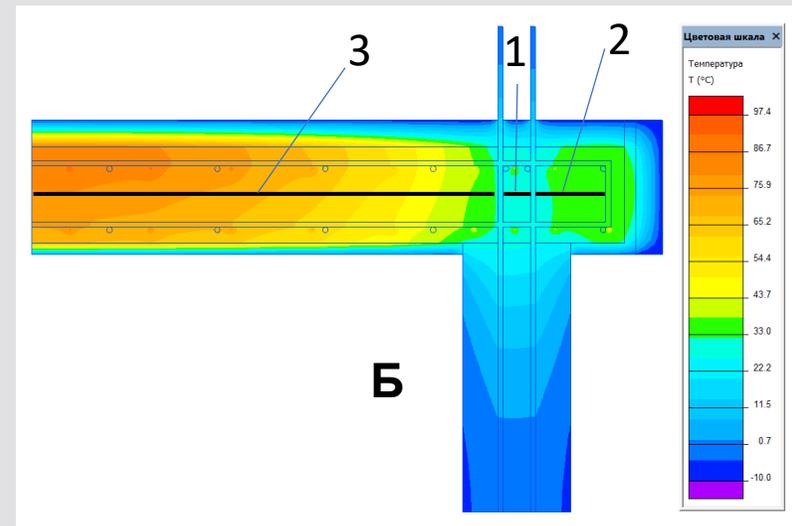
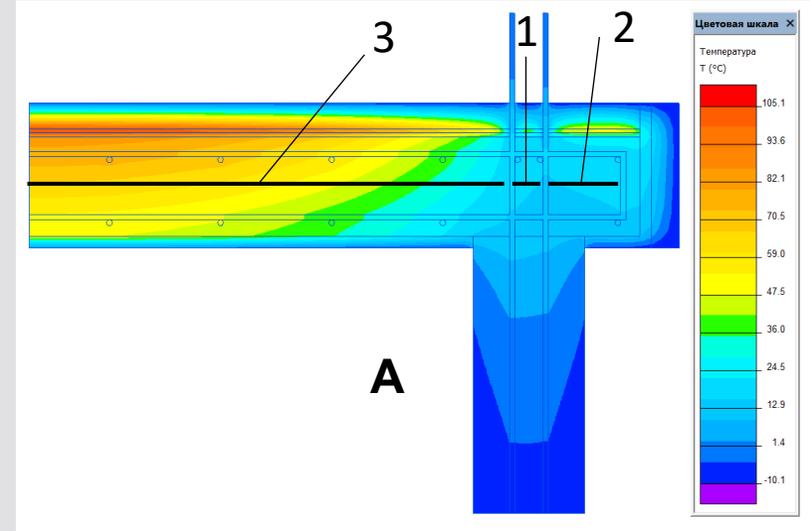
**Схема рулонного греющего мата**  
(1 – токоведущий провод; 2 – отверстие для токоведущего провода; 3 – ремни для крепления нагревателя к катушке; 4 – боковые стенки катушки; 5 – нагреватель; 6 – ремни для фиксации нагревателя в сложенном виде)



# 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

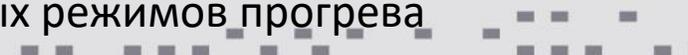


Сравнительная характеристика прогрева бетона греющими матами и греющим проводом

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 <sup>3</sup> )	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

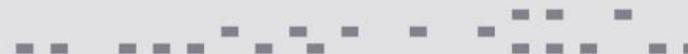
\* Согласно СП 70.13330.2012

\*\* 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!

