

Определение мощности щитов греющей опалубки исходя из технологических требований выдерживания бетона



ЗИНЕВИЧ Мирослав Владимирович

Инженер-строитель, специалист по монолитному строительству
в экстремальных климатических условиях.

Инженер-конструктор ООО МонАрх и О
Ведущий специалист ООО Практик-М

+7(903)163-32-79
zinevich@ya.ru

ELCUT

17-20 апреля 2017

**ЭЛЕКТРО
2017**

Практик-М

ЛУЧШИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УСПЕШНОГО СТАРТА!

Определение мощности щитов греющей опалубки исходя из технологических требований выдерживания бетона

Для обеспечения благоприятных условий твердения монолитного бетона конструкций на стройплощадке применяются различные методы прогрева. В основном это:

выдерживание в тепляках и по методу **термоса**, в том числе с применением добавок;



прогрев нагревательными **проводами**, в том числе кабелями;



прогрев стержневыми **электродами**.



Прогрев в греющих опалубках - следующий по распространению метод, однако, несмотря на свою известность, реального применения практически не имеет - из-за отсутствия простых, универсальных и доступных способов быстро переналадить опалубку из простой в греющую прямо на месте. **Греющие маты** также не снискали успеха.

Определение мощности щитов греющей опалубки исходя из технологических требований выдерживания бетона

Одно из решений по актуализации **греющей опалубки** - разработка греющих палуб, практически идентичных обычным из фанеры. При этом переоборудование опалубки сводится к замене обычной палубы на греющую и, при необходимости, утеплению тыльной стороны щитов.



Стандартный вариант предусматривает работу на напряжении 50-100В, выдавая от 400 до 800Вт/м² - что очень удобно.

Возможность *регулирования* мощности позволяет достаточно точно подобрать требуемый режим выдерживания, но и требует при этом *расчёта*.

ELCUT - простой в работе, нетребовательный и эффективный - отлично подходит для этих целей.

Определение мощности щитов греющей опалубки исходя из технологических требований выдерживания бетона

Конструкция:

Греющая палуба:

- ламинированная фанера 9мм;
- плоский нагреватель в слое клея 1мм;
- ламинированная фанера 9мм.

Утепление щитов опалубки:

- а) пеноплэкс 20мм;
- б) без утепления.

Монолитная конструкция:

- стена 300мм.

Технологические требования:

Внешние условия:

- температура среды ($t_{нв}$) -10°C ;
- скорость ветра 1м/с ($\alpha=8$);

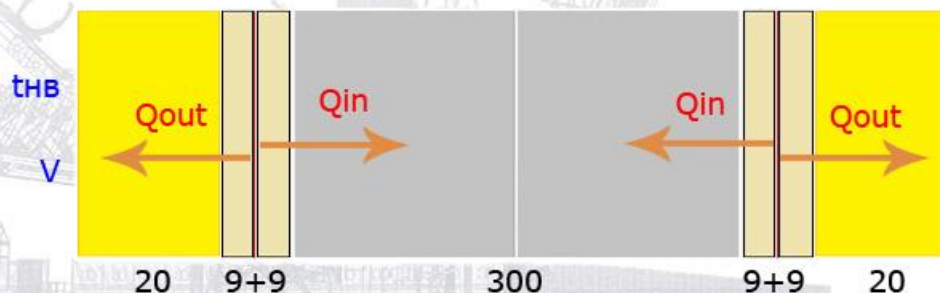
Из критерия набора заданной прочности в отведённое время:

- на рабочей поверхности 50°C за 16ч ($\Delta t=60^{\circ}\text{C}$);

Условия прогрева исходя из толщины конструкции и $t_{нв}$:

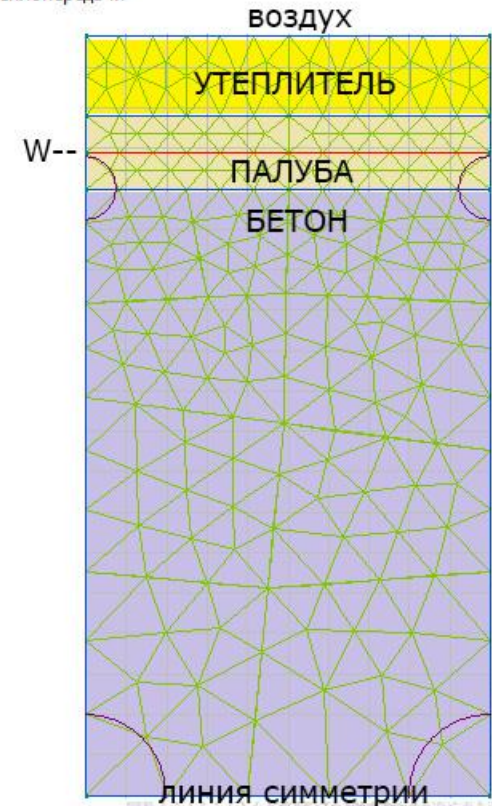
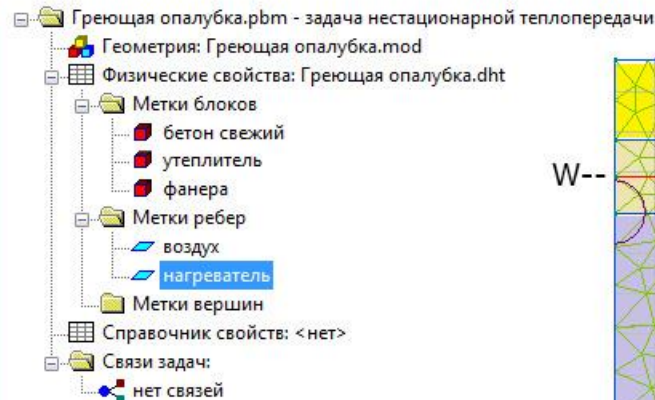
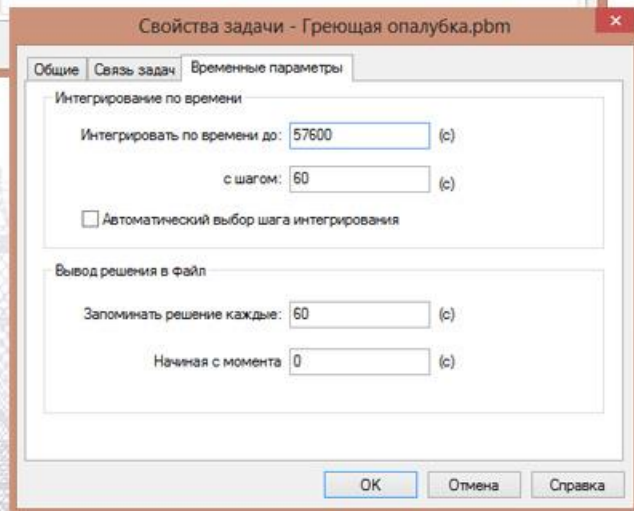
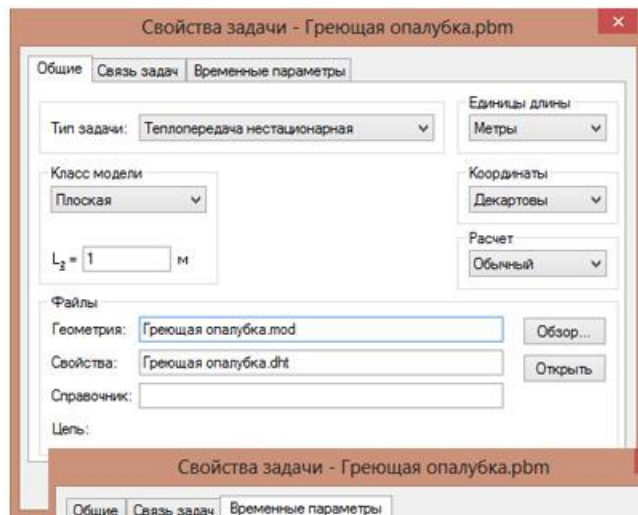
- двусторонний прогрев.

В качестве защиты от перегрева на нагревателе установлен датчик регулирования подачи тока с пределом по температуре $90/80^{\circ}\text{C}$



Рассмотрим половину симметричной модели.

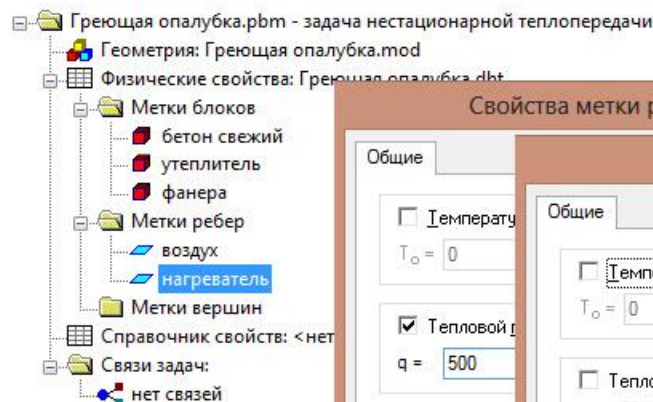
Определение мощности щитов греющей опалубки исходя из технологических требований выдерживания бетона



Решается
плоская задача
нестационарной
теплопроводности
в декартовых
координатах.

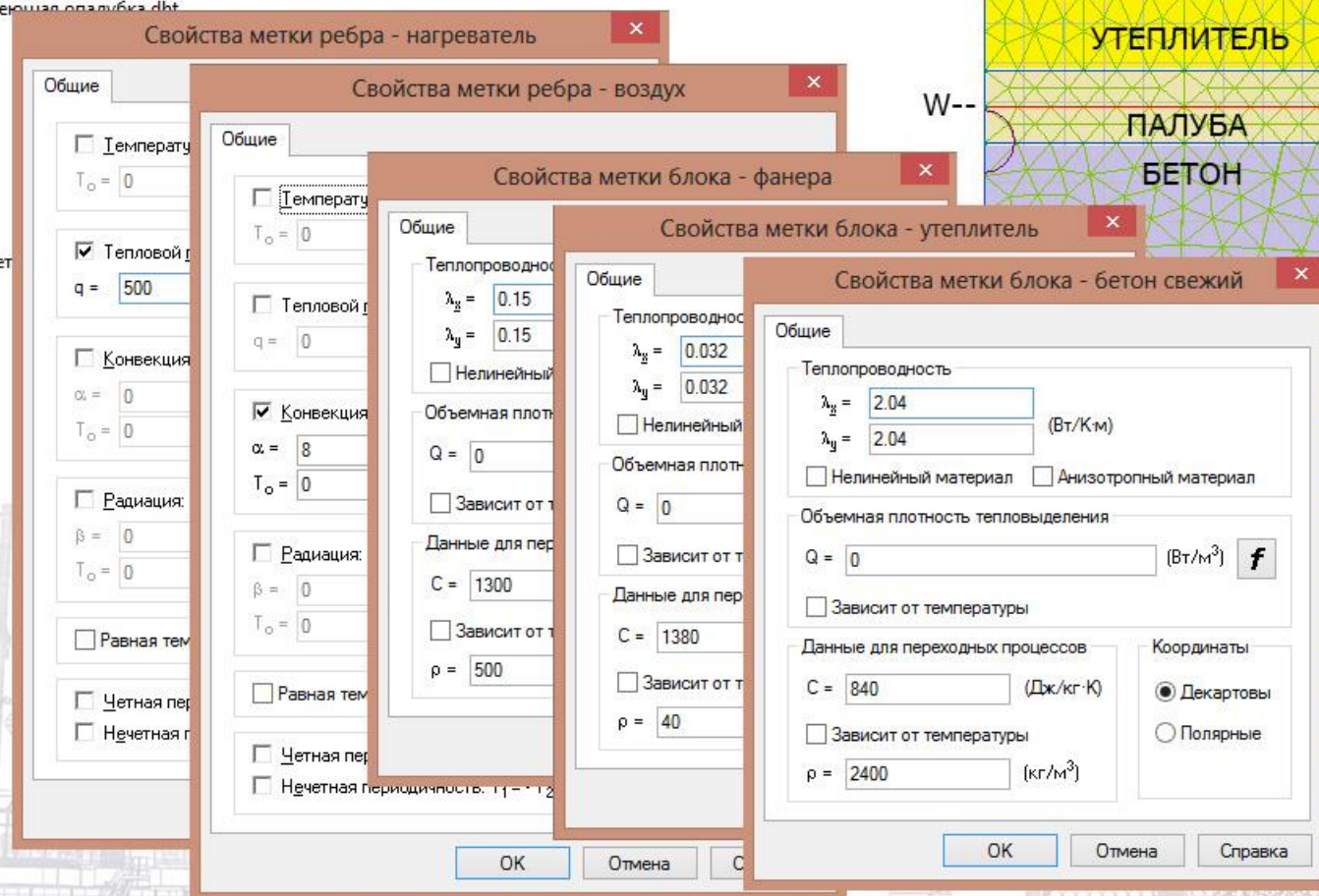
Определение мощности щитов греющей опалубки исходя из технологических требований выдерживания бетона

1. С утеплителем

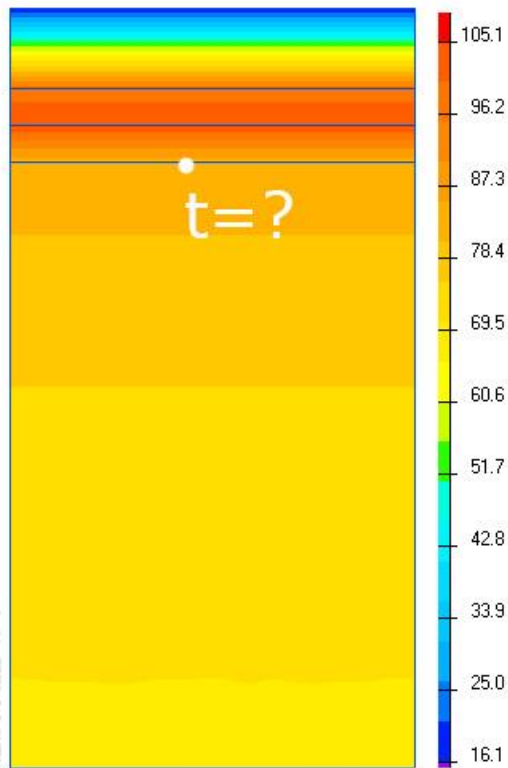


Определяются свойства меток - характеристики материалов в блоках и граничные условия на рёбрах.

В первом приближении принимается мощность нагревателя 500Вт/м²



Определение мощности щитов греющей опалубки исходя из технологических требований выдерживания бетона



16ч

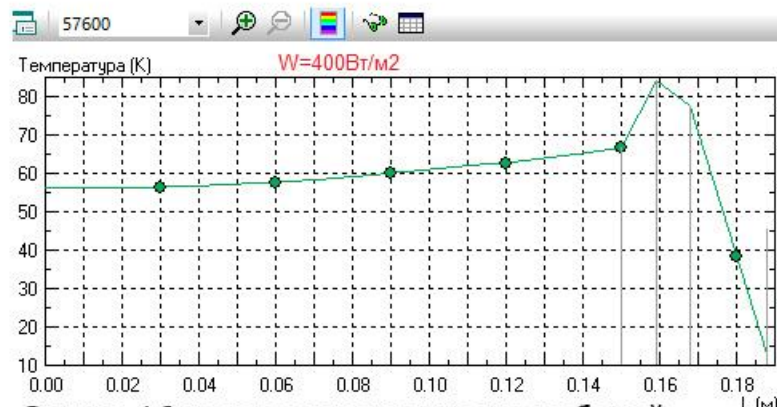


50°C на рабочей поверхности достигается за 30000с (8,3ч).

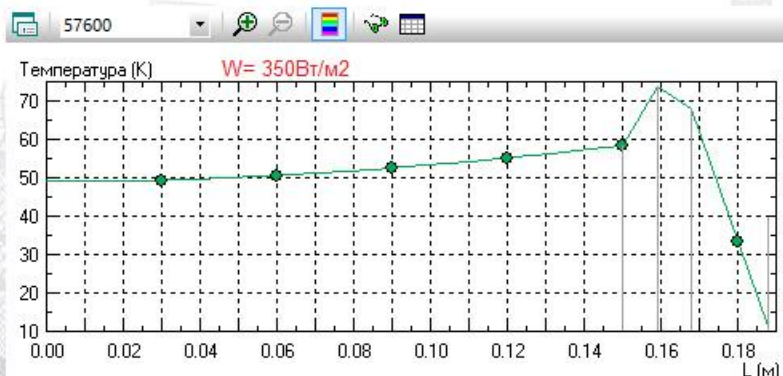
За 44040с (12,2ч) достигается предел терморегулирования на нагревателе (90°C) и 68°C на рабочей поверхности палубы.

Следовательно, мощность нагревателя можно уменьшить.

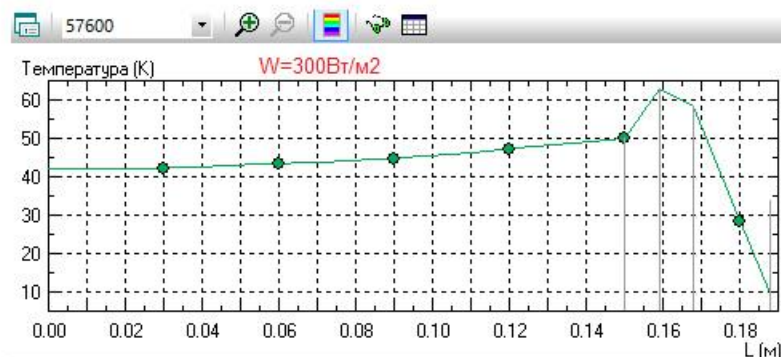
Определение мощности щитов греющей опалубки исходя из технологических требований выдерживания бетона



Спустя 16 часов температура на рабочей поверхности **67°C** и предел терморегулирования ещё не достигнут.



Спустя 16 часов температура на рабочей поверхности **59°C** и предел терморегулирования ещё не достигнут.

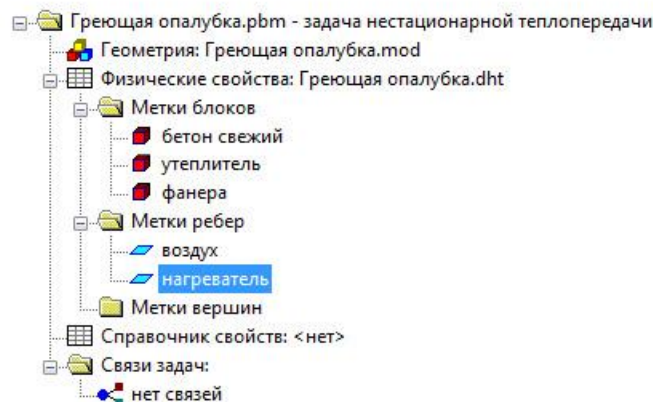


А при **300Вт/м²** уже получим требуемые **50°C** на рабочей поверхности за **16 часов**.

Таким образом, для варианта палубы с утеплением потребуется не менее 300Вт/м² мощности. Учитывая снижение мощности нагревателя примерно на 10% в соответствии с его ТКС, а также не сплошность утепления на рамах щитов, что снижает его эффективность на 10-20%, нужно принять мощность нагревателя в пределах 350-400Вт/м². Собственным тепловыделением немассивных конструкций можно пренебречь.

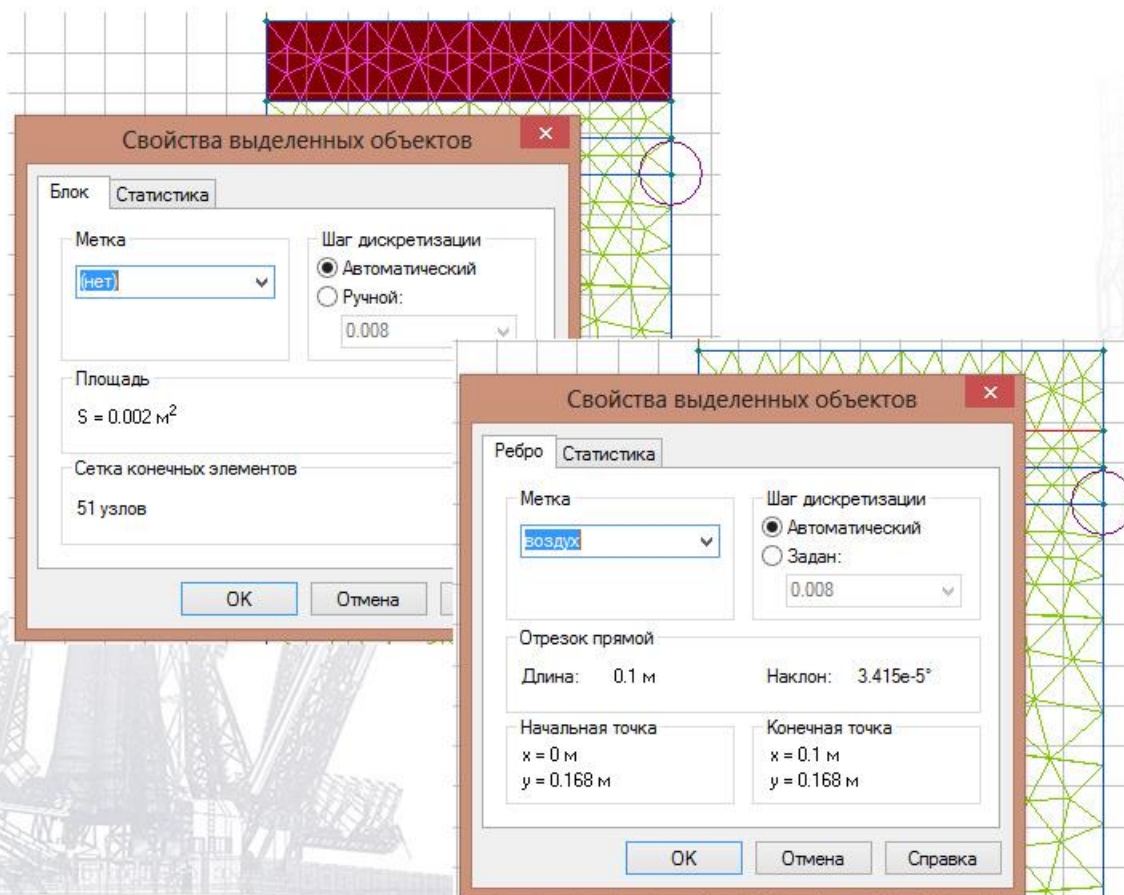
Определение мощности щитов греющей опалубки исходя из технологических требований выдерживания бетона

2. Без утеплителя

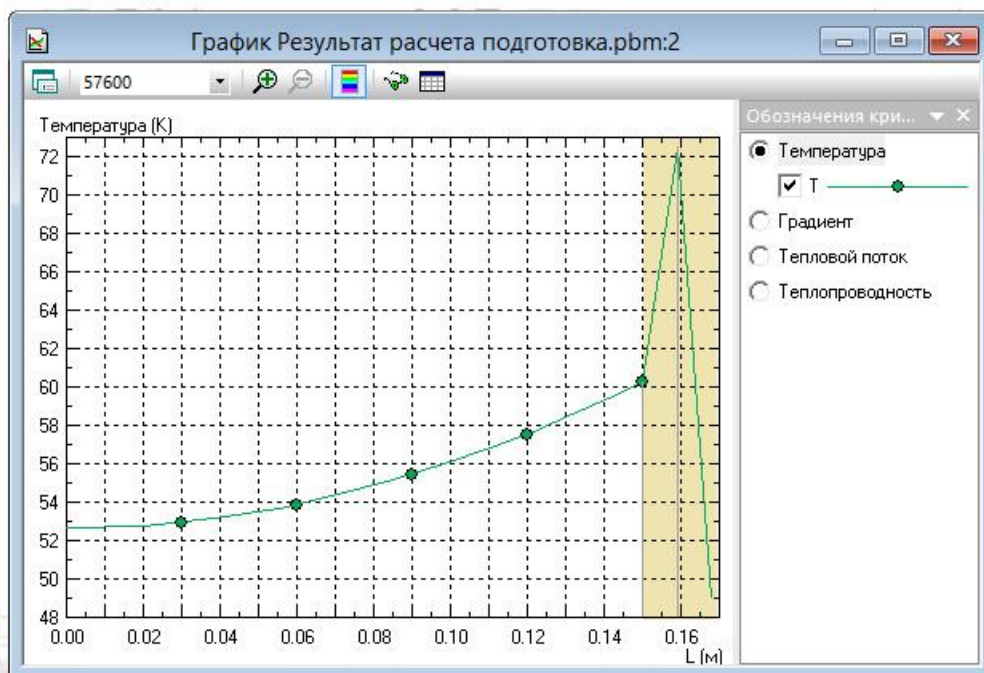


Для задачи без утепления следует немного изменить модель:
- удалить из блока утеплителя метку со свойствами;
- назначить наружному ребру фанеры метку свойства наружной среды.

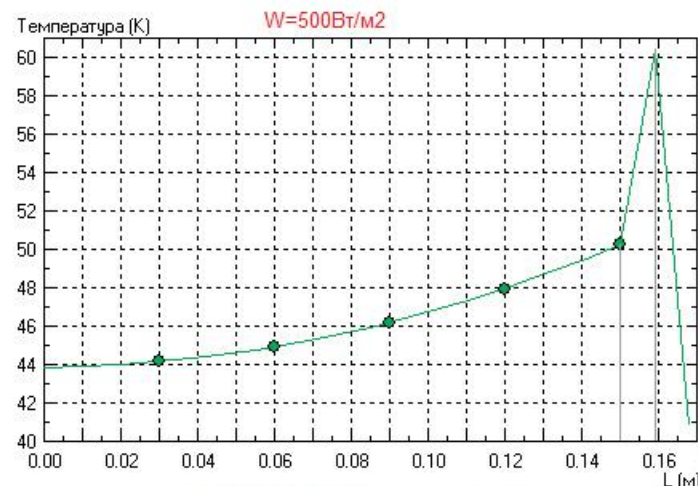
В первом приближении принимается мощность нагревателя 600 Вт/м^2



Определение мощности щитов греющей опалубки исходя из технологических требований выдерживания бетона



При мощности 600Вт/м² спустя 16 часов имеем на рабочей поверхности 60оС, а 50оС - через 11,7ч.



А при 500Вт/м² уже получим требуемые 50оС на рабочей поверхности за 16 часов.

Таким образом, для варианта палубы без утепления потребуется не менее 500Вт/м² мощности, или 550-600Вт/м² с учётом дополнительных потерь тепла.

Экономия энергии за счёт утепления - 200Вт/м² опалубки + эффект сокращения времени прогрева за счёт использования термосного остывания (если применяется).