

УДК 621.74 (075.8)

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА ПРОГРАММЫ FLOW 3D

Михаил Вадимович Тверской, Дмитрий Эдуардович Хилков

*Студенты 3 курса  
кафедра «Литейные технологии»  
Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: А.Ю. Коротченко,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Литейные технологии»*

Исходные данные:  
Материал: Сталь 20Л  
Форма: Сырая песчано-глинистая  
Размеры отливки: 200\*200\*30 мм

### **Исследование времени затвердевания отливки при изменении размера расчетной ячейки в программе Flow 3D**

Размер расчетной ячейки определяет точность расчета (в частности, время затвердевания отливки). В связи с этим было проведено исследование влияния размера ячейки на расчетное время затвердевания отливки. Расчеты были проведены для отливки в виде «плиты» с габаритами 200x200x30 мм. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость времени затвердевания отливки от размера ячейки

Размер ячейки (мм)	Время затвердевания отливки (сек)
0.001	365
0.003	377
0.005	445
0.007	445
0.01	445

В результатах расчета было установлено, что размер ячейки существенно влияет на расчетное значение времени затвердевания. Установлено, что для данного типа задач наименьшая погрешность вычисления (с приемлемой продолжительностью вычислений) достигается при размере ячейки 0.003 мм.

По данным таблицы 1 на рис. 1 показан график изменения времени затвердевания от размера ячейки.

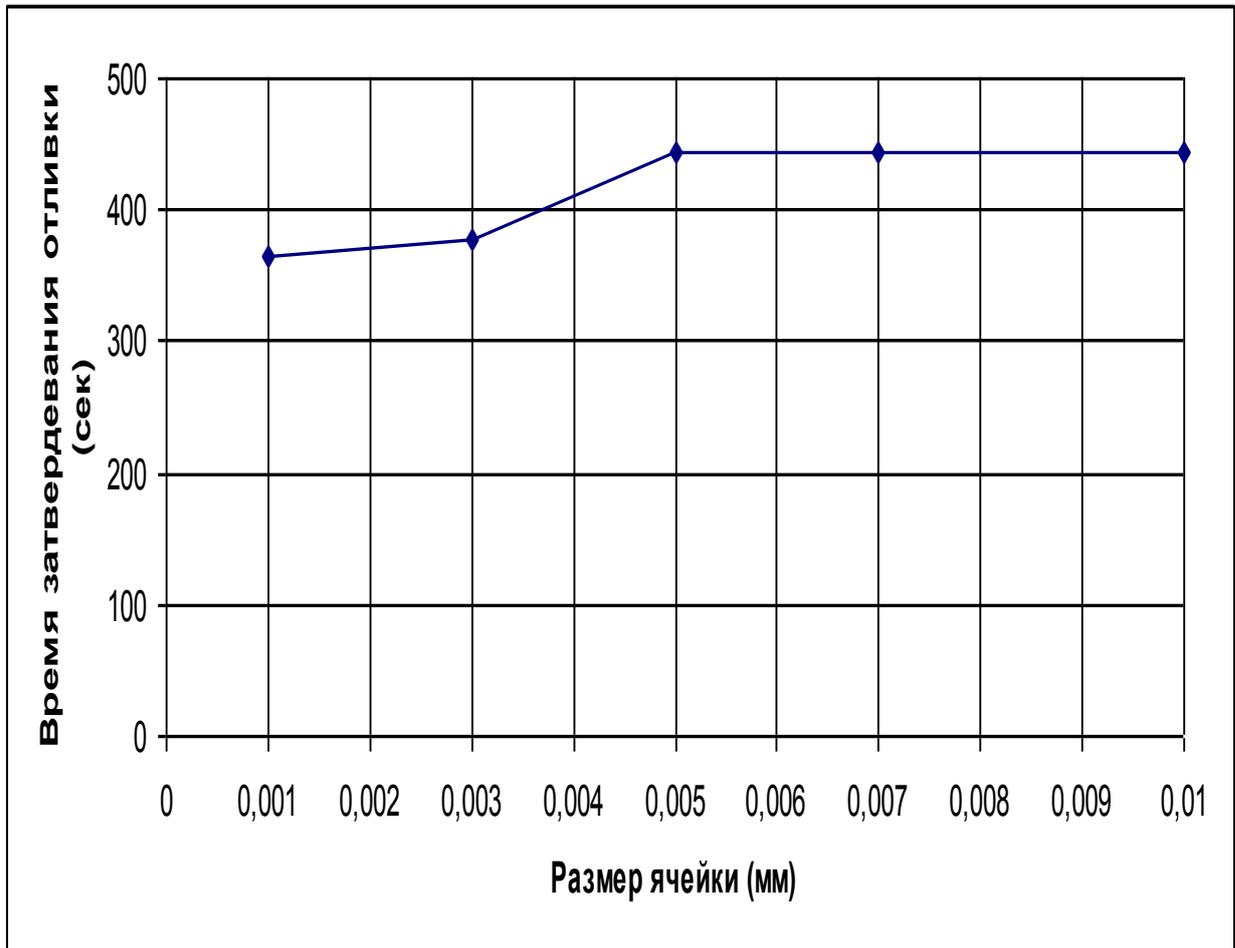


Рис. 1. График зависимости времени затвердевания отливки от размера ячейки

### **Влияние толщины формы на характер затвердевания отливки**

При моделировании был задан точный контур отливки (трехмерный объект в формате STL), а внешние границы формы задаются в программе (указывается расстояние между отливкой и границей формы по каждой из трех координат). Таким образом контуры формы представляют собой прямоугольную область с заданной толщиной стенки.

Как хорошо известно, толщина стенки формы оказывает существенное влияние на охлаждение отливки. В связи с этим была поставлена задача определить границу прогрева формы при заданной толщине стенки отливки. В расчетах была использована отливка в форме плиты с габаритами 200x200x30 мм, а толщина стенки формы менялась от 10 мм до 60 мм.

Результаты расчетов представлены на рис. 2.

Толщина формы (мм)	В форме (на границе с окружающей средой)	В форме (на границе формы с отливкой)	В отливке (на границе формы с отливкой)
10			
20			
40			
50			

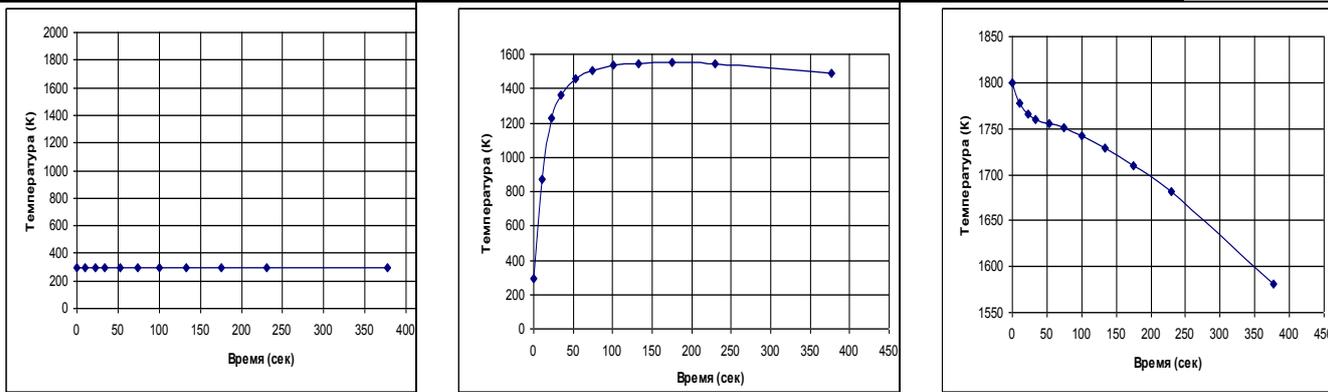


Рис. 2. Графики зависимости температуры от времени

На рис. 2 показаны кривые изменения температуры со временем на границы контакта отливки с формой и на внешней границы формы с окружающей средой. Как следует из расчетов, толщина формы оказывает существенное влияние на характер температурных кривых. Расчетами установлено, что при толщине стенки 60 мм прогрев формы не достигает внешней границы и форму можно рассматривать как полубесконечное тело.

**Исследование влияния глубины прогрева формы в зависимости от толщины стенки отливки.**

В расчетах меняли толщину стенки отливки и определяли толщину стенки формы, при которой прогрев не достигал внешней границы. Результаты расчетов представлены на рис. 3.

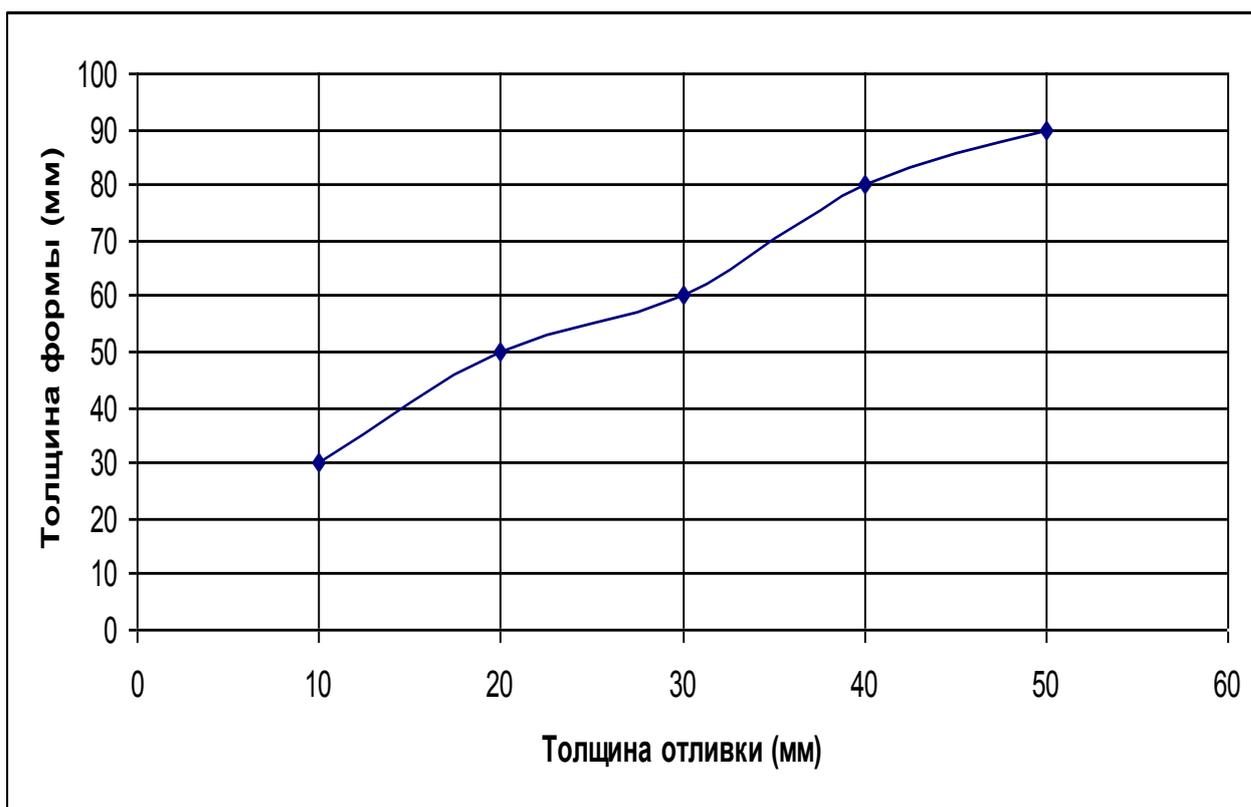


Рис. 3. Глубина прогрева песчаной формы в зависимости от толщины стенки отливки

Согласно данным рис. 3 зависимость толщины формы от толщины отливки носит приблизительно линейный характер.

#### Расчет прогрева полубесконечного тела

Выше было указано, что форму можно представить как полубесконечное тело. Для проверки этого утверждения был проведен расчет затвердевания отливки с габаритами 200x200x30 мм в форме с толщиной стенки 60 мм и получена зависимость изменения температуры по сечению формы на момент окончания затвердевания отливки.

Данный расчет был сопоставлен с аналитическим решением задачи о прогреве полубесконечного тела с граничным условием первого рода. Аналитическое решение [1] описывается уравнением (1)

$$T = T_{II} + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot (T_H - T_{II}) \int_0^u e^{-u^2} du, \quad (1)$$

$T_{II}$  - температура на поверхности формы,

$T_H$  - температура формы до заливки металла,

$$u = \frac{x}{2\sqrt{at}},$$

$x$  - толщина формы,

$$a = \frac{\lambda}{c\rho},$$

$\lambda$  - теплопроводность,

$c$  - удельная теплоемкость,

$\rho$  - плотность формы,

$t$  - время затвердевания отливки.

Результаты расчетов представлены на рис. 4.

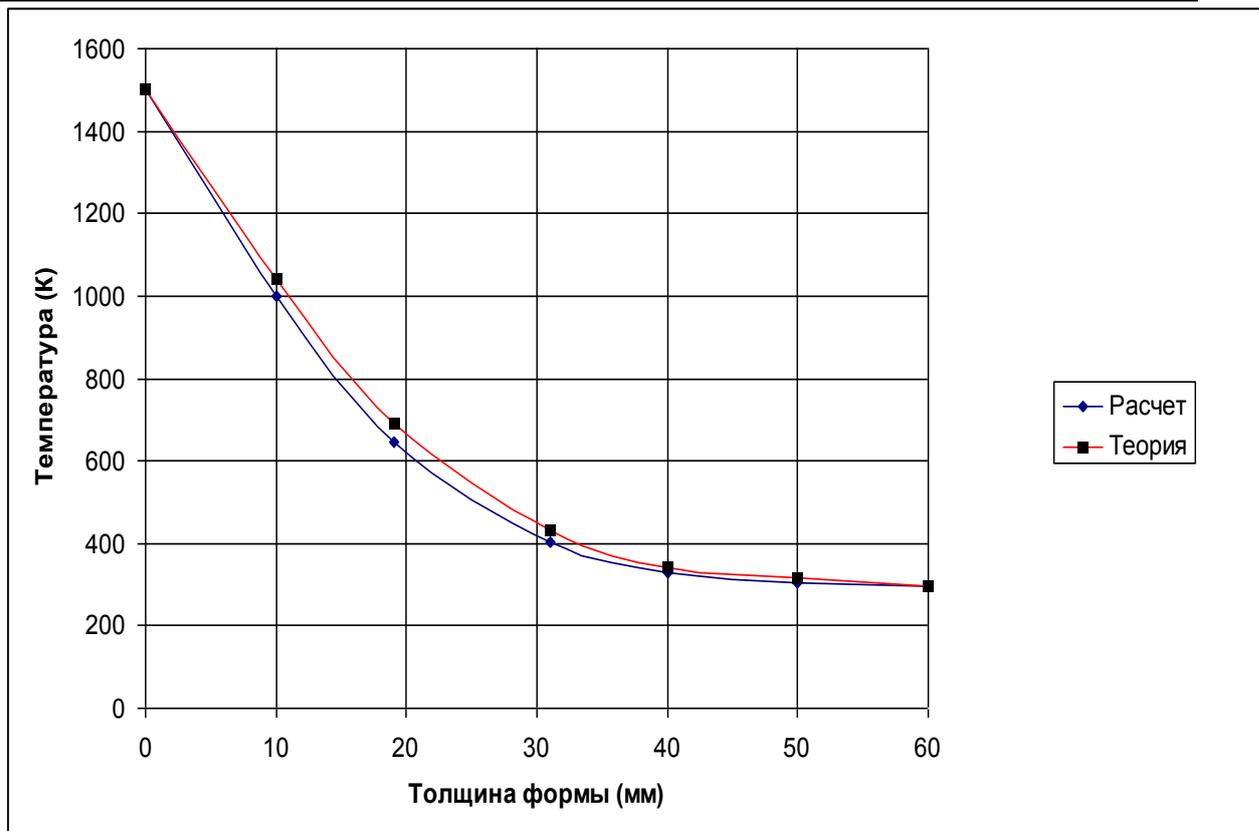


Рис. 4. Кривые изменения температуры в зависимости от толщины формы.

Как следует из графиков, представленных на рис. 4, кривые изменения температуры практически совпадают. Таким образом подтвержден вывод о том, что форму можно представить как полубесконечное тело с граничным условием первого рода.

### Литература

1. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки, Часть 1, Тепловые основы теории. Затвердевание и охлаждение отливки. – М.: Машиностроение, 1976.