

**УДК 621.74**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ МАШИНЫ С ЦЕЛЬЮ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ РАЗЛИВКИ СПЛАВОВ И ПРОКАТКИ ЗАГОТОВОК**

Зураб Абесаломович Цхадаиа , Олег Михайлович Шафиев

*Студенты 4 курса, специалитет*

*кафедра «Оборудование и технологии прокатки»*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: Стулов Вячеслав Викторович,*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

Моделирование тепловых процессов в кристаллизаторе машины, в том числе, при разработке новых конструкций и систем их охлаждения является актуальной задачей.

Моделирование может выполняться как с разливкой жидких металлов (свинец и его сплавы) с получением численных значений критериев подобия процесса, так и с использованием электрообогреваемых моделей [1-2]. В последнем случае отпадает необходимость разливки жидких расплавов в модель кристаллизатора и обеспечивается соблюдение экологии окружающей среды. Регулирование подводимой к модели электрической нагрузки осуществляется трансформатором. В настоящей работе моделируются тепловые процессы путем размещения в полости кристаллизатора нагревательного элемента на поверхности центрального сердечника, предназначенного для получения полых цилиндрических заготовок из алюминиевых сплавов, а также из медных сплавов и стали.

По подведенной электрической нагрузке определяется плотность теплового потока в модели кристаллизатора, которая сравнивается с действительными значениями при разливке металлов и сплавов ( $0,5 - 1,5 \text{ МВт/м}^2$ ). При диаметре рабочей полости  $d = 0,095 \text{ м}$  и высоте  $H = 0,1 - 0,15 \text{ м}$  значение площади поверхности  $F_M = (3-4,5) \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  и минимальное значение подводимого теплового потока от расплава  $q = 15 - 23 \text{ кВт}$ , а максимальное значение  $q_M = 45 - 70 \text{ кВт}$ .

В настоящей работе подводимая к модели электрическая мощность  $N_s \leq 3 \text{ кВт}$ . Ввиду того, что модель кристаллизатора состоит из двух вертикальных половин, то мощность, подводимая к половине модели  $N_{s1} \leq 1,5 \text{ кВт}$ . Часть энергии в виде теплового излучения, а также за счет теплопроводности стенок теряется в окружающую среду (до 30 %). На рис. 1 приведен вид модели стального кристаллизатора.

На приведенных ниже рис.2 и 3 показаны значения перепада температур охлаждающей воды в течение времени с момента включения электрической мощности, а также значения отводимых тепловых потоков.

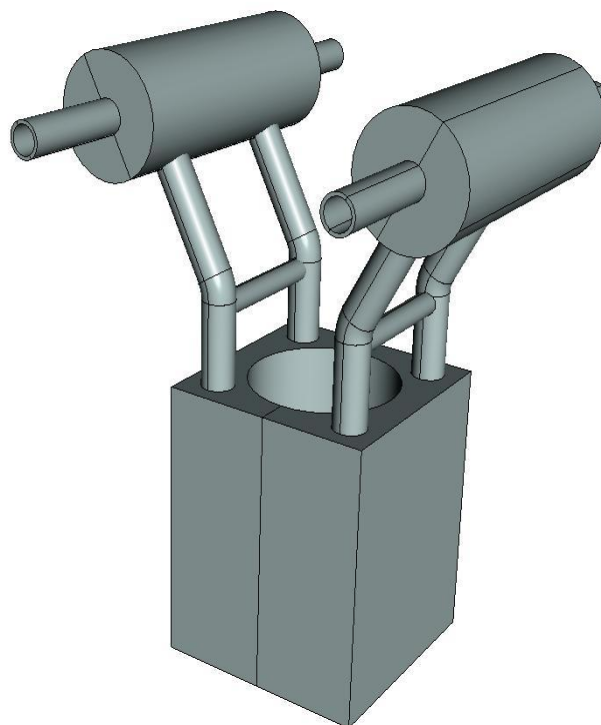


Рис.1 Модель кристаллизатора в сборе

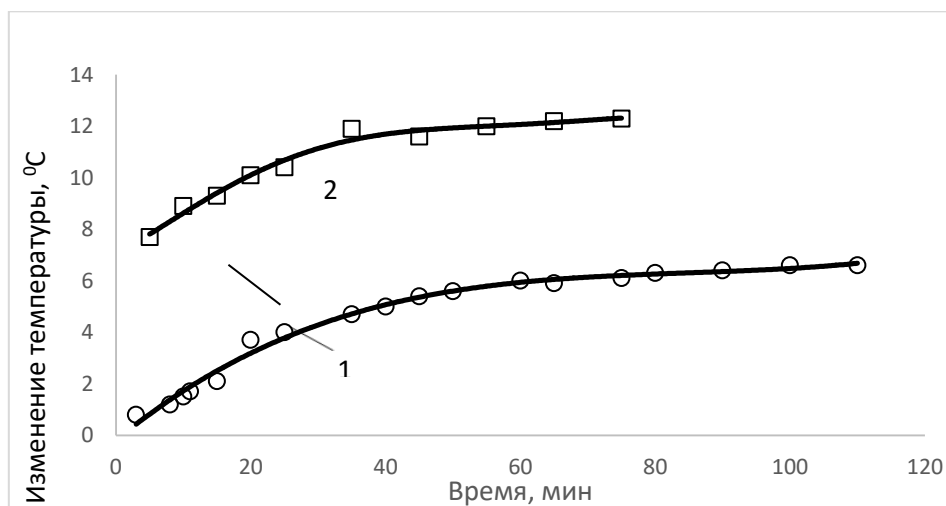


Рис. 2. Зависимости температуры охлаждающей воды от времени при различной мощности нагревателя.

Из рисунка 2 следует, что с увеличением нагрузки наклон кривой к оси абсцисс увеличивается, что свидетельствует об эффективном протекании процесса теплообмена в модели.

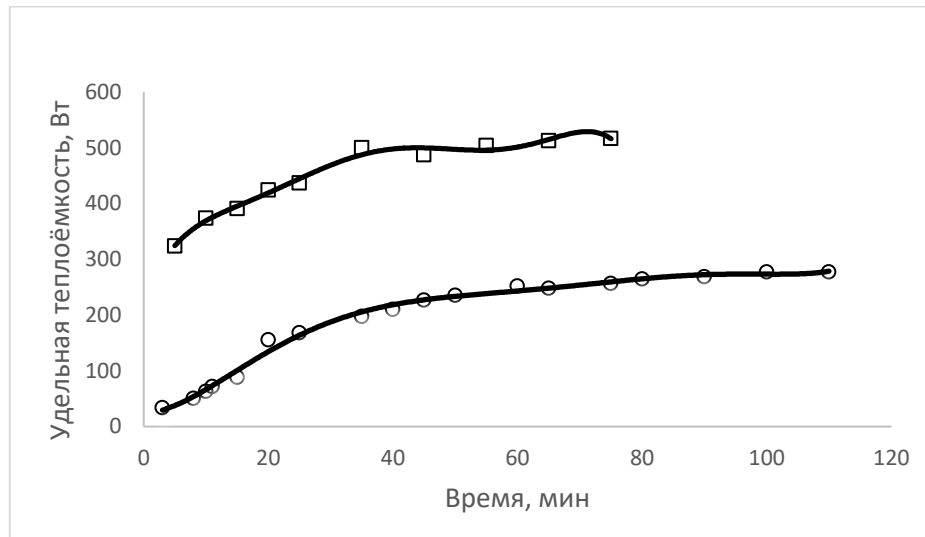


Рис. 3. Зависимости тепловых потоков в кристаллизаторе от времени при различной мощности нагревателя.

Из рис. 3 следует, что с увеличением подводимой нагрузки максимальное значение теплового потока, отводимого водой в модели, увеличивается с 277,2 до 516,6 Вт.

Во втором эксперименте максимальное время нагрева 45 минут. Выключение электрической нагрузки и охлаждение модели показаны на рис. 4. Из рис. 4 следует, что охлаждение кристаллизатора происходит за более короткий промежуток времени (30 минут), что свидетельствует о более интенсивном протекании процесса теплообмена в прогретой конструкции.

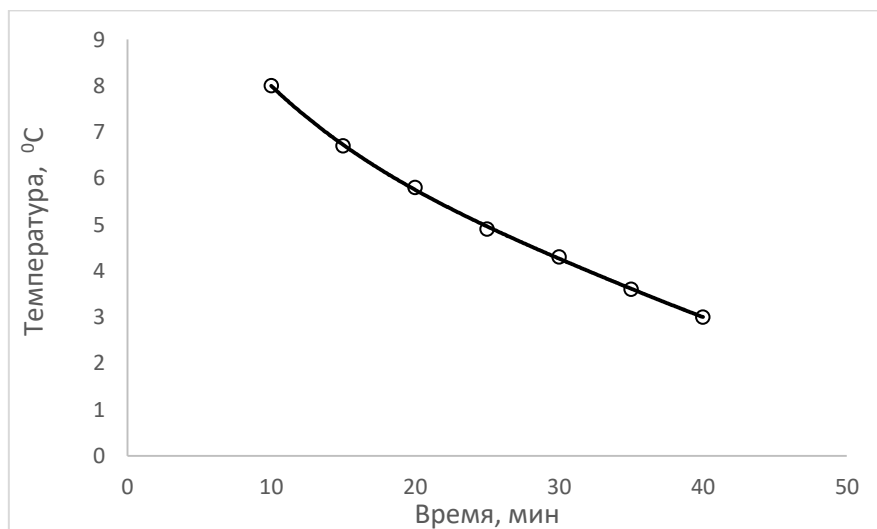


Рис. 4. Зависимость перепада температур охлаждающей воды в кристаллизаторе от времени при отключенной электрической нагрузке.

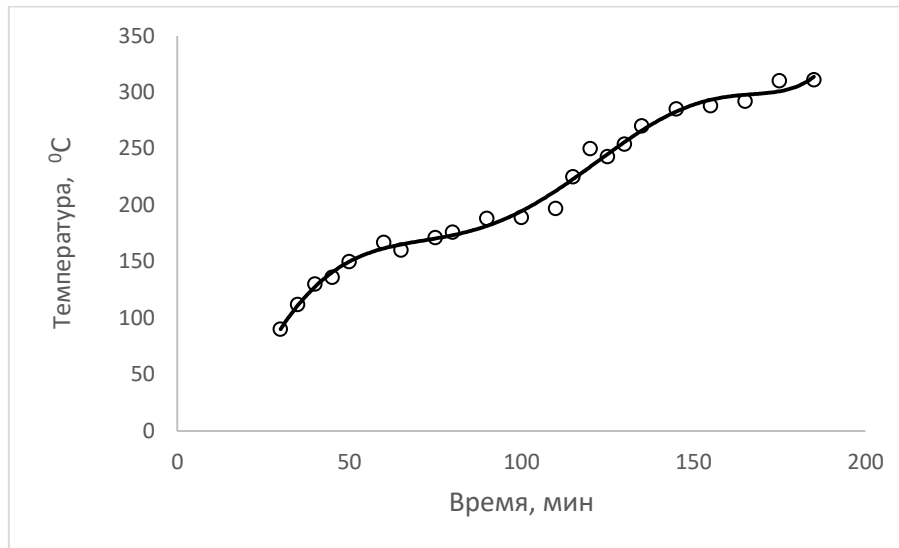


Рис. 5. Зависимость температуры неохлаждаемой стенки модели кристаллизатора от времени при включенной электрической нагрузке.

Охлаждение стенки модели позволяет более эффективно управлять температурой стенки и процессом охлаждения по сравнению с неохлаждаемой стенкой, температура которой показана во времени на рис. 5.

Выводы. Полученные положительные результаты работы системы охлаждения модели кристаллизатора будут использованы для исследования системы охлаждения при увеличении электрической мощности до  $N_3 = 15 - 25$  кВт и контроля параметров модели (температура стенки, температура охлаждающей воды, температура паропроводов) с использованием электронного автоматизированного комплекса с выводом показаний на компьютер, которые будут использованы в дальнейшем при отработке режимов разлива в кристаллизатор жидких металлов и расплавов.

## Литература

1. Стулов В.В. Физическое моделирование охлаждения высокотемпературной техники (в металлургии). Монография. Комсомольск-на-Амуре: Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН, 2012. -142 с. ISBN 978-5-7442-1523-1
2. Стулов В.В., Одинокое В.И., Оглоблин Г.В. Физическое моделирование процессов при получении литой деформированной заготовки. Владивосток: Дальнаука, 2009.- 175 с. Монография. ISBN 978-5-8044-1098-9