

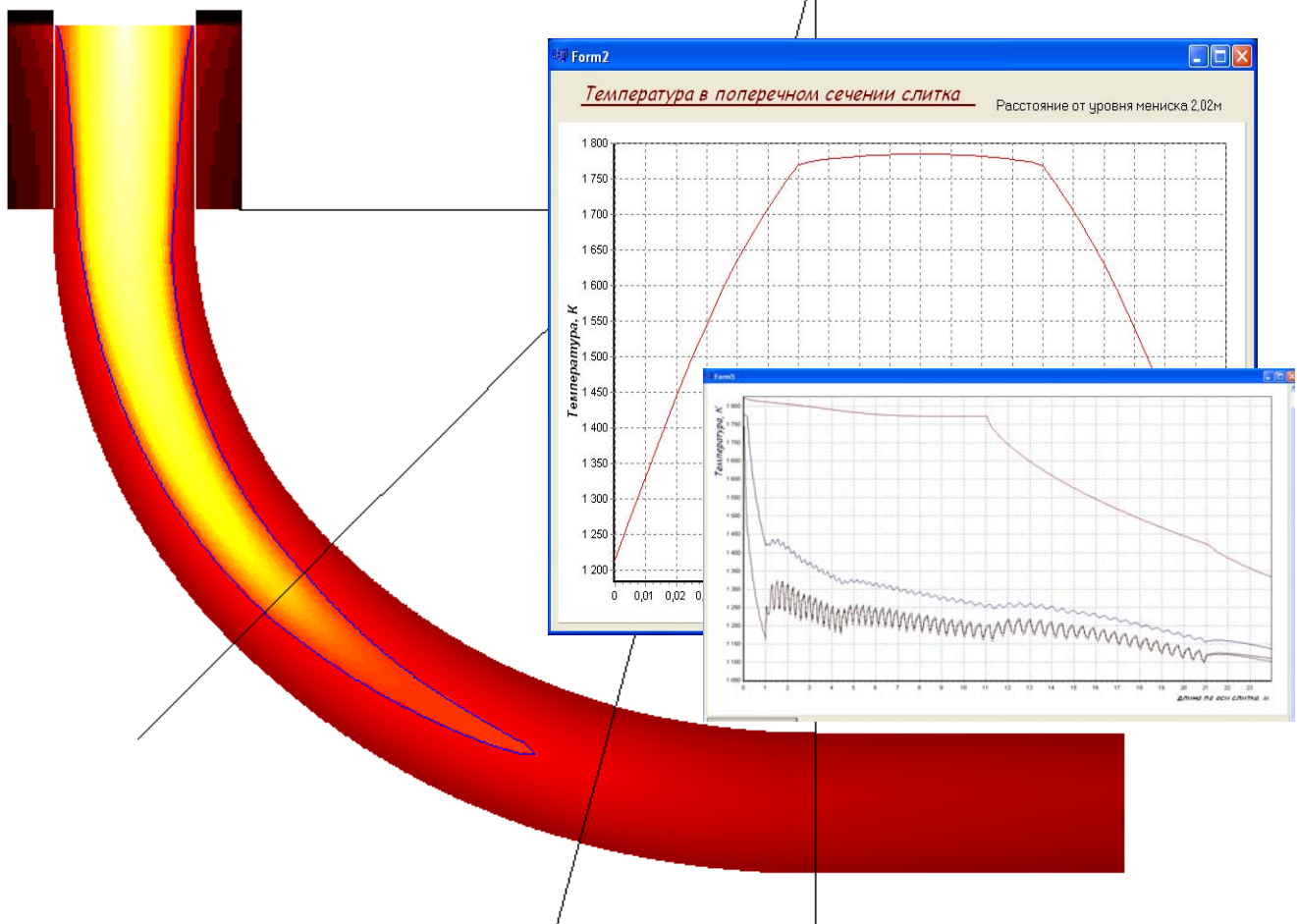
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В СТАЛЬНОМ СЛИТКЕ И ТЕПЛООБМЕНА В СТЕНКАХ КРИСТАЛЛИЗАТОРА КРИВОЛИНЕЙНОЙ МНЛЗ

Разработаны математические модели **квазистационарного** (установившегося) и **нестационарного** процессов тепломассопереноса в непрерывном слитке (широкий сляб) и теплопередачи в стенках водоохлаждаемого кристаллизатора машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) в продольном сечении по оси слитка.

По заданным

- геометрии МНЛЗ,
 - ТФХ разливаемой стали (плотность, теплоёмкость, теплопроводность, и т.п.),
 - скорости вытягивания слитка,
 - расходах охлаждающей воды на кристаллизатор и по каждой секции ЗВО
- рассчитывается **тепловое поле слитка** и **положение границы раздела фаз**.

Общая картина поля температур отображается в виде цветовой диаграммы. Температуры внутри и на поверхности слитка отображаются в виде различных графиков.



Программа, реализующая нестационарную модель, позволяет наблюдать **динамику поля температур**, температурных **градиентов** и **формы жидкой лунки** при изменениях расходов охлаждающей воды в кристаллизаторе и/или в любой из секций ЗВО, температуры поступающего расплава и скорости вытягивания слитка.

Математические модели

описывают тепловое поле и положение границы раздела фаз в продольном сечении широкого сляба, которое параллельно узким граням и проходит через середину широких граней. Зона вторичного охлаждения (ЗВО) имеет сложную геометрическую форму – она содержит прямолинейный участок и криволинейные участки различной кривизны.

Поскольку теплофизические параметры зависят от температуры разливаемого металла и меди, из которой изготовлены стенки кристаллизатора, описание

процессов теплообмена и тепломассопереноса основано на нелинейных нестационарных уравнениях в частных производных. Для криволинейных участков эти уравнения записаны в полярных координатах, что наиболее адекватно отражает геометрию слитка.

Положение неизвестной границы раздела фаз задаётся условиями равенства температур и условиями Стефана для двумерного случая.

Граничные условия для широких граней слитка в кристаллизаторе сформулированы с учётом наличия газового зазора между стенками и поверхностью слитка.

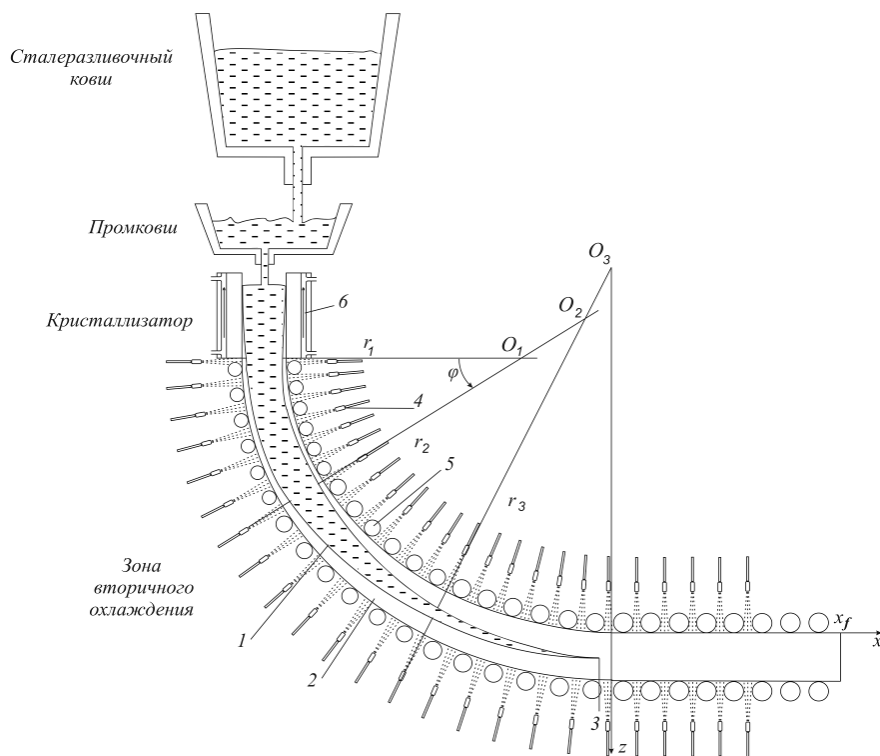
Температура охлаждающей воды в канале кристаллизатора описывается балансовым уравнением, устанавливающим зависимость между температурой воды на входе в канал кристаллизатора, распределением температуры в медной стенке и распределением температуры в канале кристаллизатора.

Граничные условия для широких граней слитка в ЗВО учитывают конвективную и лучистую составляющие теплоотдачи, а также зависимость температуры окружающей среды и коэффициентов теплоотдачи от расположения форсунок и расхода воды в них. Коэффициент теплоотдачи на поверхности, накрываемой факелом форсунки, подчиняется параболическому закону распределения.

Для решения поставленных задач разработаны и программно реализованы специальные алгоритмы. Программное обеспечение позволяет наблюдать динамику температурного поля и положения границы раздела фаз.

Для адаптации математических моделей к реальным условиям решены задачи начальной и оперативной настройки коэффициентов теплоотдачи на поверхности слитка в ЗВО.

Разработаны алгоритмы управления режимами расхода в ЗВО, использующие в качестве обратной связи оценку температурного состояния слитка.



Разработана **имитационная модель** процесса управления вторичным охлаждением, которая позволяет оценивать точность различных исследуемых методов управления на этапе проектирования САУ МНЛЗ.

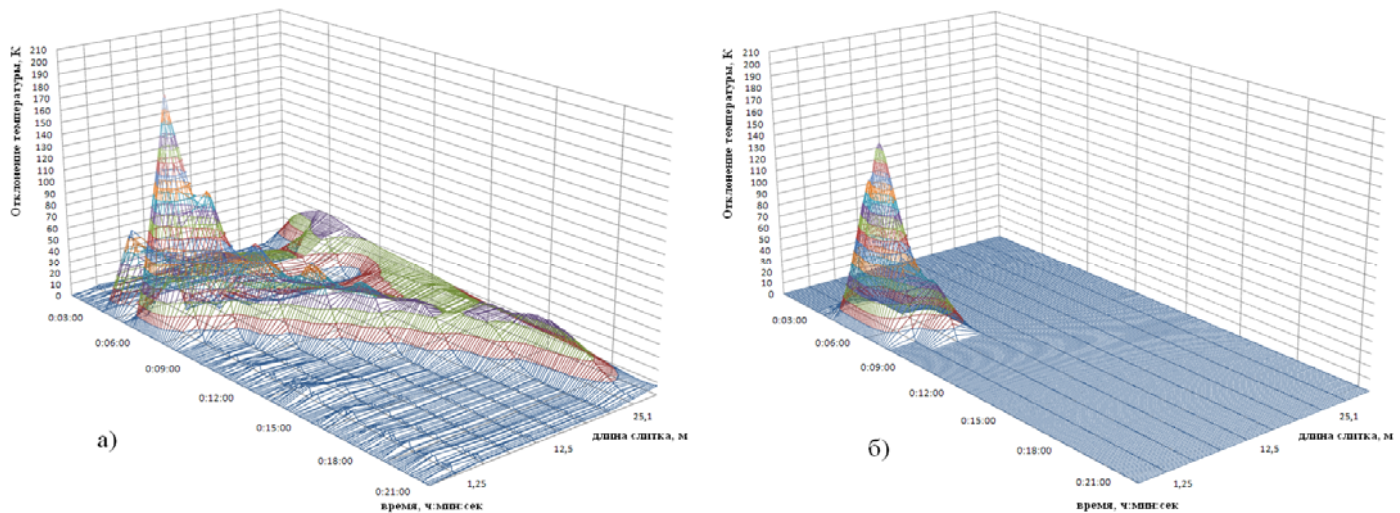


Рис. Нарушения теплового режима: а) при разомкнутом управлении, б) при прогнозном управлении.

Контактная информация:

Ткаченко Валерий Николаевич, д.т.н., проф., зав.отделом ИПММ НАНУ

тел. +38(062)311-04-36, tkachenko@iamm.ac.donetsk.ua

Иванова Анна Александровна, м.н.с. отдела теории управляющих систем ИПММ НАНУ

тел. +38(062)311-04-36, +38(068)734-63-73, ivanova@iamm.ac.donetsk.ua, asichka@inbox.ru

Ссылки на публикации по данной тематике:

1. Ткаченко В.Н. Моделирование и анализ теплового поля непрерывного слитка криволинейной машины непрерывного литья заготовок / В.Н. Ткаченко, А.А. Иванова // Электронное моделирование. – 2008. – Т.30, – №3. – С.87-103

<http://iamm.ac.donetsk.ua/upload/iblock/574/8.pdf>

2. Иванова А.А. Управление режимами вторичного охлаждения МНЛЗ / А.А. Иванова // Metallurgical processes and equipment. – №4(14) – 2008. – С.17-21

<http://iamm.ac.donetsk.ua/upload/iblock/54a/11.pdf>

3. Иванова А.А. Исследование температурных градиентов непрерывного слитка / А.А. Иванова // Труды ИПММ НАН Украины. – Вып.16. – Донецк, ИПММ. – 2008. – С.93-102

<http://iamm.ac.donetsk.ua/upload/iblock/5e1/9.pdf>

4. Ivanova G.O. Identification of Convection Heat Transfer Coefficient of Secondary Cooling Zone of Based on Least Squares Method and Stochastic Approximation Method / G.O. Ivanova // Труды ИПММ НАН Украины. 2008. Т.17. С.61-73

<http://iamm.ac.donetsk.ua/upload/iblock/c04/13.pdf>