

К ВОПРОСУ ОБ ЭВОЛЮЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ТРЕТЬЕГО РОДА

д-р техн. наук, проф. О.С. Логунова, студ. Ю.А. Калугин, студ. В.Е. Торчинский, ФГБОУ ВПО "Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова", г. Магнитогорск

В работе изложены эволюционные шаги развития математической модели для описания теплового состояния бесконечно протяженного тела прямоугольного сечения [1–4]. Отмечается, что в работах [1–4] коэффициент теплоотдачи задается постоянным, что не позволяет построить адекватную математическую модель теплового состояния объектов (заготовок) в условиях перемещения тела по технологическим зонам агрегатов с изменением граничных условий во времени и пространстве. Вместе с этим, наличие закрытого пространства, высоких температур окружающей среды в совокупности с конструкционной сложностью производственных агрегатов не позволяют применить методики динамического измерения теплопроводности, приведенных в работах [5]. Математическая модель для описания теплового состояния тел, находящихся в условиях нагрева или охлаждения, является основой при проектировании новых агрегатов [6], совершенствовании режимов работы и технологий функционирующих систем и построении интеллектуальных систем управления технологическими линиями [7]. Таким образом, до настоящего времени сохраняется актуальность проблемы построения адекватных математических моделей, описывающих тепловое состояние тела при динамическом изменении граничных условий третьего рода.

Рассмотрены условия применимости псеводинамической одномерной математической модели теплового состояния бесконечно протяженного тела, изложенной в работе Самойловича Ю.А. Согласно этой модели с увеличением соотношения сторон прямоугольного бесконечно протяженного тела влияние теплообмена через узкую грань на процесс затвердевания уменьшается, и при достаточно большом значении представляется возможным проводить расчеты процессов затвердевания и нагрева с использованием более простой, одномерной математической модели. Рассмотрена псеводинамическая двухмерная математическая модель теплового состояния бесконечно протяженного тела, которая используется при перемещении объекта по технологическим зонам. В модели предлагается расширить размерность по координатам [1] для учета теплопереноса в двух направлениях по сечению тела, пренебрегая теплопереносом по его длине. Проведен сравнительный анализ приведенных псеводинамических математических моделей для описания теплового состояния бесконечно протяженного тела. Отмечено, что добавление размерности в псеводинамической математической модели

теплового состояния бесконечно протяженного тела позволило приблизить модельное решение к исследуемым процессам нагрева/охлаждения тел, в частности, наибольшие отличия, получены для периферийных угловых участков [1, 2]. Однако, остается нерешенной проблема учета теплопереноса по длине бесконечно протяженного тела при изменении его объема.

В работе предлагается третий эволюционный шаг математической модели теплового состояния бесконечно протяженного тела прямоугольного сечения, позволяющий учесть движение тела, изменение объема тела и теплопередачу в трех пространственных направлениях – 3D квазидинамическая математическая модель. Для устранения псевдинамики движения и изменения объема тела на третьем шаге эволюции предлагается дискретное представление в виде системы тел конечного объема, которые перемещаются вдоль оси Z . При этом образуется три консолидированных области Z_0 , Z_{+1} , Z_{-1} . Область Z_0 определена для сегмента бесконечно протяженного тела, находящегося на технологической линии (охлаждения / нагрева) в момент времени τ_0 , причем протяженность этой области динамически изменяется в период нестационарного протекания основного производственного процесса (наращивания или сокращения длины тела). Область Z_{+1} определена для сегментов, поступающих в область нагрева / охлаждения с дискретным шагом. При поступлении сегмента объем тела наращивается. Область Z_{-1} определена для сегментов, выходящих из области нагрева / охлаждения с дискретным шагом.

Список литературы: 1. *Логунова О.С.* Моделирование теплового состояния бесконечно протяженного тела с учетом динамически изменяющихся граничных условий третьего рода / *О.С. Логунова, И.И. Мацко, Д.С. Сафонов* // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Серия: Математ. моделирование и программирование. – 2012. – № 27. – С. 74-85. 2. *Логунова О.С.* Математическое моделирование макроскопических параметров затвердевания непрерывных слитков / *О.С. Логунова, Д.Х. Девятов, И.М. Ячиков* // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 1997. – № 2. – С. 49-51. 3. *Лыков А.В.* Теория теплопроводности: Учебн. пособие для вузов / *А.В. Лыков*. – М.: Высшая школа, 1952. – 600 с. 4. *Борисов В.Т.* Теория двухфазной зоны металлического слитка / *В.Т. Борисов*. – М.: Металлургия, 1987. – 224 с. 5. *Шестаков А.Л.* Новый подход к измерению динамически искаженного сигнала / *А.Л. Шестаков, Г.А. Свиридюк* // Вестн. Юж.-Урал. гос. ун-та. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2010. – № 16 (192). – Вып. 5. – С. 116–120. 6. *Сафонов Д.С.* Автоматизация проектирования конструкции секций вторичного охлаждения машины непрерывного литья заготовок / *Д.С. Сафонов, О.С. Логунова* // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2015. – № 1. – С. 110-125. 7. *Logunova O.S.* Automatic system for intelligent support of continuous cast billet production control processes / *O.S. Logunova, I.I. Matsko, I.A. Posohov, S.I. Luk'ynov* // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2014. – V. 74. – Issue 9. – P. 1407-1418.