

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВУХФАЗНОГО ТЕРМОСИФОНА  
В УСЛОВИЯХ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ***Л.Е. Валиева*Научный руководитель: ассистент кафедры ТПТ А.Э. Ни  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
E-mail: lil.valiewa@yandex.ru

Известно, что высоким энергетическим потенциалом обладает энергия земли (геотермальная энергия) [1]. Основным способом добычи геотермальной энергии является бурение скважин, с последующей прокладкой опускных и подъемных трубопроводов. Такой метод сопровождается рядом трудностей. В связи с этим появляется необходимость в автономных устройствах, предназначенных для передачи теплоты на большие расстояния. Одним из таких теплообменников могут быть термосифоны (ТС). ТС являются очень простыми в исполнении, но высокоэффективными теплопередающими устройствами [2]. Но экспериментальное исследование таких теплообменников в условиях извлечения глубинной теплоты затруднено существенными материальными затратами. Так стоимость бурения одной скважины до 10 км варьируется от 1–2 млрд руб. [3]. Для изучения режимов работы термосифонов перспективно применять методы математического моделирования.

Целью настоящего исследования является математическое моделирование режимов работы двухфазного ТС при извлечении геотермальной энергии.

Геометрическая постановка задачи представлена на рисунке 1. Рассматривается полость прямоугольного поперечного прямоугольного сечения, заполненная паром и ограниченная высокотеплопроводными стенками (медь). При постановке задачи предполагалось, что известна температура земли в окрестности нижней крышке ТС. Вертикальные стенки термосифона принимались адиабатическими. На внешней поверхности верхней крышки ТС учитывался конвективный теплообмен с окружающей средой по закону Ньютона-Рихмана. Считалось, что теплофизические характеристики металлического корпуса и паров хладагента не зависят от температуры. В качестве хладагента рассматривалась дистиллированная вода.

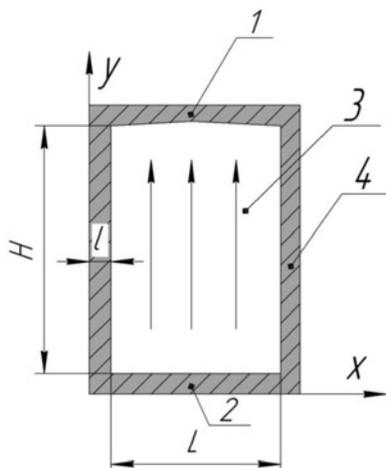


Рис. 1. Область решения:

1 – верхняя крышка; 2 – нижняя крышка; 3 – паровой канал; 4 – медный корпус

Процесс теплопереноса и гидродинамики в такой системе описывается уравнениями сохранения массы, импульса и энергии в приближении Буссинеска аналогично [2]. Разработанный вычислительный код был верифицирован на модельной задаче гидродинамики и теплопереноса [3]. Результаты математического моделирования представлены на рисунке 2.

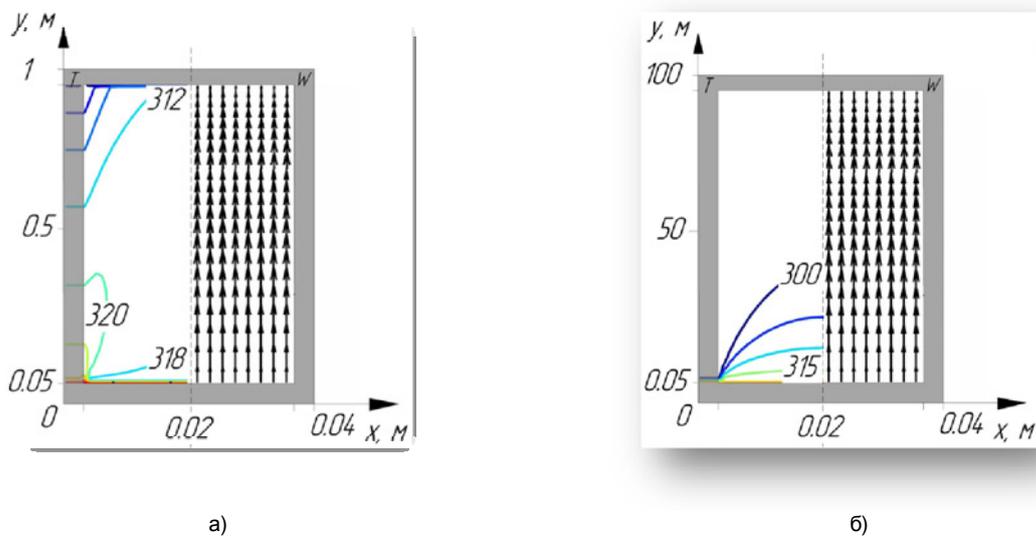


Рис. 2. Поля температур и скоростей движения водяных паров при  $T_h = 330$  К:  
а) –  $H = 1$  м; б) –  $H = 100$  м.

По приведённым иллюстрациям можно сделать вывод, что вследствие вынужденной конвекции пары движутся вверх и конденсируются на верхней крышке ТС. Формирующаяся пленка конденсата за счет силы тяжести стекает вниз по вертикальным стенкам. Установлено, что увеличение высоты термосифона приводит к росту перепада температур в паровом канале. При высоте равной 1 м перепад температур в паровом канале равен 5,98 °С, при высоте 100 м – 24,5 °С.

#### Список литературы

1. Hartmann F., Behrend R., Hantsch A. et al. Numerical investigation of the performance of a partially wetted geothermal thermosyphon at various power demand schemes // *Geothermics*. – 2015. – P. 99–107.
2. Кузнецов Г.В., Аль-Ани М.А., Шеремет М.А. Режимы смешанной конвекции в замкнутом двухфазном термосифоне // *Известия Томского политехнического университета* – 2011. – Т. 318, № 4. – С. 18–23.
3. Saeidi S.M., Khodadadi J.M. Forced convection in a square cavity with inlet and outlet ports // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. – 2006. – P. 1896–1906.