

RESUME

Le stockage de chaleur dans des fluides génère une stratification thermique. L'amélioration des performances des systèmes thermodynamiques implique une grande promotion de la stratification.

Afin de comprendre le phénomène, une étude numérique de la convection mixte transitoire d'un écoulement laminaire dans une cavité cylindrique verticale est entreprise. Initialement, le fluide est repos. Les surfaces supérieure, inférieure et périphérique sont isolées. Des fluides à des températures supérieures à la température initiale sont injectés dans la cavité à partir de différentes positions. Les champs dynamiques et thermiques pour divers nombres de Richardson sont numériquement étudiés afin de cerner l'influence des paramètres géométriques tels que les positions d'injection et d'extraction du fluide.

Les équations régissant les phénomènes étudiés sont les équations de conservation de la quantité de mouvement simplifiées par l'approximation de Boussinesq associées à l'équation de conservation de l'énergie.

La résolution des équations déduites est faite par la méthode des volumes finis. L'étude de la stratification thermique et l'efficacité de stockage thermique est ainsi présentée.

Pour vérifier la validité de la procédure de calcul, trois modèles d'écoulement pris de la littérature sont testés. Les résultats sont en bon accord avec ceux donnés par les références.

Pour le cas de la cavité cylindrique, la méthode présentée montre qu'il est possible de déterminer la configuration la plus performante par rapport à l'efficacité de stockage thermique.

L'étude traite aussi de l'utilisation de différents fluides comme moyens de stockage de la chaleur dans des cavités cylindriques ayant différents rapports de forme. L'influence des fluides est considérée à travers la variation des propriétés physiques représentées par le nombre de Prandtl. L'étude considère trois fluides représentatifs en l'occurrence l'huile Torada, le glycol d'éthylène et l'eau. Elle considère aussi des rapports de forme variant de 3 à 3/1. L'analyse de l'écoulement est faite à travers les distributions de la température pour les trois fluides dans les diverses configurations. Les performances du stockage thermique pour ces trois fluides sont analysées par l'intermédiaire de l'efficacité de stockage thermique transitoire.

L'influence du débit du fluide est exprimée à travers le nombre de Reynolds qui s'étale jusqu'à 5×10^4 en considérant l'eau comme fluide de travail. L'analyse de la stratification est faite qualitativement par l'intermédiaire de la distribution de la température. Des corrélations pour l'efficacité de stockage thermique ont été déduites en fonction du nombre de Reynolds et pour différents rapports de forme.

ABSTRACT

Sensible heat storage in fluids generates thermal stratification. Improving thermodynamic system efficiency implies the promotion of stratification much more.

In order to understand the phenomena, a numerical study of transient mixed convection of laminar flows in a vertical cylindrical cavity is undertaken. Initially, the fluid is motionless. The top, bottom and peripheral surfaces of the tank are assumed to be insulated. Fluid at a temperature above the initial temperature is injected into the cavity from different port locations. The resulting dynamic and thermal fields for different Richardson numbers are numerically studied in order to investigate the influence of geometrical parameters such as the inlet and outlet injection positions of the fluid. Transient, two-dimensional, mixed convection flows in a thermal storage tank was implemented using finite volume method. The governing equations are the conservation of mass, momentum and energy, superimposed through the use of appropriate boundary conditions (inflow and outflow conditions). Study of the thermal stratification and thermal storage efficiency is also presented.

To verify the validity of the solution procedure, three flow models taken from the literature are tested. The results are in good agreement with those of the references.

For the case of the validity of the cylindrical cavity, the present model has been shown to predict the literature results. The results are in good agreement with those of the references.

The study investigates also the use of different fluids as a heat storage medium in cylindrical cavities with different aspect ratios. The effect of the fluids is made through the variation of physical properties represented through the Prandtl number. The study considers three representative fluids i.e. Torada oil, ethylene glycol and water. It considers also cavities with aspect ratios varying from 3 to 1/3. Flow analysis is made through typical transient temperature distributions for the three fluids and for different configurations. The performances of thermal energy storage using these fluids are analyzed through the transient thermal storage efficiency.

The influence of the mass flow rate is made through the Reynolds number which extends up to 5×10^4 by considering water ($Pr=3.01$) as the working fluid. Stratification analysis is made qualitatively through temperature distribution. Correlations for the storage efficiency are deduced with respect to the Reynolds number and aspect ratios.