أنتقال الحرارة في الأعمدة الفقاعية للسوائل اللزجة

إعداد
محمد عبد الحسين محمد
إشراف
الأستاذ المساعد الدكتور : بلاسم أحمد عبد

الخلاصة

شهد استخدام السوائل عالية اللزوجة في الأعمدة الفقاعية تطورا ملحوظاً خلال العقد الحالي حيث يستخدم هذا النوع كثيرا في الصناعات الكيمياوية والمفاعلات البايوكيمياوية وعمليات معالجة التلوث. ومن الجدير بالذكر أن عملية انتقال الحرارة التي تستخدم السوائل العالية اللزوجة تختلف اختلافا كبيرا عن الاعمدة الفقاعية الشائعة التي تستخدم السوائل واطئة اللزوجة، وهذا الأختلاف جاء نتيجة لتعقيد خواصها الهيدروديناميكية وتداخل هذه الخواص فيما بينها في السوائل عالية اللزوجة.

حسابات الهيدروديناميك (CFD) هي أداة محاكاة رائعة لمستخدمي الحاسوب وفي التطبيقات الرياضية لجريان الموائع في العمود الفقاعي لتوقع انتقال الكتلة والحرارة وتحسين التصميم في مفاعلات الأعمدة الفقاعية, من السهل تعميم هذه الطريقة لمديات واسعة من قياسات العمود الفقاعي لمختلف أنظمة غاز- سائل وبكلف واطئة مقارنة بمتطلبات الشغل العملي.

تم تطوير الموديل الرياضي واطيء رقم رينولد $(k-\varepsilon)$ لتوقع الهيدروديناميك في الأعمدة الفقاعية, أعطيَ اهتمام خاص للنمذجة قرب جدار العمود الفقاعي.

كان هناك توافق ممتاز بين المتوقع بواسطة الموديل والنتائج العملية لمحتوى وسرعة غاز لمدى واسع من قطر العمود $(0.1<D<0.3)$, وارتفاع $(1.2<H_D<2.5m)$ لمدى سرعة الغاز $(0.01<V_G<0.23m/s)$, مع معدل نسبة خطأ لا تتجاوز 2,93 %. النتائج العملية استحصلت من مصادر مختلفة. الموديل الرياضي قرب جدار العمود الفقاعي قد وسع لتوقع معامل إنتقال الحرارة. أستخدم كامبت نسخة (2.2.30) [الأداة قبل المعالج فلونت نسخة 6.2.16] لأنشاء ونمذجة العمود الفقاعي ثلاثي الأبعاد.

الموديل الرياضي كان ناجح ليغطي أنظمة غاز- سائل عديدة ومختلفة لمدى من الخواص الفيزياوية للسائل, تتضمن هواء- ماء, وهواء- كليسرين $(\mu_L=2.8\text{-}240\ \text{mPa.s})$ وهواء- زيت (Oil-free, $\mu_L=0.96\text{-}38\ \text{mPa.s}$) ونايتروجين- باراثيرم $(\mu_L=5.3\text{-}19\ \text{mPa.s})$ ونايتروجين- كلايكول $(\mu_L=2.9\text{-}23\ \text{mPa.s})$.

الجامعة التكنولوجية
الإدارة العامة للمكتبة المركزية
7086
53612

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الخلاصة

طريقة جديدة استحدثت لتطوير توقع سرعة السائل قرب الجدار كدالة للنتائج العملية وسرعة الغاز لمدى (0.01-0.1 m/s) مع معدل معامل الأرتباط مساوي لـ 0.982.

$$u_L = N_w u_L^{predicted} - V_G \ln\left[\frac{1-V_G}{r/R}\right]$$

انعكست هذه الطريقة على توقع معامل انتقال الحرارة, من خلال تعديل تدرج درجة الحرارة المستحصل من (CFD) بواسطة العلاقة:

$$T_r = 2\left[\frac{u_L}{u_L^{predicted}}\right] T_r^{predicted}$$

وجد تطابق ممتاز عند مقارنة معاملات انتقال الحرارة المستحصلة من المحاكاة (CFD) مع النتائج العملية المتوفرة في الأعمال السابقة بمعدل نسبة خطأ 4,33 % للأنظمة المختلفة المستخدمة في هذا البحث.

الملاحظات والنتائج في هذا العمل تشير إلى أنه، سرعة الغاز ولزوجة السائل المتغريين الرئيسيتين اللذان يحددان معامل انتقال الحراره في عمود الفقاعة. لذلك أجريت في هذا العمل محاولة لربط المعلومات العملية بهيئة علاقة تجريبية:

$$h = 6000 V_G^{0.44} \mu_L^{-0.1}$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Abstract

In recent years, bubble columns with highly viscous liquids are found in widespread applications in chemical and biotechnological processes especially in biochemical reactors and pollution treatment. The heat transfer behaviour of bubble columns of highly viscous liquids is different from that of the low viscosity liquids, due to the complex hydrodynamic parameters and their interactions.

Computational fluid dynamics (CFD) is a simulation tool, which uses powerful computer and applied mathematics to model fluid flow situations for the prediction of heat, mass and momentum transfer and optimal design in industrial processes. In easy way, this method has been generalized for a wide range of scales bubble columns with various gas-liquid systems and low cost compared to the practical cost requirements.

A low Reynolds number $k-\varepsilon$ model has been developed for the prediction of flow pattern in bubble columns. Specific attention has been given to the modeling near the wall.

Excellent agreement between predicted and experimental profiles of hold-up and velocity was observed for a wide range of column diameter $0.1<D<0.3$ m., column height $1.2<H_D<2.5$m and superficial gas velocity ($0.01<V_G<0.23$ m/s), with average percentage error of 2.93 % for gas hold up predictions.

These data have been reported in different laboratories. The near wall flow model was extended for prediction of heat transfer in the bubble column reactor. GAMBIT 2.2.30 (preprocessor for FLUENT 6.2.16) is used to create three dimensional geometries of the bubble column as well as for its meshing.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Abstract

The model was also successfully applied to many different gas-liquid system, for a range of liquid physical properties. including air-water, Air-Glycerine (2.8-240 mPa.s), Air- Carboxy Methyl Cellulose (CMC) (μ_L=0.96-38 mPa.s). Nitrogen-Paratherm NF (μ_L=5.3-19 mPa.s). Nitrogen-Glycol (μ_L=2.9-23 mPa.s).

New approach method has been developed to improve the prediction of axial liquid velocity near wall as function of experimental data for certain V_G and gas-liquid system, in the superficial gas velocity range 0.01-0.1 m/s, and mean correlation coefficient equal to 0.982, as:

$$u_L = N_w u_L^{predicted} - V_G \ln\left[\frac{1-V_G}{r/R}\right]$$

This method has been Reflected to predict heat transfer coefficient, by amending the temperature gradient obtained from (CFD) by the following relationship:

$$T_r = 2\left[\frac{u_L}{u_L^{predicted}}\right] T_r^{predicted}$$

Excellent agreement has been found between the CFD predictions values of heat transfer coefficient and the experimental data those found in literature, with mean percentage error 4.33 % for different system used in this research.

The present observations and results pointed to that, the superficial gas velocity and the liquid viscosity are the two main process variables that determine the heat transfer coefficient in the bubble column. Therefore an attempt has been made to correlate an experimental data as empirical relation as:

$$h = 6000 V_G^{0.44} \mu_L^{-0.1}$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com