ABSTRACT

The dynamic behavior of trayed batch distillation column has been studied theoretically and experimentally. The experimental work was performed through using a batch distillation column consisting of eight bubble-cup trays. A zeotropic (nonazeotropic) system of Benzene, Toluene, and Ethylbenzene (B-T-EB) had been used. The experimental study included studying the effects of reflux ratio, heat duty, and initial charge composition on the batch distillation process. The range of reflux ratio studied was 1 - 4, heat duty was 222 and 336 Watt, and the initial charge composition was 0.2 - 0.5 mole fraction of the light component (benzene) and for the heavy component (ethylbenzene).

The theoretical study was performed through several steps in order to construct and develop an improved dynamic model based on the recent manner of modeling that including of coupling mass and energy transfer between vapor and liquid phases so-called "*Nonequilibrium (or Rate)-Based modeling*", which is based on **MERSHQ** equations (**M**aterial, **E**nergy balances, **R**ate of mass and heat transfer, **S**ummation of composition **H**ydrodynamic equation of pressure drop, and e**Q**uilibrium relation.

The developed model can be employed to simulate the batch distillation operation. This model required the in advance specifications of the number of trays, the tray type and specifications, the reflux ratio, the heat duty, and the initial charge composition to determine the dynamic responses of the following:

- The liquid and vapor composition profile.
- The liquid and vapor temperature profile.
- The liquid and vapor internal flow rates profile.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

- The stage holdup profile.
- The top product (distillate) flow rate, temperature, and composition.
- The bottom product (still) amount, temperature, and composition.
- Rates of mass and energy transfer between the vapor and liquid phases.
- Diffusive and convective mass transfer rates between phases.

The theoretical steps that had been performed to formulate the developed model consisted of the following:

- Choosing an appropriate model for the thermodynamic equilibrium through finding an experimental data of vapor-liquid equilibrium for the studied system and comparing the predictions of the available models with the experimental data to select the appropriate one.
- Choosing an appropriate model for mass and energy transfer between vapor and liquid phases on bubble-cap tray, according to harmonization of predictions with the studied system.
- Choosing an appropriate solver for solving the systems of stiff ordinary differential equations (ODE) coupled with nonlinear algebraic equations AE, where it is noteworthy in this study that the stiffness ratio of ODE increased with the modeling of nonequilibrium-based model compared with that of the equilibrium-based model.
- Choosing an appropriate model for the steady state in a total reflux condition to estimate the suitable initial values required for starting the solver of the ODE of initial values problems.

The performance and validity of the developed nonequilibrium-based model had been evaluated by comparing its predictions with the present experimental data of B-T-EB system and with the previous experimental

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

data of azeotropic batch distillation for an azeotropic system of Ethanol-Water-Benzene (E-W-B). The developed nonequilibrium-based model gave a good agreement with the experimental data of the two sources.

The developed nonequilibrium-based model and the equilibrium-based model had also been compared, graphically and statistically, with the present experimental data. It was found that the overall performance of the nonequilibrium-based model was better than that of the equilibrium-based model.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الجامعة التكنولوجية
الأمانة العامة للمكتبة المركزية
التسلسل: 5702
التصنيف: 663.10
S.159 R
التاريخ: 7/8/24

الخلاصة

تم دراسة التصرف الديناميكي لعمود تقطير الدفعات ذو الصواني عمليا و نظريا . الدراسة العملية أنجزت من خلال إجراء التجارب باستخدام عمود لتقطير الدفعات يتألف من ثمان صواني نوع الفنجان الفقاعي. تم استخدام نظام اعتيادي مؤلف من البنزين والتلوين والاثيل بنزين. الدراسة العملية تضمنت دراسة تأثير نسبة الراجع و الحمل الحراري والتركيب الابتدائي المشحون في إناء الغلاية على عملية التقطير ذوالدفعات .نسبة الراجع التي تم دراستها كانت من ١- ٤ والحمل الحراري كان ٢٢٢ و٣٣٦ واط أما التركيب الابتدائي المشحون فكان ٠,٢-٠,٥ كسر مولي بالنسبة لكل من المادة الخفيفة (البنزين) والمادة الثقيلة ا(لاثيل بنزين) .

الدراسة النظرية أنجزت من خلال عدة خطوات لغرض إنشاء و تطوير موديل ديناميكي معتمد على أسلوب النمذجة الحديثة المتضمنة على انتقال الكتلة والطاقة المترادفة بين الأطوار والتي تدعى "النمذجة المعتمدة على عدم التوازن أو (معدل الجريان)" والتي تعتمد على معادلات MERSHQ وهي مختصر لانتقال المادة والطاقة ومعدل جريان المادة والطاقة مع جمع التراكيب وكذلك المعادلة الهيدرودينميكية لهبوط الضغط بالإضافة إلى علاقات التوازن.

هذا الموديل ممكن استخدامه لمحاكاة عملية تقطير الدفعات. الموديل يحتاج التعيين المسبق لعدد الصواني و نوع الصينية و مواصفاتها بالإضافة إلى نسبة الراجع و الحمل الحراري و التراكيب الابتدائية المشحونة في الغلاية لكي يستخدم لتحديد الاستجابة الديناميكية لما يلي:

- توزيع التراكيب على طول العمود للسائل والبخار.
- توزيع درجات الحرارة على طول العمود للسائل والبخار.
- توزيع معدل الجريان الداخلي لكل من السائل والبخار.
- توزيع التراكم الكتلي.
- الناتج العلوي (المقطر) معدل الجريان و درجة الحرارة و التركيب.
- الناتج السفلي (إناء الغلاية) الكمية لمتبقية و درجة الحرارة و التركيب.
- معدل جريان الكتلة والطاقة بين الطورين السائل والبخار.
- معدل الجريان الانتشاري والكتلي لانتقال الكتلة بين الطورين.

الخطوات النظرية التي تم انجازها لصياغة النموذج النهائي مؤلفة مما يلي:

- اختيار الموديل الأنسب للتوازن الثرموديناميكي من خلال إيجاد بيانات عملية تجريبية لتوازن بخار-سائل للنظام المدروس ومقارنة التكهنات للموديلات المتوفرة مع هذه البيانات العملية لكي يتم اختيار الأنسب بينهم.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

- اختيار الموديل الأنسب لانتقال الكتلة و الطاقة بين طوري البخار والسائل على الصينية نوع الفنجان الفقاعي من خلال تكهنات هذه الموديلات بما ينسجم مع النظام الحالي المدروس.
- اختيار الأسلوب المناسب لحل مجموعة المعادلات التفاضلية الحادة مع المعادلات الجبرية اللاخطية ، حيث إنه جدير بالملاحظة في هذه الدراسة إن الحدة بالنسبة للمعادلات التفاضلية في حالة النمذجة بأسلوب نمذجة اللاتوازن تزداد مقارنة مع أسلوب نمذجة التوازن.
- اختيار موديل مناسب لحالة الاستقرار في ظرف الرجوع الكلي لإيجاد القيم الابتدائية المناسبة لحل المعادلات التفاضلية التي تحتاج إلى القيم الابتدائية في بداية حل هذه المعادلات.

تم تقيم أداء موديل اللاتوازن بمقارنة تكهناته مع البيانات التجريبية الحالية لنظام بنزين-تلوين-اثيل بنزين وأيضاً مع بيانات تجريبية سابقة لتقطير الدفعات الازوتروبي لنظام الازوتروب ايثانول-ماء-بنزين. موديل اللاتوازن أعطت توافق جيد مع هذه البيانات.

كذلك تم مقارنة التكهنات لكل من موديل اللاتوازن و موديل التوازن مع النتائج التجريبية الحالية بيانياً وإحصائياً وقد وتبين إن أداء موديل اللاتوازن كان أفضل من أداء موديل التوازن.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com