

Departamento de Engenharia Química / FCTUC
Mestrado em Engenharia Química — 2025–26
Modelação e Supervisão de Processos

Enunciados do Trabalho: parte 1 & 2

Selecione o enunciado do problema (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6) a partir do resto da divisão inteira por 7 da soma dos dois números de estudante dos membros do grupo. No caso de fazer o trabalho individualmente, multiplique por 2 o número de estudante.

0. Numa das estações de tratamento de efluentes da instalação de uma biorefinaria está a testar-se um novo equipamento para a recuperação de dois componentes (A e B) num efluente líquido, de grande valor económico.

O novo equipamento tem a forma de uma coluna. No seu interior dispõe de um feixe de tubos feitos de um material cerâmico compósito poroso, permeável a A e a B. O solvente líquido para recuperar A e B circula dentro dos tubos em contra-corrente. Estando esta tecnologia em fase de teste é necessário apurar o seu funcionamento, designadamente para saber qual a temperatura adequada de operação, pois esta tem muita influência no desempenho da recuperação de A e B. A coluna de recuperação está dotada de toda a instrumentação necessária, incluindo válvulas de regulação de caudais.

Na resolução do problema de modelação comece por considerar apenas um dos tubos e aproxime-o por uma associação em série de 5 elementos de volume perfeitamente agitados.

1. Uma unidade industrial agro-alimentar desenvolveu um protótipo de uma nova coluna de operação contínua, em que se faz circular pelo topo, em contra-corrente, de forma continuada, um material granulado do qual se pretende extrair uma substância GX. O objectivo é reduzir a concentração de GX no granulado. Para tal utiliza-se uma corrente de gás inerte que entra na base da coluna a uma dada temperatura. A unidade de processo está dotada de toda a instrumentação necessária, incluindo válvulas para regular os caudais de gás e de granulado sólido. A operação decorre com a descida relativamente lenta do material granulado ao longo da coluna, com um tempo de passagem suficiente para atingir a concentração de GX no granulado desejada.

Na resolução do problema de modelação aproxime o comportamento da unidade processual por uma série de 3 elementos de volume com agitação.

2. Um processo de separação à escala piloto é constituído por duas unidades em série, conhecidas pela sigla INOVSEP, para recuperar o componente HX de uma corrente líquida. Estas unidades INOVSEP são constituídas por dois tanques cilíndricos concêntricos, em que a parede do tanque interno é feita de um material cerâmico complexo permeável a HX. Este é assim recuperado da mistura líquida no tanque interno através de um solvente que circula entre a parede cerâmica e a parede externa da unidade INOVSEP. A corrente líquida em HS entra no tanque interno da primeira INOVSEP e segue depois para o tanque interno da segunda INOVSEP. Por sua vez, a corrente de solvente circula em contra-corrente, no volume anular das unidades INOVSEP.

Formule um modelo matemático que permita investigar o desempenho deste processo de separação inovador. Assuma que a instalação piloto está dotada de toda a instrumentação necessária para uma operação eficiente.

3. O estágio final de produção numa fábrica de polímeros é a secagem de um material polimérico granulado. Este é distribuído uniformemente numa correia transportadora que atravessa uma câmara de secagem. O objectivo é reduzir o teor de solvente embebido no material polimérico granulado até um valor desejado para satisfazer certos indicadores de desempenho da unidade industrial. É introduzida uma corrente de ar quente distribuída ao longo da câmara de secagem para manter a temperatura no seu interior.

A unidade de secagem está dotada de toda a instrumentação e equipamento auxiliares necessários para a sua operação, incluindo um sistema de ventoinhas eficaz para garantir uma boa circulação de ar e *softsensors* do teor de solvente no material polimérico granulado à saída da câmara.

Na resolução do problema de modelação aproxime o comportamento da unidade processual por uma série de 8 segmentos da câmara secagem, assumindo que se tratam de módulos em que o teor de solvente no granulado é o mesmo ao longo do seu comprimento.

4. Uma unidade com uma bateria de duas colunas de enchimento para extracção líquido-líquido, associadas em série, têm como função extrair o componente PX de uma corrente líquida com um determinado caudal de operação. A corrente de solvente, é repartida pelas duas colunas. Quer a corrente de solvente, quer a corrente de alimentação entram nas colunas à mesma temperatura. A temperatura destas correntes pode variar consoante os requisitos operacionais da bateria.

As colunas têm instrumentação para medir temperaturas, caudais e a composição em linha de todas as correntes de entrada e de saída. Também dispõem de tubos de Bourdon com uma interface digital para medir a pressão no topo e na base. Os caudais de entrada são manipuláveis através de válvulas. É sabido que o processo de extracção é facilitado com uma temperatura T mais elevada (observando-se uma certa dependência linear com T).

No exercício de modelação considere apenas uma das colunas, assumindo que o comportamento desta pode ser aproximado por uma associação em série de 4 elementos de mistura.

5. Num reactor contínuo ocorre a formação de produto P e G a partir de um reagente A (reacção química de primeira ordem, irreversível e ligeiramente isotérmica). A corrente de saída do reactor é parcialmente recirculada para o reactor através da passagem por uma unidade de separação de modo a reduzir a concentração de G e recuperar o reagente A. A remoção do componente G nessa unidade de separação pode ser controlada mediante a manipulação do caudal de solvente. A separação nessa unidade decorre da utilização de membranas específicas para remover G da mmistura reaccional.

Formule um modelo matemático para descrever o comportamento dinâmico de modo a prever a evolução da concentração de produto desejado P na corrente de saída do processo (reactor + unidade de separação na corrente de recirculação).

6. A separação e purificação de produtos num processo industrial é feita recorrendo a várias colunas de enchimento. Designadamente, dispõe de quatro colunas de *stripping*, a operar em série e em paralelo, para remover o componente AX de uma corrente de líquido. Para isso, é utilizado um caudal de gás isento de AX. É de salientar que cada coluna está dotada de instrumentação para medir a temperatura, o caudal e a composição das correntes de entrada e de saída, e de tubos de Bourdon para medir a pressão no topo e na base. Há também duas válvulas para regular os caudais de entrada. As colunas operam a pressões moderadas.

Na resolução do problema de modelação considere apenas uma das colunas. Assuma que o comportamento desta pode ser aproximado por uma associação em série de 5 elementos de mistura.