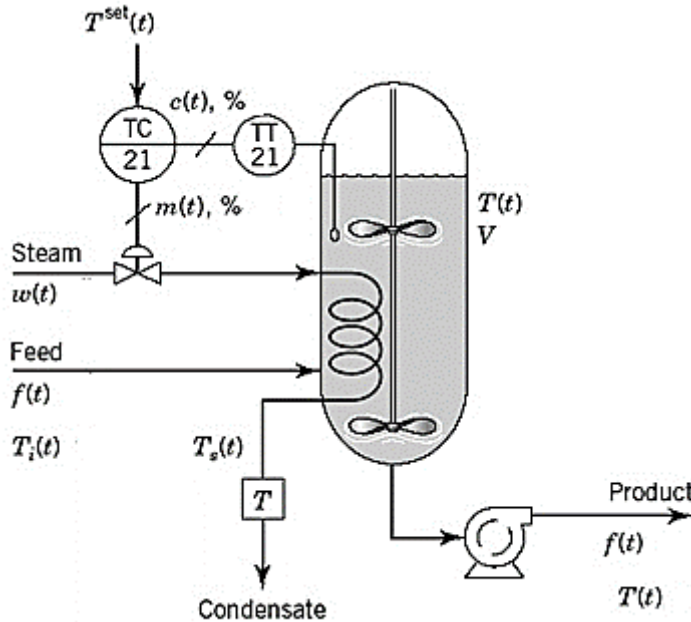


## بنام خدا

تکلیف سوم مباحث ویژه در کنترل (شبیه سازی و کنترل فرآیند)

۱- در تانک نشان داده شده در شکل زیر، دمای جریان مایع خروجی (Product) توسط دبی بخار آب (Steam) ورودی به کویل کنترل می شود.



اطلاعات مربوط به فرآیند بصورت زیر است:

دانسیته خوراک (Feed)  $= 1090 \text{ kg/m}^3$ ، ظرفیت حرارتی خوراک  $= 3350 \text{ J/(kg K)}$ ، حجم مایع داخل تانک  $= 3.4 \text{ m}^3$  کویل از جنس لوله فولادی با طول  $62.5 \text{ m}$ ، قطر خارجی  $4.5 \text{ in}$ ، جرم بر واحد طول  $16.1 \text{ kg/m}$  و ظرفیت حرارتی  $502.4 \text{ J/(kg K)}$  می باشد.

ضریب انتقال حرارت مابین سیال داخل تانک و دیواره کویل برابر با  $716 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$  می باشد.

فرض کنید که دمای کویل  $(T_w)$  در تمام نقاط تقریباً یکسان بوده ولی نمی توان از تجمع حرارت در آن صرف نظر نمود (lumped formulation).

فرض کنید که steam بصورت بخار اشباع وارد کویل شده و بصورت مایع اشباع از کویل خارج می شود. بعبارت دیگر اختلاف انرژی ورودی به کویل توسط steam و انرژی خروجی از کویل توسط condensate را همان گرمای نهان تبخیر آب در نظر بگیرید. گرمای نهان تبخیر آب را برابر  $2.215 \times 10^6 \text{ J/kg}$  فرض نمایید.

فرض کنید که ضریب انتقال حرارت مابین سیال داخل کویل و دیواره کویل خیلی زیاد است. بعبارت دیگر دمای دیواره کویل و دمای steam تقریباً یکسان می باشد  $(T_s = T_w)$ . همچنین از تجمع حرارت در سیال داخل کویل صرف نظر نمایید (QSS).

حجم سیال داخل تانک و خواص ترموفیزیکی را ثابت فرض نمایید، همچنین از اتلاف حرارتی دیواره تانک با محیط، صرف نظر نمایید.

با فرض افت فشار ثابت، نرخ جرمی steam عبوری از شیر کنترل (kg/s) را می توان بصورت زیر محاسبه نمود:

$$w(t) = 0.0053m(t)$$

مقادیر نامی دبی خو راک (f)، دمای خوراک ( $T_i$ ) و دمای محصول (T) به ترتیب برابر با  $0.0071 \text{ m}^3/\text{s}$ ،  $37.8 \text{ }^\circ\text{C}$  و  $65.6 \text{ }^\circ\text{C}$  می باشند.

سنسور دما در محدوده 38 تا 93 درجه سانتیگراد کالیبره شده و دارای ثابت زمانی 45 ثانیه می باشد.

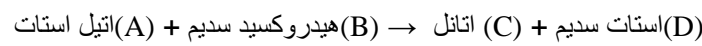
الف) با نوشتن موازنه انرژی برای سیال داخل ظرف و کویل، معادلات ریاضی حاکم بر فرآیند را بدست آورید.

ب) مقادیر نامی دمای میعان بخار آب ( $T_s$ )، دبی بخار آب (w) و سیگنال کنترل (m) را محاسبه کنید.

ج) فرآیند فوق را بکمک کامپیوتر شبیه سازی کنید.

د) دو تغییر متوالی پله ای به اندازه  $\pm 5\%$  در سیگنال کنترل اعمال کرده و پاسخ مدار باز دمای اندازه گیری شده محصول را گزارش کنید. عمل مذکور را برای دمای خوراک نیز انجام داده و نتایج حاصله را گزارش کنید.

۲- اتیل استات در مجاورت سود سوزآور در محیط آبی تولید اتانل و استات سدیم می کند:



مشخصات سنتتیک و واکنش فوق بصورت زیر داده شده است:

$$r \left( \frac{\text{gmole A}}{\text{lit} \cdot \text{min}} \right) = k C_A^2, \quad C_A = \frac{\text{gmole}}{\text{lit}} \quad : (C_B \text{ و } C_A \text{ بودن برابر فرض})$$

$$k \left( \frac{\text{lit}}{\text{gmole} \cdot \text{min}} \right) = 1.491 \times 10^8 \exp \left[ \frac{-5011}{T(^{\circ}\text{K})} \right] \quad \text{ثابت سرعت واکنش:}$$

$$\Delta H_R \left( \frac{\text{J}}{\text{gmole A}} \right) = -63000 \quad \text{حرارت آزاد شده در اثر واکنش (واکنش گرمازا):}$$

فرض کنید که خواص فیزیکی و ترمودینامیکی مخلوط فوق بصورت زیر می باشد:

$$\rho(\text{density}) = 995 \frac{\text{g}}{\text{lit}}, \quad C_p(\text{specific heat}) = 3.96 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$$

جهت انجام واکنش فوق از یک راکتور CSTR با مشخصات زیر استفاده شده است:

$$\text{قطر داخلی راکتور} = 1.085 \text{ m}$$

$$\text{ارتفاع مایع داخل راکتور (فرض کنید ثابت است)} = 1.085 \text{ m}$$

$$\text{حجم ژاکت راکتور (فرض کنید ثابت است)} = 45 \text{ lit}$$

دیواره ژاکت عایق بندی شده است.

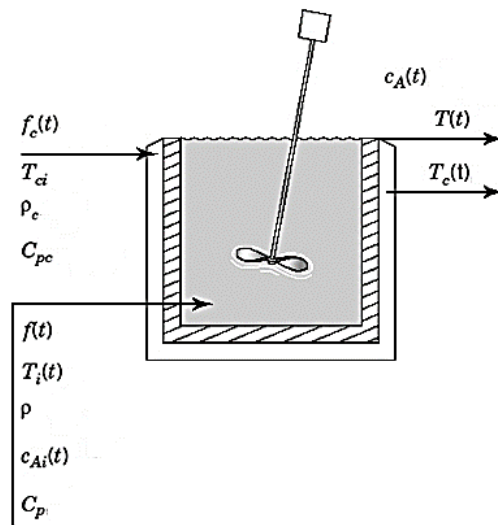
ضریب کلی انتقال حرارت با صرف نظر از مقاومت دیواره  $90 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

خواص سیال داخل ژاکت راکتور:

$$\rho_c = 1000 \frac{\text{g}}{\text{lit}}, \quad C_{pc} = 4.0 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$$

مقادیر نامی متغیرهای ورودی:

$$\bar{f} = 330 \frac{\text{lit}}{\text{min}}, \quad \bar{f}_c = 45 \frac{\text{lit}}{\text{min}}, \quad \bar{T}_i = 308.2 \text{ K}, \quad \bar{T}_{ci} = 303.2 \text{ K}, \quad \bar{C}_{Ai} = 0.05 \frac{\text{gmole}}{\text{lit}}$$



الف) معادلات مورد نیاز برای شبیه سازی فرآیند را بدست آورید (شامل موازنه جرم جزء A، موازنه انرژی برای سیال داخل راکتور و موازنه انرژی برای سیال داخل ژاکت). از تجمع حرارت در دیواره صرف نظر کنید.

ب) مقادیر نامی متغیرهای حالت را محاسبه کنید.

ج) فرآیند را بکمک نرم افزار Matlab/Simulink شبیه سازی کنید.

د) نحوه تغییرات متغیرهای حالت را به ازای تغییرات پله ای در دما و غلظت خوراک گزارش کنید.

**موفق باشید**