

طرح یک راکتور با دمای متغیر در حالت ثبات

تمرین ۳ - برای تولید G مول در ساعت محصول B طبق واکنش درجه یک $A \rightarrow B$ ، بهترین راکتور و گرمکن را طراحی کنید. فرض کنید ملاک برتری، کمتر بودن هزینه باشد. معادله

$$\frac{dB}{dt} = kA$$

سرعت واکنش بدین قرار است:

پارامترهای قابل تغییر برای طراحی **Design Variables**

$w, A, T, k, Q_H, w_H, T_0, A_H, V$

ورودی‌های مشخصه سیستم

$k_0, E, C_P, -\Delta H, C_{PH}, U, G, A_f, T_f, T_H$

توجه تعاریف پارامترهای فوق، مشابه پارامترهای تمرین قبل (راکتور با دمای ثابت) است.

حل تمرین ۳

برای بهینه سازی:

$$\frac{\partial C_T}{\partial T_0} = 0 \quad \text{--(۱)}$$

$$-\left[(-\Delta H)G + \frac{G C_p \rho (T_f - T)}{A_f - A} \right] \quad \text{--(۲) در نتیجه داریم:}$$

$$\times \left[\frac{-2C_A}{U(T_H + T_0 - 2T)^2} + \frac{C_H}{C_{PH}(T_H - T_0)^2} \right] = 0$$

جمله اول (سمت چپ) نمی تواند صفر شود، پس جمله دوم صفر می شود:

$$C_H U(T_H + T_0 - 2T)^2 = 2C_A C_{PH}(T_H - T_0)^2 \quad \text{--(۳)}$$

$$\frac{\partial C_T}{\partial A} = 0 \quad \text{--(۴) همچنین:}$$

پس:

$$\text{--(۵)}$$

$$\frac{C_V(A_f - A)^2}{kA^2} = C_f A_f + C_p \rho (T - T_f) \left[\frac{2C_A}{U(T_H + T_0 - 2T)} + \frac{C_H}{C_{PH}(T_H - T_0)} \right]$$

و نیز:

$$\frac{\partial C_T}{\partial T} = 0 \quad \text{--(۶)}$$

پس:

$$\frac{C_U Q}{kA R T^2} = - \left[(-\Delta H) + \frac{C_p \ell (T_f - T)}{A_f - A} \right] \left[\frac{4C_A}{U(T_H + T_0 - 2T)^2} \right]$$

ادامه حل تمرین ۳

$$+ \frac{C_p \rho}{A_f - A} \left[\frac{2C_A}{U(T_H + T_0 - 2T)^2} + \frac{C_H}{C_{PH}(T_H - T_0)} \right] \quad \text{--(۷)}$$

برای حل سه معادله فوق و سه مجهول T_0 ، A و T می توان از روش عددی یا ترسیمی استفاده کرد.

اگر از طرفین رابطه (۳) ریشه دوم بگیریم، T_0 را بر حسب T می توانیم بدست آوریم:

$$T_H + T_0 - 2T = \sqrt{\frac{2C_A C_{PH}}{C_H U}} (T_H - T_0) \quad \text{--(۸)}$$

$$T_0 = \frac{\left(\sqrt{\frac{2C_A C_{PH}}{C_H U}} - 1 \right) T_H + 2T}{1 + \sqrt{\frac{2C_A C_{PH}}{C_H U}}} \quad \text{--(۹)}$$

حال نمودار مقدار بهینه T_0 را بر حسب T می توان رسم کرده و از آنجا برای هر T یک T_0 بهینه پیدا کرد. با قرار دادن مقادیر حاصل در معادله (۵)، A بهینه را می توان پیدا کرد. آنگاه نمودار T_0 و A بهینه را می توان بر حسب T رسم کرد. حال مقدار دلخواه T همراه با T_0 و A بهینه را در رابطه (۷) قرار داده و تابعهای دست چپ و دست راست معادله (۷) را بر حسب T رسم می کنیم. محل تقاطع، T بهینه را بدست می دهد. با استفاده از مقدار T بهینه، T_0 و A بهینه پیدا می شود. با تکرار عملیات فوق دقت ارقام افزایش یافته و نهایتاً مقادیر k ، w ، V ، Q_H ، q_H و A_H از روی T ، T_0 و A بدست می آیند.

با نسبت دادن مقادیر عددی به کمیات بکار رفته در تمرین فوق، نحوه محاسبه کمیات بهینه را برای تمرینهای ۲ و ۳ امتحان می کنیم.

تمرین ۴ - داده های مربوط به قیمت عبارتند از:

$$C_A = 979 \frac{\text{R}}{\text{cm}^2 \cdot \text{hr}} ; C_f = 236 \frac{\text{R}}{\text{mol}} ; C_H = 0.2 \frac{\text{R}}{\text{mol}} ; C_V = 148 \frac{\text{R}}{\text{lit} \cdot \text{hr}}$$

ثابتهای سیستم:

$$C_{p \ell} = 1 \frac{\text{Cal}}{\text{cc} \cdot ^\circ\text{K}} ; C_{pH} = 1 \frac{\text{Cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{K}} ; Q = 59800 \frac{\text{Cal}}{\text{mol}}$$

$$k_0 = 3.01 \times 10^{30} \frac{1}{\text{s}} ; -\Delta H = 12900 \frac{\text{Cal}}{\text{mol}}$$

اطلاعات طراحی و داده های ورودی سیستم:

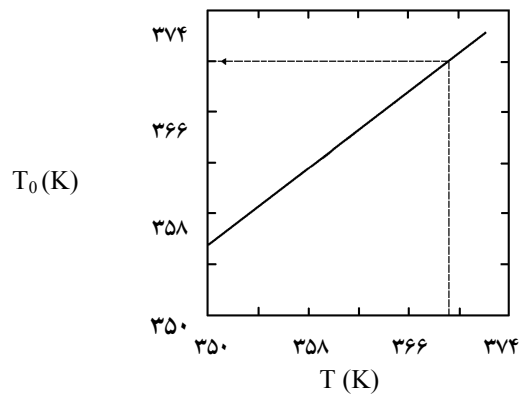
$$G = 1285 \frac{\text{mol}}{\text{hr}} ; T_f = 300 \text{ } ^\circ\text{K} ; T_H = 373 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$U = 1 \frac{\text{Cal} \cdot ^\circ\text{K}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} ; A_f = 0.005 \frac{\text{mol}}{\text{cc}}$$

با بکارگیری این مقادیر، کمیات بهینه را محاسبه کنید.

حل تمرین ۴

T_0 را بر حسب T رسم کنید:



شکل ۲ - نمودار دمای گرمکن بر حسب دمای مواد داخل راکتور.

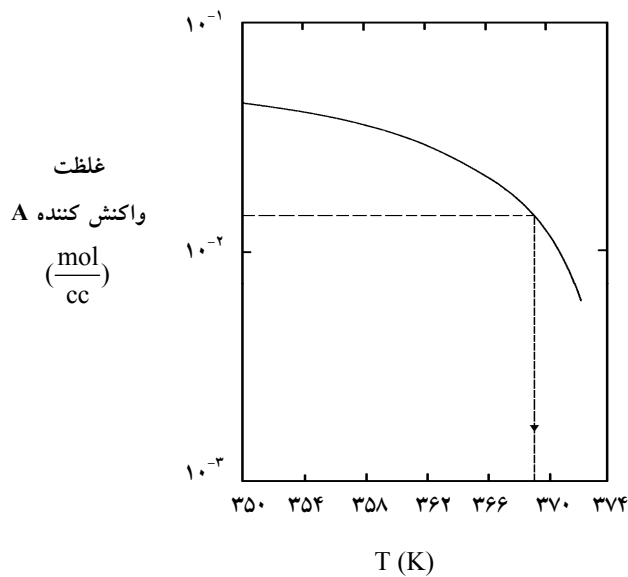
ادامه حل تمرین ۴

معادله (۵) را می توان چنین نوشت:

$$\left\{ 1 - \frac{C_f}{C_v} k A_f - \frac{k C_p P (T - T_f)}{C_v} \left[\frac{2 C_A}{U (T_H + T_0 - 2T)} + \frac{C_H}{C_{PH} (T_H - T_0)} \right] \right\} A^2$$

$$-2 A_f A + A_f^2 = 0$$

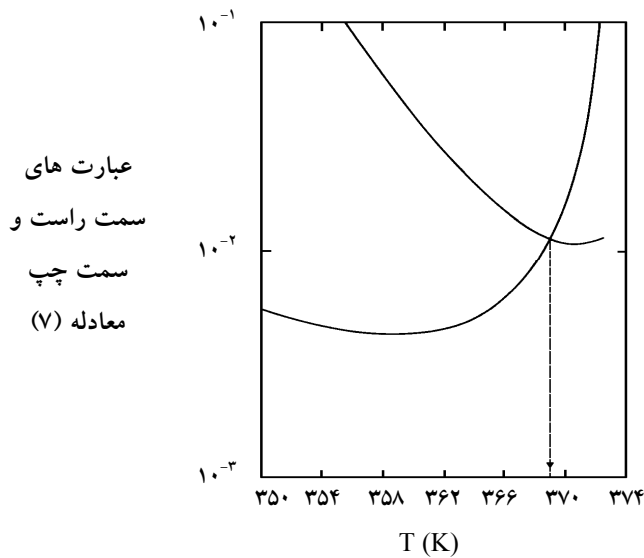
مقدار منتخب T و مقدار بهینه T_0 را در معادله فوق قرار داده و مقدار بهینه A را محاسبه می کنیم.



شکل ۳ - نمودار غلظت واکنش کننده A بر حسب دمای مواد درون راکتور.

سپس با استفاده از A و T_0 ، طرف راست و طرف چپ معادله (۷) را بر حسب T رسم می کنیم.

ادامه حل تمرین ۴



عبارت های
سمت راست و
سمت چپ
معادله (۷)

شکل ۴ - نمودار جملات طرف راست و طرف چپ معادله (۷) بر حسب دما.

از محل تقاطع منحنی های شکل ۳، $T = 396 \text{ K}$ بدست می آید و از روی آن $T_0 = 370 \text{ K}$ و $A = 0.00143 \frac{\text{mol}}{\text{cc}}$ بدست آمده و سایر متغیرها هم قابل محاسبه خواهند بود.

متغیر های طراحی:

$$T = 396 \text{ }^\circ\text{K} ; T_0 = 370 \text{ }^\circ\text{K} ; A = 0.00143 \frac{\text{mol}}{\text{cc}}$$

$$k = 0.072 \frac{1}{\text{hr}} ; w = 100 \frac{\text{cc}}{\text{s}} ; V = 12500 \text{ lit}$$

$$Q_H = 2310 \frac{\text{cal}}{\text{s}} ; q_H = 770 \frac{\text{gr}}{\text{s}} ; A_H = 920 \text{ cm}^2$$

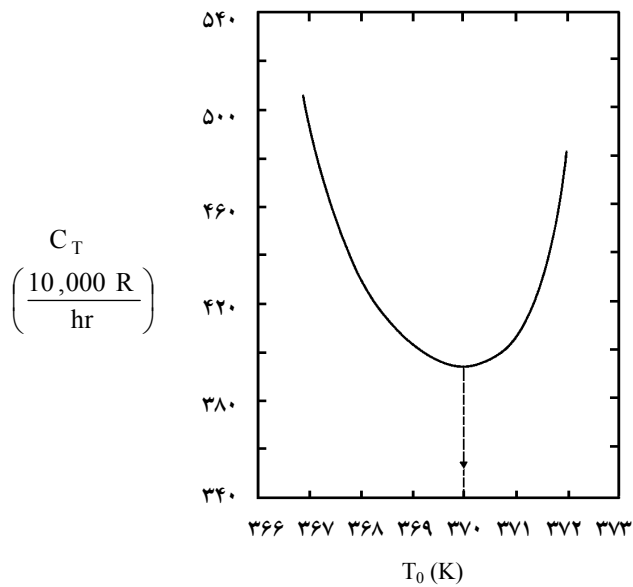
ادامه حل تمرین ۴

هزینه بهینه:

$$C_V V = 1850000 \frac{R}{hr} ; C_f w A_f = 425000 \frac{R}{hr} ; C_A A_H = 908000 \frac{R}{hr}$$

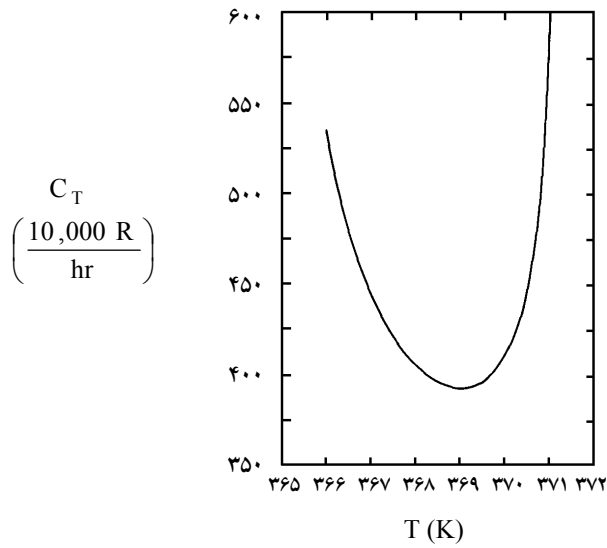
$$C_H q_H = 554000 \frac{R}{hr} ; C_T = 3737000 \frac{R}{hr}$$

تمرین ۵ - حساسیت هزینه کل C_T نسبت به متغیرهای T_0 ، T و V تمرین ۴ را با رسم نمودار مشخص کنید.

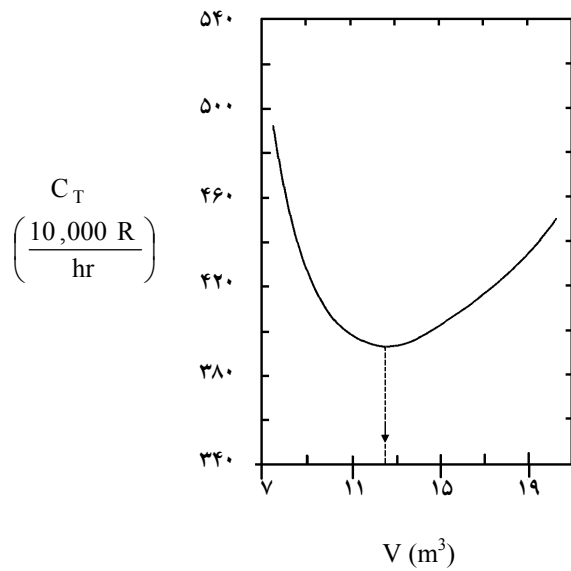
حل تمرین ۵

شکل ۵ - نمودار هزینه کل نسبت به T_0 .

ادامه حل تمرین ۵



شکل ۶ - تاثیر دمای واکنشگاه بر هزینه کل فرایند.



شکل ۷ - تاثیر حجم واکنشگاه بر هزینه کل فرایند.