

U16.7 – Rektifikace

U16.7 V nepřetržitě pracující patrové rektifikační koloně s rovnovážným vařákem a totálním kondenzátorem se má získávat destilát obsahující 92 mol.% heptanu a zbytek obsahující 6 mol.% heptanu. V nástriku je 52 mol.% heptanu a 48 mol.% oktanu a přivádí se do kolony při svém bodu varu. Proces probíhá při normálním tlaku. Určete:

- množství heptanu (v %) přešlé z nástriku do destilátu,
- minimální počet rovnovážných stupňů kolony a minimální poměr zpětného toku,
- potřebný počet rovnovážných stupňů kolony a nástrikový stupeň pro dvojnásobek minimálního poměru zpětného toku.

Výsledek:

- Do destilátu prejde 95% heptanu z nástriku, b) minimální počet rovnovážných stupňů kolony je 6, minimální hodnota poměru zpětného toku je 1,22, c) potřebný počet rovnovážných stupňů je 9,5, nástriek se přivádí do 5. stupně shora.

Značení: A ... heptan, B ... oktan, x, y, z ... molární zlomky

Zadáni: $z_{AF} = 0,52$; $z_{BF} = 0,48$; $x_{AD} = 0,92$; $x_{AW} = 0,06$; nástriek i zbytek = kapalina při bodu varu, totální kond., rovnovážný vařák, norm. tlak

Cíl výpočtu: podíl těkavější složky přešlé do destilátu, minim. počet rovnov. stupňů $N_{\min}$, minim. hodnotu refluxního poměru $R_{\min}$, počet rovnov. stupňů a nástrikový stupeň pro $R = 2 \cdot R_{\min}$

1. Určení podílu těkavější složky přešlé do destilátu – z bilance celého zařízení

základ výpočtu nezadán, volíme např.: $\dot{n}_F = 112$ mol/s,

$$\begin{aligned} \dot{n}_F &= \dot{n}_D + \dot{n}_W \\ \dot{n}_F z_{AF} &= \dot{n}_D x_{AD} + \dot{n}_W x_{AW} \\ \text{po dosazení} \\ 100 &= \dot{n}_D + \dot{n}_W \\ 100 \cdot 0,52 &= \dot{n}_D \cdot 0,92 + \dot{n}_W \cdot 0,06 \end{aligned}$$

řešením soustavy rovnic dostaneme $\dot{n}_W = 46,5$ mol/s a $\dot{n}_D = 53,5$ mol/s

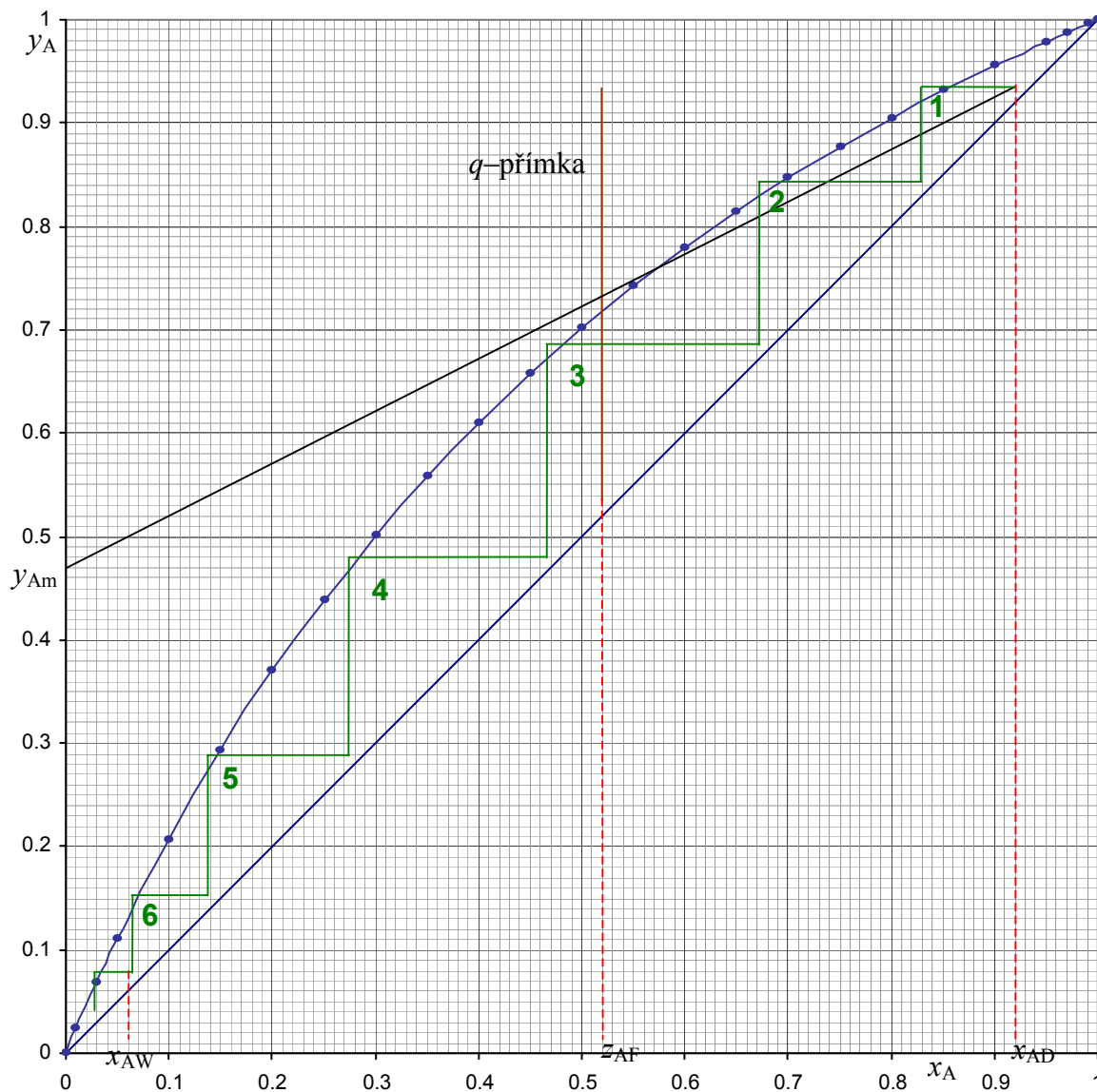
přepočet na hmotnostní tok: $\Theta_{AD} = \frac{\dot{n}_{AD}}{\dot{n}_{AF}} \cdot 100 = \frac{\dot{n}_D x_{AD}}{\dot{n}_F z_{AF}} \cdot 100 = \frac{53,5 \cdot 0,92}{100 \cdot 0,52} \cdot 100 = 94,6\%$

2. Určení minimálního počtu rovnovážných stupňů $N_{\min}$ – graficky

- zakreslení **rovnováhy**: dle údajů v Tab XIII-1g (složení v mol. zlomcích)
- při min. počtu rovnov. stupňů (a $R \rightarrow \infty$) prac. přímky splývají s úhlopříčkou a konstrukcí pravoúhlých kroků mezi úhlopříčkou a rovnovážnou křivkou zjistíme $N_{\min}$
- minimální počet rovnovážných stupňů: dle grafu vychází 6 celých stupňů + zlomek stupně: $z \cong (0,063 - 0,060) / (0,063 - 0,028) \cong 0,1$
- Minimální počet rovnovážných stupňů (včetně rovnov. vařáku) je asi 6,1.**

3. Určení minimální hodnoty refluxního poměru $R_{\min}$ – graficky

- zakreslení **q -přímky**: pro nástřik kapalina při bodu varu je $q = 1$, q -přímka je svislice procházející bodem $z_{AF} = 0,52$ na úhlopříčce
- pracovní přímka obohacovací části**: jeden bod je $x_{AD} = 0,92$ na úhlopříčce, druhý bod je průsečík q -přímky s rovnovážnou křivkou, protáhneme až k ose y a odečteme hodnotu $y_{Am} \approx 0,456$
- hodnota y_{Am} odpovídá bodu prac. přímky obohacovací části pro $x_A = 0$, tedy $y_{Am} = x_{AD}/(R_{\min} + 1) \Rightarrow R_{\min} = (x_{AD} - y_{Am})/y_{Am} = (0,92 - 0,456)/0,456 \approx 1,018$
- Minimální hodnota poměru zpětného toku je asi 1,02.**



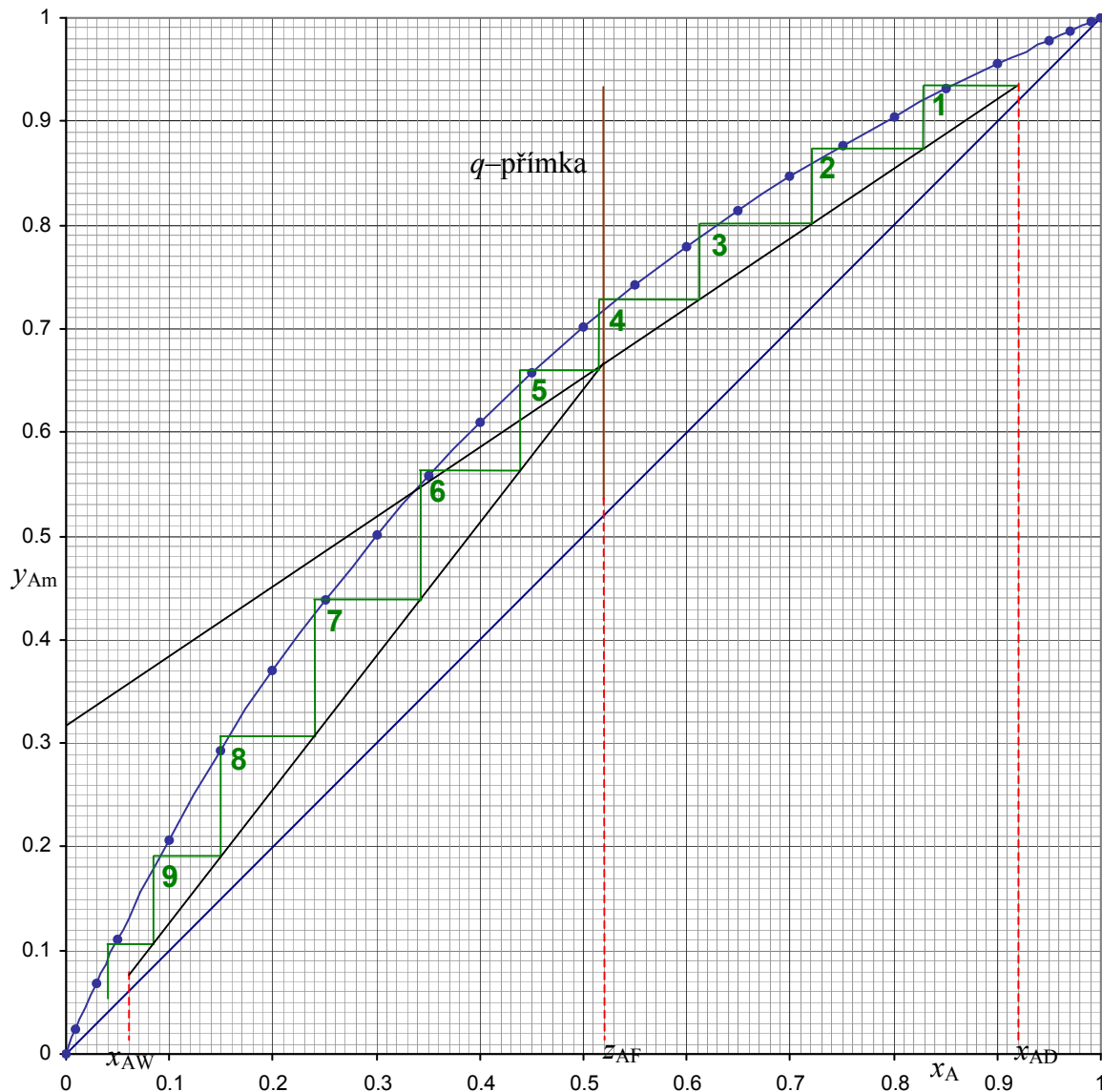
4. Určení počtu rovnovážných stupňů N a nástřikového patra f pro $R = 2 \cdot R_{\min} = 2,04$

- zakreslení **rovnováhy**: dle údajů v Tab XIII-1c (složení v mol. zlomech)
- zakreslení **q -přímky**: pro nástřik kapalina při bodu varu je $q = 1$, q -přímka je svislice procházející bodem $z_{AF} = 0,52$ na úhlopříčce

- **pracovní přímka obohacovací části:** jeden bod je $x_{AD} = 0,92$ na úhlopříčce, druhý bod např. pro volbu $x = 0$ je $y = x_{AD}/(R + 1) = 0,92/(2,04 + 1) = 0,303$
- **pracovní přímka ochuzovací části:** spojnice průsečíku q -přímky a prac. přímky obohac. části s bodem $x_{AW} = 0,06$ na úhlopříčce
- **počet rovnovážných stupňů:** počet pravouhlých kroků mezi prac. přímkou a rovnováhou, vychází 4 celé rovn. stupně + zlomek stupně: $z \cong (0,084 - 0,060)/(0,084 - 0,040) \cong 0,545$

Počet rovnovážných stupňů včetně rovnov. vařáku je asi 9,5.

Nástřík se přivádí na 4. patro shora.



Odpověď: do nástříku přejde asi 95 % heptanu, min. počet rovnov. stupňů je 6,1, min. hodnota refluxního poměru 1,02 a pro dvojnásobnou hodnotu refluxního poměru bude mít kolóna asi 9,5 rovnovážných stupňů, nástřík se bude přivádět na 4. patro shora.