

# Možnosti energetických úspor v lihovarech

663.52.012.3  
620.9.004.18

JIRÍ MORAVEC, Lihovar Kolín, Ing. J. ROSÁK, Chemoprojekt Praha  
a Ing. V. MALEČEK, Chemoprojekt Praha

## 1. Úvod

Pod tlakem zmenšujících se zásob energie je v celém světě snaha s energií šetřit. Destilace je v chemickém i potravinářském průmyslu nejrozšířenější metodou separace, a proto se podílí významnou měrou na energetických nákladech. V této souvislosti řada institutů proměřovala destilační kolony, přičemž bylo konstatováno, že základní možností energetických úspor u destilací je dodržování potřebných kvalit hlavního nebo vařákového produktu. Bylo totiž zjištěno, že velmi často je kvalita některého z produktů vyšší, než je třeba.

V této práci je proveden rozbor, do jaké míry je konečné použití kvasného lihu v relaci k požadavkům na kvalitu lihu podle československých norem a jaký vliv tyto požadavky mají na spotřebu energie, zejména topné páry v lihovarech. Z tohoto rozboru vychází návrh na udržování obsahu vody podle jeho použití ve výrobě finálního produktu.

Principiální schéma lihovaru je ukázáno ve dvou alternativách na příkladu Lihovaru Kolín na obr. 1 a obr. 2.

## 2. Současný stav

Československé normy ČSN 66 0825 a 66 0826 předepisují pro kvasný líh jednoznačně způsob použití a jeho kvalitu. Rámcově též obsahují i pokyny pro jeho výrobu. Podle těchto norem je rafinovaný líh rozdělen na technický, jemný a velejemný. Rozdíly v nárocích na jednotlivé druhy, podstatné pro tuto práci, jsou uvedeny v tabulce 1.

V ČSR se vyrábí ročně 530 000 hl kvasného lihu v sortimentu a pro použití, které je uvedeno v tabulce 2 [2].

Tabulka 1. Způsob použití a požadavky na kvalitu lihu podle ČSN [1]

Č.	Požadavky	Technický	Jemný	Velejemný druh
A	<b>chemické požadavky</b>			
	etanol % obj.	95,7	96,3min.	96,5min.
	metanol g/l	2,4max.	0,8max.	0
	vyšší alkoholy mg/l	150 max.	50 max.	1 max.
	aldehydy mg/l	100 max.	50 max.	5 max.
	volné kyseliny mg/l	50 max.	30 max.	10 max.
	estery mg/l	nepřepřesáno	60 max.	20 max.
	dusíkaté zásady mg/l	2 max.	1 max.	0
	fural	negativní podle zkoušky ČSN		
B	<b>použití</b>	technické	poživatiny, farmaceutika, zdravotnictví, kosmetika	

Podle těchto údajů je možno získat tyto poznatky:

- asi 95 % produkce kvasného rafinovaného lihu se vyrábí v kvalitě jemný líh
- asi 80 % produkce kvasného rafinovaného lihu nevyžaduje bezpodmínečně obsah etanolu 96,3 % obj., neboť se v dalším zpracovatelském stupni ředí vodou.

## 3. Spotřeba energie při rektifikaci lihu

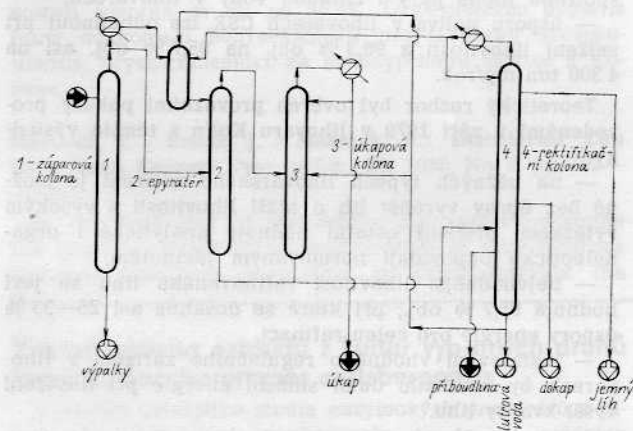
Při rektifikaci lze spotřebu energie vypočítat použitím rovnic entalpické bilance, odvozených v chemickém inženýrství. Za předpokladů, že

Tabulka 2. Rozdělení kvasného lihu podle stupně rafinace a použití

Č.	Rozdělení kvasného lihu	% výroby
1	Podle stupně rafinace	
	— technický	2
	— jemný	94
2	— vešlejný	4
	Podle použití	
	— poživatiny, lihoviny	73
	— zdravotnictví	3
	— bezvodý lih	13
	— ostatní účely	3

Tabulka 3. Přibližné rozdělení spotřeby topné páry v lihovaru Kolín

Č.	Výrobní část	Spotřeba topné páry v %
1	kvasná část	0
2	destilační část	85
3	z toho:	
	— lútrová a rektifikační kolona	65
	— ostatní kolony	15
	ostatní části	15
	celkem	100,0



Obr. 1. Kontinuální destilace a rafinace lihu (lihovar Kolín), přístroj č. 6

— obsah etanolu v lútrové vodě je zanedbatelně malý  
— tepelné ztráty při destilaci jsou 5 %, lze pro rektifikaci směsi etanol — voda vyjádřit spotřebu topné páry ve vařáku rovnicí

$$G_p = \frac{1,05 \cdot 80}{2170} \cdot$$

$$\left[ \frac{H_v (p \cdot R_m + 1)}{x_D} + \frac{(h_D - h_B)}{x_D} + \frac{(h_B - h_F)}{x_F} \right], \quad (1)$$

kde  $G_p$  je množství páry ve vařáku vztažené na hla etanolu [kg/hla]

$H_v$  — kondenzační teplo rektifikátu [kJ/kg]

$R_m$  — minimální refluxní poměr

Tabulka 4. Výsledky provozních pokusů v lihovaru Kolín

Pokus č.	1	2	3
lihovitost % obj.	95,72	94–95,4	95,78
obsah aldehydů mg/l	10	5–12	11
obsah kyselin mg/l	5	5–6	6
obsah esterů mg/l	28	26–35	18
obsah vyšších alkoholů mg/l	17	34–50	15
organoleptické hodnocení	BB		

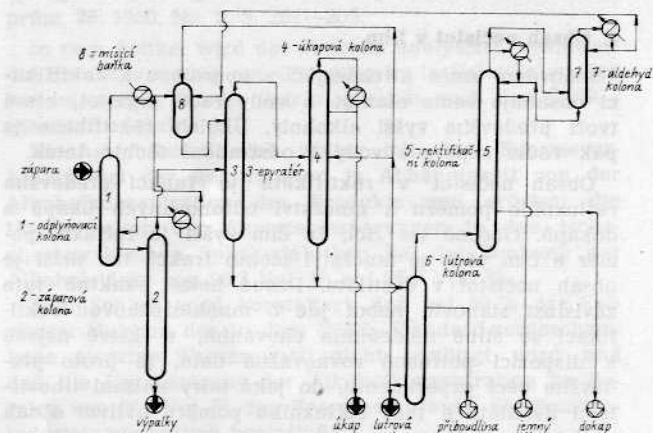
$x_D, x_F$  — složení destilátu a nástríku

$h_D, h_B, h_F$  — entalpie destilátu, zbytku a nástríku [kJ/kg]

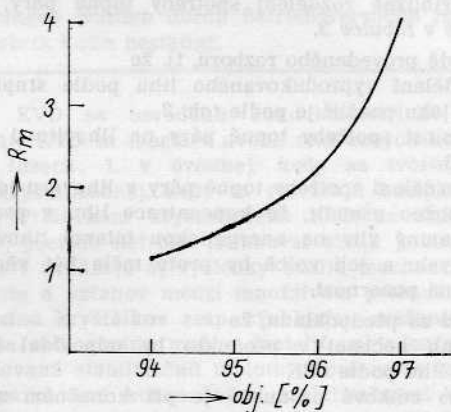
$p$  — násobek minimálního refluxu

2170 — kondenzační teplo topné páry [kJ/kg]

80 — hmota 1 hl absolutního lihu



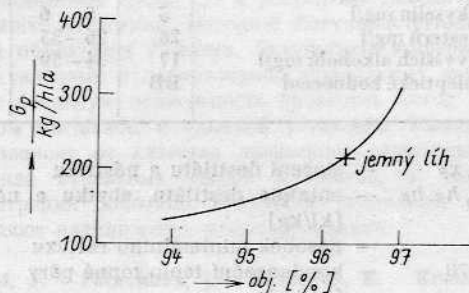
Obr. 2. Kontinuální destilace a rafinace lihu (lihovar Kolín), přístroj Škoda-Gregor



Obr. 3. Závislost minimálního refluxu na lihovosti destilátu

Pokud je možno některé parametry považovat při destilaci za konstantní, např. tlak v koloně, teplotu a složení nástríku, potom měrná spotřeba páry  $G_p$  je závislá pouze na složení destilátu a hodnotě násobku minimálního refluxu. Teoreticky je nejmenší spotřeba energie při minimálním refluxu, tj. když hodnota  $p = 1$ . U reálných kolon se hodnota  $p$  pohybuje v rozmezí 1 až 2, ve většině lihovarů pak nabývá nejméně hodnoty 1,7.

Na obr. 3 je znázorněna závislost minimálního refluxního poměru  $R_m$  na lihovitost destilátu, na obr. 4 pak závislost měrné spotřeby páry  $G_p$  podle rovnice (1) pro hodnotu násobku  $p = 1,7$ . Z obrázků je zřejmé, že zhruba od koncentrace destilátu 94 % obj. začínají hodnoty  $R_m$  i  $G_p$  exponenciálně vzrůstat s lihovitostí, až pak v azeotropickém bodu nabývají nekonečně velkých hodnot.



Obr. 4. Závislost spotřeby páry na lihovitosti destilátu

#### 4. Obsah nečistot v lihu

Lihovodní směs přicházející z epurátoru k rektifikaci obsahuje vedle etanolu a vody řadu nečistot, které tvoří především vyšší alkoholy. Úkolem rektifikace je pak vedle separace vody i odstranění těchto látek.

Obsah nečistot v rektifikátu je funkcí především refluxního poměru a množství odtahovaných úkapů a dokapů. Obecně lze říci, že čím vyšší je refluxní poměr a čím větší je množství těchto frakcí, tím nižší je obsah nečistot v destilátu. Dosud nelze exaktně tuto závislost stanovit, neboť jde o mnohasložkovou rektifikaci se silně neideálním chováním, u které nejsou k dispozici potřebná rovnovážná data. Je proto především věcí experimentu, do jaké míry snížení lihovitosti destilátu a tedy refluxního poměru ovlivní obsah nečistot v produktu.

#### 5. Možnosti snižovat spotřebu energie v lihovarech

Provedeme-li energetickou bilanci lihovaru, můžeme dostat přibližné rozdělení spotřeby topné páry, které je uvedné v tabulce 3.

Na základě provedeného rozboru, tj. že

— rozdělení vyprodukovaného lihu podle stupně rafinace a jeho použití je podle tab. 2

— závislost spotřeby topné páry na lihovitosti je podle obr. 3

— z rozdělení spotřeby topné páry v lihovaru je podle tab. 3 možno usoudit, že koncentrace lihu v produktu má významný vliv na energetickou bilanci lihovarského průmyslu a její volbě by proto měla být věnována mimořádná pozornost.

Například za předpokladu, že

— obsah nečistot v produktu by odpovídal kvalitě jemného lihu podle ČSN

— 80 % celkové produkce je při konečném zpracování ředí vodou

— násobek minimálního refluxu je 1,7

lze odhadnout, že roční úspora topné páry při produkci 530 000 hl by mohla činit při lihovitosti snižené z 96,3 % obj. na 95,7 % obj. asi 30 000 tun. Toto množství představuje asi 4 300 tun měrného paliva nebo asi 9 000 tun uhlí.

#### 6. Provozní měření

Provozní měření výroby lihu o nižší stupňovitosti bylo provedeno v lihovaru Kolín v září roku 1979.

Ke zkouškám byl použit surový zemědělský líh, kte-

rý byl rafinován na existujícím přístroji Škoda-Gregor. V průběhu zkoušek byla prováděna analytická kontrola vyrobeného lihu, jeho organoleptické hodnocení a sledován obsah alkoholu v lútrové vodě. Výtěžky rafinovaného lihu byly 87,2 až 87,6 %, tj. značně vyšší než povoluje norma.

Při pokusech byly získány tyto výsledky uvedené v tabulce 4.

Při provozních zkouškách nebylo možné sestavit přesnou energetickou bilanci, neboť závod nemá dostatek vhodných měřicích zařízení. Spotřeba tepla a chladicí vody byla sledována pouze podle polohy ventilů. Podle této nepřesné indikace se odhaduje, že úspora tepla a vody odpovídá asi 25–35 % celkové spotřeby na rafinaci, což souhlasí s teoretickými předpoklady.

Při pokusech bylo dále konstatováno, že by bylo možné získat líh ještě lepší kvality při dalším snížení spotřeby energie, kdyby se instalovalo vhodné měřicí zařízení.

#### 7. Závěr

V rámci této práce byl proveden technickoekonomický rozbor

— požadavků na kvalitu lihu z hlediska obsahu vody v konečné aplikaci,

— spotřeby energie při rektifikaci v závislosti na lihovitosti produktu,

— úspory paliva v lihovarech ČSR při snížení lihovitosti z 96,3 % obj. na 95,7 % obj.

Rozbor ukázal, že

— asi 80 % vyrobeného lihu nevyžaduje tak nízký obsah vody, který je stanoven podle ČSN,

— lihovitost oblasti 96,3 % obj. významně ovlivňuje spotřebu topné páry i chladicí vody v lihovarech,

— úsporu paliva v lihovarech ČSR lze odhadnout při snížení lihovitosti z 96,3 % obj. na 95,7 % obj. asi na 4 300 tun mp/rok.

Teoretický rozbor byl ověřen provozními pokusy provedenými v září 1979 v lihovaru Kolín s těmito výsledky:

— na běžných typech lihovarského zařízení je možné bez úprav vyrábět líh o nižší lihovitosti s vysokým výtěžkem, přičemž ostatní hodnoty analytické i organoleptické odpovídají normovaným hodnotám,

— nejvhodnější lihovitost rafinovaného lihu se jeví hodnota 95,7 % obj., při které se dosáhne asi 25–35 % úspory energie pro celou rafinaci,

— instalování vhodného regulačního zařízení v lihovarech by umožnilo další snížení energie při dosažení vyšší kvality lihu.

Zavedení výroby rafinovaného lihu o nižší lihovitosti je podmíněno úpravou ČSN 66 0825. Z hlediska úspory energie by bylo ideální, kdyby tato úprava umožňovala výrobu lihu s kvalitou řízenou s ohledem na jeho konečné použití. Takové řešení by však též vyžadovalo zavedení automatické regulace v lihovarech.

#### 8. Literatura

- [1] ČSN 66 0826 a ČSN 66 0825
- [2] Informace GR konzerváren a lihovarů Praha
- [3] DYR, GRÉGR, SEILER — Lihovarství II, díl, SNTL 1963
- [4] MÄRA FR. a kol. — Hospodaření s lihem, Min. zemědělství Praha, 1979
- [5] WILHEIT, ZWOLINSKÁ — Physical and thermodynamic Properties of aliphatic alcohols
- [6] HÄLA E. a kol. — Vapour - liquid equilibrium data at normal pressures, Pergamon Press

Moravec, J. - Rosák, J. - Maleček, V.: Možnosti energetických úspor v lihovarech. Kvas. prům. 28, 1980, č. 9, s. 202–205.

V článku je proveden rozbor, do jaké míry je koneč-



né použití kvasného lihu v relaci k požadavkům na kvalitu lihu podle československých norem.

Práce se dále zabývá spotřebou energie při rektifikaci v závislosti na lihovitosti produktu a možnostmi energetických úspor v lihovarech ČSR při snížení lihovitosti z 96,3 % obj. na 95,7 % obj.

Závěrem je konstatováno, že asi 80 % produkce lihu nevyžaduje tak nízký obsah vody, který je předepsán ČSN a že lihovitost v oblasti 96,3 % obj. významně ovlivňuje spotřebu energie v lihovarech.

Úsporu energie lze odhadnout při snížené lihovitosti z 96,3 % obj. na 95,7 % obj. na 25 až 35 % energie pro celou rafinaci. Teoretický rozbor byl ověřen provozními pokusy v lihovaru Kolín.

**Моравец, Ю. — Росак, Я. — Малечек, В.: За экономию энергии на спиртовых заводах.** Квас. прум. 26, 1980, № 9, стр. 202—205.

Авторы решают вопрос, до какой степени строгие требования, предъявляемые действующими в Чехословакии стандартами к качеству спирта, получаемого сбраживанием, обоснованы характером его потребления.

Из анализа расхода энергии на процессы рафинирования вытекает, что она зависит от допускаемого количества воды в конечном продукте. Снижение крепости с 96,3 % (в объемном выражении) до 95,7 % дало бы в общегосударственном масштабе весьма весомую экономию энергии.

По мнению авторов более 80 % потребителей совершенно не нуждаются в так низком лимите содержания воды, какой указан в стандарте. Чрезмерно высокая крепость, т. е. 96,3 % повышает необоснованно расход энергии.

Снижение крепости с 96,3 % до 95,7 % может дать экономию энергии от 25 до 35 %. Теоретические расчеты были полностью подтверждены результатами экспериментов, осуществленных на винокуренном заводе в Коллине.

**Moravec, J. - Rosák, J. - Maleček, V.: Distilleries Can Save Much Energy.** Kvas. prům., 26, 1980, No. 9, pp. 202—205.

In the first part of the article the authors examine the question, whether the requirements of very rigorous National Standards regulating in Czechoslovakia the

quality of alcohol produced by fermentation are justified by the character of its final application.

The second part deals with the energy consumption in rectification processes. Since it depends on alcohol concentration in the rectified product, it is possible to save much energy by reducing the concentration limit indicated in Standard from 96,3 % (volumetric) to 95,7 %.

The authors maintain that more than 80 % of alcohol consumed in Czechoslovakia for various purposes does not require concentration as high as 96,3 % prescribed by existing Standard, limiting too much the amount of tolerated water. Excessive requirements contribute to high energy consumption.

By reducing the limit from 96,3 % to 95,7 % as much as 25—35 % of energy can be saved in the rectification processes.

Theoretical calculations have been confirmed by experiments carried out on production scale in a distillery at Kolín.

**Moravec, J. - Rosák, J. - Maleček, V.: Möglichkeiten der Energieeinsparungen in den Spiritusfabriken.** Kvas. prům. 26, 1980, No. 9, S. 202—205.

In dem Artikel wird das Problem analysiert, inwieweit die Finalanwendung des Gärungsspirits in Relation zu den Anforderungen an die Spiritusqualität nach den ČSSR - Standards steht.

Die Arbeit befaßt sich weiter mit dem Energieverbrauch bei der Rektifikation in Abhängigkeit von der Alkoholkonzentration des Produkts und erörtert die Möglichkeiten der Energieeinsparungen in den tschechoslowakischen Spiritusfabriken bei der Senkung der Alkoholstärke von 96,3 Vol. % auf 95,7 Vol. %.

Zum Schluß wird konstatiert, daß bei 80 % der Spiritusproduktion der in dem ČSSR - Standard vorgeschriebene niedrige Wassergehalt nicht benötigt wird und daß die Herabsetzung der Alkoholkonzentration im Bereich von 96,3 Vol. % den Energieverbrauch der Spiritusindustrie wesentlich beeinflusst.

Die Energieeinsparung bei der von 96,3 Vol. % auf 95,7 Vol. % herabgesetzten Alkoholkonzentration kann auf 25 bis 35 % des gesamten Energieverbrauchs der Raffination abgeschätzt werden. Die theoretischen Berechnungen wurden durch Betriebsversuche in der Spiritusfabrik Kolín bestätigt.