

# Měření spotřeby páry v průmyslovém lihovaru

BOHUSLAV MELICHAR, Závody Vítězného února, n. p., Hradec Králové

620.9 : 663.4

Vývojové středisko při ZVÚ, Hradec Králové provedlo v březnu 1958 měření spotřeby páry destilačního a rafinačního přístroje a odparky ve Východočeských lihovarech, n. p. v Pardubicích. V závodě, ve kterém je surovinou řepná melasa, pracuje se ještě podle starého způsobu. Vyrobený surový líh se nejprve uskladní a teprve později se rafinuje na kontinuálním přístroji Barbet. Rafináda se někdy ještě odvodňuje na přístroji Hiag. Výpalky, odtékající ze spodku destilační kolony, se zahušťují na tříčlenné odparce soustavy Kestner, načež se na potřebnou koncentraci zahustí na jednočlenné tělese, tzv. finiséru, zapojeném na barometrický kondenzátor. Zahuštěné výpalky se z lihovaru odesílají k dalšímu zpracování do Draslavky v Kolíně.

Destilační kolona se vytápí nepřímým vařákem výpalků. Pro zlepšení tepelné ekonomie odpařovací stanice a zvýšení jejího výkonu se v tomto lihovaru použilo předvařáku s Kestnerovým separátorem. Předvařák se vytápí ostrou parou. Brýdové páry, vystupující ze separátoru předvařáku, vytápějí vařák výpalků.

V předvařáku se odpaří z výpalků takové množství vody, jakého je třeba k vytápění destilační kolony. Ze separátoru předvařáku odtékají výpalky koncentrovější, obsahující více sušiny, proto se na trojčlenné odparce odpařuje již menší množství vody. Nejlépe to vysvětlí tento příklad.

Vstupuje-li na napájecí dno destilační kolony 100 kg zápary, pak odtéká ze spodku destilační kolony u dvou-

kolonového přístroje asi 85 kg výpalků, s 8 až 10 % sušiny. V destilační koloně se k vydestilování tohoto množství zápary spotřebuje asi 19 kg páry za předpokladu, že zápara je předehřáta na 75 °C a obsahuje 10 obj. % alkoholu. Do předvařáku, vytápějího vařák destilační kolony, se musí přivést více tepla, protože zde vznikají určité ztráty. Odhadneme-li, že tepelná účinnost předvařáku je asi 0,85, pak je třeba do předvařáku přivést topné páry

$$Q = \frac{19}{0,85} = 22,4 \text{ kg/100 kg zápary.}$$

Ve výpalcích, odtékajících ze separátoru předvařáku, zvýší se obsah sušiny, který lze vypočítat ze vztahu

$$85 \cdot 9 = (85 - 22,4) \cdot x$$
$$x = \frac{85 \cdot 9}{62,6} = 12,22 \% \text{ sušiny.}$$

Obsah sušiny se tedy zvýšil z 9 na 12,22 % a přitom se odpařilo z výpalků 22,4 kg vody na každých 100 kg zpracované zápary.

*Destilační přístroj* je v provozu již 20 let a má řadu zvláštností, které jsou zajímavé z hlediska vývoje těchto přístrojů. Přístroj byl vyroben v ČKD-Libeň a jeho schéma je na obr. 1. Zkvašená zápara se dříve přečerpávala odstředivým čerpadlem z kvasírnny do napájecí nádrže,

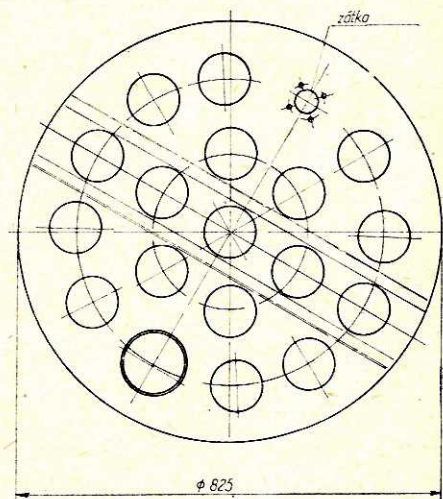


umístěné v horním patře aparátu síně a z nádrže odtékala samospádem do přístroje. Na horním patře aparátu síně je však za provozu vysoká teplota a proto vznikaly v napájecí nádrži vypařování velké ztráty lihu. Podle zlepšovacích návrhů se nyní napájecí nádrž zrušila a zápara se čerpá přímo z kvasírny do ohříváku parním pístovým čerpadlem Wortington. Množství napájené zápara se reguluje parním ventilem, kterým prochází ostrá pára, vstupující do parního válce čerpadla. Parní ventil má vřeten, které je prodlouženo z přízemí až na obsluhující patro a odtud se podle potřeby reguluje napájení destilačního přístroje.

Zápara se přivádí potrubím 1 nejdříve do měděného trubkového ohříváku zápara C, kde se ohřeje lihovými parami, vstupujícími z horní části kolony A, na teplotu 70 až 75 °C. Z ohříváku C přepadá ohřátá zápara potrubím 2 na napájecí dno měděné destilační kolony A. Tato kolona má 16 vyvařovacích a 6 zesilovacích kalotových den průměru 1600 mm. Na každém vyvařovacím dnu je namontováno 33 kalot průměru 150 mm a výšky 95 mm, a jedno oválné přepadní hrdlo 140/390 mm. Vzájemné uspořádání kalot a přepadního zařízení je znázorněno na obr. 2 a je stejné u vyvařovací i zesilovací části destilační kolony. Středky kalot leží na koncentrických kružnicích, což je velmi účelné. V tomto případě lze umístit na dno maximální počet kalot a zvýšit tak jeho provařovací efekt a výkon. Oválné přepadní hrdlo většího průřezu je u vyvařovací části, kdežto u zesilovací části sestává přepadové zařízení ze dvou hrdel kruhového průřezu. Výška horního okraje přepadního hrdla u vyvařovací části je 75 mm a vzdálenost mezi dny H = 300 mm. Nad každým vyvařovacím dnem jsou namontovány na lubu dva mosazné čistící otvory obdélníkového průřezu, z nichž jeden je opatřen kruhovým zorným sklem. Ve vyvařovací části destilační kolony přepadá zápara ze dna na níže ležící dno a přitom se z ní vyvařuje alkohol.

Výpalky, které jsou ve spodku kolony A prakticky již zbavené lihu, odtékají z výtokové baňky, namontované na spodku kolony, a potrubím 3 a sifonovou trub-

kou 4 se dopravují do sběrné nádrže na výpalky J. Z této nádrže se výpalky přečerpávají parním čerpadlem K a potrubím 5 se dopravují do spodní komory předvařáku H. V předvařáku se výpalky částečně zahustí a ze separátoru I odtékají potrubím 6 do prvního členu trojčlenné odpařovací stanice, kde se budou dále zahušťovat. Z napájecího dna destilační kolony A vystupují lihové páry do její zesilovací části, sestávající ze 6 kalotových den. Na každém zesilovacím kalotovém dnu je namontováno 33 kalot průměru 150 mm a výšky 85 mm, a 2 přepadní hrdla průměru 140/136 mm. Výška horního okraje přepadního hrdla je 65 mm a vzdálenost mezi dny u zesil-



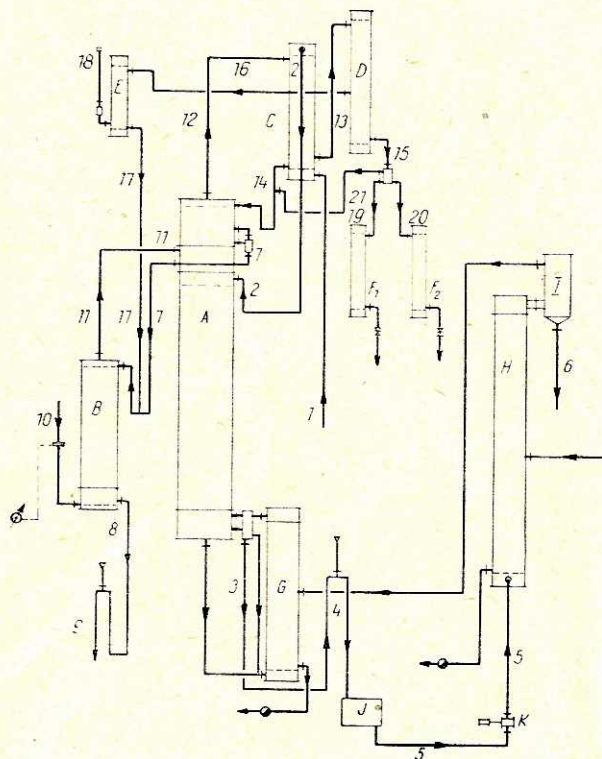
Obr. 2. Kalotové dno destilační kolony Ø 1600 mm

lovací části H = 200 mm. Pro kontrolu provozu jsou na lubu zesilovací části namontována tři kruhová zorná okénka. Nejspodnější zesilovací dno kolony A nemá přepadní hrdla a přepad z tohoto dna je zaveden do výtokové baňky. Z této baňky odtéká přepad potrubím 7 na napájecí dno lutrové kolony B.

Lutrová kolona má 14 vyvařovacích kalotových den, na kterých se vyvábí všechen alkohol z přepadu zesilovací kolony. Ze spodku kolony B odtéká lutrová voda potrubím 8 a sifonovým uzávěrem 9 do kanálu. Kolona B se vytápí děrovanou trubkou, zamontovanou do spodku kolony. Topná pára se do trubky přivádí potrubím 10, v němž je zamontována měřicí clona. Množství topné páry se řídí ručně parním ventilem. Lihové páry, vyvinuté na vyvařovacích dnech kolony B, vystupují z jejího víka a vedou se potrubím 11 do parní komory kolony A, kde se mísí s lihovými parami, vstupujícími z napájecího dna. Na každém vyvařovacím dnu kolony B, které mají průměr 825 mm, je namontováno 17 kalot s průměrem 100 mm a výškou 65 mm, a jedno přepadní hrdlo průměru 126/130 mm.

Vzájemné uspořádání kalot a přepadního hrdla na dnu lutrové kolony je znázorněno na obr. 3. Středky kalot leží na koncentrických kružnicích, podobně jako u destilační kolony. Výška horního okraje přepadního hrdla je 45 mm a vzdálenost mezi dny H = 160 mm. Pro kontrolu provozu jsou na lubu lutrové kolony nad každým dnem zorná okénka.

Z vrcholu zesilovací části kolony A vystupují lihové páry potrubím 12 do ohříváku zápara C, kde se jich část srazí a zbytek pak postupuje dále potrubím 13 do kondenzátoru D, chlazeného vodou. Při kondenzaci lihových par v ohříváku C se uvolní teplo, které ohřeje zápara, přitékající do přístroje. Kondenzát lihových par z ohříváku C přepadá potrubím 14 na horní dno zesilovací části kolony A a tvoří její zpětný tok. V kondenzátoru D se srazí téměř všechny lihové páry a jejich kondenzát odtéká potrubím 15 do výtokové baňky. Nezkondenzovatelné plyny, jako vzduch, CO<sub>2</sub>, a jen nepatrná část lehce těkavých látek se odvádějí z kondenzátoru D potrubím 16 do chladiče plynů E. Tam se srazí



Obr. 1. Schéma dvoukolonového destilačního přístroje

A — destilační kolona, B — lutrová kolona, C — delegmátor, D — kondenzátor, E — chladič plynů, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> — chladiče surového lihu, G — vařák výpalků, H — předvařák, I — separátor předvařáku, J — nádrž na výpalky, K — čerpadlo



a zachytí poslední zbytky lihových par a vzniklý kondenzát odtéká potrubím 17 na horní dno kolony B a tvoří část jejího zpětného toku. Nezkondenzovatelné plyny z chladiče E vystupují potrubím 18 do atmosféry. Kondenzát z výtokové baňky kondenzátoru D přepadá potrubím 19 a 20 do dvou chladičů surového lihu  $F_1$  a  $F_2$ , kde se ochladí studenou vodou, a dále odtéká do měřidel surového lihu. Množství surového lihu se řídí regulačními kohouty, namontovanými do potrubí před měřidly. Přebytek kondenzátu z baňky u kondenzátoru D odtéká přepadovým potrubím 21 do potrubí 14 a dále na horní dno kolony A.

Luby destilační kolony A a lutrové kolony B jsou izolovány, aby se snížily ztráty tepla vyzařováním do okolí.

Spotřeba páry destilační kolony se měřila množstvím kondenzátu topné páry, která se srazila ve vařáku výpalků za 1 h. Spotřeba páry lutrové kolony B, vytápěné přímo děrovanou trubkou, se měřila clonou, zamontovanou do parního potrubí před vstupem do kolony. Měření spotřeby páry zjišťováním množství odtékajícího kondenzátu topné páry je nejpřesnější. Při měření, trvajícím 10 hodin, byly zjištěny tyto hodnoty:

Množství zpracované zápary . . . . .	83	hl/h
lihovitost zápary . . . . .	10	obj. %
množství vyrobeného lihu . . . . .	830	l a. a./h
spotřeba páry destilační kolony . . . . .	1585	kg/h
spotřeba páry lutrové kolony . . . . .	560	kg/h
celková spotřeba páry přístroje . . . . .	2145	kg/h
Spotřeba páry destilační kolony na zpracovanou záparu (1585 : 83) . . . . .	19,096	kg/hl
Spotřeba páry lutrové kolony na zpracovanou záparu (560 : 83) . . . . .	6,74	kg/hl
Celková spotřeba páry destilačního přístroje na zpracovanou záparu (19,096 + 6,74) . . . . .	25,836	kg/hl
Celková spotřeba páry destilačního přístroje při výrobě 100 l a. a. (25,836 × 10) . . . . .	258,36	kg/100 l a. a.

#### Průměrné zatížení odpařovací plochy vařáku G

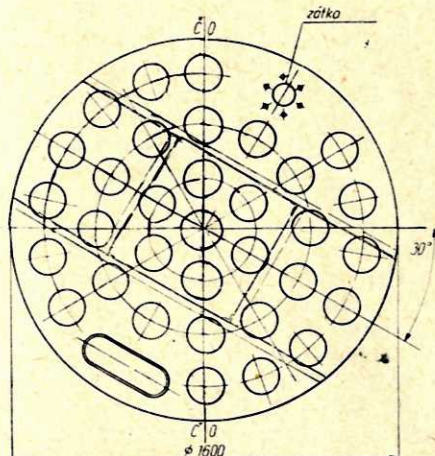
Odpařovací plocha vařáku výpalků $F_1$ . . . . .	68	m <sup>2</sup>
Na odpařovací ploše vařáku se srazilo par $Q_1$ . . . . .	1585	kg/h

#### Zatížení odpařovací plochy

$$u_1 = \frac{Q_1}{F_1} = \frac{1585}{68} = 23,3 \text{ kg/m}^2$$

#### Průměrné zatížení odpařovací plochy předvařáku H

Odpařovací plocha předvařáku $F_2$ . . . . .	75	m <sup>2</sup>
Na odpařovací ploše předvařáku se srazilo par $Q_2$ . . . . .	1950	kg/h



Obr. 3 Kalotové dno lutrové kolony Ø 825 mm

#### Zatížení odpařovací plochy

$$u_2 = \frac{Q_2}{F_2} = \frac{1950}{75} = 26,0 \text{ kg/m}^2$$

#### Tepelná účinnost vytápění vařáku výpalků

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{1585}{1950} = 0,813$$

Při provozu destilačního přístroje byly naměřeny tyto teploty a tlaky

Spodek destilační kolony . . . . .	105 °C
Spodek lutrové kolony . . . . .	104 °C
Napájecí dno destilační kolony . . . . .	84 — 85 °C

Tlak topné páry, vytápějící předvařák a lutrovou kolonu,  $p$  . . . . . 7 atp (sytá)

Surový líh se rafinuje v lihovaru na kontinuálním rafinačním přístroji soustavy Barbet obvyklé konstrukce, takže ji není třeba popisovat.

Spotřeba páry u lutrové kolony se měřila množstvím kondenzátu topné páry, která se srazila ve vařáku za jednotku času. Spotřebu páry u epyratéru jsme měřili clonou, zamontovanou v potrubí topné páry před vstupem do kolony. Při měření byly zjištěny tyto hodnoty:

Celková spotřeba páry rafinačního přístroje . . . . .	1945	kg/h
Výkon rafinačního přístroje . . . . .	8,33	hl a. a./h
Spotřeba páry rafinačního přístroje na 100 l a. a. (1945 : 8,33) . . . . .	233,4	kg/hl a. a.

Při provozu rafinačního přístroje byly naměřeny tyto teploty, lihovitosti a tlaky:

Pod napájecím dnem lutrové kolony . . . . .	89 — 90 °C
Napájecí dno epyratéru . . . . .	89 °C
Speciální kondenzátor . . . . .	69 — 70 °C
Lihovitost ve spodku epyratéru (zkušební chladič) . . . . .	40,0 obj. %
Lihovitost surového lihu . . . . .	89 — 90 obj. %

Tlak topné páry, vytápějící vařák lutrové kolony a epyratér . . . . . 7 atp (sytá)

Výpalky odtékající ze separátoru I předvařáku H, zahušťují se ve tříčlenné odparce soustavy Kestner, vyrobené v ČKD-Liběň. Ze třetího členu odparky odtékají výpalky o hustotě 20 až 26 °Bé. Tato koncentrace nestačí a proto se výpalky zahušťují dodatečně ve finiséru — jednočlenném odpařovacím tělese, zapojeném na barometrickou kondenzaci. Ve finiséru se zahušťují výpalky na 41 °Bé.

#### Odpařovací plochy odparky

I. až III. člen . . . . .	po 60 m <sup>2</sup>
finiséru . . . . .	35 m <sup>2</sup>

Tabulka 1

Spotřeba páry destilačního přístroje na 100 kg zápary

Soustava přístroje	Lihovitost zápary v % váh.	Lihovitost surového lihu v % váh.	Spotřeba páry v kg při $p = 1,3$ ata
Závod Borman-Schwede jednokolonový	6,52	73,59	23,18
Kuzněcov a Aleksejev	6,54	79,9	14,75
Závod Borman-Schwede dvoukolonový	6,48	76,2	23,35
Závod Vigand jednokolonový	6,09	70,4	26,2
Výpočtové minimum	6,54	79,9	13,8



