

Úspora vody v pivovarech

JAROSLAV LOOS, Potravinoprojekt, Praha

628.1 : 663

V potravinářském průmyslu patří pivovary po cukrovarech a škrobárnách k největším spotřebitelům vody. Při průměrném ukazateli 15 hl vody na 1 hl vystavovaného piva představuje pivovar s výstavem 300 000 hl spotřebu vody, rovnající se ve špičce řádově spotřebě města s 20 000 až 25 000 obyvateli [1]. Voda se pro pivovary získávala většinou z vlastních podzemních zdrojů, avšak s trvale postupujícím úbytkem spodních vod, stárnutím studní, snižováním množství a hladin spodních vod, dostávají se pivovary do tísnivé situace. Musí své nároky uspokojovat z povrchových toků a zhruba asi jedna pětina pivovarských vod je už dnes odebírána z veřejných vodovodů [2].

Náš stát je poměrně chudý na vodní zdroje ať již jde o vodu povrchovou, nebo vodu podzemní, a proto úspora vody se stala jedním ze základních požadavků všech provozů.

Voda v pivovaru

Hlavním spotřebičem vody v pivovarech jsou kondenzátory chladicích zařízení, které v letních špičkách konzumují až 50 % veškeré vody. Moderně řešené pivovary mají důslednou recirkulaci vod z předchlazování a chlazení mladiny a nepočítá se již s další recirkulací.

Nelze např. zásadně souhlasit s tím, aby se vody z kondenzátorů využívalo dále pro technologický proces. Ať již jde o jakýkoli druh vodou chlazeného kondenzátoru, nemůže se zabránit znečištění chladicí vody čpavkem. Oteplená voda je odpadem, poněvadž voda určená k technologickým účelům nesmí obsahovat podle platné normy „ani stopy“ čpavku.

Pivovary, které jsou odkázány na odběr vody z veřejných vodovodů a vodáren musí od 1. 1. 1962 počítat s novými sazbami podle vyhlášky 74 ministerstva energetiky a vodního hospodářství ze dne 30. V. 1960. Výše vodného je stanovena na Kčs 1,—

za 1 m³ předpokládaného nebo prokázaného množství dodané vody a výše stočného činí 0,90 Kčs za 1 m³ množství vody vypuštěné do kanalizace. Vzhledem k tomu, že v pivovarech zůstává pouze kolem 15 % z celkové spotřeby vody (efektivní spotřeba), zvyšuje se položka za vodu ve vlastních nákladech na 1 hl piva o 100 %.

Kromě recirkulace při chlazení mladiny dají se ve vlastním technologickém procesu očekávat další nepatrné úspory vody pouze zlepšováním pracovní disciplíny při mytí sklepů, spilek a eventuálně i sudů. Úsporu vody zásadního rázu bude nutno hledat ve spotřebě chladicí vody pro kondenzátory, tzn. v technickém rozvoji samotných kondenzátorů.

Kondenzátory chlazené vodou

V našich pivovarech jsou dnes instalovány převážně sprchové kondenzátory a jen v málo případech se používá průtokového chlazení. Průtokové kondenzátory vykazují největší spotřebu vody, a tzv. kotlových kondenzátorů se ve světě používá již pouze ve spojení s chladicí věží. Přídavná voda u sprchových kondenzátorů činí zhruba asi 30 % vody potřebné pro průtokovou kondenzaci.

Mnohem významnější je úspora vody při použití kondenzátorů odpařovacích. Tyto představují vlastně další vývoj kondenzátorů sprchových. Využívá se u nich výparného tepla vody, které teoreticky činí 600 kcal/kg a prakticky se počítá, že jeden m³ může odvést asi polovinu této hodnoty, tj. 300 000 kcal. Úspora vody proti průtokovému chlazení je u nich 15 až 18násobná. Zatím co u průtokových a sprchových kondenzátorů je důležitá teplota vody, neboť s její stoupající teplotou stoupá kondenzační teplota a eventuálně i množství vody, nemá u odpařovacích kondenzátorů teplota vody žádný význam. Rozhodujícím činitelem je u nich naproti tomu teplota vzduchu a jeho relativní vlhkost. Pro vyložení odpařovacího kondenzátoru musí být

použito maximálních parametrů vzduchu. Pro naše území přichází v úvahu teplota 28°C a relativní vlhkost $\varphi = 50\%$, což odpovídá tepelnému obsahu vzduchu $i = 14$ kcal/kg. Příslušná kondenzační teplota se bude pohybovat kolem 35 až 37°C . Spotřeba chladicí vody, kterou tvoří hlavně odpaření a únos, je daleko menší než u všech ostatních vodou chlazených kondenzátorů. Z tohoto hlediska by se zdálo použití odpařovacího kondenzátoru v pivovarech celkem jednoznačné a směr vývoje ve světě také potvrzuje tuto cestu.

V našich pivovarech nebyly ještě odpařovací kondenzátory instalovány přesto, že jiné obory potravinářského průmyslu (mrazírny, mlékárny) provedly s nimi již příslušné zkoušky. Jak se ukázalo, vyžaduje odpařovací kondenzátor poměrně větší obsluhu a údržbu a je v provozu chloulostivější nežli ostatní trubkové kondenzátory. Čerpadla, ventilátory, rozprašovací trysky, plovákové ventily, umístěné většinou ve volné atmosféře a často daleko od strojovny, vyžadují stálého dozoru a obsluhy. Hlavní potíží provozu odpařovacího kondenzátoru je však charakter použité chladicí vody. Při tvrdé vodě je nutno vybudovat změkčovací stanici nebo pravidelně mechanicky a chemicky odstraňovat nánosy kotelního kamene na trubkách a vyměňovat rozprašovací trysky.

Vzduchové kondenzátory

Všechny uvedené okolnosti jsou velmi nepříjemné a jak se zdá nebude použití odpařovacích kondenzátorů v pivovarech tou schůdnou cestou za úsporou vody. Bude nutno se zaměřit na pokrokovější řešení, které se dnes nabízí, tj. na aplikaci kondenzátorů vzduchových. Není pochyb o tom, že budou-li použitím vzduchového kondenzátoru splněny také zásadní podmínky hospodárnosti chladicího zařízení pivovaru, pak provoz bez vody bude jistě po všech stránkách mnohem výhodnější.

Kondenzátor, chlazený vzduchem, vyvolává nutnost dimenzovat kompresorové soustrojí na špičkovou kondenzační teplotu asi o 5°C vyšší než u odpařovacího kondenzátoru a omezuje vypařovací teplotu čpavkového cyklu na -10°C , s ohledem na teplotu par ve výtlačku kompresoru, což by pro pivovary bylo schůdné a vyhovující.

V cizině se používá v podstatě dvou druhů vzduchem chlazených kondenzátorů, a to kondenzátorů montovaných vertikálně nebo horizontálně, s nuceným průtokem chladicího vzduchu, použitím axiálních ventilátorů. Výkony jednotek dosahují až $300\,000$ kcal/hod a ojedinělá zařízení v USA mají kondenzační výkony ještě větší. V ČSSR byly dosud provedeny a vyzkoušeny nejmenší vzduchové kondenzátory kolem $15\,000$ kcal/hod, které jsou pro pivovarský průmysl zatím bez praktického použití. Vývojové kanceláře strojírenských závodů vypracovaly konstrukčně již větší typy a byl dán již základ pro normalizovanou typovou řadu kondenzátorů pro těžká chladicí zařízení [3]. Větší základní jednotka této řady má výkon $55\,000$ kcal/hod a s kondenzátory sestavenými z těchto jednotek by se mohlo počítat již pro vyzkoušení v pivovarech středních výstavů. Dá se očekávat, že cena těchto

kondenzátorů nebude vyšší než cena kondenzátorů odpařovacích. Kondenzátory jsou navrhovány z ocelových žebrových trubek $\varnothing 12/10$ mm, s hustými lamelami, které se pozinkují ponorem v lázni. Další výzkum je zaměřen na použití hliníku místo oceli. Tlakové ztráty vzduchových lamelových kondenzátorů se pohybují podle výpočtu v milimetrech a problémem zůstávají pouze ventilátory, s životností a účinností vhodnou pro trvalý celoroční provoz a odstranění jejich hlučnosti.

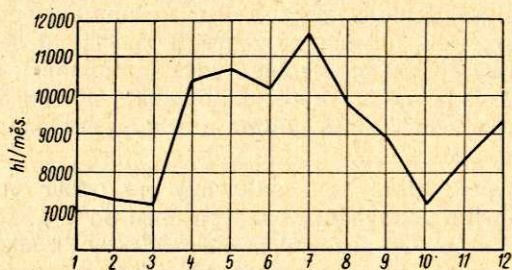
Při dispozičním řešení je třeba brát zřetel na sílu a směr větru, který ovlivňuje funkci vzduchového kondenzátoru. Instalace vzduchového kondenzátoru v pivovare je v každém případě opodstatněná při absolutním nedostatku chladicí vody a podmiňuje ji ekonomická otázka v důsledku zdražení vody z veřejného vodovodu, je-li pivovar pouze na ní odkázán.

Ekonomické zhodnocení vzduchového kondenzátoru

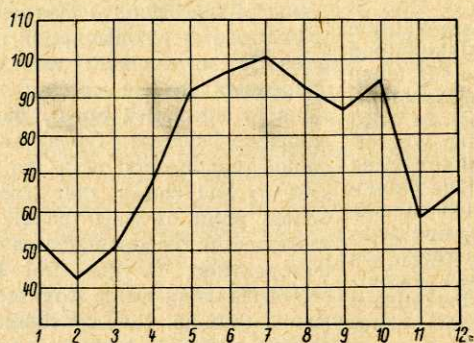
Pro hrubou informaci rentability vzduchového kondenzátoru je v dalším provedeno ekonomické srovnání u pivovaru s ročním výstavem asi $100\,000$ hl piva za rok.

Na jedné straně jsou vyhodnoceny vlastní náklady kompresorového čpavkového zařízení se strmotrubkovým sprchovým kondenzátorem, používajícím vody z městského vodovodu. Údaje jsou uvedeny podle provozních záznamů nynějšího pivovaru, a to výstavu, vyrobeného chladu, spotřebované elektrické energie a množství vody. Proti nim jsou postaveny náklady při použití vzduchového kondenzátoru za stejných výrobních a provozních podmínek, tj. za stejného ročního průběhu výroby chladu jak je zachyceno na obr. 2.

Provozní doba chladicího zařízení u nynějšího pivovaru byla za rok 3613 hodin a celková spotřeba elektrické energie pouze pro kompresory a čerpadla kondenzátorů činila $250\,000$ kWh/rok. Záznamy o spotřebě chladicí vody udávaly hodnotu $50\,000$ m³ za rok pro kondenzátor a kompresor. Čpavkový kompresor o výkonu $250\,000$ kcal/hod + 100% rezerva byl vyložen, vzhledem k nízké teplotě chladicí vody pro maximální kondenzační teplotu 25°C , která během roku celkově málo kolísá. Při použití vzduchového kondenzátoru je nutno vyložit kompresor pro maximální kondenzační teplotu 40°C . Kondenzační tlak bude závislý na teplotě venkovního vzduchu a bude sledovat během roku průměrné měsíční teploty atmosféry. Při předpokládané konstantní odpařovací teplotě -10°C bude v zimních měsících kalorický výkon kompresoru přiměřeně větší a



Obr. 1. Roční průběh výstavu piva



Obr. 2. Roční průběh výroby chladu v mil. kcal/měs.

transmisní plochy refrigerátorů by proto pro úplnost vyžadovaly ještě kontroly, což v této úvaze není uvedeno.

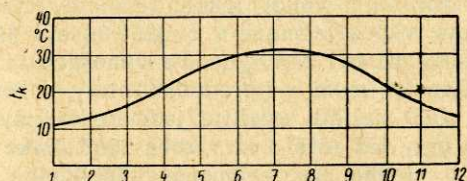
Příslušný vzduchový kondenzátor by měl plochu asi 1000 m² a potřebné ventilátory výkon asi 41,70 m³/s vzduchu s příkonem asi 13 kW. Na obr. 3 je zachycen předpokládaný průběh měsíčních kondenzačních teplot při provozu se vzduchovým kondenzátorem. Průběh spotřeby elektrické energie obou druhů kondenzátorů je znázorněn na obr. 4.

Porovnání vlastních nákladů chladicích kompresorů při provozu se sprchovým a vzduchovým kondenzátorem pro pivovar asi 100 000 hl/rok bez položek za obsluhu, materiál a údržbu ukazuje tabulka 1.

Tabulka 1

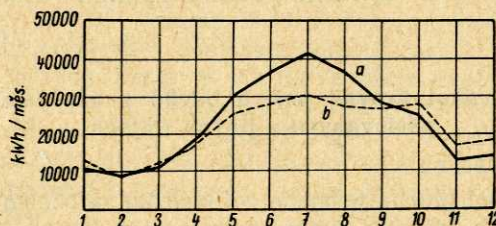
	Sprchový kondenzátor	Vzduchový kondenzátor
Výkon kompresoru (vyložení)	250 000 kcal/h	220 000 kcal/h*)
Při t_o, t_k	-10 °C, 25 °C	-10 °C, 40 °C
Plocha kondenzátoru	176 m ²	1000 m ²
Výkon chlad. zařízení v 1000 kcal/rok	904 300	904 300
Provozní hodiny chlad. zařízení	3 613 h/rok	3 123 h/rok
Spotřeba vody	50 000 m ³ /rok	1 200 m ³ /rok
Spotřeba elektr. energie	250 000 kWh/rok	273 500 kWh/rok (včetně ventilátorů)
Cena energie (0,20 Kčs/kWh)	50 000 Kčs/rok	54 700 Kčs/rok
Cena vody (1,90 Kčs/m ³)	95 000 Kčs/rok	2 300 Kčs/rok
Odpisy strojního zařízení při 7leté ekonomické životnosti	27 000 Kčs/rok	43 000 Kčs/rok
Náklady celkem	172 000 Kčs/rok	100 000 Kčs/rok

*) Průměrný roční výkon kompresoru činí asi 285 000 kcal/h.



Obr. 3. Průběh středních kondenzačních teplot v roce u vzduchového kondenzátoru

Jak vyplývá z porovnání v tabulce 1 je nákladová položka za chladicí vodu, resp. daná cena vody 1,90 Kčs/m³, jednoznačně rozhodující ve prospěch provozu se vzduchovými kondenzátory. Tam, kde pivovary jsou a budou odkázány výhradně na vodu z veřejných vodovodů a vodáren, bude přechod na vzduchovou kondenzaci chladicích zařízení jediným východiskem pro obnovení rentability. Spotřeba elektrické energie je uvažována teoreticky podle předpokládaného průběhu středních měsíčních kondenzačních teplot vzduchového kondenzátoru. Praktické hodnoty budou jistě poněkud vyšší. Ovšem i kdybychom uvažovali průměrnou roční kondenzační teplotu 30 °C, znamenalo by to zvýšení nákladů na elektrickou energii asi o 13 000 Kčs, což by nemělo zřejmě ještě rozhodující vliv na zásadní poměr obou provozů.



Obr. 4. Roční průběh spotřeby elektrické energie provoz s kondenzátorem a — vzduchovým; b — sprchovým

Bylo by účelné vyzkoušet v pivovarském provozu takového zařízení, aby se ověřily ostatní výhody a úspory, související s údržbou a obsluhou vzduchového kondenzátoru. Není vyloučeno, že při poloviční ceně vody, tj. asi 80 hal/1 m³, by tyto kondenzátory mohly vycházet provozně stejně drahé nebo i výhodnější než kondenzátory sprchové.

Závěr

Otázka úspory vody se stává jedním z nejdůležitějších úkolů našeho národního hospodářství a příslušná vládní vyhláška o úpravě ceny vody jasně sleduje tento cíl. Účelem tohoto článku je poukázat na možnost zásadní úspory vody v pivovarských provozech instalováním vzduchových kondenzátorů pro čpavkové chladicí zařízení. Pracovníci v pivovarech by se měli zamyslet nad tímto problémem, protože v blízké budoucnosti se bude v širokém měřítku v těžkém chlazení používat jen vzduchem chlazených kondenzátorů [4], které nevyžadují rozsáhlých vývojových prací, budou lehčí, levnější a budou zaujímat i menší prostor než odpařovací kondenzátory.

Literatura

- [1] Vodní hospodářství v závodech potravinářského průmyslu. Sv. 41, KPP 1952.
- [2] VTS — Sborník z konference „O odpadních vodách v potravinářském průmyslu“, část VI., KPP 1957.
- [3] ČKD-Choceň: Návrh řady vzduchových kondenzátorů (nepublikováno).
- [4] Vepřek L.: Těžká chladicí zařízení pro potravinářský průmysl. Průmysl potravin 10., 573 (1960).

Došlo do redakce 11. 1. 1962.

ЭКОНОМИЯ ВОДЫ НА ПИВОВАРЕННЫХ ЗАВОДАХ

В статье сравниваются разные типы применяемых в настоящее время конденсаторов водяного охлаждения с конденсаторами охлаждаемыми при помощи принудительной циркуляции воздуха. Экономические показатели говорят в пользу воздушного охлаждения, главным образом на заводах пользующихся водой из городских водопроводных сетей. Там, несмотря на повышенный расход электроэнергии, экономические показатели конденсаторов с воздушным охлаждением лучше чем у установок с водяным охлаждением.

WASSEREINSPARUNG IN BRAUEREIEN

Die Ersetzung der wassergekühlten Kondensatoren der Ammoniakkühlung durch Luftkondensatoren stellt einen der Wege zur Senkung des Wasserverbrauchs in Brauereien dar. Es wird die gegenwärtigen Type der Wasserkondensatoren mit den luftgekühlten Kondensatoren verglichen. Die ökonomischen Argumente sprechen zugunsten der Luftkondensatoren, und zwar hauptsächlich in den Brauereien, die Wasser aus dem öffentlichen Wasser-Netz abnehmen, obwohl bei diesen Brauereien der Stromverbrauch höher liegt.

SAVING WATER IN BREWERIES

One of the effective measures, how to reduce water consumption in breweries is to replace water cooled condensers in the cooling installations by air-cooled ones. The author compares current types of water cooled condensers with air cooled systems and shows, that from economical point of view the air cooled units can be recommended as cheaper in operation, in the first line to breweries using water from municipal mains, though the consumption of electric power is higher.