

Prieskum chladiaceho zariadenia v pivovare

TOMÁŠ KAŇA, SVŠT, Bratislava

621.57 : 663.4

Prieskumy energetickŕch zariadenŕ v rŕznych odvetviach nŕrodnŕho hospodŕrstva, najmŕ v priemysle, ktorŕ je najvŕĀĀším konzumentom energie, sa prevŕdza z hľadiska dosiahnutia Āo najhospodŕrnejšej spotreby energie a maximŕlnej efektŕvnosti vŕroby. Prieskumy spoĀivajŕ v tom, ŕe sa uskutoĀňujŕ merania, ekonomicko-energetickŕe rozborov vŕsledkov merania a vypracuje sa nŕvrh opatrenŕ na odstrŕnenie zistenŕch nedostatkov.

V tomto Ālŕnku je uvedenŕ popis prieskumu chladiaceho zariadenia s Āpavkovŕmi jednostupňovŕmi kompresormi v technolŕgii vŕroby pŕva.

Zapojenie jednotlivŕch zariadenŕ chladiaceho zariadenia, ako aj zamontovanie meracŕch prŕstrojov je vidieť na jednoduchej schŕme na obr. 1.

Metŕda pouŕitŕ pri prieskume

Metŕda, pouŕitŕ pri prieskume chladiaceho zariadenia, bola vypracovanŕ inŕ. J. Koldom, pracovníkom n. p. Lacrum Brno a mŕŕe sa vŕhodne pouŕiť pre praktickŕe a rŕchle posŕdenie hospodŕrneho chodu Āpavkovŕch jednostupňovŕch chladiacŕch kompresorov. Porovnvŕ sa chladiacŕ vŕkon Q [kcal/h] a mernŕ spotreba elektriny σ [kWh/1000 kcal], dosahovanŕ pri skutoĀnej prevŕdŕzke chladiaceho zariadenia s prevŕdŕzkou za optimŕlnŕch podmienok. Porovnanŕm skutoĀne nameranŕch hodnŕt s hodnotami optimŕlnymi, zŕskanymi vŕpoĀtom, sa dostane obraz o hospodŕrnej prevŕdŕzke chladiaceho zariadenia.

Optimŕlnŕ prevŕdŕzka chladiaceho zariadenia zŕvisŕ od dodrŕzovania sprŕvnŕch teplotovŕch vzťahov vo vŕparnŕkoch, kompresoroch, kondenzŕtoroch a v dochladzovaĀi.

Optimŕlne hodnoty pre poŕadovanŕe vzťahy teplŕt

Odparovacia teplota mŕ byť niŕšia oproti teplote solanky, vystupujŕcej z vŕparnŕkov pri nepriamom chladenŕi o

$$\Delta t_{op} = 4 \text{ aŕ } 5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Uvedenŕ rozdiel sa dosiahne sprŕvnŕm naregulovanŕm teplŕt pomocou ŕkrtiacŕch ventilov.

Teplota na sacom potrubŕi u kompresora mŕ byť vŕŕšia ako odparovacia teplota o

$$\Delta t_{sp} = 2 \text{ aŕ } 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

Skvapalňovacia teplota mŕ byť vŕŕšia ako teplota odtekajŕcej vody z kondenzŕtora o

$$\Delta t_{kp} = 4 \text{ aŕ } 5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dochladzovacia teplota za dochladzovaĀom (pred regulaĀnŕm ventilom) mŕ byť vŕŕšia ako teplota odtekajŕcej vody z kondenzŕtora o

$$\Delta t_{\dot{p}} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

K tejto metŕde boli vypracovanŕe diagramy na zistenie chladiaceho vŕkonu a spotreby elektriny v Āpavkovŕch jednostupňovŕch chladiacŕch kompresoroch, a to:

Diagram priebehu objemovej chladiivosti nasŕtŕnŕch Āpavkovŕch pŕr q [kcal/m³] pri rŕznych odparovacŕch teplotŕch t_o [°C] a pre teplotu za dochladzovaĀom

$$t_a = 15 \text{ }^\circ\text{C (obr. 2)}.$$

Diagram bol vypracovanŕ podĀa tabuĀky pŕr Āpavku, uvedenej v uĀebnom texte vysokŕch ŕkŕl

od prof. inŕ. dr. Vladimŕra Chlumskŕho „Konŕtrukcia chladiacŕch zariadenŕ“. Z tohto diagramu odĀŕtame hodnotu objemovej chladiivosti q pre urĀitŕ odparovaciu teplotu t_o , ktorŕ potrebujeme na vŕpoĀet chladiaceho vŕkonu kompresora Q [kcal/h].

Diagram mernej spotreby elektriny σ [kWh/1000 kcal] chladiaceho vŕkonu pre Āpavkovŕe jednostupňovŕe kompresory (obr. 3). Diagram bol vypracovanŕ z porovnvŕvacej Carnotovej hospodŕrnosti chladiiva, uvedenej v kniŕe prof. Bŕckstrŕma „Technika chladienia“, s prepoĀtom na 70% ŕĀinnosť. Vo vŕpoĀtoch podĀa tohto diagramu bude urĀitŕ chybŕ pri vŕĀŕŕich kompresoroch plus a pri menŕŕich mŕnus. Z tohto diagramu odĀŕtame mernŕ spotrebu elektriny σ [kWh/1000 kcal chladiaceho vŕkonu] pre urĀitŕ odparovaciu teplotu t_o [°C], skvapalňovaciu teplotu t_k [°C] a teplotu za dochladzovaĀom t_a [°C].

Celŕ priebeh diagramu je rozdelenŕ do dvoch pŕsiem, hornŕho a spodnŕho.

VŕpoĀet chladiaceho vŕkonu a spotreby elektriny podĀa uvedenej metŕdy

VŕpoĀet chladiaceho vŕkonu a spotreby elektriny sa prevedie pri prevŕdŕzke kompresora K3.

VŕpoĀet predpoklŕdŕ tento postup:

1. Zistenie ŕtŕtkovŕch a zŕruĀnŕch hodnŕt

ŕtŕtkovŕ chladiacŕ vŕkon kompresora K3 $Q_{og} = 300\,000 \text{ kcal/h}$

ZŕruĀnŕe hodnoty podĀa

normy ĀSN 140 611 —

odparovacia teplota $t_{og} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$

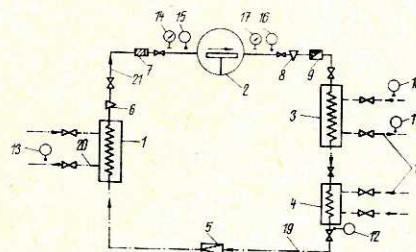
Skvapalňovacia teplota $t_{kg} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

Teplota za dochladzovaĀom

$$t_{dg} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

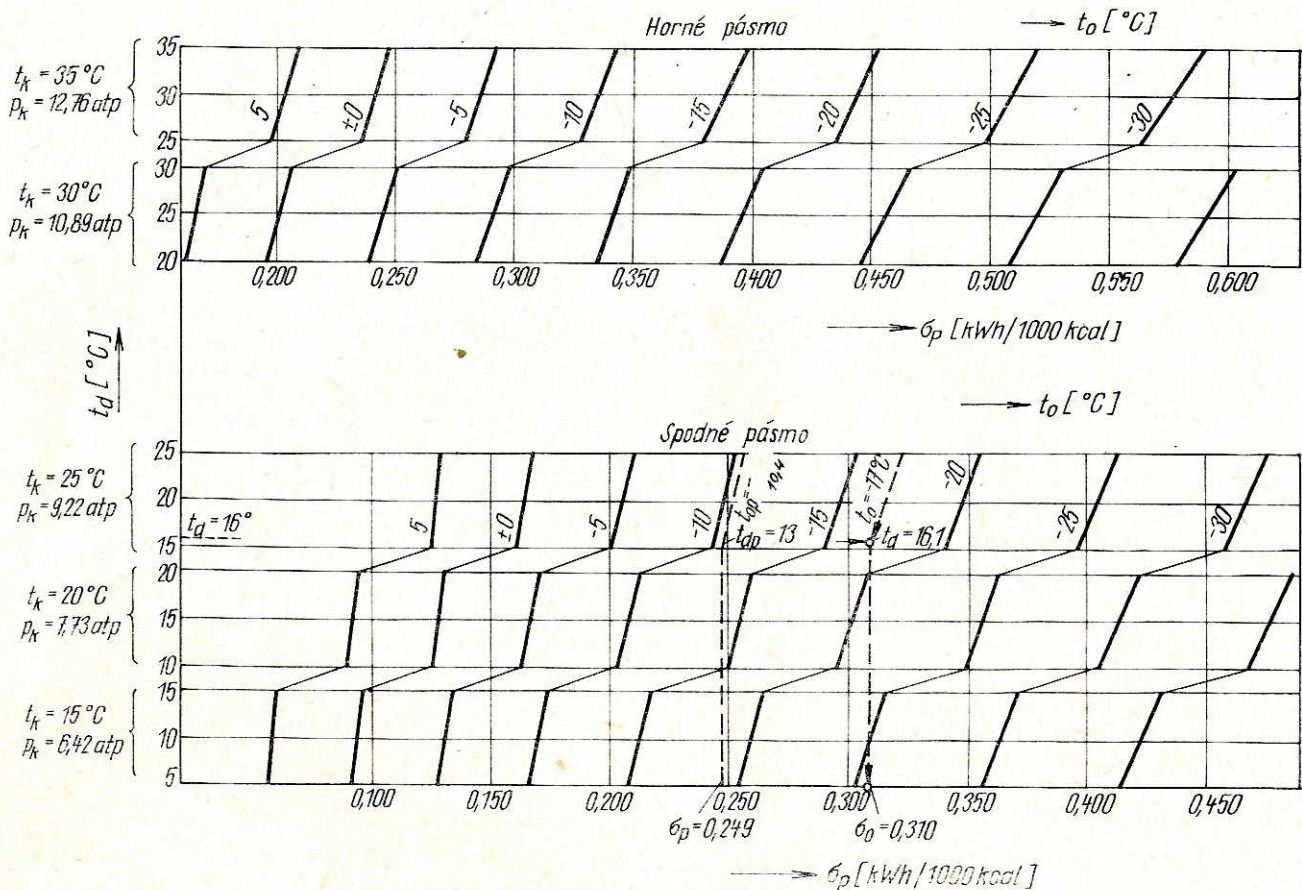
2. Meranie pri prevŕdŕzke chladiaceho zariadenia

Pri prevŕdŕzke chladiaceho zariadenia v ustŕle nom stave bolo prevedenŕe meranie po dobu 1 hodiny, priĀom boli v 10minutovŕch intervaloch zaznamenŕvanŕe potrebnŕe ŕdaje: PoĀas jednohodinovej prevŕdŕzky boli nameranŕe tieto priemernŕe hodnoty:



Obr. 1. Jednoduchŕ schŕma chladiaceho zariadenia

1 — vŕparnŕk; 2 — kompresor; 3 — kondenzŕtor; 4 — dochladzovaĀ; 5 — ŕkrtiacŕ ventil; 6 — odluĀovaĀ kvapaliny; 7 — filter; 8 — odluĀovaĀ oleja; 9 — spŕtnŕ klapka; 10 — 11 — teplomery na meranie chladiacej vody vstupujŕcej a vystupujŕcej z kondenzŕtora; 12 — teplomer na meranie teploty Āpavku za dochladzovaĀom; 13 — teplomer na meranie teploty solanky vystupujŕcej z vŕparnŕka; 14 — tlakomer s teplomernou stupnicou na meranie odparovacieho tlaku a teploty; 15 — teplomer na meranie teploty Āpavku v sacom hrdle kompresora; 16 — teplomer na meranie teploty Āpavku vo vŕtlaĀnom hrdle kompresora; 17 — tlakomer s teplomernou stupnicou na meranie kondenzaĀnŕho tlaku a teploty; 18 — chladiaca voda; 19 — kvapalnŕ Āpavok; 20 — solanka; 21 — Āpavkovŕe pary



Obr. 3. Diagram mernej spotreby elektriny pre čpavkové jednodušňové kompresory
Např. merná spotreba elektriny činí při $t_o = 17^\circ\text{C}$, $t_d = 16^\circ\text{C}$ - $\sigma_o = 310$ kWh/1000 kcal

Ďalej sa prevedie výpočet chladiaceho výkonu a spotreby elektriny z hodnôt nameraných pri prevádzke chladiaceho zariadenia.

Skutočný chladiaci výkon

$$Q_o = Q_{og} \frac{q_o}{q_{op}} = 300\,000 \frac{507}{675} = 225\,333 \text{ kcal/h}$$

kde q_o je objemová chladiivosť odčítaná z diagramu (obr. 2) pre nameranú odparovaciu teplotu $t_o = -17^\circ\text{C}$ 507 kcal/m³; (na obr. 2 je táto hodnota vyznačená čiarkovane).

Skutočná spotreba elektriny

$$A = \sigma \cdot \tau \frac{Q_o}{1000} = 0,310 \cdot 1,29 \frac{225\,333}{1000} = 90 \text{ kWh}$$

kde τ je čas v hodinách, ktorý vyjadruje koľko hodín musí byť chladiace zariadenie v prevádzke, aby pracovalo so skutočným chladiacim výkonom $Q_o = 225\,333$ kcal/h a aby bol získaný požadovaný chladiaci výkon $Q_{op} = 292\,560$ kcal/h

$$\tau = \frac{Q_{op}}{Q_o} \cdot \tau_p = \frac{292\,560}{225\,333} \cdot 1 = 1,29 \text{ h.}$$

σ - merná spotreba elektriny odčítaná z diagramu (obr. 3) pri nameraných hodnotách:
0,310 kWh/1000 kcal;

odparovacej teploty $t_o = -17^\circ\text{C}$
skvapaňovacej teploty $t_k = 24^\circ\text{C}$
kondenzačného tlaku $p_k = 8,9$ atp

teploty čpavku za dochladzovačom $t_d = 16,1^\circ\text{C}$

(na obr. 3 sú tieto hodnoty vyznačené čiarkovane).

Porovnaním chladiaceho výkonu a spotreby elektriny pri požadovaných teplotových pomeroch a pri skutočnej prevádzke chladiaceho zariadenia dostanú sa tieto vzťahy.

Chladiaci výkon

$$\Delta Q = Q_{op} - Q_o = 292\,560 - 225\,333 = 67\,227 \text{ kcal/h.}$$

To znamená, že chladiaci kompresor K3 mal dosahovať chladiaci výkon namiesto 225 333 kcal/h až 292 560 kcal/h, t. j. chladiaci výkon je nižší o

$$a_1 = \frac{\Delta Q}{Q_{op}} \cdot 100 = \frac{67\,227}{292\,560} \cdot 100 = 22,9\%$$

Spotreba elektriny

$$\Delta A = A - A_p = 90 - 72,5 = 17,5 \text{ kWh}$$

Chladiace zariadenie malo dosahovať namiesto 90 kWh na chladiaci výkon 292 560 kcal len 72,5 kWh, t. j. spotreba elektriny je v skutočnosti vyššia o 17,5 kWh

$$a_2 = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100 = \frac{17,5}{72,5} \cdot 100 = 24\%$$

Vyhodnotenie prieskumu a navrhované opatrenia na zlepšenie prevádzky

Požadovaný rozdiel medzi teplotou odparovacou a teplotou solanky na výstupe z výparníkov miesto 4 až 5 °C má priemernú hodnotu 11 °C. Vyšší rozdiel ukazuje na to, že v chladiacom okruhu máme nedostatočné množstvo čpavku alebo nedostatočnú koncentráciu čpavku alebo nedostatočné množstvo solanky. Vyšší rozdiel teplôt môže vzniknúť pri znečistení povrchov výparníka, napr. zaolejovaním alebo nánosom na strane solanky.

Nedodržovanie požadovaného rozdielu je v danom prípade príčinou zvýšenej teploty vo výtláčnom hrdle kompresora ($t_{hr} = 117$ °C). Je to spôsobené nesprávnym nastavením regulačných ventilov, čo vyvoláva zníženie tlaku na sacej strane kompresora, a tým zvýšenie rozdielu tlakov na výtláčnej a sacej strane kompresora. Tento rozdiel sa prejaví vo zvýšenej mechanickej kompresnej práci, a tým i vo zvýšení teploty čpavkových pár za kompresorom.

Požadovaný rozdiel medzi teplotou čpavku v kondenzátore a teplotou chladiacej vody vystupujúcej z kondenzátora miesto 4 až 5 °C má priemernú hodnotu 3,5 °C. Nižší rozdiel ukazuje na to, že v chladiacom okruhu máme málo čpavku,

Požadovaný rozdiel medzi teplotou čpavku za dochladzovačom a teplotou chladiacej vody pred dochladzovačom miesto 2 °C má vyššiu hodnotu priemerne o 5 °C. Vyšší rozdiel ako požadovaný ukazuje na znečistenie výmenných plôch, napr. zaolejovaním na strane čpavku alebo nánosom na strane vody.

Požadovaný rozdiel medzi teplotou čpavkových pár v sacom hrdle kompresora a odparovacej teploty čpavku, ktorý je 2 až 4 °C sa v priemere dodržiava. To ukazuje na dobrú tepelnú izoláciu a vhodnú dĺžku potrubia.

КОНТРОЛЬ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПИВОВАРЕННЫХ ЗАВОДАХ

В статье описывается новый метод контроля экономических показателей эксплуатации холодильного оборудования установленного на пивоваренном заводе. Метод основан на сравнении расхода электрической энергии, рассчитанного по результатам измерений, т. е. фактического расхода с расчетным расходом, отвечающим номинальным параметрам оборудования. Метод отличается простотой и дает ориентировочные результаты с минимальной затратой времени. Автор в заключительных абзацах статьи объясняет причины отклонений от расчетных значений и намечает некоторые мероприятия по их устранению.

KONTROLLE DER BRAUEREI-KÜHLANLAGEN

Es wird eine Kontrollmethode zur Beurteilung der Betriebswirtschaftlichkeit der Brauerei-Kühlanlagen beschrieben. Das Prinzip der Methode beruht auf dem Vergleich des Verbrauchs der elektrischen Energie, der durch Messung ermittelt wurde, mit der Berechnung aufgrund der nominalen Werte der Einrichtung. Die Methode ist für praktische und schnelle Beurteilung geeignet. Zum Schluss werden die Ursachen der Abweichungen von den nominalen Werten angeführt und entsprechende Massnahmen empfohlen.

CHECKING THE EFFICIENCY OF COOLING INSTALLATIONS IN BREWERIES

The article deals with a simple method which has been developed for ascertaining the efficiency and economy of cooling equipment installed in a brewery. It is based on the comparison of actual electric energy consumption, calculated from the results of measurements, with nominal values, rated for the installation in question. Owing to its simplicity the method is suitable for routine application. The author explains the main causes of differences, deteriorating the efficiency, and suggests remedies.

Nedodržanie parametrov (teplôt a tlakov) v chladiacich okruhoch v prípustných hraniciach sa prejaví v danom prípade v znížení chladiaceho výkonu o 22,9 % a vyššej spotreby elektrickej energie priemerne o 19,4 %.

Z prevedeného vyhodnotenia vyplývajú pre zlepšenie a zhospodárnenie prevádzky chladiaceho zariadenia tieto opatrenia:

1. Prekontrolovať množstvo obiehajúceho čpavku a doplniť jeho množstvo na predpísané dodávateľom chladiaceho zariadenia.

2. Nastaviť regulačné (škrtiace) ventily v chladiacom okruhu čpavku tak, aby rozdiel medzi odparovacou teplotou čpavku vo výparníkoch a teplotou solanky, ktorá vystupuje z výparníkov, bol v rozmedzí 4 až 5 °C.

3. Prívetiť revíziu výparníkov, prekontrolovať stav výhrevných plôch a tieto očistiť od nánosov a oleja.

Záver

Trvalé zabezpečenie hospodárnosti v spotrebe elektriny na chladiacom zariadení sa docielí vtedy, ak sa budú pravidelne sledovať a vyhodnocovať namerané údaje pri prevádzke chladiaceho zariadenia a na základe nich robí opatrenia k náprave. To predpokladá vybaviť chladiace zariadenie potrebným počtom meracích prístrojov uvedených na obr. 1 a ďalej zaviesť nutnú evidenciu údajov, potrebných na posúdenie správnosti prevádzky chladiaceho zariadenia (tab. 1).

Bez nutnej evidencie nemôžu sa prevádzka rozborov, hľadať príčiny nehospodárnej prevádzky a operatívne odstraňovať zistené závady. Porovnaním skutočných a požadovaných vzťahov teplôt môžu sa zistiť príčiny nehospodárnosti tak ako to bolo ukázané na uvedenom príklade v tomto článku.

Došlo do redakcie 24. 4. 1964.