

## Spilka a sklep z hlediska volby chladicího systému

Ing. Tomáš LEJSEK, CSc., Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha

Hledání nejvhodnějšího způsobu výstavby spilek a sklepů je stále v popředí zájmu pivovarského průmyslu. Je všeobecně známo, že tyto výrobní úseky jsou investičně velmi náročné a nelze zanedbat ani jejich spotřeby energie. Mění se i klasický ležácký sklep, u něhož se podstatně zlepšuje využití prostoru. U nových zařízení se řeší intenzivní chlazení, zvětšuje se obsah nádob a materiálové a konstrukční provedení se přizpůsobuje pro využití mechanizovaného mytí. Realizují se tanky na volném prostranství.

Nároky na spotřebu chladu spilky a sklepa dále stoupají vlivem změn technologie a strojního zařízení. Odpovídá však tomu dimenzování výkonu chladicí jednotky a jednotlivých teplosměnných ploch? Podmínky chlazení ležáckého sklepa a spilky jsou známé, a proto lze potřebný chladicí výkon vypočítat [2]. Rovná se součtu tepelných toků způsobených vyvíjením kvasného tepla, vyvíjením tepla stroji a obsluhou, ochlazováním piva, odvodem tepla vnikajícího povrchem chlazeného prostoru, ochlazováním a odvlhčováním vzduchu a většinou zanedbatelným ochlazováním vlhkosti kondenzující na chladicích tělesech. Rozhodující význam má vyvíjené kvasné teplo, potřebné ochlazení piva a ztráty do okolí. Přesným určením velikosti kvasného tepla jsme se již zabývali [4]. Postupný výpočet vede k přesnému stanovení jednotlivých tepel a v souhrnu pak ke správné potřebě a dimenzování chladu pro sledované oddělení tanků i pro celou spilku a sklep. Prakticky se však často z podrobného výpočtu nevychází a používá se empirických hodnot uváděných v literatuře.

Obvykle se chlazení dimenzuje podle měrné spotřeby chladu na plochu chlazeného prostoru, tj. používá se hodnot spotřeby  $W/m^2$ ,  $kcal/m^2 \cdot den$  (tabulka 1). Tyto hodnoty vycházejí z dlouhodobé praxe u klasických sklepů a spilek. Dnešní jejich použití se odůvodňuje tím, že moderní stavby se izolují tak, aby odpovídaly dřívějšímu umístění sklepů pod zemí. Odpověď je však nepřesná, tímto zdůvodněním se totiž sleduje pouze teplo vnikající z okolí. Vůbec se nešetří vnitřní poměry sklepa, jako doba kvašení, využití prostoru (objem nádob

instalovaný v  $m^3$  prostoru) a provozní poměry. Lze proto dojít k zcela nedostatečnému dimenzování chladicích výkonů a ploch a k nedostatečnému chlazení v letním období. Na tento problém upozorňuje Miller [3], který provedl srovnání pro konstrukci vysokopodlažních sklepů. Jeho výsledky pro kapacitu sklepa rovnou 35násobku denní výroby ukazuje tabulka 2. Je zřejmé, že všechny měrné spotřeby chladu jsou vyšší, u sklepů se sedlanými dvojicemi tanků dokonce více než dvojnásobně. Potvrzuje tedy, že dimenzování podle dosavadních empirických měrných spotřeb vede ke zcela chybným výsledkům.

Tabulka 1. Přehled údajů o spotřebě chladu spilky a sklepa  $W/m^2$  ( $kcal/m^2 \cdot den$ )

| Autor                | Spilka            | Sklep            |
|----------------------|-------------------|------------------|
| Hlaváček-Lhotský [1] | 48—58 (1000—1200) | 32—48 (650—1000) |
| Dvořák [2]           | 48—68 (1000—1400) | 32—46 (650—950)  |
| Fischer [3]          | 48—58 (1000—1200) | 39—48 (800—1000) |

Dosud uvedené hodnoty platí při ustáleném způsobu realizace tanků ochlazovaných okolním vzduchem a umístěných v budově. I když budou obdobné stavby dále uskutečňovány, nelze opomíjet stále se rozšiřující výstavbu samostatně chlazených, tepelně izolovaných nádob, umístěných buď na volném prostranství, nebo v lehké stavební konstrukci. V tomto případě je třeba při návrhu chlazení postupovat podle podrobného výpočtu, dosavadní údaje měrné spotřeby chladu již vůbec neplatí. Logickým se zdá názor, že nároky na chlazení izolovaných tanků by měly být nižší. Například japonská firma Suntory, Tokyo uvádí snížení nákladů na hl obsahu tanku z 0,2 US dol. u klasického sklepa na 0,1 US dol., tj. o 50 %. Nelze však zapomenout na potřebnou izolaci a s ní související pořizovací náklady tanku. Z této oblasti jsou známy některé příznivé měrné hod-

Tabulka 2. Přehled spotřeby chladu sklepa podle výpočtu Millera (denní produkce sklepa 2400 hl)

| Sedlátní tanků | Využití prostoru m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | Průměr tanku m | Počet etáží | Plocha zastavěná m <sup>2</sup> | Počet tanků | Spotřeba chladu W/m <sup>2</sup> (kcal/m <sup>2</sup> . den) |
|----------------|---|----------------|-------------|---------------------------------|-------------|--|
| jednoduché     | 3,5   | 4,65           | 1           | 1210                            | 18          | 61 (1262)  |
|                |   |                | 2           | 605                             | 9           | 63 (1300)  |
|                |   |                | 3           | 400                             | 6           | 68 (1397)  |
|                |   |                | 4           | 263                             | 4           | 69 (1425)  |
|                | 2,0   | 2,62           | 1           | 2020                            | 99          | 64 (1317)  |
|                |   |                | 2           | 995                             | 49          | 64 (1330)  |
|                |   |                | 3           | 674                             | 33          | 64 (1325)  |
|                |   |                | 4           | 510                             | 25          | 65 (1335)  |
| dvojitě        | 3,5   | 2,32           | 1           | 1200                            | 144         | 117 (2412)   |
|                |   |                | 2           | 600                             | 72          | 118 (2440)   |
|                |   |                | 3           | 400                             | 48          | 118 (2440)   |
|                |   |                | 4           | 300                             | 36          | 120 (2473)   |

Tabulka 3. Ceny cylindrokónických tanků s rozdílnými typy chladicích duplikátorů

| Plnicí objem tanku hl | Celkový objem tanku hl | Vnitřní průměr mm | Kvašení a dokvašování v jedné nádobě |                  |                |                                |                  |                |   |                  |                |
|-----------------------|------------------------|-------------------|--------------------------------------|------------------|----------------|--------------------------------|------------------|----------------|---|------------------|----------------|
|                       |                        |                   | chlazení solankou 0,3 MPa            |                  |                | chlazení solankou netlakové    |                  |                | chlazení přímým odparem NH <sub>3</sub> |                  |                |
|                       |                        |                   | chladičí plocha m <sup>2</sup>       | hmotnost tanku t | cenový index % | chladičí plocha m <sup>2</sup> | hmotnost tanku t | cenový index % | chladičí plocha m <sup>2</sup>          | hmotnost tanku t | cenový index % |
| 530                   | 574                    | 3000              | 25                                   | 4,2              | 136            | 25                             | 4,0              | 127            | 15                                      | 4,6              | 160            |
| 976                   | 1038                   | 3550              | 47                                   | 7,7              | 134            | 47                             | 7,3              | 124            | 28                                      | 8,5              | 158            |
| 1538                  | 1649                   | 4500              | 74                                   | 11,5             | 126            | 74                             | 11,0             | 116            | 44                                      | 12,7             | 145            |

Pokračování tabulky 3

| Plnicí objem tanku hl | Celkový objem tanku hl | Vnitřní průměr mm | Dokvašování                    |                  |                |                                |                  |                |   |                  |                |
|-----------------------|------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|----------------|--------------------------------|------------------|----------------|---|------------------|----------------|
|                       |                        |                   | chlazení solankou 0,3 MPa      |                  |                | chlazení solankou netlakové    |                  |                | chlazení přímým odparem NH <sub>3</sub> |                  |                |
|                       |                        |                   | chladičí plocha m <sup>2</sup> | hmotnost tanku t | cenový index % | chladičí plocha m <sup>2</sup> | hmotnost tanku t | cenový index % | chladičí plocha m <sup>2</sup>          | hmotnost tanku t | cenový index % |
| 530                   | 574                    | 3 000             | 2,5                            | 3,5              | 114            | 2,5                            | 3,5              | 111            | 1,5                                     | 3,5              | 126            |
| 976                   | 1038                   | 3 550             | 4,5                            | 6,3              | 110            | 4,5                            | 6,3              | 108            | 2,7                                     | 6,4              | 122            |
| 1538                  | 1649                   | 4 500             | 7,0                            | 9,4              | 103            | 7,0                            | 9,4              | 100            | 4,2                                     | 9,6              | 111            |

noty investičních a provozních nákladů velkoobjemových tanků [5, 6, 7] i obecné srovnávací studie [8, 9, 10, 11]. K úvahám o uplatnění přímo chlazených tanků je však rozhodující přehled o současné tuzemské náročnosti jednotlivých řešení jak vlastních tanků, tak celkové koncepce stavby. Věnujeme se proto dále porovnání vybraných variant řešení systémů chlazení tanků a dále umístění tanků na volném prostranství a v budově.

#### 1. Samostatné přímé chlazení kvasných a ležáckých nádob

Přímé chlazení je výhodné u velkoobjemových tanků a při pružném řízení technologie. Chladí se povrch nádob, a to většinou různě konstruovanými duplikátory. Původní velkoplošné duplikátory se dnes nahrazují účinnějšími konstrukcemi s průtočnými labyrinty. Chladicím médiem může být solanka, glykol nebo i přímo čpavek či freon. Zásadně odlišný je systém, který používá průtokový chladič umístěný mimo kvasnou nádobu k neustálé cirkulaci ochlazovaného piva [12].

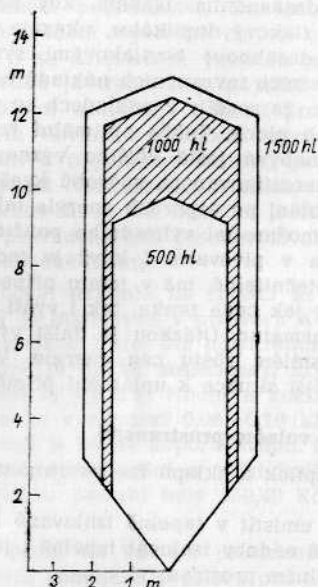
Hospodárnost zvoleného chladicího systému bude ve vzájemném srovnání záležet také na potřebném chladicím výkonu pro daný plnicí objem a na velikosti plnicího objemu. Menší vliv bude mít základní geometrické uspořádání tanku (průměr, poměr výšky k průměru), umístění stojaté či ležaté nebo tvar víka a dna.

Jednotlivé systémy chlazení se dále porovnávají při užití vždy stejného typu válcového stojatého tanku s kuželovým dnem. Tank se zvolil se zřetelem na současný světový trend, kdy do nově budovaných spilek se tento typ již v rozhodující míře prosadil a uplatňuje se i v ležáckých sklepech a při realizaci nových technologií.

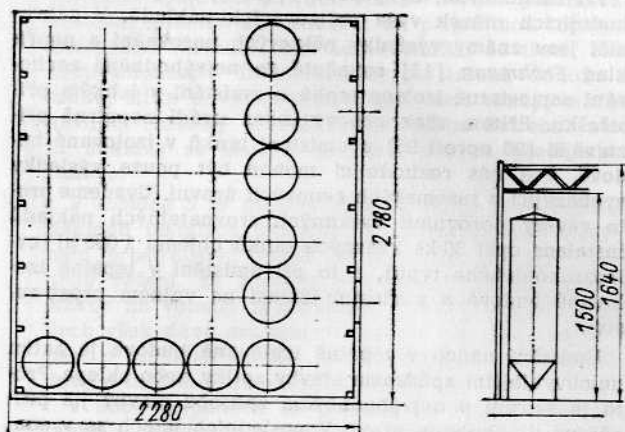
Na základě podrobných výpočtů se sestavila teoretická řada tří velikostí cylindrokónických tanků o plnicím objemu 500, 1000 a 1500 hl, vybavená chladicími duplikátory. Vliv typu duplikátoru se sledoval na uplatnění:

- labyrintového tlakového duplikátoru (chladičí médium solanka);
- labyrintového duplikátoru bez přetlaku chladicí solanky;

c) labyrintového duplikátoru pro přímý odpar chladi-  
va ( $\text{NH}_3$ ).



Obr. 1. Rozměry tanků

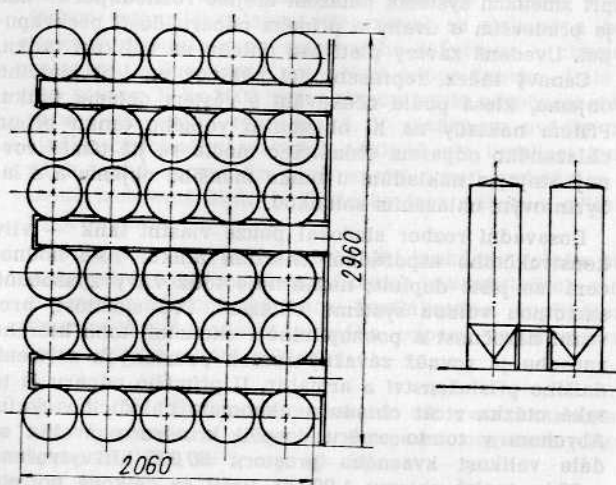


Obr. 2. Schéma umístění tanků v budově  
Rozměry v cm

Duplikátor je vytvořen ze spirálově vyvinutého obdélníkového průtočného kanálku (o šířce 90 mm) přivařením lemovaného pásu plechu na vnější povrch válcového lubu tanku. Jeho celková plocha se určila jednak pro intenzivnější potřebu chlazení reprezentovanou tech-

nologií kvašení a dokvašování v jedné nádobě a jednak pro dokvašování piva s podstatně menším nárokem na chlazení. Je tak možno sledovat změnu ceny tanku s růstem chladicí plochy. V prvním případě je pro dimenzování rozhodující chladicí výkon 207,1 kJ/hl.h (ochlazení z 15 °C na 1 °C během 30 hodin). Při dokvašování se uvažuje rozhodující odvod tepla 19,7 kJ/hl.h, což je potřebná intenzita chlazení během prvních 5 dnů ležení. U stejných tanků se tedy porovnává umístění zhruba řádově většího duplikátoru. Plocha duplikátoru je u tanku jednofázového kvašení rozdělena nejméně do 3 sekcí. Kuželové dno o vrcholovém úhlu 75° není chlazené.

Ze základních rozměrových údajů se vyšlo k provedení pevnostních výpočtů jednotlivých velikostí tanků, určení celkové hmotnosti a ceny. Tanky jsou navrženy



Obr. 3. Schéma umístění tanků na volném prostranství  
Rozměry v cm

Tabulka 5. Rozdílné náklady instalace 30 ks tanků à 1000 hl

|                              | Izolované plochy m <sup>2</sup> | Zastavěná plocha m <sup>2</sup> | Náklady v tis. Kčs |         |        | Kčs/hl celkového plnicího objemu |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------|--------|----------------------------------|
|                              |                                 |                                 | stavba             | izolace | celkem |                                  |
| Tanky v izolované budově     | 2 108                           | 634                             | 3 075              | 990     | 4 065  | 130                              |
| Tanky na volném prostranství | 3 951                           | 610                             | 143                | 1 420   | 1 563  | 50                               |

Tabulka 4. Výsledky výpočtu rozdílných investičních a provozních nákladů souboru 30 ks tanků à 1000 hl (v tis. Kčs)

| Provedení tanků                                  | Kvašení a dokvašování v jedné nádobě |                   |             | Spilka         |                   |             |
|--|--------------------------------------|-------------------|-------------|----------------|-------------------|-------------|
|  | solanka                              |                   | přímý odpar | solanka        |                   | přímý odpar |
|  | tlakový způsob                       | beztlakový způsob |             | tlakový způsob | beztlakový způsob |             |
| Investiční náklady tanků                         | 18 240                               | 16 980            | 21 510      | 15 150         | 14 670            | 16 590      |
| Investiční náklady celkem                        | 20 435                               | 19 091            | 23 870      | 16 906         | 16 413            | 18 379      |
| Elektrická energie                               | 110                                  | 110               | 72          | 145            | 145               | 66          |
| Provozní náklady celkem                          | 2 154                                | 2 019             | 2 459       | 1 836          | 1 786             | 1 906       |
| Provozní náklady v % oproti nejlevnější variantě | 107,0                                | 100               | 131,7       | 103,0          | 100               | 112,0       |
| Provozní náklady v % oproti nejlevnější variantě | 106,7                                | 100               | 121,8       | 102,8          | 100               | 106,7       |



z nerezavějící oceli třídy 17. Vnitřní provozní přetlak vždy 0,1 MPa. Při výpočtu ceny se respektovala současná cenová úroveň (ze zkušeností realizace v r. 1976) a také výrobní náročnost jednotlivých typů. Do celkové ceny se navíc započítaly náklady na technologickou armaturu a náklady na armaturu chlazení tanku. Cenový index uvedený v tabulce 3, která uvádí výsledky šetření, se určil dělením celkové ceny plnicím obsahem tanku a procentním srovnáním k nejvýhodnější variantě.

Z přehledu v tabulce 3 vyplývá, že základní cenové relace mezi různým provedením chlazení kvasného tanku (stejněho typu) zůstávají, ať se předpokládá potřeba vyššího či nižšího chladicího výkonu. V obou případech je investičně nejvýhodnější netlakový duplikátor. Zvláště u menšího chladicího výkonu jsou však rozdíly poměrně nepatrné a náklady na vlastní výrobu tanků nebudou při změnách systému chlazení zřejmě rozhodující — což je především u úvahy o přímém odparu dosti překvapující. Uvedené závěry platí bez ohledu na velikost tanku.

Cenový index, reprezentující náklady na 1 hl plnicího objemu, klesá podle očekávání s růstem objemu tanku. Přitom náklady na 1 hl objemu u velkého tanku přímo chlazeného odparem chladicího média se již téměř rovnají stejným nákladům u tanku menšího objemu a s labirintovým chlazením solankou.

Dosavadní rozbor sledoval pouze vlastní tank — vliv konstrukčního uspořádání chlazení tanku. Toto hodnocení lze ještě doplnit; nezahrnuje totiž vlivy způsobené samotnou volbou systému chlazení. Pro složitost, provozní náročnost a pochopitelně i ekonomii toho kterého způsobu je rovněž závažný rozsah pomocných zařízení, dalšího příslušenství a armatur. U přímého odparu je to také otázka ztrát chladu a ekonomie chladicího cyklu. Abychom v tomto směru dospěli k názoru, zvolila se dále velikost kvasného prostoru 30 000 hl vytvořená z 30 ks tanků objemu 1 000 hl, určil se celkový potřebný chladicí výkon a zjistily se všechny rozdílné hodnoty investičních a provozních nákladů u dvou použitých variant technologie. Předpokladem je, že stavební řešení bude u všech způsobů stejné a že tanky budou stejným způsobem izolovány. Pak ve shodě s praxí lze zanedbat rozdíly v tepelných ztrátách do okolí a za shodné považovat i stavební náklady. Ostatní náklady se stanovily co nejpřesněji a vycházelo se z již zavedených dvou úrovní v dimenzování chladicích tanků. Tím se rozlišila případná realizace intenzifikovaných způsobů kvašení a klasické spilky i ležáckého sklepa.

V investičních nákladech se započítala cena tanků včetně montáže, dále ceny kotlových výparníků, zásobníků solanky, oběhových čerpadel, sběrače solanky a vratných čerpadel (u řešení bez přetlaku) a potrubního rozvodu včetně izolace a montáže. V provozních nákladech se uvažovaly odpisy technologického zařízení, odpisy více nákladů na chladicí zařízení, elektrická energie a náklady běžných oprav.

Celkový potřebný chladicí výkon je u varianty uvažující kvašení a dokvašování v jedné nádobě 994 000 kJ/h (237 000 kcal/h). Počítá se přitom s postupným naplněním 15 tanků při pětidenním pracovním týdnu ve varně (6 várek po 500 hl za 24 h). Intenzivně chladit se budou současně nejvýše 4 tanky, a to z 15 °C na 1 °C během 30 h. Roční kapacita výroby je 400 000 hl. Pro druhou variantu, spilku o stejném počtu tanků (plnicí objem tanku 80 %), je celkový potřebný chladicí výkon 400 000 kJ/h (95 600 kcal/h). Určil se z hodnoty kvasného tepla a nutného ochlazení na teplotu sudování. V obou případech se uvažovala stejná sortimentní skladba 5 % piva 8%, 70 % piva 10% a 25 % piva 12%. Maximální možná roční výroba spilky je 510 000 hl.

Výsledky stručného posouzení souborů vytvořených z jednotlivých variant sledovaného typu tanku jsou uvedeny v tabulce 4. S ohledem na značně vysokou úroveň

nákladů vložených do vlastních tanků je rozhodující péče, která se věnuje volbě typu tanku a jeho provedení. Oproti dosavadním úvahám, kdy se jako výhodnější přijímal tlakový duplikátor, ukazuje se, že nižších nákladů lze dosáhnout beztlakovými systémy. Převažující vliv vlastních investičních nákladů na tank se projevuje i v tom, že rozdíly v nákladech se zvětšují s růstem chladicího ploch. Takže optimální řešení chladicího systému nabývá ještě většího významu při úvaze o aplikaci intenzifikovaných způsobů kvašení.

Současné volání po úsporách energie také vedlo k zamýšlení nad možnostmi výhradního použití přímého odparu chladiwa v pivovaru. I když je technické řešení dnes již uskutečnitelné, má v tomto případě rozhodující negativní vliv jak cena tanku, tak i vyšší ceny částečně dovážených armatur. Otázkou je další vývoj těchto relací při neustálém růstu cen energie. Vytváří se tak stále příznivější situace k uplatnění přímého odparu.

## 2. Stavba na volném prostranství

Výstavbu spilek a sklepů lze navrhnout jedním ze tří způsobů:

- a) nádoby umístit v tepelně izolované budově,
- b) chlazené nádoby izolovat tepelně i proti vlhkosti a umístit na volném prostranství,
- c) nádoby tepelně izolovat a umístit v lehkém přístřešku.

Při rozhodování o způsobu výstavby je jednou z rozhodujících otázek výše pořizovacích nákladů. V zahraňích jsou známy výsledky některých porovnání a například Fröhmann [13] označuje za nejvýhodnější zachování samostatné izolace tanků a umístění v lehkém přístřešku. Přitom však cenový index uvádí nepatrně příznivější (90 oproti 95) u umístění tanků v izolované budově. Pro nás rozhodující mohou být pouze výsledky vycházející z tuzemských cenových úrovní. Uvedeme proto závěry porovnání vybraných srovnatelných nákladů instalace opět 30 ks kvasných tanků objemu 1 000 hl (cylindrického typu), a to při umístění v tepelně izolované budově a s vlastní izolací na volném prostranství.

Umístění nádob v tepelně izolované budově je zatím nejobvyklejším způsobem stavby spilky nebo sklepa. Proto je šetření o nejvýhodnějším způsobu stavby již prověřeno dlouholetou praxí. V posledních letech se v souvislosti s výstavbou nových pivovarů zabýval touto problematikou Potravinoprojekt Brno. Budova spilky a sklepa je vytvořena z ocelového skeletu s fasádním pláštěm z keramzit-betonových panelů. Panely jsou odsazeny pomocí distančních a kotevních prvků. Tímto řešením je vytvořen prostor k provedení tepelné izolace z polyuretanových desek tloušťky 4 a 7 cm a izolace podhledu z panelu tloušťky 15 cm. Izolace je řešena pro maximální hodnotu koeficientu prostupu tepla 2,1 kJ/m<sup>2</sup>·°C·h a ztráty chladu 29–42 kJ/m<sup>2</sup>·h. Měrných nákladů zjištěných u realizace Most–Sedlec pro toto provedení jsme použili v dalším hodnocení. Vlastní stavební náklady tvořily 295,8 Kčs/m<sup>3</sup> obestavěného prostoru, izolace stěn 346 Kčs/m<sup>2</sup>, izolace podhledu 771 Kčs/m<sup>2</sup>. Celkové náklady jsou do značné míry ovlivněny nutnou velikostí povrchu budovy v poměru k instalovanému užitému objemu nádob. Pochopitelně nejvýhodnější je co nejmenší povrch, to znamená uspořádání, které se co do vnějšího vzhledu blíží krychli. V našem případě jsme proto zvolili seřazení tanků do pěti řad po šesti kusech, celkové rozměry jsou 22,8 × 27,8 × 16,4 m.

Poslední změny v oblasti stavby kvasných zařízení, vyvolané nutností ustoupit od nákladných, pracovně i časově náročných stavebních prací a pak také potřebou splnit vyšší nároky technologického zařízení, vzniklé růstem objemů nádob i urychlením průběhu kvašení a dokvašování, výrazně ovlivnily dříve obvyklá řešení.

Vývoj postupně směřoval od nadzemních tepelně izolovaných konstrukcí až k samostatné stavbě kvasných nádob na volném prostranství. Dimenzování chladicích systémů i provádění tepelných izolací umožňuje spolehlivý provoz i za extrémních vnějších podmínek. Z provozních důvodů je třeba, aby izolační vrstva měla vyhovující teplotní odolnost, odolnost proti mechanickým a chemickým vlivům a působení povětrnosti, odolnost proti stárnutí a objemovou stálost, pevnost v tlaku a rázu, schopnost vyrovnávat dilatace, vysoký izolační efekt a dlouhou životnost. Důležitá je také vnější ochrana izolace, prováděná buď plechovým pláštěm, nebo povlakem z plastické hmoty.

Pro hodnocení nákladů na izolaci se použil prototyp tanku, který je instalován v pivovaru Kutná Hora. Tank je izolován vrstvou 10 cm lité polyuretanové pěny (v místě duplikátorů je vrstva zeslabena), krytou hliníkovým plechem tloušťky 0,8 mm. Hodnota koeficientu prostupu tepla izolace je v rozmezí 0,06–0,10 kJ/m<sup>2</sup>·°C·h, což je příznivější, než je běžně doporučováno. Náklady na 1 m<sup>2</sup> izolace včetně oplechování a příslušného podílu izolace připojovacího potrubí byly 359,40 Kčs, rok dodávky 1974.

Umístění tanků na volném prostranství přináší problém vytvoření vhodného prostoru pro obsluhu. Nejúčelnější se zdá být krytá chodba společná vždy pro dvě řady tanků. Do ní se umístí všechny ovládací prvky a potřebná spojovací potrubí. Podle vnějších podmínek lze obslužný prostor klimatizovat na přijatelnou teplotu. Při uvažované variantě bylo nutno počítat se třemi obslužnými chodbami. Délka chodby je určena délkou řady tanků, šířka a výška vzdáleností mezi tanky, takže vyhovující rozměry jsou 20,6×3,4×2,3 m. Potřebné stavební náklady se získaly obdobně jako u předchozí varianty.

V tabulce 5 je uveden přehled základních rozdílných nákladů instalace tanků v izolované budově a na volném prostranství. Jedná se o hlavní rozdílné položky obou řešení, ze kterých vyplývá výhodnější postavení stavby na volném prostranství. Vzniklé rozpětí v nákladech však dává dostatečný prostor i k jednotlivým úvahám o lacinější stavbě „lehké“ tepelně neizolované budovy a instalaci izolovaných tanků v ní.

V obou případech se počítalo se shodným založením tanků i obdobným provedením obslužných plošin, neboť v těchto případech nelze počítat s velkými rozdíly. Ztráty chladu do okolí jsou v obou případech zhruba vyrovnané, i když hodnoty koeficientů prostupu tepla jsou rozdílné. Velikosti izolovaných povrchů jsou však v opačném poměru.

Při pohledu na výslednou tabulku nepřekvapí velký rozdíl ve stavebních nákladech a tedy značná úroveň nároků stavby. Zarážející je poměr nákladů na izolaci, který by měl znevýhodňovat řešení na volném prostranství. Téměř dvojnásobná (1,87krát větší) plocha izolace tanků je pouze o 50 % dražší než izolace stavby. Přitom na izolaci tanků byl použit dovážený materiál, a to ještě z montážních důvodů v nadbytečném množství. Samostatná izolace nádob bude zřejmě výhodná i při umístění tanků v tepelně nevyhovující budově. Jak jsme se již zmínili, poměr nákladů na izolaci bude záležet na poměru ploch izolovaných stěn budovy a povrchu v ní instalovaných tanků. Záleží i na celkovém objemu tanků a jejich velikosti, na využití vnitřního prostoru. U menších celkových plnicích objemů spilky a sklepa je izolace budovy nákladnější. Naopak instalace menších velikostí nádob znevýhodňuje jejich samostatné izolování.

#### Literatura

- [1] HLAVÁČEK, F., LHOTSKÝ, A.: Pivovarství, SNTL, Praha 1972
- [2] DVORÁK, Z., CERVENKA, O.: Průmyslová chladicí zařízení, SNTL, Praha 1962

- [3] MILLER, A.: Brauwissenschaft 24, 1971, s. 117
- [4] LEJSEK, T.: Brauwelt, 109, 1969, s. 813
- [5] KLEBER, W.: Brauwelt, 111, 1971, s. 1591
- [6] KNUDSEN, F. B., VACANO, N. L.: Brewers Dig., 47, 1972, s. 68
- [7] KAHLER, M., LEJSEK, T.: Kvas. prům., 17, 1971, s. 107
- [8] WUNSCH, H.: Tagesztg. Brauerei, 71, 1974, s. 330
- [9] BECKMANN, J.: Brauwelt 103, 1965, s. 602
- [10] REUSCHEL, W.: Brauwelt, 113, 1973, s. 735
- [11] GONDÁR, J.: Brauwissenschaft, 27, 1974, s. 73 a 99
- [12] BORKMANN, K.: Prům. potravin, 26, 1975, s. 148
- [13] FROHMANN, P.: Schweiz. Brauerei Rdsch. 86, 1975, s. 23

**Lejsek, T.: Spilka a sklep z hlediska volby chladicího systému.** Kvas. prům., 26, 1980, č. 3, s. 49–54.

Růst objemů nádob i zvyšování požadavků na intenzitu chlazení si vynucují využití přímého chlazení kvasných tanků. K hodnocení různých možností přímého chlazení se použily tři velikosti stojatého tanku s kónickým dnem objemu 500 až 1500 hl ve variantách respektujících dvě technologie rozdílné úrovně v potřebné intenzitě chlazení. Srovnával se tlakový a beztlakový duplikátor ze spirálového labyrintu k chlazení solankou a duplikátor pro přímý odpar čpavku. Dále se pro soubor 30 ks 1000 hl tanků porovnávala náročnost realizace sledovaných typů tanků. V závěru se uvádějí výsledky obdobného srovnání nákladů při instalaci kvasných tanků na volném prostranství oproti umístění v tepelně izolované budově. Výsledky jsou patrné z příložených tabulek.

Prokázala se výhodnost umístění tanků na volném prostranství. U systému chlazení tanků je v nákladech o něco méně náročná aplikace beztlakového duplikátoru. Energetická výhodnost přímého odparu zatím nevyvažuje vyšší investiční náklady.

**Лейсек, Т.: Выбор оптимальной системы охлаждения для бродительных цехов и лагерных подвалов.** Квас. прум. 26, 1980, № 3, стр. 49–54.

В связи с непрерывно увеличивающейся ёмкостью разных чанов, применяемых в пивоваренной промышленности, повышаются требования, предъявляемые к интенсивности охлаждения и появляется необходимость непосредственного охлаждения бродительных чанов. Для исследования эффективности разных систем охлаждения были выбраны чаны ёмкостью 500–1500 гл двух разных форм, отвечающих двум основным вариантам технологического процесса варки пива, которые отличаются друг от друга разными требованиями к ходу охлаждения. Все чаны были вертикальные с коническими днищами и холодильными рубашками. Сравнивались следующие системы охлаждения: соляным раствором, проходящим по спиральным лабиринтам под атмосферным давлением, такая же система, однако, с жидкостью циркулирующей под давлением и система с непосредственным испарением аммиака. В статье также сравниваются капитальные вложения на установку 30 чанов ёмкостью по 1000 гл с разными системами охлаждения, причем рассматриваются два варианта, т. е. установка бродительных чанов на открытом пространстве и в помещении с теплоизоляцией. Результаты исследования приведены в форме таблиц. Более выгодным является установка бродительных чанов на открытом пространстве. Наименьших капитальных расходов требует система охлаждения раствором, циркулирующим без давления. Непосредственное охлаждение испаряющимся аммиаком экономит энергию, но повышенные капитальные вложения этим не уравниваются.

**Lejsek, T.: Choosing Adequate Cooling Systems for Fermenting Cellars and Vathouses.** Kvas. prům., 23, 1980, No. 3, pp. 49–54.

Average capacity of tuns and tanks used in brewing industry is steadily rising and it is therefore necessary to introduce direct cooling of fermenting tuns. To evaluate various methods of direct cooling tuns of two kinds with capacities ranging from 500 to 1500 hl were



fitted with three different systems. All tuns were vertical with tapered bottoms and by their construction they were essentially jacketed kettles. Taking into account differing brewing methods and resulting differing requirements to cooling intensity, three systems were compared, viz.: spiral channels forming a labyrinth for cooling brine pumped at normal air pressure, a similar system operating under pressure and a system with direct evaporation of ammonia. Investments required to install 30 new, cooled tuns of 1000 hl capacity — but of different type — were also compared. Two alternatives were considered: installation of tuns in open space and in a thermally insulated building. Tabulated data show the results. Installation in open space is less expensive. As far as cooling system is concerned, systems operating at air pressure seem to be slightly more economical. Direct cooling by evaporating ammonia saves much energy, but this advantage cannot fully compensate higher capital investments.

**Lejsek, T.: Der Gär- und Lagerkeller vom Standpunkt der Wahl des Kühlungs-systems.** Kvas. prům. 26, 1980, No. 3, S. 49—54.

Die Vergrößerung der Gärgefäße und die Steigerung der Ansprüche an die Intensität der Kühlung erfordern

die Anwendung der direkten Kühlung der Gärgefäße. Zur Auswertung der verschiedenen Applikationsmöglichkeiten der direkten Kühlung wurden stehende Tanks mit konischem Boden mit dem Inhalt 500—1500 hl angewendet, und zwar in Varianten, die zwei in den Anforderungen und die Kühlungsintensität unterschiedliche technologische Verfahren representieren. Es wurde der Druckduplikator und drucklose Duplikator aus Spirallabyrinth zur Solekühlung und Duplikator zur direkten Ammoniak-Abdampfung verglichen. Für ein Modellsystem von 30 — 1000-hl-Tanks wurden die Ansprüche an die Realisation der verfolgten Tanktypen ermittelt und konfrontiert. Zum Schluß werden die Ergebnisse eines ähnlichen Kostenvergleichs bei Installierung der Gär-tanks im Freien gegenüber der Installation in einem wärmeisolierten Gebäude angeführt. Die Ergebnisse der Kostenvergleiche sind aus den beigegeführten Tabellen ersichtlich.

Die wirtschaftlichen Vorteile der Tankinstallierung auf freiem Gelände wurden in der Arbeit bestätigt. Bei dem Tankkühlungs-system zeigte sich im Kostenvergleich die Applikation des drucklosen Duplikators einigermaßen vorteilhafter als die Vergleichsvarianten. Die energetischen Vorteile der direkten Abdampfung sind bisher für den Ausgleich der höheren Investitionskosten nicht ausreichend.