

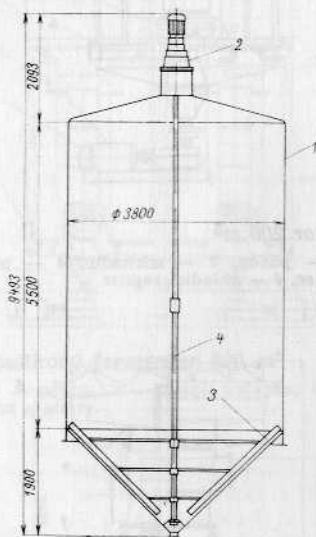
Z technického rozvoje

Vývoj a výroba fermentorů v ZVÚ Hradec Králové

683.132

Ing. JAROSLAV JAROMĚŘSKÝ, MIROSLAV KHOL — ZVÚ, n. p., Hradec Králové

První fermentory s míchadly o objemu 70 m³ (obr. 1) byly v ZVÚ vyrobeny v roce 1960 pro výrobu krmného droždí z melasy v Lihovaru Leopoldov. U tohoto typu fermentoru bylo použito speciální kotvové míchadlo, s horním pohonem o příkonu 4,2 kW a s redukcí otáček planetovou převodovkou na 10 l/min. Produkce fermentoru byla na dnešní požadavky velmi nízká a korespondovala velmi nízké intenzitě míchání 60 W/m³ celkového objemu kádě.



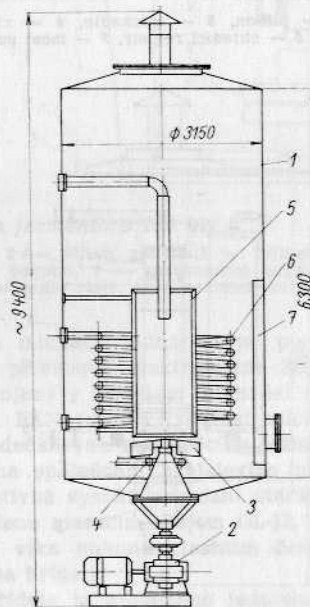
Obr. 1. Kvasná kádě Ø 3800

1 — nádoba, 2 — pohon, 3 — míchadlo, 4 — hřídel

Již v té době, tj. počátkem let šedesátých se v ČSSR projevovaly na různých výzkumných pracovištích snahy zvýšit měrnou produkci fermentorů a znovu se začal zhodnocovat vliv způsobu a intenzity míchání na velikost přestupu kyslíku. Postupně se upouštělo od koncepce fermentorů s kotvovými míchadly a přecházelo se na koncepci fermentorů s míchadly turbínovými, která s obměnami setrvávají až do současnosti.

Představitelem první skupiny této koncepce fermentorů je fermentor 60 m³ vyrobený v ZVÚ v roce 1963 pro výrobu krmných bílkovin z odpadu výroby kyseliny citrónové v závodě Kaznějov a dále fermentor 200 m³ a 50 m³ (obr. 2) vyrobený v roce 1965 pro výrobu krmných bílkovin z melasy v závodě Kojetín. Technologický vzduch byl do fermentoru přiváděn větracím věncem upevněným pod míchadlem, k vodnímu chlazení obsahu fermentoru bylo použito spirálového hadu spolu s vnějším chlazením pláště. U tohoto typu fermentoru byl již použit spodní pohon míchadel o příkonu 28 kW, resp. 55 kW s otáčkami 91 až 125 l/min. Intenzita míchání byla zvýšena na hodnotu 275 až 450 W/m³ celkového objemu kádě. S ohledem na nízké provozní otáčky byla konstrukce pohonu relativně nenáročná. Hřídel pohonu byl uložen ve dvou kluzných ložiskách a těsnění hřídele bylo provedeno měkkou šňůrovou stlačovanou uc-pávkou.

V roce 1965 byl v ZVÚ zahájen vývoj nového typu turbínového míchadla, které mělo přispět ke zvýšení přestupu kyslíku ze vzduchu do míchaného média. Prototyp pohonu míchadla (obr. 3) o příkonu 75 kW s otáčkami 195 l/min byl instalován na dosavadní fermentor 100 m³ v drožďárně Kolín na výrobu pekařského droždí z melasy. Vzhledem k tomu, že v minulosti nebyl tento fermentor vybaven pohonem a jeho dno bylo uloženo na souvislém betonovém podkladu, bylo nutné konstruktivně realizovat horní pohon. Míchadlo o hmotnosti 180 kg bylo uloženo letmo na hřídeli 5 m dlouhém, který byl uložen ve dvou soudečkových naklápěcích ložiskách periodicky mazaných tukem. Technologický vzduch byl do fermentoru přiváděn větracím věncem upevněným pod míchadlem a k chlazení obsahu fermentoru byly použity trubkové vodní registry, které zároveň plnily funkci nárážek spolu s vnějším chlazením pláště fermentoru. Pohon byl znovu rekonstruován v roce 1972 a do doby odstávky závodu, tj. do roku 1978 byl v provozu.



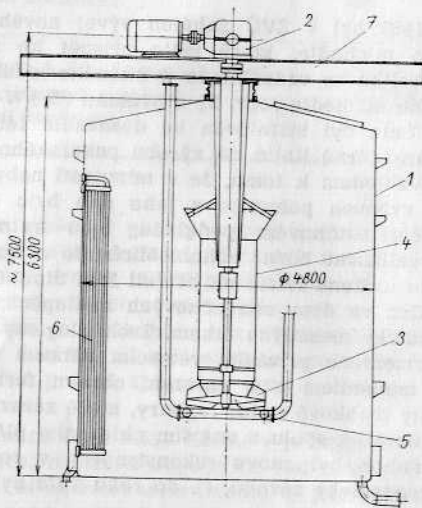
Obr. 2. Předkvasná kádě Ø 3150

1 — nádoba, 2 — pohon, 3 — míchadlo, 4 — větrací věnec, 5 — cirkulační válec, 6 — chladicí had, 7 — nárážka

Stejným typem míchadla, zvětšeným však na objem fermentoru 200 m³, byl v roce 1968 rekonstruován fermentor 200 m³ v závodě Kojetín. Pod vedením pracovníků KOLI-projekt Praha bylo provedeno provoznětechnologické proměření a na základě těchto zkoušek podle návrhu KOLI-projektu Praha [č. čs. patentu AO 160216 a 162223], byly v roce 1976 dodány pro závod Kojetín nové fermentory 50 m³ a 200 m³. U obou typů fermentoru je použito duté turbínové míchadlo s horními a spodní lopatkami. Technologický vzduch vstupuje do míchaného média vnitřním prostorem dutého míchadla,

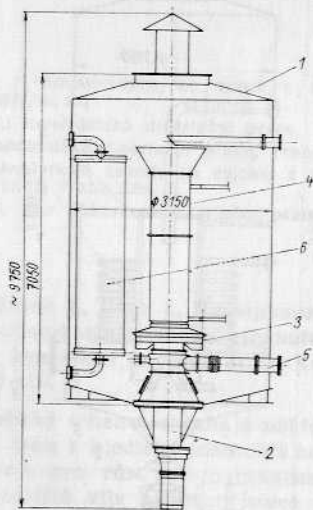
a k chlazení obsahu fermentoru byly použity opět trubkové registry.

Fermentor 50 m³ (obr. 4) je vybaven spodním pohonem o příkonu 22 kW s otáčkami 160 l/min. Pro pohon byl použit př. rubový elektromotor s planetovou převodovkou Flender. Hřídel pohonu je uložen ve dvou soudečkových naklápečích ložiskách, těsněn dvojitou mechanickou ucpávkou 109 fy Crane proplachovanou filtrovanou technologickou vodou.



Obr. 3. Kvasná kád' 100 m³

1 — nádoba, 2 — pohon, 3 — míchadlo, 4 — cirkulační válec, 5 — větrací věnec, 6 — chladič registr, 7 — most pohonu

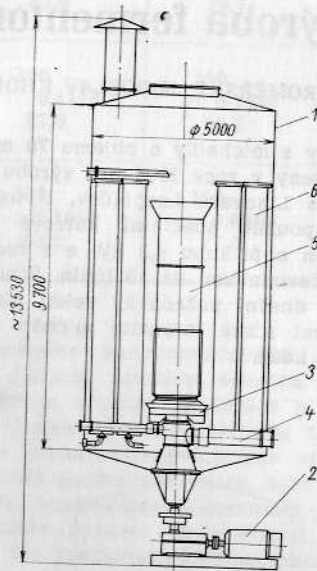


Obr. 4. Předkvasná kád' 50 m³

1 — nádoba, 2 — pohon, 3 — míchadlo, 4 — cirkulační válec, 5 — přívod vzduchu, 6 — chladič registr

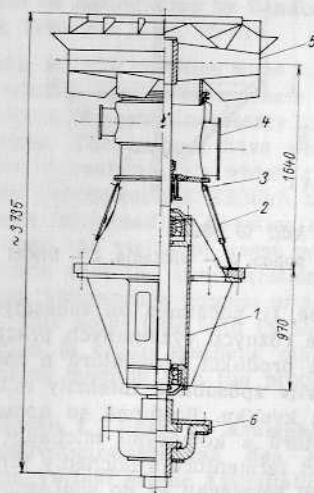
Fermentor 200 m³ (obr. 5) je vybaven spodním pohonem o příkonu 160 kW s otáčkami 162 l/min. V tomto případě byl použit ležatý patkový elektromotor s převodovkou SAWA-NSR, spojení s hřídelem pohonu je provedeno pružnou pryžovou spojkou Periflex. S ohledem na relativně nízkou tuhost dna v místě připojení pohonu, bylo nutné provést radiální vyrovnání obou konců hřídelů s přesností až $\pm 0,1$ mm, přestože použitá spojka dovoluje nepřesnosti několikanásobně větší. Hřídel pohonu (obr. 6) je uložen ve dvou soudečkových naklápečích ložiskách mazaných tukem, těsnění hřídele je provedeno pomocí mechanické ucpávky 6 1/2" typ 109 fy Crane. Pro ověření rozdílnosti životnosti byla u jed-

noho fermentoru instalována ucpávka dvojitá proplachovaná filtrovanou vodou a u dalších dvou byla instalována ucpávka jednoduchá, proplachovaná též filtrovanou vodou, která v době provozu proudí do prostoru fermentoru jako voda technologická.



Obr. 5. Fermentor 200 m³

1 — nádoba, 2 — pohon, 3 — míchadlo, 4 — přívod vzduchu, 5 — cirkulační válec, 6 — chladič registr



Obr. 6. Pohon míchadla 160 kW

1 — těleso, 2 — kužel, 3 — mechanická ucpávka, 4 — vzduchová komora, 5 — míchadlo, 6 — spojka

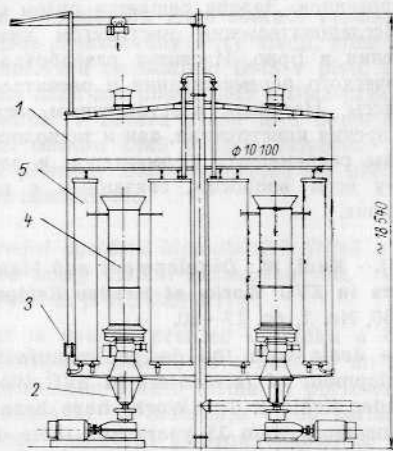
Podobné provedení pohonu o příkonu 75 kW bylo použito i u fermentoru 100 m³, který byl vyroben v roce 1974 pro výrobu pekařského droždí v závodě Nýřany.

U posledně jmenovaných fermentorů 50, 200 a 100 m³ probíhá v současné době zkušební provoz a některé z těchto fermentorů jsou již v provozu více než 8000 hodin.

Počátkem 70. let, s ohledem na rostoucí požadavky zemědělství, probíhají ve výzkumných a projekčních ústavech koncepční práce, řešící možnosti výstavby a využití velkoobjemových fermentorů o objemu 1000 m³ a více. Při těchto úvahách se došlo k závěru, že další zvyšování objemu fermentoru nad 200 m³ s jednou mí-

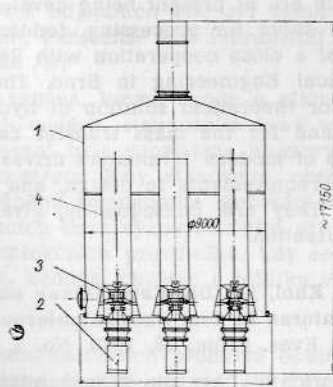
chací jednotkou je již neekonomické a nově navržená řešení uvažovala instalaci více míchacích jednotek v jednom fermentoru.

Příkladem jednoho návrhu velkoobjemového fermentoru je čtyřbuňkový fermentor 800 m³ (obr. 7), který byl v ZVÚ zpracován v roce 1973 na základě koncepční studie Chemoprojektu a KOLI-projektu Praha. Řešení vycházelo z provozních výsledků fermentoru 200 m³ v závodě Kojetín. Velkoobjemový fermentor 800 m³ byl chladicími registry rozdělen na čtyři buňky o objemech 200 m³ vybavených samostatnými míchacími jednotkami o příkonu 160 kW a samostatným provzdušňovacím systémem. Zpracovaný návrh sloužil jako podkladový materiál pro studii, kterou zpracovával VUANCH Ústí nad Labem.



Obr. 7. Čtyřbuňkový fermentor 800 m³

1 — nádoba, 2 — pohon, 3 — přívod vzduchu, 4 — cirkulační válec, 5 — chladicí registry



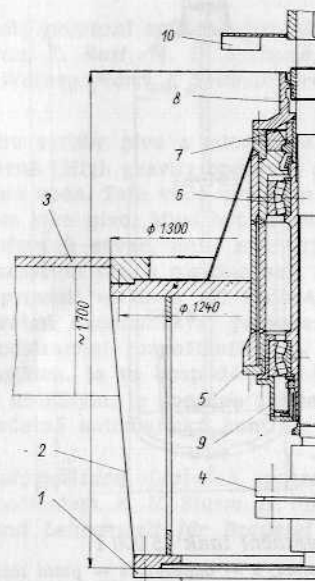
Obr. 8. Fermentor 600 m³

1 — nádoba, 2 — pohon, 3 — míchadla, 4 — cirkulační válec

V té době současně předložil VÚCHZ Brno výsledky první etapy modelového výzkumu velkoobjemového fermentoru, který se koncepčně zcela lišil od dosavadní klasické koncepce. V nové koncepci velkoobjemového fermentoru byly zcela vyloučeny vnitřní chladicí registry, tvořící přepážky a pro pohon míchadel byl navržen přímý náhon od elektromotoru s vyloučením převodovky. Tím se podstatně zjednodušila vnitřní vestavba fermentoru, zjednodušil se pohon, i když značně stouply nároky na kvalitu jeho výroby a montáže. Koncepce nového fermentoru s přestupem kyslíku nad 100 mol O₂/m³ h byla schválena oponentním řízením a bylo rozhodnuto, aby prototyp fermentoru 600 m³ byl realizován v provozní velikosti v závodě Kojetín pro výrobu krmných bílkovin ze syntetického etanolu.

Prototyp velkoobjemového fermentoru 600 m³ (obr. 8) je vybaven pěti spodními pohony upevněnými ke dnu fermentoru o příkonu 200 kW s otáčkami 960 l/min. Jednotlivé pohony jsou opatřeny vlastním cirkulačním válcem a provzdušňovacím věncem. K chlazení zápars jsou použity externí deskové chladiče s vnější cirkulací zápars.

Míchací soustava fermentoru se skládá ze tří míchadel umístěných na společném hřídeli. Spodní radiální míchadlo je určeno pro dispergaci vzduchu do míchaného média, prostřední míchadlo axiální, které je umístěno v difuzoru cirkulačního válce, je určeno pro cirkulaci média, horní tangenciální míchadlo slouží k regulaci výšky hladiny ve válci a k mechanickému odpěňování.



Obr. 9. Pohon fermentoru 200 kW

1 — elmotor, 2 — těleso pohonu, 3 — fermentor, 4 — spojka, 5, 6 — uložení pohonu, 7 — mechanická ucpávka, 8 — statická ucpávka, 9 — čerpadlo oleje, 10 — radiální míchadlo

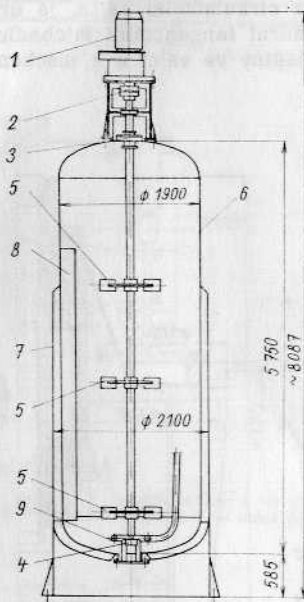
Pro pohon míchací jednotky je použit šestipólový asynchronní přírubový elektromotor 200 kW s kotvou nakrátko, spojený s hřídelem míchadel poddajnou čepovou spojkou BKN (obr. 9). Hřídel míchadel je uložen ve dvou soudečkových naklápěcích ložiskách, která jsou nalísována na společném hřídelovém pouzdru. S ohledem na relativně vysoké provozní otáčky je mazání ložisek provedeno mazacím olejem OL-J2, který je čerpán ze spodního víka pohonu vlastním čerpadlem upevněným přímo na hřídeli.

Těsnění hřídele je provedeno jednoduchou mechanickou ucpávkou 6 1/2" typ 109 fy Crane, proplachovanou filtrovanou vodou proudící do vnitřku fermentoru. Potřebný tlak vody v prostoru ucpávky je vymezen velikostí mezery mezi rotujícím teflonovým kroužkem a statickým víkem. Výměna mechanické ucpávky je proveditelná při provozní náplni fermentoru, kdy funkci mechanické ucpávky přebírá ucpávka statická.

Se zřetelem na parametry pohonu je zřejmé, že se jedná o velmi náročnou část fermentoru, u které vedle správného pevnostního hodnocení je nutné zajistit i kvalitní výrobu jednotlivých dílů pohonů a je nutné řešit i relativně snadnou montáž.

Z hlediska pevnostního řešení byla maximální péče věnována stanovením velikosti kritických otáček hřídele s ohledem na minimální rezervu 30 % vůči provozním otáčkám při limitujícím průměru mechanické ucpávky 6 1/2". V tomto směru byla navázána úzká spolupráce

s SVUSS Běchovice, který pro konkrétní návrh provedl kontrolu kritických otáček. Zároveň řeší způsob a technologii dynamického vyvažování jednotlivých míchadel i celé soustavy, neboť celková hmotnost letmo uložených míchadel bude až 170 kg. Otevřenou otázkou v daném případě zůstává možná velikost vibrací a hluchost. Tyto hodnoty, které v současné době nelze provozně ověřit, budou předmětem měření a hodnocení v průběhu zkušebního provozu. Předpokládá se jejich měření jak při chodu naprázdno, tak i při plném zatížení s různými kombinacemi chodu pohonných jednotek.



Obr. 10. — Fermentační tank 15 000 l

1 — pohon, 2 — spojka, 3 — ucpávka, 4 — patní ložisko, 5 — míchadlo, 6 — nádoba, 7 — duplikátor, 8 — narážka, 9 — větrací věnec

Vzhledem k náročnosti výzkumných a vývojových prací se na realizaci tohoto prototypu podílejí jednak vědecko-výzkumná pracoviště jako VÚCHZ Brno, SVUSS Běchovice, VŠSE Pízeň, ČVUT Praha a dále projekční organizace Chemoprojekt Praha a SELKO Olomouc.

Vedle již zmíněných fermentorů pro výrobu bílkovin a droždí se v ZVÚ vyrábějí též fermentory menšího objemu pro různé farmaceutické účely. Jedná se např. o fermentor 5 m³ vyrobený v r. 1970 pro závod Kolín s horním pohonem o příkonu 7,5 kW s otáčkami 153 1/min a dále o fermentor 15 m³ (obr. 10) vyrobený v r. 1969 pro Spofu Kouřim s pohonem o příkonu 22 kW s otáčkami 146 1/min.

Jaroměřský, J. - Khol, M.: Vývoj a výroba fermentoru v ZVÚ Hradec Králové. Kvas. prům. 26, 1980, č. 1, s. 17—20.

Článek pojednává o konstrukci, výrobě a současném vývoji fermentorů vyráběných v ZVÚ, n. p., Hradec Králové, po více než patnáct let. Za toto období projektanti a konstruktéři získali bohaté zkušenosti, a to jak konstrukční, tak i provozní při účasti na zkušebních provezech. Špičkové fermentory, které jsou v současnosti v ZVÚ Hradec Králové vyvíjeny pro výrobu krmných bílkovin, jsou tvořeny v úzké spolupráci s Výzkumným ústavem chemických zařízení v Brně, který řeší oblast výzkumu hydrodynamiky míchání a přenosu hmoty. Jednou z konstrukčně a výrobně nejnáročnějších částí současných fermentorů jsou pohony míchadel, a proto je jim věnována zvláštní pozornost odpovídající jejich důležitosti a náročnosti.

Яромержский, Я. — Кол, М.: Производство бродильных аппаратов и разработка новых типов на заводе имени Победоносного февраля в г. Градец Кралове. Кvas. прум. 26, 1980, № 1, стр. 17—20.

Статья посвящена конструкции, производству и совершенствованию бродильных аппаратов, выпускаемых заводом ЗВУ в г. Градец Кралове. Производством бродильных аппаратов завод занимается больше 15 лет и за это время его проектанты и конструкторы приобрели всесторонний опыт, охватывающий не только конструкцию и производство, но также эксплуатацию аппаратов, так как работники завода принимают всегда участие в пуске в ход поставленного оборудования. В настоящее время на заводе разрабатываются новые типы бродильных аппаратов, предназначенных для производства кормовых протеинов. Задача решается путем сотрудничества с Исследовательским институтом химического машиностроения в Брно. Институт разработал систему гидродинамического перемешивания и рассчитал условия передачи массы. Наиболее ответственным механизмом как с точки зрения конструкции, так и технологии, являются приводы современных ферментеров и завод уделяет поэтому всем вопросам, связанным с приводом, особое внимание.

Jaroměřský, J. - Khol, M.: Development and Manufacture of Fermenters in ZVÚ Works at Hradec Králové. Kvas. prům. 26, 1980, No. 1, pp. 17—20.

The article deals with the design, manufacture and further development of fermenters in ZVÚ Works Nat. Corp. at Hradec Králové. The Works have been making fermenters for more than 15 years and their designers and engineers have acquired a comprehensive experience covering not only the design and construction of fermenters, but also their operation, since they always assist in putting new units into service. New types of fermenters which are at present being developed in the Works and will serve for processing fodder proteins, are the result of a close cooperation with Research Institute of Chemical Engineering in Brno. The Institute is responsible for theoretical solution of hydrodynamic mixing system and for the mass transfer calculations. Of various parts of modern fermenters drives of mixers put the highest requirements to design, and workmanship standards. They are, consequently, given by the Works special attention.

Jaroměřský, J. - Khol, M.: Die Entwicklung und Herstellung von Fermentoren in dem Nationalunternehmen ZVÚ Hradec Králové. Kvas. prům. 26, 1980, No. 1, S. 17—20.

Der Artikel berichtet über die Konstruktion, Herstellung und gegenwärtige Entwicklung in dem Nationalunternehmen ZVÚ Hradec Králové, das in der Fabrikation dieser Anlagen bereits eine mehr als 15 jährige Tradition besitzt. Während dieser Zeit sammelten die Projektanten und Konstrukteure dieser Firma wertvolle Erfahrungen nicht nur auf dem Feld der Konstruktion, sondern auch in der Praxis im Zusammenhang mit ihrer Teilnahme an dem Versuchsbetrieb der Anlagen. Die Spitzenfermentoren, die gegenwärtig in ZVÚ Hradec Králové für die Futtereweißproduktion entwickelt werden, stellen das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut der chemischen Anlagen in Brunn dar, das auf die Forschungsprobleme der Hydrodynamik des Mischens und der Stoffübertragung orientiert ist. Zu den vom Standpunkt der Konstruktion und Fabrikation anspruchsvollsten Teilen der gegenwärtigen Fermentoren gehören die Antriebe der Rührwerke, denen daher in dem Artikel besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird.