

Vývoj chemického inženýrství a jeho aplikace na kvasný průmysl

663.1:66.01

Ing. ZDENĚK AUNICKÝ, CSc., Konzervárny a lihovary, oborové ředitelství, projektové a technické středisko, Praha

Do redakce došlo 12. ledna 1974

Článek je uveden podrobnějším úvodem, věnovaným „filosofii chemického inženýrství v kvasném průmyslu“, a dále je rozvedena speciální jednotková operace — fermentace s interpretací výsledků výzkumných prací autora.

1. Chemické inženýrství v kvasném průmyslu

1.1 Vznik a vývoj chemického inženýrství

Rozvoj výroby kteréhokoliv průmyslového odvětví značně závisí na stupni poznání zákonitostí, které ovlivňují daný výrobní proces. Čím je toto poznání hlubší a komplexnější, tím je možno procesy lépe a efektivněji řídit, navrhovat vhodnější zařízení a postupy.

Dosažený stupeň rozvoje jednotlivých vědních oborů lze oprávněně posuzovat podle toho, do jaké míry je možno obecně platné vztahy a zákonitosti formulovat matematicky. Matematizace kterékoliv disciplíny má nesporný význam, protože vztahy, děje a zákonitosti popsané matematickou rovnicí mohou být aplikovány na situace dosud neřešené, pokud známe a dodržíme meze platnosti tohoto vztahu. Rozvoj fyziky, vznik a rozvoj fyzikální chemie, statistická matematika, toto vše přispělo k matematizaci chemie. V důsledku tohoto stavu bylo možno, aby vznikl nový vědní obor — chemické inženýrství. Chemické inženýrství zahrnuje použití zákonů fyzikálních věd a zákonů ekonomiky v oborech, které se týkají bezprostředně procesů a zařízení, ve kterých se zpracovává hmota za účelem změny stavu, skupenství, obsahu energie a složení. Chemické inženýrství jako metoda i jako vědní disciplína představuje jeden z nejdůležitějších předpokladů pro rozvoj chemického průmyslu a oborů souvisejících (průmysl potravinářský, kožedělný, kvasný, papírenský atd.). Rozhodujícím článkem je proto, že se zabývá podstatou děje, který probíhá uvnitř aparatury, že se zabývá vztahem mezi tímto procesem a zařízením, ve kterém se děj odehrává. Představuje spojovací článek a mezistupeň mezi technologickým řešením problému, konstrukčním řešením aparatury, ekonomickým hlediskem, analytickým sledováním procesu a potřebami automatizace a regulace celého děje. Přebírá podklady od základního chemického výzkumu nebo od aplikovaného výzkumu a aplikuje tyto poznatky na provozní podmínky. Zpětně z provozu získává nové poznatky pro vývoj zařízení a technologie, získává podklady pro projekci, při realizaci stavby prověřuje skutečnost s projektovanými záměry. Chemické inženýrství je tak současně mezistupněm mezi projektantem, výrobcem zařízení a provozovatelem zařízení. Při dostatečných znalostech o povaze procesu umožňuje navržení a výpočet aparatur odlišných dimenzí i kapacit, než byly dosud realizovány.

Chemické inženýrství se vyvíjelo v podstatě od dvacátých až třicátých let tohoto století. Nejprve se jednalo o průmyslovou aplikaci zákonů fyziky, fyzikální chemie, chemie, elektrochemie a ostatních příbuzných oborů. V dalším období chemičtí inženýři hledali a formulovali vlastní specifické cesty, metody a výpočetní postupy pro řešení průmyslových problémů. Přelomem v praktickém nazírání na tento vědní obor byla druhá světová válka, kdy bylo nutno v USA urychleně vybudovat velké průmyslové provozy s vynecháním poloproduktů mezistupňů. Tento problém byl v podstatě zvládnut metodami chemického inženýrství. To způsobilo zájem o orientaci na tento obor v USA v takové míře, že chemičtí inženýři tvořili po válce většinu chemických odborníků a byli zařazováni ve výzkumu, vývoji i jako vedoucí pracovníci provozů. V té době se také tato disciplína v USA nejrychleji rozvíjela. Podobný vývoj později proběhl ve Velké Británii, v Německu a Japonsku. V SSSR a u nás se v té době neuskutečnilo široké využití chemického inženýrství v praxi. Bylo předmětem zájmu některých špičkových pracovníků, později omezeného počtu pracovních skupin. Přibližně od šedesátých let se projevuje v tomto směru i zde podstatná změna a snaha co nejdříve uplatnit uvedené metody a postupy.

Vývoj chemického inženýrství jako disciplíny probíhal v jednotlivých zemích — přes řadu specifických zvláštností.

ností v podstatě obdobně. Ve Spojených státech dospěl k pojmu Chemical Engineering, v NSR k pojmu Verfahrenstechnik, v SSSR a u nás byl zaveden předmět procesy a aparáty chemického průmyslu.

Pokud se týká vnitřního vývoje, byl v prvních poválečných deseti až dvaceti letech dovršen proces dosažení zobecnění chemických pochodů různého druhu definováním tzv. jednotkových operací. Sestavení zákonitostí pro určitou jednotkovou operaci představuje zobecnění těchto operací ze všech technologických procesů, ve kterých se vyskytuje. Jednotkové operace se obvykle dělí na skupiny operací příbuzných, např. hydrodynamické operace (sedimentace, filtrace, odstředivání, flotace, tok tekutin atd.), mechanické operace (třídění, drčení, mletí), tepelné operace (výměna tepla), termodynamické operace (chlazení, komprese atd.), difúzní operace (destilace, absorpce, extrakce, sušení, iontová výměna atd.), reakční kinetika atd. Zdokonalováním teorie těchto operací se postupně snižuje počet skupin nalézáním stále obecnějších zákonitostí a společných vztahů. Významnou metodou zde používanou je rovněž analýza a teorie podobnosti. Dnes je toto období vývoje v podstatě dovršeno. Současné práce v tomto oboru se vyznačují snahou proniknout k podstatě probíhajících dějů a najít společnou teorii pro celé skupiny základních operací.

Své trvalé místo zaujímá chemické inženýrství již po řadu let v základních oborech chemie (chemie organická, anorganická a petrochemie). Zde bez vlivu chemického inženýrství nelze uvažovat o dalším rozvoji těchto průmyslových oblastí.

V závislosti na vnitřním vývoji chemického inženýrství a v závislosti na průmyslovém rozvoji příbuzných oborů rostl zájem ze strany těchto oborů o využití poznatků chemického inženýrství. Tak došlo např. k aplikaci na potravinářský průmysl — potravinářské inženýrství.

Po druhé světové válce se začal intenzivně rozvíjet fermentační průmysl a rostl význam všech průmyslových aplikací mikrobiálních procesů (např. výroba pekařského a krmného droždí, výroba lihu, piva, vitamínů, sér, vakcín, antibiotik, nukleových kyselin atd.).

Podobně jako tomu bylo v oblasti chemie, ukazuje se i zde, že je kvalitativní rozdíl mezi vyřešením výroby v laboratorním měřítku a aplikací této výroby do průmyslového provozního měřítku. Při přechodu do velkého měřítku vznikají buď zcela nové problémy, nebo problémy, které byly v laboratorním měřítku zcela jednoduché, je zde nutno řešit složitě, nebo hledat zcela nová řešení. Tak se postupně formulovalo nové odvětví chemického inženýrství, vzniklo biochemické inženýrství. Jeho zaměření je shodné s chemickým inženýrstvím, neboť jde o průmyslovou aplikaci jednotlivých technologií. Podobně v sobě shrnuje poznatky chemie, fyzikální chemie, fyziky, matematiky, statistiky, ekonomie, výpočty zařízení a hodnocení procesů odehrávajících se v aparaturách. Dále je zde nutná znalost biochemie a mikrobiologie. Bioinženýr tak tvoří spojovací článek mezi jednotlivými zde uvedenými obory. Syntézou poznatků z jednotlivých oborů vytváří vlastní metodiku řešení problémů.

1.2 Jednotkové operace v kvasném průmyslu

Bylo uvedeno, že s rozvojem poznatků se rozčlenilo původní chemické inženýrství na jednotlivá příbuzná odvětví (potravinářství, biochemii, farmaceutiku atd.). Je nutno jednak respektovat veškeré odlišnosti, které podmínily toto rozčlenění, jednak je zapotřebí neustále respektovat skutečnost, že bude vždy existovat základní vazba na původní chemické inženýrství. Teoretická i praktická úroveň chemického inženýrství bude vždy podmiňovat úroveň dílčích odštěpených inženýrských

disciplín, tj. také bioinženýrství. Význam zde bude mít schopnost využít těchto znalostí, tvořivě je rozvíjet a aplikovat v praxi.

Převážná většina operací průmyslově využívaných v kvasném průmyslu je shodná s operacemi chemického inženýrství. Týká se to všech oblastí, tj. hydrodynamiky, převodu tepla, hmoty a hybnosti, termodynamiky a mechanických operací. Jako příklad jsou uvedeny typické jednotkové operace používané ve třech hlavních technologiích kvasného průmyslu:

1. Lihovarství využívá destilace, rektifikace, výměny tepla, kondenzace a dekantace. Při zpracování výpalků se využívá odpařování a sušení, při výrobě betainu extrakce, při výrobě potaše drčení, filtrace, separace a krystalizace.

2. Droždářství se opírá o transport hmoty mezi fázemi, aeraci, míchání, separaci, výměnu tepla, odpařování, filtraci, odstředivání, sušení, kompresi plynů.

3. Pivovarství využívá výměny tepla, hydrauliky, drčení, extrakce, sedimentace, filtrace, odpařování apod.

Z orientačního výčtu používaných jednotkových operací je patrné, že jde o typické disciplíny zpracované v chemickém inženýrství, a to přesto, že se často u některých zařízení a úkonů používá specifických stavovských názvů. Kromě specifických zvláštností je nutno vždy hledat a využívat obecně známou teorii.

1.3 Fermentace — speciální jednotková operace kvasného průmyslu

Mnoho kvasných výrob má těžiště své technologie právě ve fermentaci obecně a v aerobní fermentaci zvláště. Jde o komplikovaný soubor dějů, v nichž je růst mikroorganismů provázen přestupem hmoty mezi fázemi, vznikem tepla a jeho odvodem, vznikem a odvodem plyných produktů kvašení, vznikem kapalných, v kultivačním médiu rozpustných látek — zplodin kultivace, s čímž souvisí problém jejich kumulace a zpětného vlivu na normální průběh množení mikroorganismů. Důležitý je problém homogenity v celém prostoru, a to z hlediska počtu fází: přítomna bývá fáze tuhá, mísitelná nebo nemísitelná fáze kapalná a fáze plyná. Zvláštní význam zde má potřeba rovnoměrného stálého provzdušňování, homogenita vzhledem k živným solím a základním růstovým substrátům, homogenita obsahu mikroorganismů, respektování možnosti jejich kumulace v pěně, potřeba cirkulace pěny. To je příklad problémů, které je nutno řešit.

Důležitým zdrojem informací v tomto směru je právě chemické a biochemické inženýrství. Prakticky se využívá postupně v základním a aplikovaném výzkumu. Běžná provozní praxe ve strojírenských a technologických závodech přihlíží k těmto skutečnostem ojediněle. Podle dosavadní praxe se fermentační pochody v laboratorním i průmyslovém provozu dosud převážně charakterizují:

- a) z hlediska technologického — uvádí se např. teplota, pH, množství vzduchu, množství a kvalita surovin, rychlost dávkování živin a jednotlivých substrátů apod.,

- b) z hlediska mikrobiologického — je určen kmen kvasinek, způsob jejich kultivace, optimální podmínky živin a růstu apod.,

- c) z hlediska strojního zařízení — uvádí se popis a charakteristika použitého zařízení, např. průměr nádoby, průměr míchadla, jejich popis, pohon zařízení, elektromotor, materiál apod.

Je nutno konstatovat, že taková charakteristika není dostatečná a musí se vždy doplnit charakteristikou chemicko-inženýrskou, která v daném případě, u fermentace, zahrnuje především

- charakteristiku proudění tekutiny v nádobě,
- charakteristiku pohyblivého se rotačního zařízení, které slouží buď k aeraci tekutiny, nebo k míchání a aeraci,
- charakteristiku sil působících na zpěněnou kapalinu, emulzi, suspenzi,
- charakteristiku dvoufázového systému kapalina — plyn,
- určení podmínek tvorby a chování bublin v kapalině,
- určení mechanických a chemických podmínek vzniku pěny.

Znalost optimálních bioinženýrských podmínek v daném procesu vede ve svých důsledcích k úpravě strojního zařízení a ke zlepšení technologických výsledků procesu.

Proces přestupu hmoty z fáze plynné do fáze kapalné je závislý na velikosti mezifázového povrchu, na době kontaktu, na koncentračním spádu v mezifázové vrstvě a na koeficientu převodu hmoty. K dosažení průmyslově výkonného a ekonomicky efektivního přenosu je třeba ovlivnit všechny veličiny požadovaným směrem. Ke zvýšení mezifázového povrchu je nutné, aby bubliny plynu měly velké plochy, tj. měly co nejmenší průměr. Ke zvýšení koncentračního spádu je nutno dosáhnout rychlého střídání částic v systému. K udržení přiměřené homogenity celé soustavy je zapotřebí zajistit vhodný míchací efekt, jehož obrazem je např. výtlačná výška míchadla. K prodloužení doby kontaktu lze použít buď vyšší hladiny kapaliny v nádobě, nebo usměrnit tok tekutiny. Takové zásahy do zařízení nebo procesu mají vždy řadu důsledků technologických i ekonomických, které je nutno vyhodnotit. Dosavadní průmyslové aplikace vycházejí především ze znalostí získaných v oblasti míchání kapalin. Přenos těchto znalostí na oblast dvoufázového systému (kapalina—plyn) je dosud značně empirický, náhodný a tedy ne plně efektivní. Obecně lze konstatovat, že část energie vynaložená dosud k dosažení převodu hmoty je mařena zbytečně.

2. Vybrané otázky fermentace

Základní částí fermentačních kádí je větrací zařízení. U kádí s intenzivním přenosem kyslíku se používá rotačních turbínových míchadel se statickým nebo rotujícím dispergátorem vzduchu, který v některých případech může být pevně spojen s rotující turbínou. Toto rotační zařízení nasává zpěněnou kapalinu, do které je přidáván další vzduch. Na takové turbínové míchadlo lze v určitém směru pohlízet jako na odstředivé čerpadlo. Vysoký obsah plynu v kapalině však všechny problémy posunuje do zcela jiné roviny.

2.1 Výtlačná výška

Jednou ze základních určujících veličin je výtlačná nebo hydrodynamická výška. Existuje přímá úměrnost mezi výtlačnou výškou a intenzitou turbulence, na které opět závisí přestup hmoty. Na základě poznatků z oblasti extrakce a absorpce se věnuje u fermentace značná pozornost právě výtlačné výšce míchadel (tj. vlivu turbulence na dispergaci, tloušťku difúzních filmů, vlivu turbulentní difúze apod.). To je patrné z poměrně vysoké hodnoty výtlačné výšky dosud navrhovaných míchadel.

Význam turbulence pro převod hmoty je nesporný. Je však nutno respektovat význam rozdílů mezi turbulencí lokální a průměrnou, respektovat význam utuchání turbulentních vírů se vzdáleností od zdroje rozruchu a uvědomit si roli bublin v médiu. Hodnotíme-li význam výtlačné výšky, je nutno především respektovat zkrslující roli vzduchu. Při použití turbín s radiálním tokem a se značným průtokem vzduchu (přes 50 m³/h na 1 m³

kapaliny) obstarává vertikální proudění v kádi především vztlak dispergovaného vzduchu, který podstatně snižuje radiální dosah míchadla, a to úměrně k síle vztlaku. Z toho hlediska je nutno se zvláště zabývat radiální vzdáleností obvodu míchadla od stěny nádoby, tj. vzdáleností $R-r$, a to zejména při zvětšování modelů. Výtlačná výška má mj. zásadní význam pro radiální dosah tekutiny vytékající z míchadla směrem ke stěně kádě. Při srovnávacích výpočtech různých míchadel fermentorů lze pouze orientačně uvažovat tok čisté kapaliny při konstantním specifickém objemovém toku plynu. Při absolutních výpočtech je nutno zavést korekce na změnu specifické hmoty tekutiny, jemnost bublin a sílu vztlaku. Při porovnávání řady fermentorů zjistíme, že v některých bylo použito neúměrně vysoké výtlačné výšky. To má za následek vysokou spotřebu energie, která není účelně využívána, nebo jinak řečeno neúčelně se maří.

2.2 Cirkulace kapaliny

Druhá základní hodnota rotačního zařízení je cirkulační rychlost — čerpací účinek míchadla, který určuje objemovou rychlost toku tekutiny míchadlem.

Tato veličina má podle dosavadního pojetí vliv především na vyrovnávání homogenity v kádi. Hodnoty cirkulační rychlosti míchadel v provozních fermentorech jsou poměrně malé. Pro dosažení optimálního energetického a technologického výsledku je nutno zajistit určitý poměr mezi výtlačnou výškou a cirkulujícím množstvím. Dosavadní názory, podle kterých pro intenzivní absorpci (nutnou pro fermentaci) je třeba dosáhnout co největší výtlačné výšky bez přihlídnutí ke vlivu cirkulace, nejsou zcela správné. Je pravda, že intenzita turbulence je úměrná výtlačné výšce. Tento význam spočívá především ve zvýšení intenzity lokální turbulence v oblasti dosahu vlivu proudnic vytékajících z míchadla. Zde především je nutno vzít v úvahu zmíněné utuchání turbulentních vírů a pokles radiálního dosahu proudnic vlivem vztlaku vzduchu. Význam cirkulace však spočívá jednak v porušování fázové rovnováhy, jednak ve zvýšení průměrné intenzity turbulence, odpovídající střední rychlosti toku, a tím i průměrnému Reynoldsovu číslu. V souhrnu lze uvést, že je třeba dosáhnout nutné minimální hodnoty výtlačné výšky (dané požadavky na dosah vytékající kapaliny v nádobě a podstatně ovlivněné množstvím vytékajícího vzduchu s kapalinou) a ekonomicky maximální hodnoty cirkulace kapaliny.

2.3 Doba cirkulace

Při hodnocení podmínek v diskutovaném systému je rychlost cirkulace pomocnou veličinou, jejímž prostřednictvím je možno určit dobu cirkulace. V tomto případě je nutno rychlost cirkulace charakterizovat:

a) množstvím nezpěněné kapaliny, která u fermentorů míchaných míchadly vytéká za jednu sekundu z míchadla technologicky užitečným směrem,

b) u fermentorů míchaných plynem množstvím nezpěněné kapaliny, která je za jednu sekundu zvednuta do potřebné výšky.

Doba cirkulace je charakterizována dobou, za kterou objem kapaliny rovnající se objemu nezpěněné kapaliny obsažené ve fermentoru jedenkrát proteče míchadlem nebo je zvednut do potřebné výše (nebo součet účinků obou vlivů). Toto kritérium je vhodné u fermentorů s usměrněným prouděním. Jednou z podmínek nutných pro to, aby fermentor úspěšně pracoval (zejména pokud jde o intenzitu přenosu kyslíku) je stanovení a dosažení maximální potřebné hodnoty této doby cirkulace.

2.4. Vzájemný vztah průměru míchadla a nádoby

Je nutno se dále zmínit o hodnotě poměru průměru míchadla d a průměru nádoby D , tj. d/D . V literatuře

je tato veličina často diskutována a interpretována jako směrodatná hodnota sloužící při zvětšování rozměrů zařízení. Údaje o nejpříznivější hodnotě tohoto poměru se pohybují v rozmezí 0,13–0,56. Podle našich rozborů je nutno především uvažovat poměr $(D-d) : D$. I tento poměr však představuje pouze pomocný údaj, a to tehdy, kdy se příliš nemění celkové pojetí kádě, technologické podmínky a geometrické rozměry ve vztahu mezi modelem a dílem. Poměr $(D-d) : D$ je nutno uvádět především do vztahu s výtlačnou výškou míchadla při respektování vlivu průtoku vzduchu, zádrže vzduchu a jemnosti jeho rozptýlení. Poměr $(D-d) : D$ není obecně použitelný.

2.5 Vznik a chování bublin a pěny

Při fermentaci musí být vzduch v kapalině ve značné míře zadržován. Zádrž plynu se pohybuje v rozmezí asi 50 až 100 % obsahu kapaliny. Tato zádrž plynu je předpokladem, aby proces probíhal. Je nutno však zajistit, aby celý obsah kádě byl rovnoměrně provzdušněn a aby se netvořila vrstva pěny na povrchu hladiny, popř. aby se netvořila příliš hustá pěna.

Po stránce hydraulické je nutno řešit tento problém z mikrohlediska a makrohlediska. V prvním případě se zabýváme např. podmínkami vzniku jednotlivých bublin, řešíme otázky velikosti, tvaru, objemu, výstupové rychlosti a směru pohybu jednotlivých bublin.

Pěna je souborem těchto bublin, které na sebe působí. Při posuzování pěny z makrohlediska je nutno například řešit otázky zádrže plynu, tlakového spádu, výšky pěny, chování pěny jako celku apod.

Při hodnocení jednotlivých bublin řešíme zvlášť otázky vzniku bublin a zvlášť otázky jejich výstupu. Podle rychlosti výstupu plynu může bublina vzniknout jednak staticky, s rostoucí rychlostí toku vzduchu přechází tvorba bublin do další oblasti, kde objem bublin roste a nové vznikají s konstantní frekvencí, jednak může být vznik bublin párový, nastává koalescence a rozbíjení jednotlivých bublin až posléze plyn vstupuje do kapaliny plynulým proudem a po průchodu otvorem do kapaliny se rozpadá na nepravidelné bubliny, v tak zvané proudové oblasti. Význam jednotlivých faktorů při tvorbě bublin se podstatně mění podle toho, o jakou oblast tvorby bublin jde. Vzniklé bubliny nejprve vykonávají nestacionární pohyb, který se přes vysokou počáteční rychlost bubliny rychle stabilizuje. Výstup bublin se děje v závislosti na velikosti buď po přímkové dráze, nebo po spirále. Tvar a výstupová rychlost opět závisí na průměru bublin. Další vliv na tyto jevy mají fyzikální a chemické vlastnosti kapalného a plynného média, vliv geometrie nádoby a dýzy a hydraulické poměry v nádobě. Zvláštní kapitolu tvoří hromadná tvorba bublin a otázky vzniku pěnového režimu.

Při vzniku pěny nás zajímají otázky a podmínky vzniku a stability pěny. Podmínky vzniku spočívají nejen v hydraulice toku, ale především v koloidně chemických vlastnostech provzdušňovaného systému.

Pěna je systém tvořený z bublinek mnohostěnového tvaru, oddělených tenkými přepážkami z kapaliny. Kapilárně aktivní látky tvoří film na obou površích přepážky. O stálosti pěny rozhodují vlastnosti těchto filmů (viskozita, soudržnost, chemická stálost, elasticita, změna povrchového napětí s koncentrací aktivní látky atd.).

Stabilita takové pěny je maximální při takovém složení, na které připadá maximální změna povrchového napětí připadající na jednotkovou změnu koncentrace aktivní látky. (To se obecně nekryje s maximem koncentrace aktivní látky.)

Rozhodující tedy nejsou vlastnosti kapalného média a vlastnosti stabilizujících filmů. Při fermentaci je nutno

řešit otázky vzniku a hromadění organických látek původně malých koncentrací z kvasničného substrátu, z vedlejších produktů kultivace a z autolýzy kvasnic. K pěnотvorným činidlům patří obecně proteiny, mýdla, sacharidy, barviva, saponin, řada polymerů, terpenické alkoholy apod.

2.6 Specifické otázky

Pro charakterizování geometricky podobných čerpadel nezávisle na jejich rozměrech se používá veličina zvaná rychloběžnost, která je určena hodnotou specifických otáček. Tuto veličinu lze aplikovat též na rotační míchací zařízení používané při fermentaci pro míchání a aeraci. Účelem tohoto zařízení je dosáhnout minimální potřebné hodnoty výtlačné výšky a relativně vysoké hodnoty cirkulace. Z tohoto hlediska není důležitý druh míchadla, použitý k zajištění těchto hodnot. Je pouze nutné, aby jednotlivé typy míchadel byly použity v oblastech rychlostí, pro které jsou určeny svými specifickými otáčkami. To platí především pro rozdělení míchadel s radiálním, diagonálním nebo axiálním tokem tekutiny.

3. Závěr

Fermentační průmysl prodělává rychlý rozvoj. Buduje se řada provozů s menší kapacitou pro speciální výrobky (výroba enzymů, steroidů, antibiotika apod.). Dále jsou budovány velkokapacitní závody pro výrobu krmných bílkovin. Oba tyto směry — výroba speciálních sloučenin a velkovýroba bílkovin — patří mezi faktory, které budou mít velký význam v budoucích letech. Země, které v těchto směrech jsou v čele světového vývoje, se při rozvoji daných technologií opírají významně o chemické a biochemické inženýrství. Vztah mezi těmito inženýrskými disciplínami a uvedenými směry technologie byl naznačen. Složitosti problematiky by měla být přizpůsobena i míra pozornosti, věnovaná těmto úkolům.

Literatura

- [1] AIBA, S. HUMPREY, A.: Bioinženýrství, Náklad. ČSAV, Praha 1972
- [2] AUNICKÝ, Z.: Vliv míchání na adsorpci kyslíku I - V. Zprávy Chemoprojektu č. 242, 269, 280, 289, 309. Praha 1967-1970
- [3] AUNICKÝ, Z.: Výroba krmného droždí z petrochemických surovin. Zpráva Chemoprojektu č. 3, Praha 1971
- [4] AUNICKÝ, Z.: Kultivace toruly na n-alkánech a lihu. Zpráva Chemoprojektu č. 6, Praha 1972
- [5] AUNICKÝ, Z.: Ověřovací zkoušky provozu torula. Zpráva PTS KOLI, č. 2, Praha 1973
- [6] AUNICKÝ, Z.: Buňkový velkoobjemový fermentor pro výrobu bílkovin. Zpráva PTS KOLI, č. 4, Praha 1973
- [7] BERÁNEK, J.: Teorie turbulentního proudění tekutin. Nakl. ČSAV, Praha 1954
- [8] BRÖWN, W. E.: Ind. Eng. Chem. **42**, 1950 s. 1769
- [9] HIXON, A. W. — GADEN, E. L.: Ing. Eng. Chem. **42**, 1950, s. 1769
- [10] HIXON, A. W. — GADEN, E. L.: Ing. Eng. Chem. **42**, 1950 s. 1792
- [11] HOBLE, T.: Absorpce, SNTL Praha 1967
- [12] KARLSON, P.: Základy biochemie, Nakl. ČSAV Praha 1971
- [13] KIŠINĚVSKIJ, M. CH.: Ž. Prikl. Chim. **29**, 1956 s. 27
- [14] MIČLENOV, I. P. — TARAT, E. J.: Ž. Prikl. Chim. **31**, 1958
- [15] POZIN, P. E.: Ž. Prikl. Chim. **27**, 1954 s. 12
- [16] POZIN, P. E. — MIČLENOV, I. O.: Pěnný způsob obrabotki gazov i židkostej. Goschimizdat Moskva 1965
- [17] SCHULZ, I. S.: Ind. Eng. Chem. **48**, 1956, s. 2209
- [18] SIEMEZ, W.: Chem. Ing. Techn. **26**, 1954, s. 479
- [19] SIEMEZ, W. — GÜNTHER: Chem. Ing. Techn. **26**, 1956, s. 369
- [20] SIEMEZ, F.: Mieszanie a Mieszalniki. WNT Warszawa 1971

Aunický, Z.: Vývoj chemického inženýrství a jeho aplikace na kvasný průmysl. Kvas. prům. **20**, 1974, č. 11, s. 249 až 253.

Potřeba rychlé a úspěšné realizace laboratorních výsledků v průmyslové praxi vedla ke vzniku chemického inženýrství. Jeho specializací vzniklo biochemické inženýrství. Metodika i veškeré znalosti jednotkových operací jsou využitelné ve všech oblastech kvasného průmyslu. Na příkladu aerobní fermentace je naznačena složitost této inženýrské problematiky a na vybraných problémech je uveden způsob řešení dílčích otázek, jako je problém výtlačné výšky, cirkulační rychlosti u turbi-

nových míchadel, otázka doby cirkulace, význam průměru míchadla a nádoby, otázky vzniku a chování bublin a pěny a posléze otázka specifických otázek rotačního zařízení.

Ауницки, З.: Инженерные проблемы броидильной промышленности и их решение. Квас. прум. 20, 1974, № 11, стр. 249—253

Необходимость быстрого и эффективного внедрения результатов научно-исследовательских и лабораторных экспериментальных работ в производственную практику вызвала в жизнь профессию инженеров-технологов, специализированных по разным производственным процессам химической промышленности. Одним из специальных направлений является биохимия. Знания и опыт, приобретенные в этой области применимы во всех отраслях броидильной промышленности. На примере аэробного брожения показана сложность решаемой проблематики. Автор рассматривает решения ряда конкретных задач, в том числе напора и циркуляционной скорости турбинных мешалок, длительности циркуляции, расчета оптимального диаметра ротора и корпуса мешалки, изучения механизма появления пузырьков и образования пены а также расчета удельных оборотов ротационных установок.

Aunický, Z.: Development of Chemical Engineering and Its Role in Fermentation Industry. Kvas. prům. 20, 1974, No. 11, pp. 249—253.

Chemical engineering as a profession was born from the necessity to utilize in industry efficiently and with minimum delay the results of laboratory research works and experiments. One of its specialized branches is bio-

chemical engineering. Knowledge acquired by biochemical engineers and methods used in this branch are applicable in the whole sphere of fermentation industry.

To demonstrate the complexity of problems to be solved by biochemical engineers the author takes as an example aerobic fermentation. Such points as the determination of the delivery head for a turbine agitator, optimum circulation velocity, duration of circulation, effects of the stirrer and vessel diameters, formation of bubbles and foam, specific revolutions of rotary agitators etc. are dealt with in detail.

Aunický, Z.: Die Entwicklung der chemischen Verfahrenstechnik und ihre Applikation auf die Gärungsindustrie. Kvas. prům. 20, 1974, No. 11, S. 249—253.

Die Notwendigkeit der schnellen und erfolgreichen Realisierung der Laborergebnisse in die industrielle Praxis führte zur Entstehung der chemischen Verfahrenstechnik. Als Spezialisierung dieser Disziplin entwickelte sich die biochemische Verfahrenstechnik. Die Methodik und die gesamten Kenntnisse der Einheitsoperationen sind in allen Gebieten der Gärungsindustrie anwendbar.

Auf dem Beispiel der aeroben Fermentation wird die Kompliziertheit dieser Problematik angedeutet; auf ausgewählten Problemen wird die Lösung von Teilproblemen demonstriert, wie z. B. das Problem der Druckhöhe, der Zirkulationsgeschwindigkeit bei den Turbinenrührwerken, die Frage der Zirkulationszeit, die Bedeutung des Durchmessers des Rührwerkes und Gefäßes, die Fragen der Bildung und des Verhaltens der Schaumbblasen und schließlich die Frage der spezifischen Drehungen der Rotationseinrichtung.