

ЛАБОРАТОРНІ ФЕРМЕНТЕРИ ЄМНІСНОГО ТИПУ

Ю. І. СИДОРОВ

Національний університет «Львівська політехніка»

E-mail: sydorowy@rambler.ru

Отримано 13.07.2011

Подано відомості про сучасні комп'ютеризовані лабораторні ферментери (біореактори) ємнісного типу з перемішувальними пристроями, що призначені для культивування прокаріотів, клітин рослин, тварин і комах, які пропонують фірми Sartorius BBI Systems, New Brunswick Scientific, V. Braun Biotech, Bioengineering AG, Lambda Minifor, «Проинтех», — від найпростіших з однією ємністю без автоматичного регулювання подачі реагентів до багатореакторних з автоматичним регулюванням параметрів у будь-якому процесному режимі. Зазначено особливості конкретних типів ферментаційної апаратури, які вирізняють їх із низки аналогічної продукції, що може полегшити правильний вибір для виконання конкретних біотехнологічних досліджень з урахуванням цінового фактора.

Ключові слова: лабораторний ферментер ємнісного типу, перемішувальний пристрій.

Незважаючи на поширення одноразових лабораторних ферментерів, яке сьогодні спостерігається в дослідницькій практиці [1], традиційні лабораторні ферментери завдяки незалежності від зовнішніх економічних умов, як і раніше, зберігають свої позиції, особливо в науково-дослідних лабораторіях, що обмежені фінансовими ресурсами.

Лабораторні ферментери випускають такі фірми, як Sartorius BBI Systems, DAS GIP (Німеччина), New Brunswick Scientific, V. Braun Biotech, Bellco Glass, Inc. (США), Bioengineering AG, Chemap, Lambda Minifor (Швейцарія), «Проинтех» (Росія), Applikon Dependable Instruments BV (Нідерланди), V. E. Marubishi Co., Ltd. (Японія), Bioindustrie Mantovane (Італія), Biotehniskais Centrs, JSC (Латвія), Broadley James Equipment Project Co., Ltd (Китай) та багато інших — усього 28 фірм у Європі, Північній Америці, Японії та Південній Азії.

Беручи до уваги зазначене різноманіття, вважаємо за необхідне надати коротку інформацію щодо технічних відмінностей лабораторних ферментерів, призначених для проведення процесів у стерильних умовах. Це дасть змогу уникнути помилок, які можуть виникнути в разі неправильного вибору апаратури з непотрібними опціями для реалізації конкретних процесів. Ціна помилки набуває і конкретного грошового еквіваленту, якщо врахувати той факт, що вартість навіть лабораторних ферментерів

як апаратури для реалізації високих технологій є надзвичайно високою. Так, наприклад, оптова ціна російського комплексу ферментерів КФ-108 (8 ферментерів від 1 до 3 л) у 2008 р. становила 44 тис. євро; комплекс КФ-104 (4 ферментери) — 25 тис. євро; ферментер Ф 301 (1 ферментер об'ємом 3 л) — 5 тис. євро. Вартість ферментера Biostat C-30-DCU-3 (Sartorius, випуск 2006 р.) — 206 тис. USD, ферментера Biostat C 30L (Braun, 2003 р.) — 247 тис. USD, блоку лабораторних ферментерів Biostat D-BCU Twin 2L (V. Braun Biotech, 2003 р.) — 85 тис. USD, блоку лабораторних ферментерів (Anglicon, 1991 р.) — 90,4 тис. USD, блоку лабораторних ферментерів (Marubishi, 1986 р.) — 34 тис. USD. З другого боку, надмірна економія може посилити стагнацію комерційної біотехнології в Україні (у 2008 р. об'єм біотехнологічної продукції України не перевищував 20 млн. USD, тобто 0,012% від світової вартості цієї продукції) [2].

Другою причиною актуальності цієї публікації є відсутність подібних оглядів як у вітчизняній, так і в зарубіжній літературі.

Під час підготовки статті як джерела інформації використовували, в основному, рекламні проспекти фірм, які, на думку фахівців, порівняно з науково-технічними статтями і патентними описами є найбільш достовірними. Проте слід пам'ятати, що рекламна інформація є достовірною стосовно власної продукції, але навіть на законодавчому рівні вона не може бути порівнянною

з іншими продуктами. Це є третьою причиною написання цієї статті.

Передусім варто зауважити, що всі сучасні ємнісні лабораторні ферментери з перемішувальними пристроями мають загальні опції:

- об'єднані з комп'ютерними системами;
- мають цифрові системи управління;
- обладнані графічними інтерфейсами з кольоровими моніторами, наприклад Touch Screen;
- мають можливість запису від 1 до 6 параметрів процесу;
- забезпечені пристроями для асептичного посіву і відбору проб, холодильниками, повітряними фільтрами для стерилізації аераційного газу;
- мають перистальтичні насоси (наприклад, для дозування луку, кислоти, піногасника або субстрату);
- споряджені аераційними пристроями;
- мають автоматичне регулювання витрати повітря за показаннями датчика концентрації розчиненого кисню;
- обладнані датчиками температури, рН, pO_2 , Redox, Turbidity, піни, рівня рідини.

Специфічні опції зазначатимемо додатково для конкретних ферментерів.

У статті розглянуто найтипівішу апаратуру фірм, які мають найбільший авторитет серед споживачів цієї продукції.

Лабораторні ферментери фірми Sartorius BBI Systems GmbH

Ферментер BIOSTAT®A plus

Цей компактний ферментер/біореактор, що автоклавується, має об'єм 1, 2 і 5 дм³. Його спеціально розроблено для застосування в учбовому і дослідницькому процесах. Є надзвичайно простим і зручним у роботі. Концепція єдиного корпусу з інтегрованим обладнанням для вимірювання і керування, насосами, системами температурного контролю, подачі газу і мотором дає змогу економити цінний простір на лабораторному столі (рис. 1).



Рис. 1. Лабораторний ферментер BIOSTAT®A plus

До ферментера додається ноутбук з наперед встановленим Windows, який сумісний з програмним забезпеченням MFCS/DA для керування процесами ферментації та їх документування. Ферментер BIOSTAT® A plus має всі можливості для культивування мікроорганізмів і культур клітин і повністю масштабується з переходом до великих об'ємів.

Ферментер має мінімальну ціну в новій продуктивній лінійці ферментерів фірми Sartorius Stedim Biotech GmbH Systems (з 2008 р. це нова назва фірми Sartorius BBI Systems).

Ферментер BIOSTAT® B-DCU

Лабораторний ферментер з робочим об'ємом від 0,5 до 10 л, що автоклавується, призначений для культивування мікроорганізмів і клітинних культур. Він є вдосконаленою модифікацією ферментера Biostat B. Цю модель випускають як з однією ємністю, так і у вигляді подвійної, потрійної і четвертої установок (установки твін, тріпл і кватро; рис. 2).



Рис. 2. Модифікації лабораторних ферментерів BIOSTAT® B-DCU

Для клітинних культур застосовують систему аерації Bobble Free (безпухирцева).

Ферментери споряджено автоматичною системою DCU-3 (Digital Control Unit, третє покоління), яка є еталонною для біореакторів і відповідає GAMP (Good Automated Manufacturing Practice). У DCU-3 застосовано графічний інтерфейс touch-screen.

Ферментер BIOSTAT® B plus

Лабораторний ферментер BIOSTAT® B plus, що автоклавується, має робочий об'єм від 0,5 до 10 л і призначений для культивуван-

ня мікроорганізмів та клітинних культур. Створюючи цей ферментер, розробники прагнули аби він став світовим стандартом серед настільних ферментерів і біореакторів нового покоління.

Змінні місткості для мікробних клітинних культур готові до застосування «прямо з упакування». Ферментер є вдосконаленою модифікацією Biostat B-DCU (рис. 3).



Рис. 3. Лабораторний ферментер **BIOSTAT® B plus**

Одиночна або подвійна установка має такі додаткові опції:

- вбудовану систему подачі газу з можливістю збагачення живильного середовища киснем для оптимального ведення процесу як для мікробних, так і клітинних культур;
- для клітинних культур подання газу здійснюється через напівпроникну мембрану;
- вбудований термостат або система «сухого» обігрівання системи (опції) для вимірювання оптичної густини середовища (турбодиметрії) і системи вимірювання Redox-потенціалу для «безпухирцевої» щадної аерації культури.

Biostat® B plus RBS

Це — революційна модель ферментера зі спеціальною системою аерації для культивування клітин, іммобілізованих на керамічних дисках (рис. 4).

Коротко окреслимо суть проблеми вирощування тваринних клітин, розглянемо типи реакторів для цієї мети і чому біореактор Biostat® B plus RBS вважають революційним.

Клітини тварин багато в чому відрізняються від прокаріотичних і грибних клітин: вони повільніше ростуть, у них велика чутливість до поранення і пухирців повітря. Ці властивості клітин впливають на конструкцію біореакторів, особливо на системи перемішування і аерації, які під час роботи не повинні створювати стресових умов для



Рис. 4. Лабораторний ферментер **Biostat® B plus RBS**

культури, тобто перемішування має бути гомогенним, щоб уникнути градієнтів температури і рН, підвищеної концентрації субстрату і продуктів. Зазвичай перемішування здійснюють великими лопатевими мішалками за низьких швидкостей, але в даному разі цей спосіб є неприйнятним. Проблему може вирішити пневматичне (повітряне) перемішування в ерліфтних реакторах або гідравлічне перемішування за допомогою зовнішніх насосів у реакторах зі зваженою твердою фазою (fluidized bed reactors). В останньому випадку біореактори споряджують спеціальною системою сепарації, яка забезпечує повне затримання частинок у перфузійних процесах.

Для запобігання піноутворенню і ушкодженню клітин пухирцями повітря можна зменшити об'єм газової суміші, що подається, використовувати поверхневе продування або безпухирцеву аерацію через мембрани, однак тоді за скорочення об'єму газу, що подається, слід збільшити в ньому концентрацію кисню.

Клітини ссавців, як правило, ростуть в закріпленому на поверхні носія стані. Такі опорно-залежні клітини іммобілізують на мікроносіях, таких як скло, целюлоза, колаген, желатин або пластик. Якщо носій є пористим, клітини можуть рости усередині, при цьому вони захищені від ранового стресу, що уможливорює використання інтенсивніших потоків повітря, які й перемішують культуральну рідину.

Як альтернативу для культивування клітин, що потребують фіксації, можна застосовувати реактор з фіксованою твердою фазою, в якому клітини та їхні носії захоплюються в закріплену підкладку. Ця система не потребує сепарації для видалення рідкої

фази. Рановий стрес і ушкодження клітин пухирцями газу мінімальні. Ферментер останнього типу зображено на рис. 4.

Ферментер *BIOSTAT® Q*

Це — мультиферментаційна система, яку спеціально розроблено для серійних експериментів і яка спрощує перехід від колб до робочого ферментера (рис. 5).



Рис. 5. Лабораторний ферментер Biostat Q

Ферментери Biostat Q plus — нове покоління апаратів Biostat Q. Використовуючи ці апарати, можна одночасно проводити ферментацію в 3-, 6-, 9-ти або навіть в 12-ти ємностях.

Ферментери фірми *New Brunswick Scientific*

Американська компанія New Brunswick Scientific — одна з провідних у галузі виробництва як лабораторних (BioFlo 110, 310 і 415), так і пілотних (BioFlo 4500, BioFlo 5000, BioFloPro) ферментерів з робочими об'ємами від 1,3 до 240 л. Лабораторні біореактори автоклавують, пілотні мають систему стерилізації на місці (SIP). Компанія пропонує широкий модельний ряд біореакторів серії BioFlo, призначених для роботи з клітинними культурами тваринного і рослинного походження, мікроорганізмами: бактеріями, дріжджами, грибами в лабораторних і промислових умовах. Залежно від виду вирощуваної культури використовують повітря, кисень, вуглекислий газ або азот.

Лабораторні ферментери фірми *Bioengineering AG*

Швейцарська фірма Bioengineering AG є одною з провідних компаній з виготовлення ферментаційної апаратури, яка відома в усьому світі. Окрім лабораторних фермен-

терів (ALF, KLF, NLF, L1523, мембранний ферментер MF), фірма випускає пілотні ферментери (LP351, Pilot Fermenter P), а також мобільні фармацевтичні лінії, тристадійну ферментаційну фабрику для культивування клітин, автоматизований багатоцільовий завод, промислову лінію з виробництва вакцин. Усі промислові лінії виконано на базі пілотних ферментерів. Фірма випускає також різноманітну допоміжну апаратуру: змішувачі для високоякісного перемішування, різноманітні клапани, фільтри, механічні піногасники, програмне забезпечення.

Лабораторний ферментер *KLF*

KLF — найменший з ферментерів серії CSTR, який можна стерилізувати *in situ*. Його конструкція дозволяє простими способами встановлювати зв'язок з будь-якими модулями Bioengineering (приладами і контрольними системами) і збільшувати кількість їх у будь-який час, що є першим кроком у масштабуванні багатьох процесів (рис. 6).



Рис. 6. Лабораторний ферментер KLF

Як місткості для ферментації використовують три взаємозамінні скляні циліндри об'ємом 2,4; 3,1; 3,7 л. Мішалка може обертатися як від нижнього, так і від верхнього приводу з механічною ізоляцією або через магнітну муфту. Лопатеві мішалки можна насадити на вал на бажаній висоті й легко поміняти вручну за різних стратегій перемішування. Прилади і контролери Bioengineering є окремими модулями, що дає змогу перетворювати маленький лабораторний ферментер на повністю обладнану комп'ютеризовану систему ферментації.

Завдяки можливості вибору способів перемішування середовищ і дисперсії газів ферментери KLF придатні для культивування всіх видів аеробних і анаеробних клітинних культур (бактерій, дріжджів, грибів, водоростей, тваринних і рослинних клітин) як у суспензії, так і на мікроносіях.

Приклади використання ферментера KLF:

- просте batch-культивування (періодичне);
- безперервне культивування, контроль за яким здійснюється за допомогою трубки рівня, вимірюванням маси, каламутності або датчиком рівня;
- культивування рослинних клітин з використанням освітлювального чохла і спеціальних систем перемішування;
- культивування клітин тварин за допомогою спеціального додаткового устаткування з мішалками, що створюють осьові (axial-flow) і радіальні (radial-flow) потоки, та систем аерації: кільцеві барботери, барботери зі спіненого металу без пухирців;
- необмежене культивування патогенних і генетично змінених організмів згідно зі всіма стандартами безпеки.

Лабораторний ферментер MF

Мембранний ферментер MF складається з двох індивідуальних камер ферментації, які розділено діалізною мембраною. На цьому устаткуванні можливе проведення різних експериментів, зокрема безперервного культивування з перенесенням середовища через мембрану, культивування культур з високою густиною з інтегрованим зніманням продукту, здійснення наукових програм досліджень взаємодії між двома різними організмами.

Лабораторний ферментер ALF

В основу його дизайну покладено традиційні принципи лабораторної ферментації, але головною відмінністю є конструкція приводу мішалки. ALF призначено для тривалого робочого циклу, тому для підвищення надійності було збільшено потужність двигуна і розроблено новий тип магнітного з'єднання. Контроль швидкості здійснюється частотним перетворювачем, який керує рухом. Контрмагніт жорстко кріпиться до кришки (через вал мішалки) з мінімально можливим зазором між скляним дном і рухомих магнітом. Діаметр вала мішалки відповідає стандартам Bioengineering, тому всі мішалки, що регулюються за висотою, можна використовувати в ALF. Нижній привід дозво-

ляє максимально використовувати отвори кришки для датчиків і насадок.

До ферментера у будь-який час можна без ускладнень приєднати додаткове устаткування (або від'єднати зайве).

ALF зроблено зі скла (Duran) з подвійною оболонкою, що забезпечує спостереження за культурою. Нижній привід дає змогу максимально використовувати поверхню кришки. Магнітне з'єднання спроектовано так, що нижній привід не заважає видаленню місткості ферментації для автоклавування. Ферментаційна місткість стерилізується в автоклаві разом зі всією «периферією».

Фірма випускає два типи лабораторних ферментерів: ALF з нижнім магнітним приводом і R'ALF з верхнім (прямим) приводом.

Лабораторний ферментер NLF

Ферментери серії NLF вважають оптимальним зв'язком між лабораторією і виробництвом. Система ферментера ґрунтується на добре відлагодженому модульному принципі конструкції Bioengineering (рис. 7).



Рис. 7. Лабораторний ферментер NLF

Біореакторну установку чітко розділено на гігієнічну і електричну частини. Ця концепція має переваги, зокрема повну незалежність для встановлення обладнання та можливість розширення установки.

Культуральну місткість виконано зі стійкої до кислот шліфованої нержавіючої сталі. Скляна версія складається зі скляного циліндра, встановленого на сталевий циліндр. Загальний об'єм місткостей: 16, 19 і 22 л. Привід перемішувального пристрою здійснюється за допомогою клинопасової передачі. Двигун апаратів має потужність

1,5 кВт і швидкість обертання 3 000 хв⁻¹. Мішалка може обертатись зі швидкістю від 6 до 1 000 хв⁻¹.

Апарат споряджено двоярусною турбінною мішалкою, при цьому відстань між ярусами можна регулювати, встановлюючи їх на будь-якій висоті. Замість механічного перемішувального пристрою ферментери можуть бути обладнані ерліфтною системою перемішування.

Лабораторний ферментер L1523

Це — ферментер класичного типу, призначений для виконання широкого кола завдань, зокрема для вирощування прокариотів і клітин тварин. Можливі два варіанти діаметрів: 150 і 200 мм. Має низьку вартість. Випускають цей ферментер з 1972 року, але він і досі користується попитом (рис. 8).



Рис. 8. Лабораторний ферментер L1523 у скляному і металевому варіантах

Лабораторні ферментери фірми V. Braun Biotech

Фірма V. Braun Biotech є також одним зі світових лідерів з виробництва продукції з біотехнології. Має у своїй виробничій програмі широкий спектр лабораторних ферментерів, біореакторів, шейкерів та іншого обладнання. У співпраці з фірмою Sartorius BVI Systems розробляла серію лабораторних ферментерів Biostat. Нижче наведено обладнання, яке фірма розробляла самостійно.

На рис. 9 показано зовнішній вигляд лабораторного ферментера Liflus GX, що придатний для роботи як з мікробними культурами, так і з культурами рослинних тканин.

Об'єми культуральних місткостей: 1,5; 3; 5; 7; 10 л. Для роботи з культурами клітин апарати можуть бути споряджені оболонками (Double Vessel). Апарати без оболонки

(Single Vessel) застосовують для роботи з мікроорганізмами (бактерії, дріжджі, гриби тощо). Систему можна використовувати для простого періодичного культивування і для періодичного культивування з підживленням за допомогою перистальтичних насосів. Є датчики контролю, які звичайно застосовують у лабораторних ферментерах. Число обертів перемішувального пристрою регулюється в межах 50–1200 хв⁻¹.



Рис. 9. Лабораторна система Liflus GX

Лабораторний ферментер фірми Lambda Minifor

Ці ферментери відзначаються малим розміром (об'єм від 0,035 до 5 л, маса — не більше 7,5 кг), низькою вартістю та інноваційними рішеннями, які дозволяють підтримувати низьку ціну без погіршення якості (рис. 10).

Замість місткостей із кришками з нержавіючої сталі ферментер обладнано повністю скляними посудинами, які впродовж тривалого часу можуть зберігати стерильність. Традиційний пропелерний перемішувальний пристрій з дорогим електродвигуном і магнітним сполученням замінено на так званий вібраційний міксер, який запобігає великому піноутворенню. Відсутні подвійні стінки, в які подається теплоносій (для анаеробних процесів) — нагрівання здійснюється від параболічного нагрівача із золотим покриттям, який розташовано під днищем місткості.

У конструкції апарата використано мікрофорсунку аераційного повітря, що само-



Рис. 10. Лабораторний ферментер Minifor

очищується завдяки еластичності матеріалу, з якого її виготовлено, і тому в отворі не затримуються будь-які відкладення (рис. 11).

Усю мікропроцесорну електроніку розташовано в передній частині приладу, що робить його надзвичайно компактним (рис. 12).

Проведення у ферментері безперервних процесів з автоматичною подачею живильного середовища і відповідних реагентів, так само, як і культивування рослинних і тваринних клітин не передбачено.

Лабораторні ферментери фірми «Проинтех»

Фірма «Проинтех» спільно з фахівцями ІБФМ РАН (м. Пушино, Росія) розробила і реалізує «Комплекс ферментаційний КФ-108», призначений для:

– проведення скринінгу одночасно до восьми штамів-продуцентів в однакових

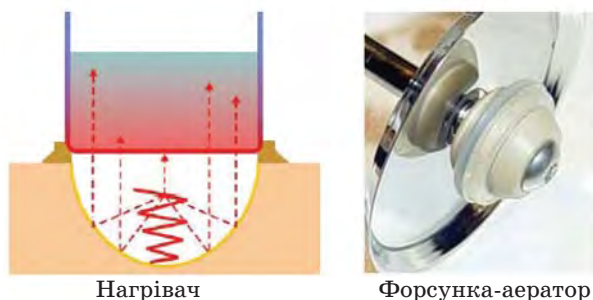


Рис. 11. Нагрівач і форсунка-аератор ферментера Minifor



Традиційний лабораторний біореактор

Ферментер Minifor

Рис. 12. Порівняння двох лабораторних ферментерів

умовах (температура, рН, pO_2) або для перевірки одного продуцента в різних умовах ферментації;

– швидкої та ефективної оптимізації складу середовища і, особливо, умов культивування;

– культивування бактерій, дріжджів і міцеліальних грибів з використанням різних субстратів, включаючи нерозчинні рослинні відходи (буряковий жом, пшеничні висівки, солодові паростки тощо);

– проведення культивування практично всіма відомими способами, у тому числі періодичним, безперервним, у режимі хемостата і fed-batch.

До складу КФ входять такі пристрої:

– набір місткостей для стерильних розчинів реагентів і субстратів;

– система подачі стерильних розчинів реагентів і субстратів;

– система розподілу потоків;

– блок з восьми ферментерів об'ємом 1,5 або 3,0 л;

– розподільувач потоків газу.

У комплексі КФ-108 мішалка має безпосередній привід від двигуна, число обертів якого можна регулювати. Мішалка для перемішування в'язких середовищ має спеціальну форму. Передбачено спеціальний пробовідбирник для взяття проб з високою в'язкістю. Застосовано оригінальну систему ущільнення датчиків. Комплекс відзначається простотою складання і розбирання, швидкою підготовкою до роботи в разі дотримання основних вимог і стандартів стерильного культивування.

Апаратура КФ надійна, проста в експлуатації, точно підтримує задані параметри культивування. Має вдале рішення з відсіканням повітря датчиком піни, що дало змогу відмовитись від хімічних піногасників. Апарат можна спокійно залишати у режимі «без нагляду» на ніч.

На рис. 13 зображено комплекс КФ модифікований QUADRUS (у разі потреби ферментер КФ випускають і в одиничному виконанні).



Рис. 13. Комплекс ферментаційний КФ модифікований QUADRUS

Система контролю і автоматизації з контролером (плата типу ISA) Biocard4v4 є оригінальною розробкою і не поступається популярній на Заході системі DCU-3, яка є програмно-апаратним комплексом для підтримання заданого режиму культивування, одержання даних про процес і накопичення цих даних у вигляді, зручному для оброблення.

Система контролю не орієнтована на якийсь спеціалізований ферментер або процес

і може працювати практично з будь-яким типом реакторів, у тому числі з культиваторами для суспензійних культур тканин і клітин. Кожен комплекс обслуговує свій біореактор, чотири комплекси об'єднано в систему, якою керує центральний комп'ютер. При цьому комплекси залишаються незалежними, що дає змогу здійснювати культивування на кожному з них у своєму унікальному режимі.

На рис. 14 показано зовнішній вигляд системи керування в робочому стані.

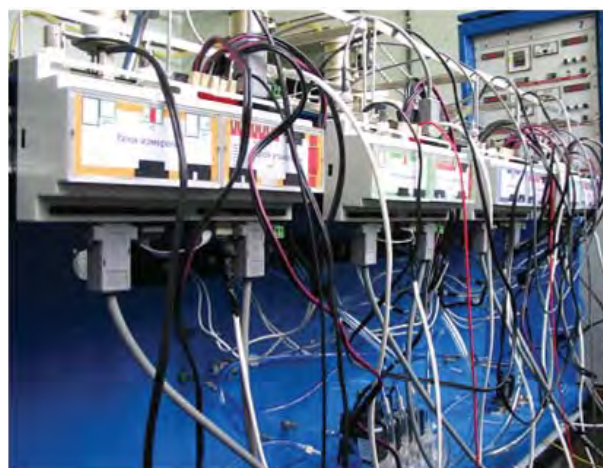


Рис. 14. Елементи системи керування QUADRUS

Таким чином, з наведеного матеріалу випливає, що на сьогодні існує великий вибір лабораторних ферментерів ємнісного типу від низки фірм-виробників. Ці апарати набули широкого застосування не тільки у багатьох галузях біотехнологічних виробництв, але й під час проведення найрізноманітніших експериментальних досліджень. Зважаючи на значну роль ферментерів зазначеного типу, ця апаратура постійно вдосконалюється відповідно до запитів та потреб біотехнологічної науки і виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сидоров Ю. І. Одноразова ферментаційна апаратура // Біотехнологія. — 2010. — Т. 3, № 6. — С. 9–21.
2. Новіков В., Сидоров Ю., Швед О. Тенденції розвитку комерційної біотехнології // Вісн. НАН України. — 2008. — № 2. — С. 25–39.
3. Сидоров Ю. І., Чуєшов В. І., Новіков В. П. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості. — Вінниця: Нова книга, 2009. — 818 с.
4. Крамерс Х., Вестертен К. Химические реакторы. — М., Химия, 1967. — 264 с.
5. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. — Ленинград: Химия, 1991. — 352 с.
6. Альперт Л. З. Основы проектирования химических установок. — М.: Высшая школа, 1976. — 272 с.
7. Генералов М. Б. Химические реакторы производств ниропродуктов: Уч. пособие для студентов вузов. — Харьков: Изд-во НФаУ, 2005. — 307 с.
8. Чекалин М. А., Пасет Б. В., Иоффе Б. А. Технология органических красителей и промежуточных продуктов. — Ленинград: Химия, 1972. — 512 с.
9. Сидоров Ю. І., Влязло Р. Й., Новіков В. П. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Частина III. Основи проектування мікробіологічних виробництв. — Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2004. — 252 с.
10. Химическая типовая малогабаритная апаратура с электрообогревом. Каталог. — М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1971. — 22 с.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ФЕРМЕНТЕРЫ
ЕМКОСТНОГО ТИПА

Ю. И. Сидоров

Национальный университет
«Львовская политехника»

E-mail: sydorowy@rambler.ru

Приведены сведения о современных компьютеризованных лабораторных ферментерах (биореакторах) емкостного типа с перемешивающими устройствами, предназначенными для культивирования прокариотов, растительных, животных клеток и клеток насекомых, которые предлагают фирмы: Sartorius BBI Systems, New Brunswick Scientific, B. Braun Biotech, Bioengineering AG, Lambda Minifor, «Проинтех»: от самых простых с одной емкостью без автоматической регулировки подачи реагентов до многореакторных с автоматической регулировкой параметров для любых процессных режимов. Отмечены особенности конкретных типов ферментационной аппаратуры, выделяющие их из ряда аналогичной продукции, что может облегчить и сделать правильный выбор для выполнения конкретных биотехнологических исследований с учетом ценового фактора.

Ключевые слова: лабораторный ферментер емкостного типа, перемешивающее устройство.

LABORATORY FERMENTERS
OF CAPACITY TYPE

Yu. I. Sidorov

«Lviv's Polytechnica»
National University

E-mail: sydorowy@rambler.ru

The information is given concerning modern computer-assisted laboratory fermenters (bioreactors) of capacity type with mixing devices, that are intended for cultivation of procariots and also vegetable, animal, and insect cells, which the following firms such as Sartorius BBI Systems, New Brunswick Scientific, B. Braun Biotech, Bioengineering AG, Lambda Minifor, Prointekh offered and which existed from the simplest with one capacity without automatic serve of reagents to multireactor systems with self-adjustment parameters for any modes of process. It is mentioned the features of concrete types of fermentation apparatus that set them apart from a number of other similar products, that can facilitate and do a correct choice for implementation of concrete biotechnological researches, taking into account a price factor.

Key words: laboratory fermenter of capacity type, a mixing device.