

УДК [53.04+53.06] : 66.063

Долинский А.А., Грабов Л.Н., Грабова Т.Л.

Институт технической теплофизики НАН Украины

МЕТОД ДИВЭ В ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ И ТЕПЛОМАССООБМЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ

Представлено короткий огляд використання методу ДІВЕ в інноваційних технологіях і новому тепломасообмінному устаткуванні, розробленому й виготовленому в ІТТФ НАНУ. Технології й устаткування впроваджені на підприємствах України, Білорусії, Росії й Казахстану.

Представлен краткий обзор использования метода ДИВЭ в инновационных технологиях и новом тепломассообменном оборудовании, разработанном и изготовленном в ИТТФ НАНУ. Технологии и оборудование внедрены на предприятиях Украины, Белоруссии, России и Казахстана.

The short review of DPIE method in innovative technologies usage and new heat-mass exchange equipment developed and produced in IET NASU is presented. The technologies and equipment are implanted in the enterprises of Ukraine, Belorussia, Russia and Kazakhstan.

N – мощность;
 T – температура;
 t – удельное время;
 V – скорость;
 δ – средний линейный размер;
 GMP – Good Manufacturing Practice (Надлежащая производственная практика);

CFD – Computation Fluid Dynamics (вычислительная гидроаэродинамика);
 ДИВЭ – дискретно-импульсный ввод энергии;
 ИТТФ – Институт технической теплофизики;
 ИБОНХ – Институт биоорганической и неорганической химии;
 МЛФ – мягкие лекарственные формы.

Актуальность разработки и внедрения высокоэффективных технологий и нового тепломассообменного оборудования обусловлена потребностью промышленности и агропромышленного комплекса в современных технологических и аппаратурных решениях. В Украине не изготавливается оборудование для многих отраслей промышленности, в частности, для фармацевтической промышленности.

В основе получения лекарственных средств лежит комплекс тепломассообменных процессов: теплопередача при нагреве/охлаждении или плавлении; диспергирование (увеличение поверхности раздела фаз); гомогенизация; перемешивание и растворение; структурирование (образование связно-дисперсной системы); массообменные процессы, конвективная и молекулярная диффузия, а также перенос извлекаемого вещества из твердой фазы в жидкую, лежащие в основе процесса экстрагирования.

Лекарственные препараты относятся к дисперсным системам различающиеся по физико-химическим свойствам, по фазовому составу, областям существования и применения систе-

мы: мази, кремы, линименты, гели, пасты, суппозитории, тинктуры, бальзамы, экстракты, настойки и другие формы.

При разработке технологий и оборудования особое внимание уделялось экономии энергии и оптимизации продолжительности процессов, а также соответствию выполнения требованиям GMP (Good Manufacturing Practice).

Для этого были необходимы новые, более эффективные методы управления процессами тепломассообмена в гетерогенных системах (рис. 1). К одному из них относится метод, базирующийся на принципах дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ), разработанный в Институте технической теплофизики НАН Украины под руководством А.А. Долинского [1].

Названный метод относится к методам направленного дискретного энергетического воздействия, позволяющий аккумулировать в рабочем объеме с гетерогенной средой тепловую или потенциальную энергию, а затем трансформировать ее в кинетическую. В основу метода положено комплекс физических явлений



Рис. 1. Методы интенсификации тепломассообменных процессов в гетерогенных системах.

и эффектов: спада и роста давления, гидравлического удара, механизмы сдвиговых напряжений, звуковые и ультразвуковые эффекты, микровскипания, кавитация, эффекты турбулентности, вихреобразования, сонолюминесценция, поляризации частиц, локальный нагрев и другие явления.

Принцип ДИВЭ базируется на пространственной и временной локализации вводимой энергии. В процессах ДИВЭ реализуются сверхвысокие плотности потоков энергии и вещества на межфазных поверхностях, что обусловлено локальным характером процесса [1-3].

Благодаря использованию механизмов ДИВЭ впервые была решена задача получения

однородных и стабильных дисперсных систем, т.е. систем обладающих одновременно как гидрофобными так и гидрофильными свойствами.

Опытным производством Института был изготовлен ряд аппаратов типа РПГ-2500, АР-3000, АР-3000 М, в которых использованы принципы ДИВЭ в гетерогенные среды. Общий вид аппарата типа АР-3000 и его узлов представлены на рис. 2.

Дисково-цилиндрические аппараты типа АР-3000 были задействованы в линиях получения аэрозолей на Харьковском фармацевтическом предприятии «Стома», для получения суппозиторий на ОАО «Монфарм» (г. Монастырище, Черкасской обл.), в линии синтеза

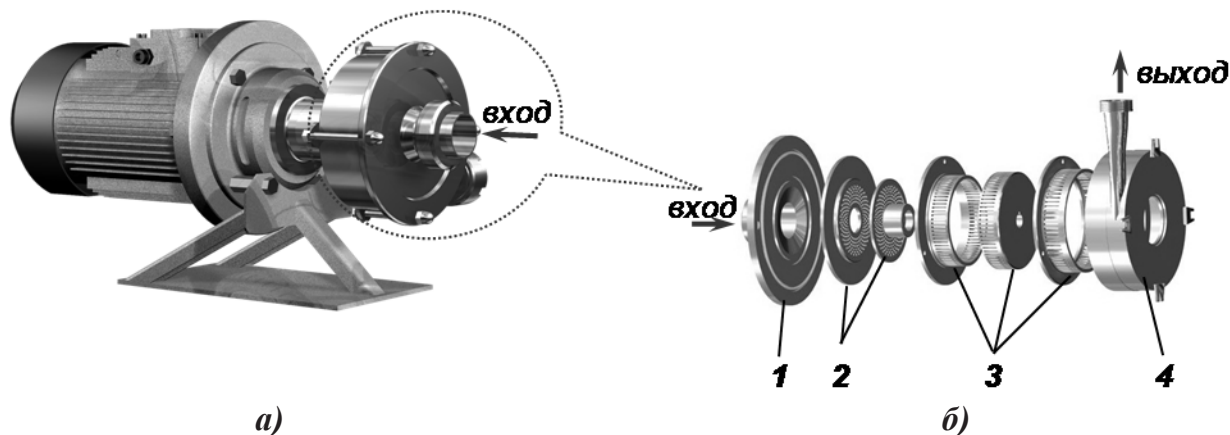


Рис. 2. Общий вид дисково-цилиндрического аппарата типа АР-3000 (а) и его узлов (б): 1 – крышка; 2 – статорно-роторный дисковый узел; 3 – статорно-роторный цилиндрический узел; 4 – корпус с выходным патрубком.

Технические характеристики дисково-цилиндрических аппаратов:

	РПГ-2500	АР-3000	АР-3000 М
Производительность, кг/час	до 2500	до 3000	до 4000
Дисперсность, мкм			
эмульсии	до 10...15	до 2...10	до 2...10
суспензии	до 30...120	до 25...90	до 25...60
Установленная мощность, кВт	2,2	3	4
Напряжение, В	380	380	380
Частота вращения роторов, об/мин	2860	2880	2880
Схема охлаждения	проточная		
Диаметр патрубка, мм:			
всасывающего	45	45	45
нагнетательного	35	35	35
Габаритные размеры, мм	550×240×300	580×260×325	560×270×330
Масса, кг	30	40	53

эмульгаторов на ООО «Химтех» (г. Луганск).

На модельный ряд дисково-цилиндрических аппаратов разработана техническая документация и получены патенты Украины [4,5].

Поиск новых аппаратно-конструктивных и режимно-технологических решений направлен на повышение эффективности работы аппаратов и интенсификацию процессов в обрабатываемых средах, требующих теоретичес-

ких исследований по изучению гидродинамической обстановки, моделированию процессов в новых аппаратах (рис. 3). Ведутся работы по разработке трехмерной CFD-модели течения жидкости и теплопереноса в ней, что позволит на основании полученных гидродинамических и тепловых возмущений параметров потока проводить обобщение возможных механизмов диспергирования в аппарате и проводить оцен-

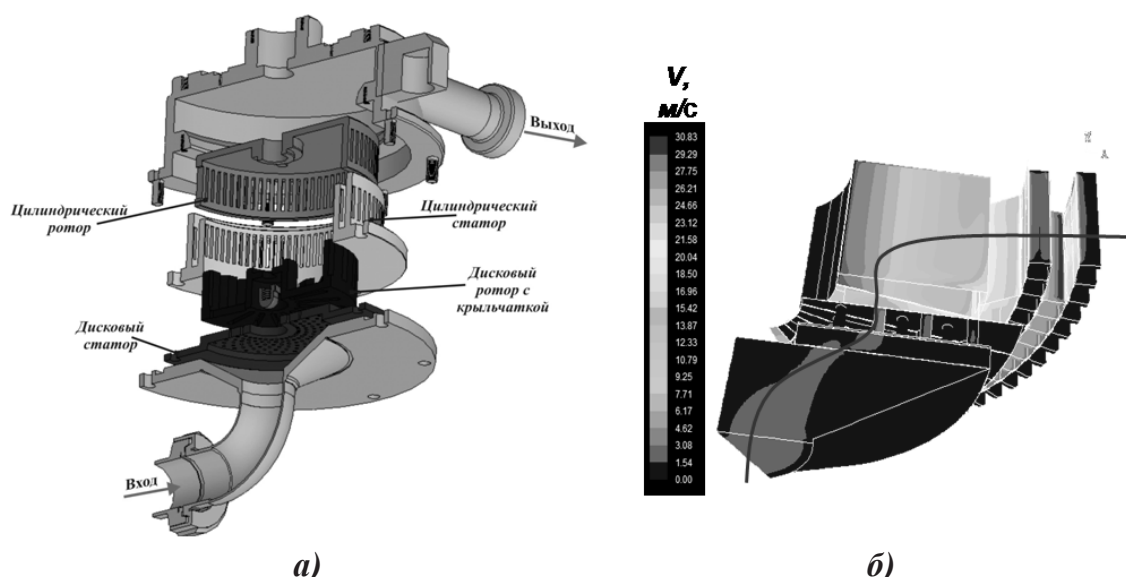


Рис. 3. Модель вертикального дисково-цилиндрического аппарата (а) и поля скоростей в проточной части аппарата (б), рассчитанных по трехмерной CFD-модели течения.

ку их влияния на конечный размер дисперсных включений [6,7].

Технические характеристики вертикального дисково-цилиндрического аппарата:

Производительность, кг/час	до 6000
Дисперсность, мкм	до 2...60
Установленная мощность, кВт	5,5
Напряжение, В	380
Частота вращения роторов, об/мин	3000
Диаметр патрубка, мм:	
всасывающего	45
нагнетательного	35
Габаритные размеры, мм	580×260×325
Масса, кг	40

Анализ научно-технической литературы показывает, что значительная доля диспергирующих аппаратов роторно-пульсационного типа производится за рубежом (табл. 1). Лидирующие позиции в разработке и изготовлении таких аппаратов принадлежат фирмам «Kinematica» (Швейцария), «ИКА» (США), «Istral», «ibW», «Fluko» (Германия) и др. Как видно из табл. 1, разработанные в ИТТФ НАНУ аппараты типа АР-3000 и РПГ-2500 имеют наименьшие показатели удельных затрат электроэнергии и металла. Следует заметить, что стоимость аппарата фирмы «Kinematica» с аналогичными показателями по производительности и потребляемой мощности аппарата АР-3000 превышает в 6...7 раз.

Что касается энергетических показателей процесса дробления посредством ДИВЭ в эмульсии, например, при изменении среднего размера жирового включения от 2 до 1,5 мкм интегральная энергия, затраченная на разрушение одной исходной частицы, составила 0,05 нДж [10].

В процессе обработки суспензионной системы (концентрация твердой фазы – 14%) в аппарате типа АР-3000 при дроблении твердой частицы с размером 300 мкм до 150 мкм интегральная энергия, затраченная на разрушение одной частицы достигает 4...7 МДж. Такие

показатели объясняются затратами энергии не только на образование новой поверхности раздела фаз, но и на объемную деформацию включений. Кроме того, в таких системах существенно увеличиваются диссипативные эффекты [9].

Комплекс экспериментальных работ по практическому применению метода ДИВЭ позволил решить задачу гидродинамического дробления твердых субстанций, которая является самой продолжительной и энергоемкой операцией в процессе получения лекарственных форм [9,11,12]. Нужно отметить, что для таких форм, согласно фармацевтическим регламентам, по однородности и дисперсности предъявляются повышенные требования (для микрогетерогенных систем – до 10...90 мкм).

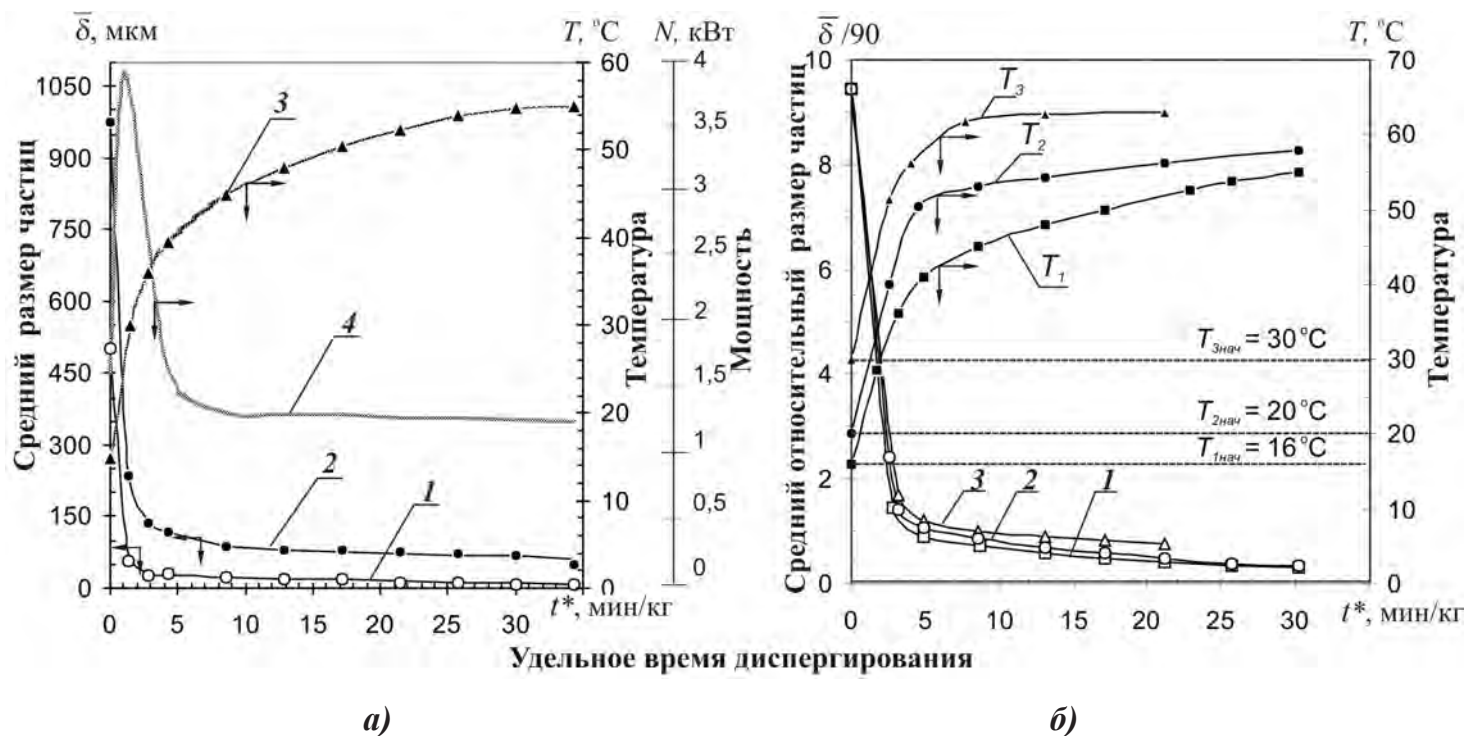
Кроме того, стандартные методы получения мягких лекарственных форм связаны с нагревом систем до 75...80 °С. Однако, ряд фармацевтических субстанций, например, анестезин, являются термолабильными и при увеличении температуры приводит к процессам перекристаллизации. Применение метода ДИВЭ позволило избежать негативного воздействия температуры за счет кратковременного ее влияния при прохождении через аппарат, кроме того, удалось сократить затраты на нагрев и охлаждение систем.

Как видно на примере системы «анестезин-глицерин» (рис. 4, а), в процессе обработки в аппарате такой гетерогенной системы процесс дробления твердых частиц сопровождается ростом температуры обрабатываемой системы. В начале процесса происходит резкое увеличение потребляемой мощности аппарата, а затем ее уменьшение. Кроме того, на скорость процесса диспергирования существенное влияние оказывает начальная температура системы (рис. 4, б): чем ниже начальная температура системы, тем интенсивнее идет процесс диспергирования.

Для осуществления тепломассообменных процессов в системах «твердое тело-жидкость» был разработан и изготовлен Институтом мобильный агрегат типа «Фарматрон-3000» (рис. 5). Конструктивно агрегат выполнен с

Табл. 1. Сравнение характеристик аппаратов для диспергирования в гетерогенных системах [8, 9]

Тип, марка аппарата	Страна производитель, фирма	Производительность, т/ч	Удельные затраты энергии, кВт·ч/т	Удельные затраты металла, т/т
MT 1-57	Швейцария, «Kinematica»	2,4	2,1	0,09
MT 1-61		2,4	1,7	0,10
BR 2000/5	США, ИКА	2,5	2,2	
SS 3000-SGR	«CHERRY-BYRREL», США	2,6...11,4	3,9...5,6	0,45
Z 66	Германия, «Istral»	3,5		
Z 80		2,8	1,2...2,0	
Z 120		15	0,2...0,4	
URL-60	Германия, «ibW»	1,5...2,5	1,0...2,0	
URL-80		1,8...3,0	1,2...1,8	
DMS-2	Германия, «FLUKO»	2,5	1,2	0,02
DMS-2-3/26-10		5,0	1,1	0,02
SH-30	Швеция, «ALFA-LAVAL»	4...12	7,5...22,5	0,160...0,47
MS-18	Англия, «APV»	5,5...8,8	6,6...7,3	0,26...0,43
SLOW 30-60	Дания, «RANNIE»	1,2...2,0	6,2...10,4	0,15...0,38
SLOW 50-65		5,0...6,5	5,7...7,4	0,14...0,30
LT-2	Венгрия, «Komplex»	1,2...1,8	1,4...9,5	0,25...0,37
SF-JH-9	Япония, «SEIKENSHA Co, LTD»	3,6	8,3	-
SF-JH-10		5,4	6,8	-
HP-1000	Польша, «Polimeks»	1,0	7,0	0,8
HP-2000		2,0	6,5	0,53
B-59	Италия, «SOAVIB»	2,0	5,4	0,75
SS5000-TGR		5,7...19	3,9	-
375-II	Болгария, «Тесно Eksport»	5,0	8,0	0,44
A1-ОГМ	Украина, «Prodmach»	5,0	7,4	0,34
K5-ОГА-10		10,0	7,5	0,4
Я5-ОГА		5,0	7,0	0,42
P3-КИК	Украина, ИТТФ НАНУ	10,0	2,5	0,075
РПГ-2500		1,0...3,0	1,0...4	0,01...0,03
AP-3000		1,0...3,0	2,5...0,83	0,01...0,03



а) б)
 Рис. 4. Зависимость изменения параметров процесса диспергирования анестезина в глицерине от удельного времени обработки:
 (а): 1 – размера основной массы частиц; 2 – размера максимальных частиц;
 3 – температуры системы «анестезин-глицерин», 4 – потребляемой мощности аппарата;
 (б): 1, T_1 ; 2, T_2 ; 3, T_3 – размера частиц и температуры системы при начальных температурах системы 16, 20 и 30 °С соответственно.

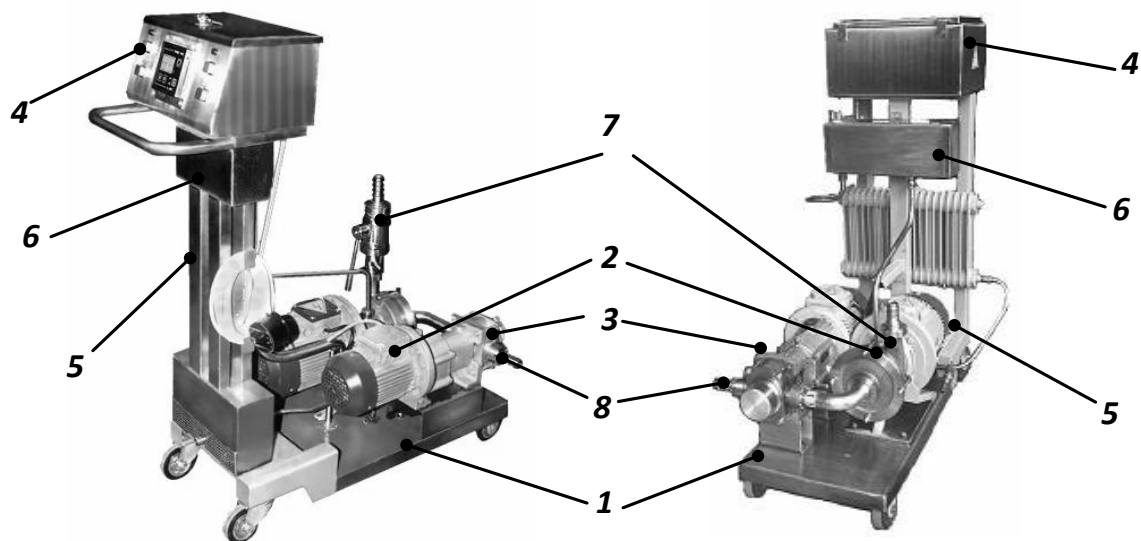


Рис. 5. Общий вид мобильного агрегата типа «Фарматрон-3000» с автономным охлаждением: 1 – тележка; 2 – дисково-цилиндрический аппарат; 3 – роторный насос; 4 – пульт управления; 5 – радиатор; 6 – расширительный бачок; 7, 8 – нагнетательный и всасывающий патрубки.

возможностью подключения к действующему на фармацевтических предприятиях технологическому оборудованию. В настоящее время агрегат используется для осуществления процессов диспергирования и гомогенизации в линиях получения препаратов для наружного применения: мазей, гелей, линиментов, а также в линии производства аэрозольных препаратов.

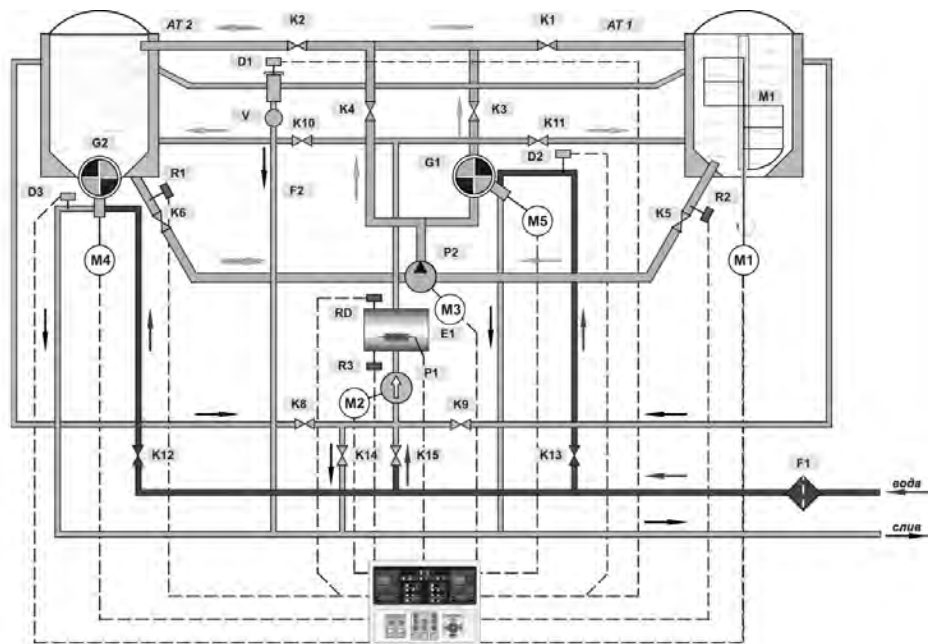
На агрегате типа «Фарматрон-3000» впервые были получены структурированные спиртовые гели [13]. Удалось ускорить процессы структурирования в спиртосодержащих системах, что позволило сократить продолжительность производственного цикла в 2 раза, исключить ряд трудоемких операций и улучшить качество готового продукта.

Технические характеристики мобильного агрегата типа «Фарматрон-3000»:

Производительность, кг/ч	1000...3000
Установленная электрическая мощность, кВт	4,5
Диаметр патрубка, мм:	
всасывающего	45
нагнетательного	35
Схема системы охлаждения	автономная
Частота вращения роторов гомогенизатора-диспергатора, об/мин.	2880
Габаритные размеры, мм	1300×600×1400
Масса, кг	150



а)



б)

Рис. 6. Общий вид установки «Микротрон» для получения глазных мазей (а) и ее функциональная схема (б): D1...D3 – датчик наличия воды;

G1, G2 – дисково-цилиндрические аппараты; E1 – водонагреватель; F1, F2 – фильтры; K1...K13 – запорно-регулирующая арматура; M1 – перемешивающее устройство; P1 – циркуляционный насос; P2 – роторный насос; R1...R3 – датчики температуры; RD – датчик-реле температуры; V – смотровое устройство.

Два аппарата типа «Фарматрон-3000Б» внедрены на Минской фармацевтической фабрике ООО «Фармтехнология», кроме того,

различные модификации таких мобильных агрегатов внедрены на ЗАО «Галичфарм» (г. Львов), ЗАО «Квантум Сатис» (г. Запорожье),

ОАО «Лубныфарм» (г. Лубны), «Мелитопольском консервном заводе продовольственных товаров» (г. Мелитополь), АО «Стома» (г. Харьков), «Тернопольской фармацевтической фабрике» (г. Тернополь), Государственном предприятии «Укрветпромпочтач» (г. Бровары), Государственном экспериментальном заводе медицинских препаратов ИБОНХ НАН Украины (г. Киев).

Для производства глазных лекарственных форм с жидкой дисперсионной средой специалистами Института была разработана и изготовлена установка «Микротрон» (рис. 6), которая включает 2 стадии дробления дисперсных частиц (G1, G2). Особенностью такой установки являлось то, что благодаря найденному аппаратурно-конструкторскому решению удалось получить тонкодисперсные мягкие лекарственные формы с размерами твердых частиц не более 10 мкм, которые не травмируют роговицу глаза.

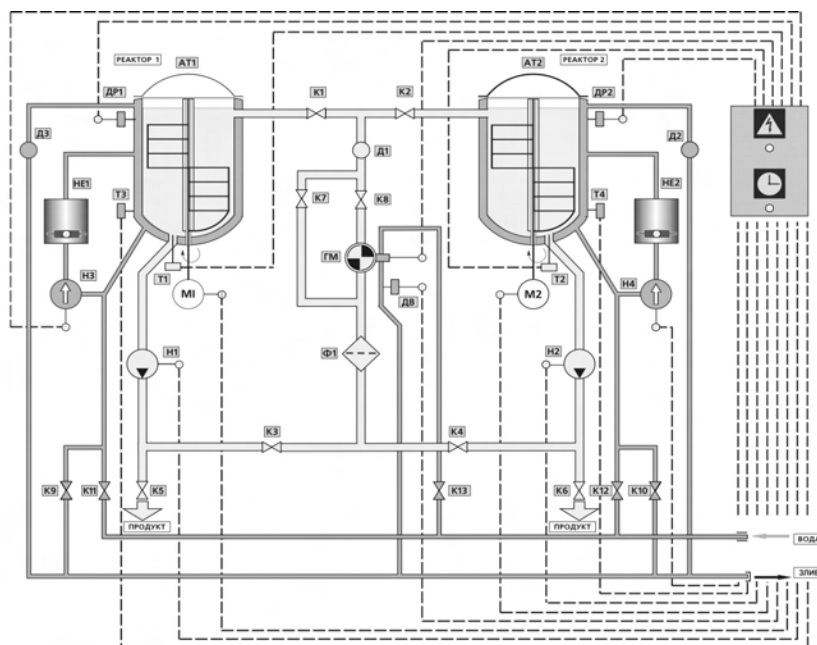
Технические характеристики установки «Микротрон»:

Емкость реакторов, дм ³	2×12
Производительность, кг/смена	36
Установленная мощность, кВт	7,3
Количество дисково-цилиндрических аппаратов проточного типа, ед.	2
Количество водонагревателей, ед.	1
Число оборотов мешалки, об/мин.	56
Габаритные размеры, мм	1200×1050×1280
Масса, кг	300

В Институте были разработаны, изготовлены и внедрены на предприятиях фармацевтической промышленности установки для



а)



б)

Рис. 7. Общий вид установки типа БФ-320 для получения МЛФ (а) и ее функциональная схема (б): АТ1...АТ2 – реактор, ДР1...ДР2, ДВ – датчик наличия воды в контуре теплоносителя; ГМ – дисково-цилиндрический аппарат; НЕ1...НЕ2 – водонагреватель; Н1...Н2 – роторный насос продуктового контура, Н3...Н4 – циркуляционный насос, Ф1 – фильтр; К1...К13 – запорно-регулирующая арматура продуктового контура и контура теплоносителя; М1...М2 – перемешивающее устройство; Т1...Т4 – датчики температуры; Д1...Д3 – смотровое устройство.

получения широкого класса многокомпонентных дисперсных систем, к которым относятся мягкие лекарственные формы (мази, пасты, гели, линименты) на гидрофильной и гидрофобных основах. Технологии получения МЛФ и установки типа БФ-320 (рис. 7) были внедрены на ОАО «Фармак» (г. Киев), ЗАО «Борщаговский химико-фармацевтический завод» (г. Киев), Киевский завод медицинских препаратов, Рижской фармацевтической фабрике (Латвия) и др. предприятиях.

Технические характеристики установки для получения МЛФ типа БФ-320:

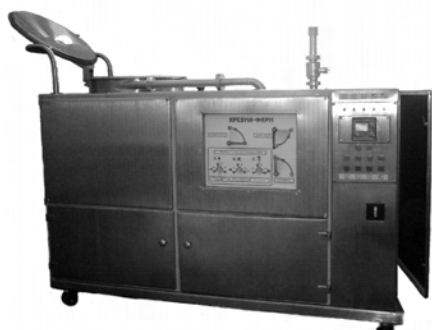
Производительность, кг/смена	до 400
Рабочий объем реакторов, л	2×160
Установленная электрическая мощность, кВт	30
Напряжение питания, В	380
Частота вращения мешалок, об/мин.	37/60
Материал рабочих поверхностей	12Х18Н10Т
Габаритные размеры, мм	2200×1310×2220
Масса, кг	900

Интересная разработка выполнена в ИТТФ НАНУ для получения лекарственных форм с наноразмерными структурными элементами – глобулами и порами [14,15]. Установка для получения энтеросорбционных кремнийорганических паст (рис. 8) внедрена на ЗАО «Экологоохранная фирма «Креома-Фарм» (г. Киев).

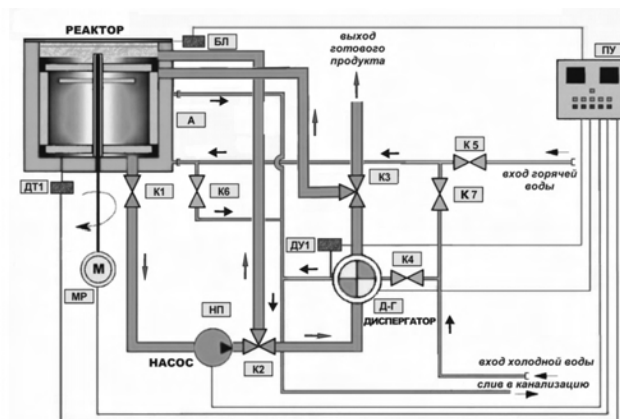
Технические характеристики установки для получения кремнийорганических паст «Креома-Фарм»:

Производительность, кг/час	100
Рабочий объем реактора, дм ³	100
Дисперсность суспензионных паст, мкм	25...140
Установленная электрическая мощность, кВт	6
Напряжение питания, В	220/380
Частота вращения мешалок, об/мин.	35,5
Материал рабочих поверхностей	12Х18Н10Т
Габаритные размеры, мм	1770×800×1350
Масса, кг	300

Для производства галеновых препаратов, в основе получения которых лежит процесс



а)



б)

Рис. 8. Общий вид установки для получения наноструктурированных паст (а) и ее функциональная схема (б): А – реактор, БЛ – электрическая блокировка крышки реактора, ДТ1 – датчик температуры продукта; МР – мотор-редуктор мешалки, установленной в реакторе; НП – продуктовый роторный насос; Д-Г – дисково-цилиндрический аппарат; ПУ – шкаф управления, ДУ1 – датчик наличия воды в системе охлаждения; К1 – тампонный клапан; К2...К3 – трехходовой кран, К4...К7 – запорно-регулирующая арматура.

извлечения из растительного или животного сырья комплекса растворимых в экстрагенте веществ, для Рижской фармацевтической фабрики (Латвия) изготовлены и внедрены три перколяционные установки типа «Флора-200» (рис. 9) и «Флора-1000». Работа защищена

патентом [16].

Для получения галеновых препаратов была изготовлена в Институте и внедрена на предприятии ООО «Бэгриф» (г. Бердск, РФ) установка «Сибирь-600» (рис. 10).

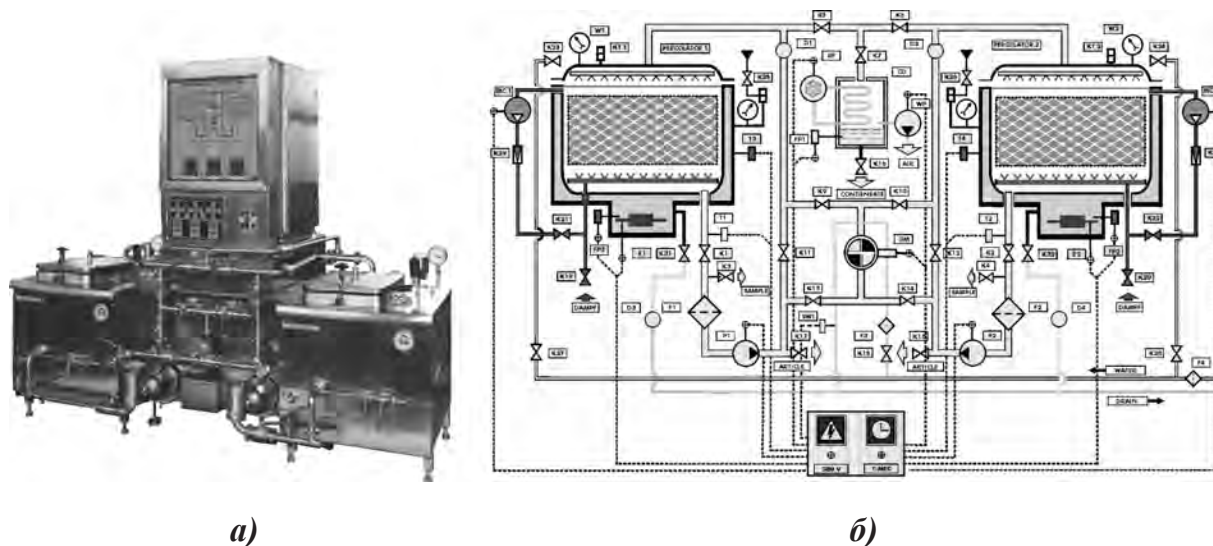


Рис. 9. Общий вид перколяционной установки типа «Флора-200» (а) и ее функциональная схема (б): *D1...D2* – смотровое устройство; *GM* – дисково-цилиндрический аппарат; *E1, E2* – нагреватель; *F1, F2* – фильтр; *K1...K32* – запорно-регулирующая арматура; *MC* – мембранный компрессор; *RF* – холодильник конденсатора; *P1, P2* – роторный насос; *WP* – вакуум-насос; *R1...R3* – датчики температуры; *RD* – датчик-реле температуры; *V* – смотровое устройство.

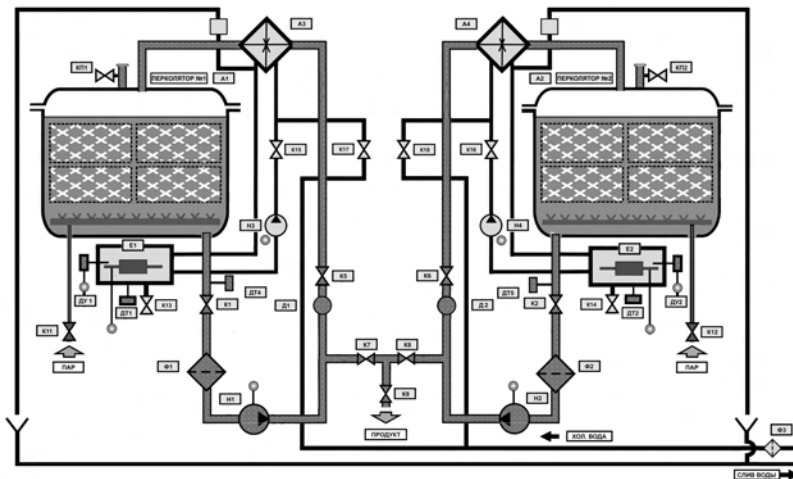
Технические характеристики перколяционной установки «Флора-200»:

Суммарный объем перколяторов, л.	200
Номинальная мощность, кВт	60
Номинальное напряжение, В	380
Среднечасовое потребление электроэнергии, кВт/ч	6,0
Габаритные размеры, мм:	3000×1600×2200
Масса, кг	1000

Следует отметить, что установка «Сибирь-600» изготовлена во взрывобезопасном исполнении и на нее получен сертификат соответствия (рис. 11), который имеет юридическую силу на всей территории Российской Федерации.

Технические характеристики установки для получения галеновых препаратов «Сибирь-600»:

Количество перколяторов	2
Общее количество кассет	8
Суммарный объем перколяторов, л	не менее 600
Номинальное напряжение электропитания, В	380/220
Частота тока, Гц	50
Установленная мощность, кВт	до 22
Габаритные размеры, без шкафа управления и блока водонагревателей, мм :	3460×1650×2200
Масса, кг	900



а)

б)

Рис. 10. Общий вид установки для получения галеновых препаратов типа «Сибирь-600» (а) и ее функциональная схема (б): А1...А2 – перколяторы; А3...А4 – сосуды-теплообменники; Е1...Е2 – электроводонагреватели; Ф1...Ф3 – фильтры; Н1...Н2 – продуктовые насосы; НЗ...Н4 – циркуляционные насосы; ДУ1, ДУ2 – датчики уровня воды; ДТ1..ДТ4 – датчики температуры; К1...К9 – краны шаровые DN25; К15...К18 – краны водяные DN20.

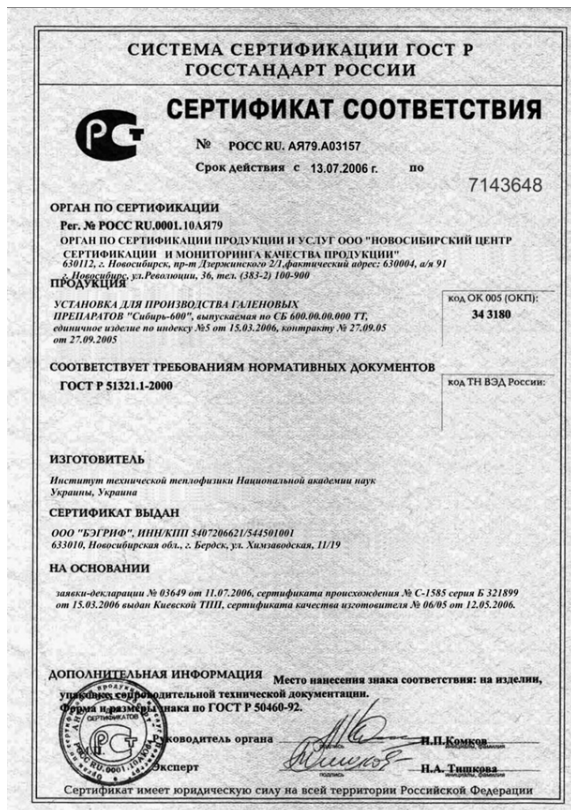


Рис. 11. Сертификат соответствия установки для получения галеновых препаратов «Сибирь-600».

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования и опытно-промышленные испытания показали, что в созданном в ИТТФ НАНУ оборудовании использован принцип ДИВЭ, который позволяет создавать большие градиенты гидродинамических и термодинамических параметров потока, явления поляризации, вводить мощные короткие импульсы кинетической энергии в многокомпонентные гетерогенные системы «твердое тело-жидкость», «жидкость-жидкость», «твердое тело-газ-жидкость». Под действием гидродинамических, гидроакустических и гидромеханических эффектов изменяются структура, физико-коллоидные и поверхностные свойства систем, ускоряются тепломассообменные и технологические процессы, каталитические реакции, что позволяет получать однородные стабильные системы с улучшенными функциональными свойствами.

ИТТФ НАН Украины разработал, изготовил и внедрил в Украине, Беларуси, России, Казахстане несколько десятков инновационных технологий и тепломассообменных установок

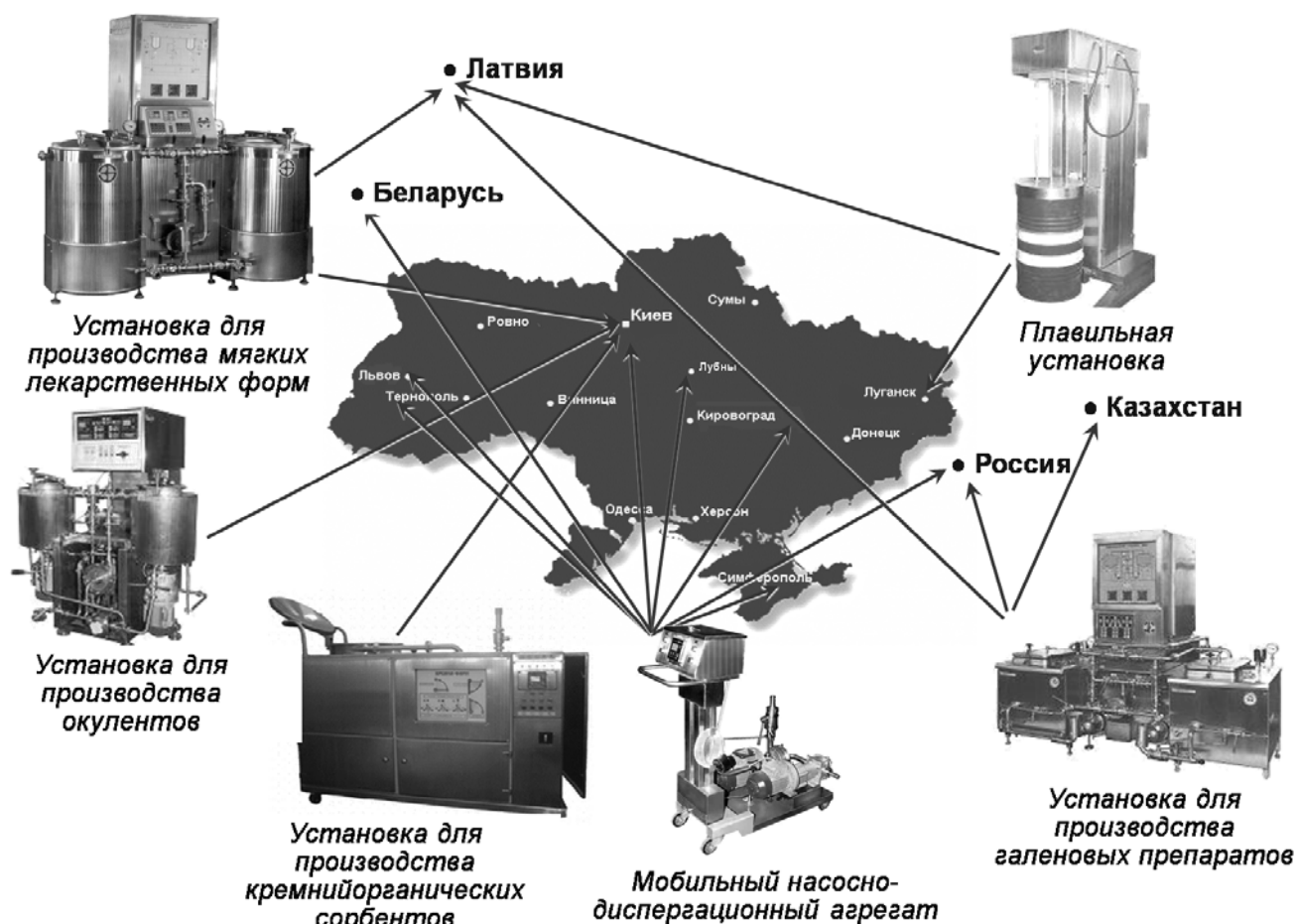


Рис. 12. Карта внедрений теплообменного оборудования.

с использованием метода ДИВЭ (рис. 12).

Все представленные технологии и оборудование прошли промышленную проверку на предприятиях Украины и за рубежом.

В настоящее время метод ДИВЭ используется в опытно-промышленных стендах для получения биодизельного топлива, в станциях приготовления биотопливных смесей «СПБС-1000», которая создается в рамках целевой комплексной программы научных исследований НАН Украины «Биомасса как топливное сырье» (Биотопливо), в производстве смазочных и закалочных сред, в технологиях получения нанодисперсных и наноструктурированных препаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долінський А.А. Принцип ДІВЕ та його використання у технологічних процесах. – К.:

Наукова думка, 2001 – 346 с.

2. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Тепло-массообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. Теплофизические основы дискретно-импульсного ввода энергии. – К.: Наукова думка, 2008 – 382 с., [1].

3. Долинский А.А., Басок Б.И. Наномасштабные аспекты дискретно-импульсной трансформации энергии // ИФЖ. – 2005. – Т. 78, № 1. – С. 15-22.

4. Патент 20698 UA, МПК В01F 7/00. Реакторный гомогенизатор / Л.М. Грабов, В.І. Мерцій, В.Т. Жилеев.; заявник и патентовладелец ИТТФ НАНУ. – №97020627; опубл. 15.04.02, Бюл. №4.

5. Патент 55709 UA, МПК В01F 7/16, В01F 3/08. Спосіб гідродинамічної обробки гетерогенних рідких середовищ та гідродинамічний

диспергатор-змішувач для його здійснення / Л.М. Грабов, В.І. Мерщій, Т.Л. Грабова.; заявник и патентовласник ІТТФ НАНУ. – №2002053954; опубл. 16.01.06, Бюл. №1.

6. *Круковский П.Г.* Трехмерная CFD-модель гидродинамических процессов в реакторном аппарате / П.Г. Круковский, Л.Н. Грабов и др. // Пром. теплотехника. – 2004. – Т. 26, №4. – С. 5–12.

7. *Басок Б.И.* Оценка эффектов диспергирования включений в роторно-пульсационном аппарате дисково-цилиндрического типа / Б.И. Басок, Т.Л. Грабова // Пром. теплотехника. – 2006. – Т. 28, № 6. – С. 37–43.

8. *Информационный лист* оборудования фирмы KINEMATIKA AG., Швейцария, 2011. – 10 с.

9. *Грабова Т.Л.* Диспергування гетерогенних систем у роторно-пульсацийних апаратах дисково-циліндричного типу: автореферат дис. канд. техн. наук: 05.14.06 / Т. Л. Грабова. – К., 2007. – 23 с.

10. *Долінський А.А., Басок Б.И., Накорчевський А.И.* Адиабатически вскипающие потоки. Теория, эксперимент, технологическое использование – К.: Наукова думка, 2001. – 208 с.

11. *Грабов Л.Н.* Исследование процесса диспергирования в системе “твердое тело-жид-

кость” в тепломассообменных технологиях / Грабов Л.Н., Мерщій В.И. и др. // Пром. теплотехника. – 2003. – Т. 25, № 4-5. – С. 60–64.

12. *Патент 59460 UA*, МПК В01F 7/26. Спосіб субмікронного диспергування багатоконпонентних рідких середовищ і пристрій для його здійснення / Долінський А.А., Грабов Л.М., Бігел У. та інш./ – 2001.

13. *Грабова Т.Л.* Применение метода дискретно-импульсного ввода энергии для получения структурированных спиртосодержащих систем // Пром. теплотехника. – 2010 – Т. 32, №3. – С. 80-86.

14. *Долінський А.А.* Теплофізичні методи створення наноструктурованих матеріалів з покращеними властивостями / А.А. Долінський, Л.М. Грабов и др. // Пром. теплотехника. – 2010. – Т. 35, № 6. – С. 5–14.

15. *Грабова Т.Л.* Воздействие ДИВЭ на свойства кремнийорганических сорбентов // Промышленная теплотехника. – 2004. – Т.26, №6. – С. 9-15.

16. *Патент 78455 UA*, МПК В01D 11/02, А61К 36/00, А61К 133/00. Спосіб екстрагування біологічно-активних речовин у системі «тверде тіло-рідина» / А.А. Долінський, Л.М. Грабов, В.І. Мерщій та інш.; заявник и патентовласник ІТТФ НАНУ. – №200511922; опубл. 15.03.07, Бюл. №3.

Получено 13.04.2012 г.