

**ПЕРСПЕКТИВНІ СХЕМИ ГІДРОІМПУЛЬСНИХ МАШИН ДЛЯ ПОТОКОВОГО ВІБРОУДАРНОГО ФАЗОВОГО РОЗДІЛЕННЯ ВОЛОГИХ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Приводятся формулы для определения параметров эффективности процессов поточного виброударного обезвоживания и очистки отходов пищевых производств, относящихся к влажным дисперсным материалам, а также перспективные схемы гидромпульсных машин для реализации данных процессов, обеспечивающих получение из отходов добавок к сельскохозяйственным кормам или высококалорийного топлива.*

*The formulas for determination of parameters of efficiency of processes for flow vibro-blowing dehydration and purification of the waste of food productions, belonging to humid dispersive materials, an also the perspective schemes of hydraulic pulse machines for realization of this processes for getting from it additives to agricultural fodders or high-calorie fuel is represents.*

**Вступ**

Найбільш раціональним методом утилізації відходів харчових виробництв, таких як спиртова барда, пивна дробина, буряковий жом, кавовий та ячмінний шлам тощо, які відносяться до вологих дисперсних матеріалів, є їх розділення на рідинну фазу – фільтрат, та тверду фазу – концентрат. Фільтрат після достатньо якісного очищення являє собою воду і може зливатись у природні водоймища або повторно використовуватись на виробництві. Концентрат після зневоднення до вологості 20 – 25% може застосовуватись як добавка до сільськогосподарських кормів або спалюватись з одержанням тепла чи пари. Відомі способи зневоднення і очищення вологих дисперсних матеріалів можна поділити на механічні, електролітичні, термічні, хімічні та біологічні [1, 2]. При цьому відомі механічні способи не забезпечують вказаної вище кінцевої вологості концентрату оброблюваного матеріалу, електролітичні та термічні способи – дуже енергоємні, а хімічні та біологічні – малопродуктивні, крім цього, обладнання для їх здійснення досить громіздке і дороге [1, 2].

У зв'язку із цим, для реалізації процесів фазового розділення вологих дисперсних матеріалів нами пропонуються більш ефективні способи їх потокового віброударного зневоднення і очищення на гідроімпульсних машинах [1, 3].

**Постановка задачі**

Для використання пропонованих способів на виробництві необхідно скласти формули для визначення параметрів їх

ефективності та розробити схеми гідроімпульсних машин для здійснення способів.

**Основні результати досліджень**

Продуктивність  $\Pi_{з,р}$  [кг/хв] потокового віброударного зневоднення можна розрахувати як відношення маси  $m_{р,в}$  рідини, видаленої з порції оброблюваного матеріалу у продовж часу  $\Sigma T_з$  до цього часу

$$\Pi_{з,р} = \frac{m_{р,в}}{\Sigma T_з}. \quad (1)$$

При цьому  $m_{р,в}$  визначається як різниця початкової  $m_{м,п}$  та кінцевої  $m_{м,к}$  маси порції матеріалу – до та після його віброударного зневоднення

$$m_{р,в} = m_{м,п} - m_{м,к}. \quad (2)$$

Енергоємність  $\epsilon_з$  [кВт·год/т] зневоднення обчислюємо як відношення енерговитрат  $\Sigma E_з$  на здійснення процесу до маси  $m_{р,в}$ . В свою чергу,  $\Sigma E_з$  знаходимо як добуток сумарної установленної потужності  $N_{e\Sigma}$  електродвигунів машини на  $\Sigma T_з$

$$\epsilon_з = \frac{\Sigma E_з}{m_{р,в}} = \frac{\Sigma T_з N_{e\Sigma}}{m_{р,в}}. \quad (3)$$

Кінцева вологість  $U_к$  порції матеріалу після його зневоднення визначається ваговим методом за допомогою формули [4]

$$U_к = \frac{m_{р,з}}{m_{м,к}}, \quad (4)$$

де  $m_{р,з}$  маса рідинної фази у порції матеріалу після зневоднення - розраховується як різниця  $m_{м,к}$  та маси  $m_т$  твердої фази у порції після повного висушування останньої.

Продуктивність  $Q_o$  [л/год] потокового віброударного очищення обчислюється як відношення об'єму  $W_{o\Sigma}$  очищеної рідини за певний час  $t_o$  до цього часу [5]

$$Q_o = \frac{W_{o\Sigma}}{t_o}. \quad (5)$$

Енергоємність  $\epsilon_o$  [кВт·год/кг] очищення (витрати енергії на одиницю об'єму очищеної рідини) можна визначити як (див. також формулу (3))

$$\epsilon_o = \frac{t_o N_{e\Sigma}}{W_{o\Sigma}}, \quad (6)$$

де  $N_{e\Sigma}$  – сумарна установлена потужність електродвигунів машини для очищення.

Для забезпечення заданих параметрів ефективності потокового віброударного фазового розділення пропонується здійснювати їх у декілька послідовних стадій. На кожній з них рекомендується використовувати окрему машину, крім цього, поступово підвищувати від стадії до стадії інтенсивність навантаження оброблюваного матеріалу. З врахуванням всього вищевикладеного, нами розроблені перспективні схеми гідроімпульсних машин для реалізації пропонованих способів зневоднення та очищення.

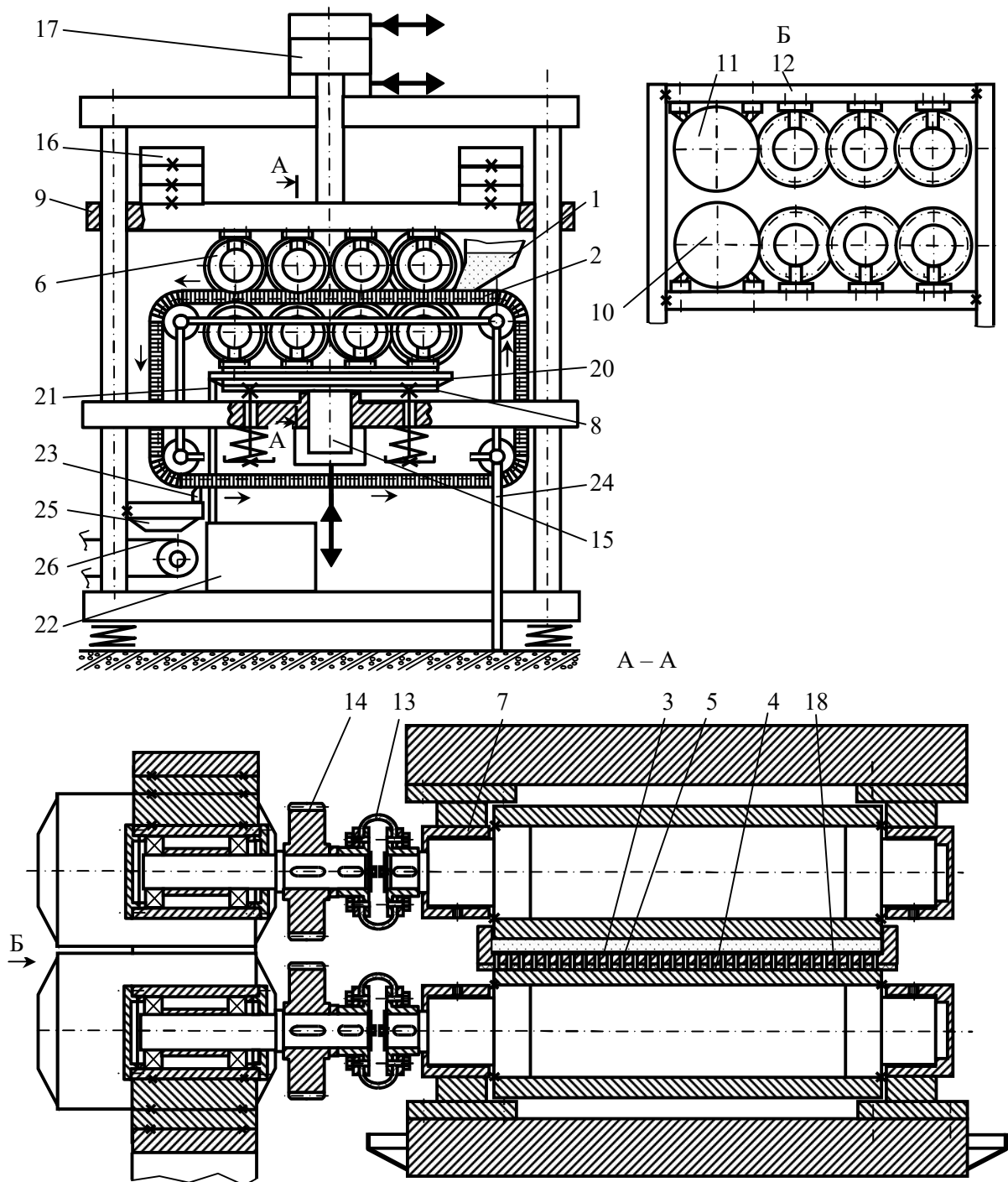
Зокрема, остаточне зневоднення концентрату оброблюваного матеріалу для максимального зменшення його кінцевої вологості та забезпечення безперервності робочого процесу доцільно здійснювати між кількома парами обертових валків, що створюють віброударне навантаження матеріалу.

На рисунку 1 представлено конструктивну схему гідроімпульсної валкової машини, що може бути створена на базі вібропреса ІВПМ [6]. Оброблюваний матеріал шаром товщиною 5 – 10 мм подається з бункера 1 на стрічку 2 конвеєра, змонтованого на рамі 24. Стрічка 2 складається з С-подібних пластин 3 шириною 30 – 40 мм, закріплених заклепками (на схемі не показані) на гумовотканинній основі 4. У пластинах 3 і основі 4 виконане велике число наскрізних отворів 5 діаметром 3 мм, закритих фільтрувальною сіткою 18. Верхня гілка стрічки 2 затиснена між двома рядами валків 6, установлених у підшипниках ковзання 7 на вібростолі 8 та рухомій траверсі 9 базового вібропреса. Всі валки 6 приводяться у повільне рівномірне обертання з однаковою частотою від двох планетарних мотор-редукторів 10, 11, закріплених на рамі 12. При цьому два крайні праві за схемою

валки приводяться від мотор-редукторів через пружні муфти з тороподібними оболонками, а інші валки – від мотор-редукторів, через зубчасті колеса 14 та пружні муфти 13 (див. розріз А – А та вид Б на рисунку 1). Валки здійснюють також вертикальні зворотно-поступальні переміщення, що передаються від плунжера 15 гідроциліндра гідроімпульсного привода [6]. Віброударне інерційне навантаження зверху на валках забезпечують траверса 9 та змінні вантажі 16, крім цього, гідроциліндр 17 може створювати на них додаткове статичне зусилля. Оброблюваний матеріал 19 на стрічці 2 протягується між валками, навантажується та поступово зневоднюється. Видалений з нього фільтрат проходить скрізь сітку 18 та отвори 5 у стрічці 2, збирається у жолоб 20 навколо вібростолу 8 і далі стікає по трубі 21 у бак 22, звідки йде на очищення. Концентрат матеріалу затримуються сіткою 18 і після проходження між всіма валками зрізається зі стрічки 2 гумовим ножом 23 та скидається через конічний напрямний кожух 25 на стрічковий конвеєр 26.

За участю автора на базі вібропреса ІВПМ-16 був створений експериментальний гідроімпульсний стенд з однією парою валків, що були установлені так як показано на рисунку 1, на вібростолі і траверсі базового вібропреса. Під час проведених на стенді експериментів зі зневоднення концентрату кавового шламу кінцева вологість останнього не перевищувала 25%, що доводить високу ефективність пропонованої схеми.

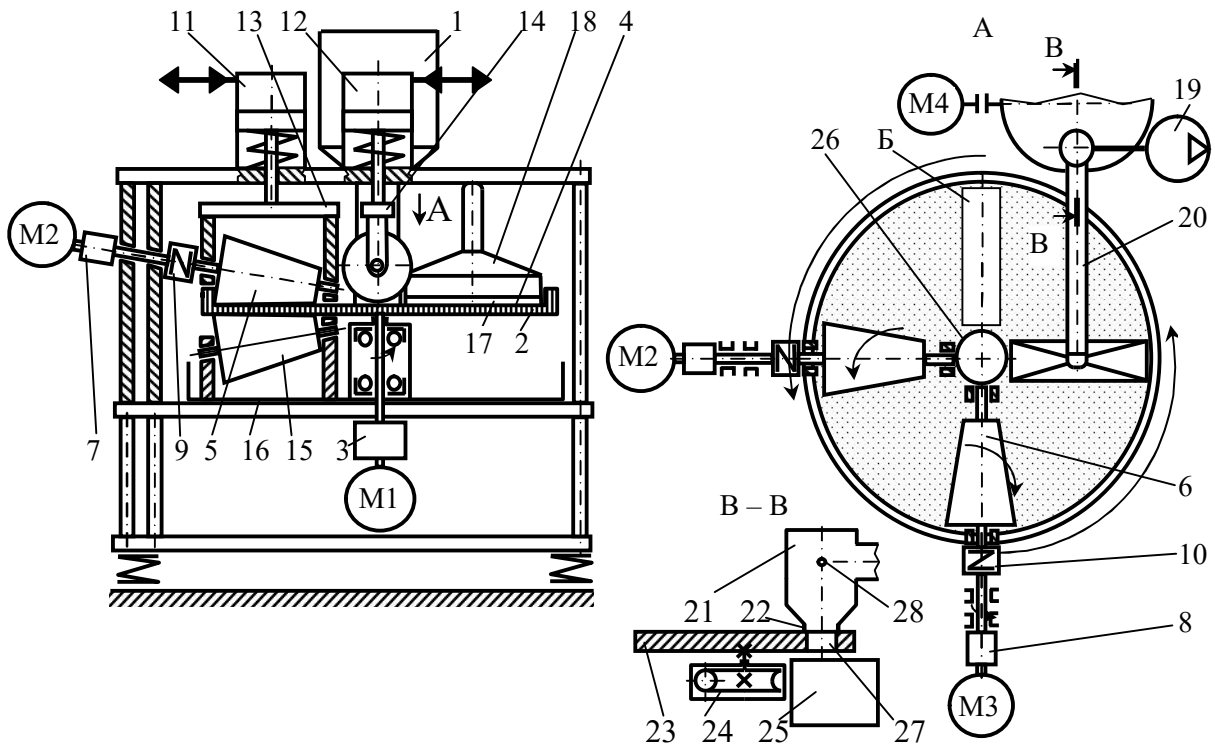
На рисунку 2 представлена ще одна принципова схема промислової гідроімпульсної валкової машини для остаточного зневоднення. Оброблюваний матеріал з бункера 1 скидається у зоні Б рівномірним шаром товщиною у 5 – 10 мм на поверхню столу 2, закриту фільтрувальною сіткою 4. У столі виконане велике число наскрізних отворів діаметром 3 мм. Стіл здійснює повільний безперервний обертальний рух в напрямку, показаному стрілками. Привод столу включає електродвигун М1 та планетарний редуктор 3. З поверхнею сітки 4 у двох взаємно перпендикулярних перетинах контактують верхні конічні валки 5 і 6, що без проковзування обертаються в напрямку протилежному напрямку обертання столу 2. Привод валків 5, 6 реалізується від електродвигунів М2, М3, через планетарні редуктори 7, 8 та пружні муфти 9, 10 з



**Рисунок 1 - Конструктивна схема гідроімпульсної валкової машини для потокового віброударного зневоднення вологих дисперсних матеріалів**

тороподібними оболонками. Крім цього, валки 5, 6 здійснюють вертикальні зворотно-поступальні переміщення, що забезпечують гідроциліндри 11, 12 гідроімпульсного привода, через траверси 13, 14 (валки 5, 6 установлені у підшипниках ковзання траверс). Стіл 2 знизу, у перетинах установлення валків 5 і 6 спирається на два нижні валки 15, установлених з можливістю обертання у баку 16. Оброблюваний матеріал на сітці 4, разом зі столом 2 проходить послідовно під валками 5 і 6, внаслідок чого піддається статичному та віброударному

навантаженню. Видалений з матеріалу фільтрат проходить через сітку 4 та отвори у столі 2 і стікає у бак 16, з якого подається на очищення. Концентрат матеріалу, затриманий сіткою 4, зрізається з її поверхні ножем 17 та засмоктується за допомогою вакуумного насоса 19 у патрубок 18 (насос з патрубком пов'язані через резервуар 21 і трубу 20). Відкрита нижня частина резервуару 21 підтискається гумовим ущільненням 22 до верхньої поверхні диску 23 з наскрізним отвором 27 біля периферії. Диск 23 повільно і безперервно обертається (привод забезпечує

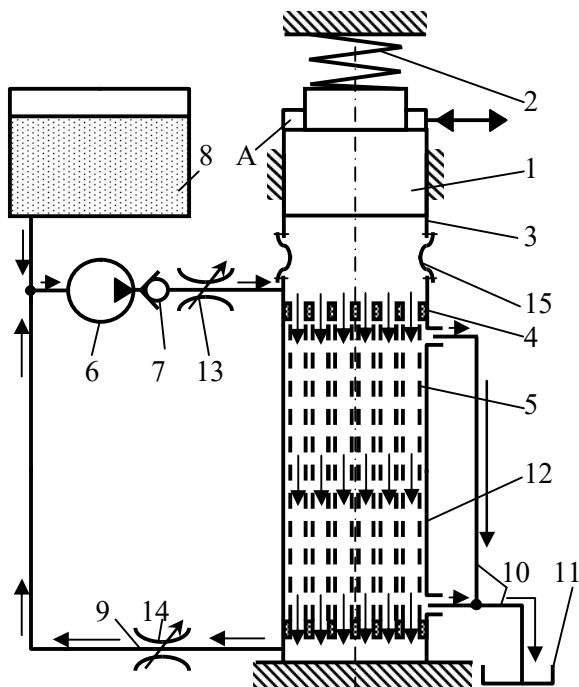


**Рисунок 2 – Принципова схема промислової гідроімпульсної валкової машини для потокового віброударного зневоднення вологих дисперсних матеріалів**

електродвигун М4 через черв'ячний редуктор 24. Доти поки під ущільненням 22 проходить суцільна частина диску 23, концентрат, що відсмоктується насосом 19, накопичується у резервуарі 21 (для запобігання потрапляння концентрату у насос у його відводі 28 установлена відбивна металева сітка). Коли під ущільненням 22 проходить отвір 27, накопичений у резервуарі 21 концентрат скидається через отвір у контейнер 25. Гумовий екран 26 у центральній частині столу 2 запобігає переміщенню ще не зневодненого матеріалу із зони Б одразу у зону зрізання концентрату.

Як показали розрахунки [3] та експерименти [5], для підвищення ефективності потокового очищення вологих дисперсних матеріалів через трубчасті керамічні мембрани [3], під час його реалізації, у середовищі матеріалу, що проходить по каналах мембрани доцільно створювати ударні хвилі напружень та деформацій. Таким чином, забезпечуються періодичні і досить значні за величиною підвищення тиску у матеріалі, а також збільшення швидкості руху його частинок. У порівнянні із безударним поточним очищенням, зменшуються забивання пор мембрани та енерговитрати на здійснення процесу, підвищується та стабілізується в часі його продуктивність [3].

На рисунку 3 представлена принципова гідро-кінематична схема промислової гідроімпульсної машини для потокового віброударного очищення. Для забезпечення високої продуктивності робочого процесу у корпусі 12 паралельно встановлено кілька трубчастих керамічних мембран 5, що ущільнюються кільцями 4. Фільтрат матеріалу забирається відцентровим насосом 6 з баку 8 і подається в напрямку, показаному стрілками через мембранний зворотний клапан 7, кран 13, по каналах мембран 5, через кран 14, по гідролінії 9 і далі знов по тому самому колу. За допомогою кранів 13, 14 у середовищі матеріалу створюються опір і тиск. В результаті, рідинна фаза матеріалу витискається через пори у стінках мембран 5, очищується і по відводах 10 стікає у бак 11. Ударні хвилі напружень та деформацій у середовищі матеріалу, що проходить по каналах мембран, створює плунжер 1, розташований у корпусі 3, співвісному з корпусом 12. Порожнини обох корпусів сполучаються за допомогою гумово-тканинного рукава 15. Переміщення плунжера 1 зверху обмежує пружина 2. Порожнина А корпусу 3 сполучається з нагнітальною гідролінією гідроімпульсного привода, з вібробуджувачем «на виході» [6]. При періодичному збільшенні і зменшенні у порожнині А тиску робочої рідини, плунжер 1 здійснює вертикальні зворотно-поступальні



**Рисунок 3 – Принципова гідро кінематична схема гідроімпульсної машини для потокового віброударного очищення вологих дисперсних матеріалів**

переміщення, результатом яких і є ударні хвилі у середовищі матеріалу. Повернення плунжера 1 у верхнє положення на етапах падіння тиску робочої рідини у порожнині А забезпечує пружина 2. Рукав 15 запобігає передачі вібрацій від корпусу 3 до мембран 5.

На базі вібропреса ІМЗГК-5 [6] був створений гідроімпульсний стенд для потокового віброударного очищення вологих дисперсних матеріалів [5], що є прототипом машини, показаної на рисунку 3. Під час проведених на стенді експериментів з очищення фільтрату кавового шламу, продуктивність пропонованого способу була на 20% вищою і стабільнішою в часі, ніж продуктивність безударного очищення [5].

### Висновки

1. У статті наведені схеми гідроімпульсних машин для потокового віброударного фазового розділення вологих дисперсних матеріалів, висока ефективність яких перевірена і доведена експериментально за допомогою стендів - прототипів.

2. Використання даних машин дозволить розв'язати актуальну задачу утилізації відходів вітчизняних підприємств харчової промисловості, з максимальним зменшенням їх негативного впливу на навколишнє середовища та одержанням великого економічного ефекту.

### Список літератури

1. Іскович-Лотоцький Р. Д., Севостьянов І. В. Аналіз способів сепарування вологих дисперсних матеріалів та обладнання для їх реалізації// Вісник національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Машинобудування. – Випуск №57, 2009. – С. 50 - 55.
2. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 2/ С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др.; Под ред. В. А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. – 680 с.
3. Севостьянов І. В., Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р. Теоретичні основи процесів фільтрування вологих дисперсних матеріалів під впливом ударних хвиль напруг та деформацій// Промислова гідраліка та пневматика, 2008. - №2 (20). – С. 40 – 43.
4. Федоткин И. М., Клочков В. П. Физико-технические основы влагомерии в пищевой промышленности. – К.: Техніка, 1974. – 320 с.
5. Севостьянов І. В., Іскович-Лотоцький Р. Д., Любин В. С. Експериментальні дослідження процесів потокового віброударного фільтрування вологих дисперсних матеріалів// Промислова гідраліка та пневматика. - №4 (30), 2010. – С. 89 – 92.
6. Іскович-Лотоцький Р. Д. Основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – 338 с.