

Здоренко В.Г., д.т.н., Барилко С.В., к.т.н., Зленко О.О., магістр

Київський національний університет технологій та дизайну

ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. Показано можливість застосування ультразвукової комп'ютеризованої системи для контролю поверхневої густини текстильних матеріалів. Запропонований амплітудний метод контролю, який покладений в основу роботи ультразвукової системи. Результати вимірювань обробляються з їх подальшим оцифруванням і комп'ютерним аналізом. За допомогою запропонованої сучасної системи контролю поверхневої густини текстильних матеріалів можна проводити оперативний моніторинг технологічного параметру в режимі реального часу. Це дозволить забезпечити у визначених межах однорідність текстильних матеріалів на виробництві. В загальному випадку встановлено, що за допомогою проходження та відбиття ультразвукових хвиль, які потрапляють до двох приймачів, можна підвищити точність вимірювань середніх значень поверхневої густини текстильних матеріалів. Показана структурна схема ультразвукової комп'ютеризованої системи для контролю поверхневої густини текстильних матеріалів. Також наведені основні залежності, за якими система контролю буде визначати поверхневу густину текстильних матеріалів.

Ключові слова: поверхнева густина; текстильні матеріали; ультразвукова комп'ютеризована система; ультразвукова хвиля.

Zdorenko V.G., Barylko S.V., Zlenko A.A.

Kyiv National University of Technologies and Design

APPLICATION OF ULTRASOUND COMPUTERIZED SYSTEM FOR CONTROL OF BASIS WEIGHT OF TEXTILE MATERIALS

Abstract. The possibility of using an ultrasonic computerized system to control the basis weight of textile materials is shown. The amplitude method of control which is the basis of work of ultrasonic system is offered. The measurement results are processed with their subsequent digitization and computer analysis. With the help of the proposed modern control system of basis weight of textile materials it is possible to carry out operative monitoring of technological parameter in real time. This will ensure within certain limits the homogeneity of textile materials in production. In the general case, it is established that by passing and reflecting ultrasonic waves that reach two receivers, it is possible to increase the accuracy of measurements of the average values of the basis weight of textile materials. The block diagram of an ultrasonic computerized system for controlling the basis weight of textile materials is shown. The main dependences on which the control system will determine the basis weight of textile materials are also given.

Keywords: basis weight; textile materials; computerized ultrasonic system; ultrasonic wave.

Вступ. Для легкої промисловості актуальним є питання оперативного контролю технологічних параметрів різних текстильних матеріалів [1–7], що є важливим для виробничого процесу при великих потужностях підприємства, що впливає на якість готової продукції. Контроль поверхневої густини дасть можливість забезпечувати ефективне використання сировини для отримання готової продукції з необхідними якісними характеристиками на виході виробництва. Були розглянуті роботи для забезпечення точкового контролю параметрів текстильних матеріалів з використанням як амплітудних залежностей ультразвукових хвиль [8], так і їх фазових виразів [9]. Однак, взяття точкових проб в лабораторних умовах, що було показано в роботі [10], для

контролю різних текстильних матеріалів не дає можливості вести оперативний технологічний контроль безпосередньо в процесі виробництва.

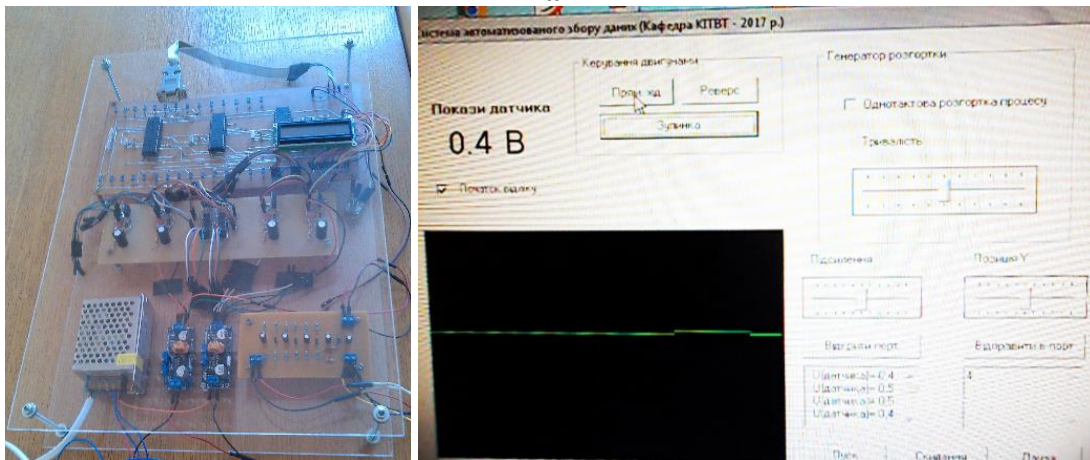
Постановка завдання. Для вирішення поставленої задачі можна використати ультразвукову комп'ютеризовану систему, що зможе сканувати текстильні матеріали та визначати їхню поверхневу густину. Тому є досить актуальною задача створення такої системи із можливістю підключення безконтактних ультразвукових датчиків. Зазначене, у свою чергу, дозволить контролювати різні текстильні матеріали за основним параметром, який впливає на технологічні процеси виробництва. Іншими словами, при підключенні датчиків ультразвукової системи можна контролювати поверхневу густину текстильних матеріалів безпосередньо під час технологічного процесу.

Результати досліджень. Розроблена безконтактна комп'ютеризована система контролю поверхневої густини текстильних матеріалів показана на рис. 1, а її готовий складовий блок наведений на рис. 2. Така система контролю текстильних матеріалів працює наступним чином. Зовнішній цифровий генератор 1 виробляє пакети імпульсів, які через підсилювач потужності 2 потрапляють на п'єзоперетворювач 3, що перетворює їх в ультразвукові хвилі, які випромінюються у навколишнє середовище. Ці ультразвукові хвилі проходять крізь контрольований текстильний матеріал 23 та потрапляють на п'єзоперетворювач 4, який перетворює їх знову в електричні коливання, після чого вони надходять на регульований підсилювач 8, де коливання підсилюються за потужністю та надходять далі на простий амплітудний детектор 9. За допомогою амплітудного детектора 9 коливання перетворюються в однополярну напругу U_1 . Оптимальну тривалість прийнятого пакету електричних коливань можна налаштувати за допомогою цифрового генератора 1, що пов'язано з відстанню між текстильним матеріалом 23 та п'єзоперетворювачами 3 та 4. Це необхідно для зменшення амплітудної похибки з однієї сторони, а з іншої сторони, необхідно слідкувати за тим, щоб не відбувалося явище перевідбивань зондуючих хвиль з подальшим їх накладанням.

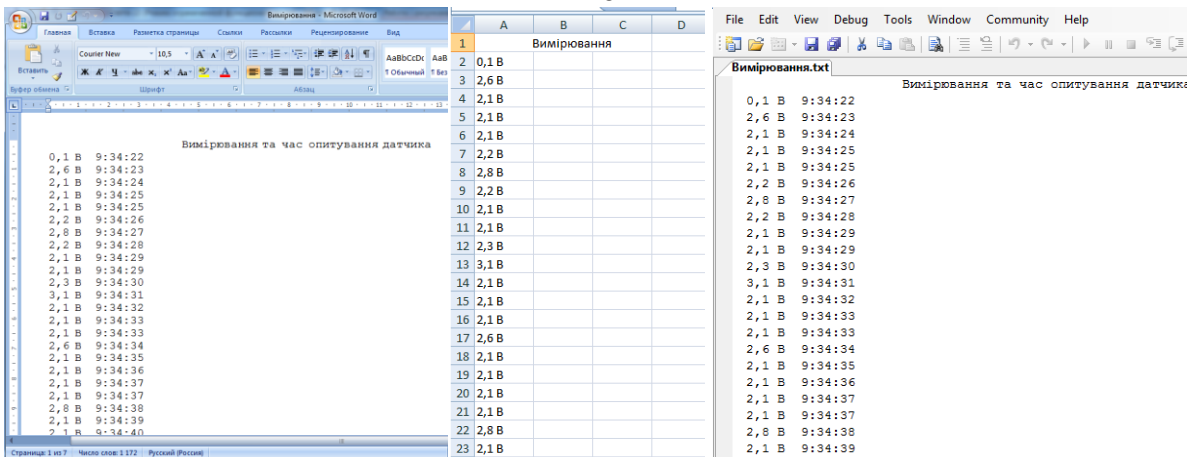
Напруга на виході амплітудного детектора 9 подається на мікроконтролер 15 (МК 15) першого вимірювального каналу скануючої системи, а також подається на стандартний блок збору даних 21 (m-DAQ12). За допомогою внутрішнього десятирозрядного АЦП МК 15 ця напруга перетворюється в цифровий код, який передається, у свою чергу, до мікроконтролера 16 (МК 16), з виходу якого через мікросхему перетворення логічних рівнів 17 потрапляє до персонального комп'ютера 18 (ПК18). Ця вимірювальна інформація оброблюється спеціально розробленою програмою (див. рис. 2,б). Оскільки дванадцятирозрядний АЦП блоку збору даних 21 дозволяє паралельно оброблювати напругу, що потрапляє на його вхід з досить високою швидкістю відносно перехідного процесу детектора 9, то це забезпечує відображення оцифрованого графіку зміни цієї напруги на моніторі ПК 18 в режимі цифрового осцилографа. Також цей графік напруги можна порівнювати із зображеннями зміни напруги на звичайному осцилографі С1 – 93. Рівні напруги у певному порядку за декілька циклів надходжень пакетів хвиль відображуються у вигляді графіку у вікні створеної програми (див. рис. 2,б) для можливості визначення її значення. Швидкість опитування датчиків регулюється програмно. При швидкому опитуванні датчиків системою, зображення у вікні програми буде як на осцилографі. Паралельно ці значення напруги відображуються на LCD екрані 20. Створений програмний модуль формує додатково базу даних рівня напруг з різних датчиків трьох вимірювальних каналів у певний момент часу та зберігає їх в основних додатках офісу ПК 18 (див. рис. 2,в) за необхідності. Також вказується час опитування датчиків, за яким можна визначити частоту їх опитування комп'ютеризованою системою.



а



б



в

Рис. 2. Розроблена комп'ютеризована система контролю поверхневої густини текстильних матеріалів:

а – загальний вид розробленої комп'ютеризованої системи контролю технологічних параметрів текстильних матеріалів та зондування ультразвуковими датчиками полотна на круглов'язальній машині; б – вигляд розробленого готового складового блоку комп'ютеризованої системи та вигляд вікна розробленої програми збору вимірювальної інформації; в – зберігання масиву даних про величини напруг з датчиків програмою в стандартних додатках офісу

Третій вимірювальний канал скануючої системи є опорним. Пакети електричних коливань, що надходять з підсилювача 2 системи на п'єзоперетворювач 5, перетворюються в ультразвукові хвилі, які проходять тільки навколишнє повітряне середовище та потрапляють до п'єзоперетворювача 6. Далі ультразвукові хвилі знову перетворюються в електричні коливання та підсилюються регульованим підсилювачем 12. Потім вони потрапляють на амплітудний детектор 13, де перетворюються в однополярну напругу U_0 , що надходить до внутрішнього десятирозрядного АЦП МК 16, який перетворює її у цифровий код. Величина цього коду пропорційна амплітуді ультразвукової хвилі, яка тільки падає на контрольований текстильний матеріал 23. Код в опорному каналі, що утворився, надходить через мікросхему перетворення логічних рівнів 17 на ПК 18. Паралельно вимірювальна інформація надходить з другого (при скануванні еталонного матеріалу розміри його пор характеризує K_0 та напруга U_2^*) та третього вимірювальних каналів на блок збору даних 21.

Блок збору даних 21 відображає виміряні напруги з трьох каналів системи у вигляді графіків на моніторі ПК 18.

Зміна натягу визначається за зміною амплітуди ультразвукових хвиль, що пройшли крізь контрольований матеріал 23, у порівнянні з амплітудою хвиль, які пройшли еталонний матеріал без натягу або при його найменших значеннях.

Далі за отриманими значеннями амплітуд напруг з трьох вимірювальних каналів можуть автоматично розраховуватися технологічні параметри текстильних матеріалів за допомогою розробленої програми, що запускається на ПК 18 та працює з документами офісу із збереженими базами даних.

Контрольований текстильний матеріал 23 може скануватися за шириною та довжиною з переміщенням платформи з ультразвуковими датчиками вперед, за це відповідає блок керування двигунами 19 (БКД 19) при натисканні кнопки «Прямий хід» у вікні розробленої програми. Також сканування матеріалу 23 може відбуватися за шириною та довжиною з переміщенням платформи з датчиками назад, за це відповідає БКД 19 при натисканні кнопки «Реверс», а при зупинці сканування натискається кнопка «Зупинка» у вікні створеної програми. На самому LCD екрані 20 відображуються ці команди сканування як "Direct course", "Reverse", "STOP".

Перед початком вимірів набіги амплітуд у вимірювальних каналах зменшуються регульованими підсилювачами системи.

Додатково два вимірювальні канали (на проходження хвиль та їх відбиття) підключалися до осцилографа 22 (осцилограф С1 – 93) для можливості порівняння графіків розробленої системи контролю текстильних матеріалів з показами даного приладу.

Сканування трикотажних полотен може відбуватися на плосков'язальних текстильних машинах, а сканування різних тканин може відбуватися на ткацьких верстатах в процесі їх вироблення. Якщо є необхідність контролювати пористість трикотажних полотен на круглов'язальних текстильних машинах за допомогою розробленої ультразвукової системи, то випромінюючий та приймаючий її п'єзоперетворювачі другого вимірювального каналу закріплюються нерухомо (див. рис. 2,а).

У цьому випадку саме контрольоване полотно рухається відносно п'єзоперетворювачів. Таким чином відбувається процес сканування полотна на круглов'язальній текстильній машині.

Експериментальні дослідження базувалися на порівнянні контактного та безконтактного методів визначення поверхневої густини m_s різних тканин.

Стандартний метод визначення поверхневої густини – ваговий метод. За допомогою зважування контрольного зразку з визначеною площею була розрахована сама поверхнева густина m_s (ст.м.) матеріалу за нормальних умов для можливості порівняння її значень із вимірами m_s (б.м.) безконтактної системи. Безконтактний метод включає в себе визначення модуля коефіцієнту проходження $|W|$, який характеризується співвідношенням напруг U_1/U_0 з детекторів ультразвукової комп'ютеризованої системи. Напряга U_1 пропорційна амплітуді ультразвукових хвиль, які пройшли матеріал, напряга U_0 пропорційна амплітуді хвиль, що тільки падають на контрольований матеріал. Поверхнева густина m_s тканин розраховувалася за амплітудами хвиль, що пропорційні модулям $|W|$, $|V|$ (див. рис. 3,а), та показана із її відхиленням δ_{m_s} як:

$$m_s(\text{б.м.}) = \frac{Z_1 |V_0| \cdot \sqrt{\frac{1}{|W|^2} - 1}}{|V| K_0 f \cos v} = \frac{Z_1 U_2^* \cdot \sqrt{\left(\frac{U_0}{U_1}\right)^2 - 1}}{K_0 U_2 f \cos v}, \quad (1)$$

$$\delta_{m_s} = \frac{m_s(\text{б.м.}) - m_s(\text{ст.м.})}{m_s(\text{ст.м.})} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де Z_1 – акустичний опір повітря;

$|V_0|$ – модуль комплексного коефіцієнту відбиття хвиль від еталонного матеріалу;

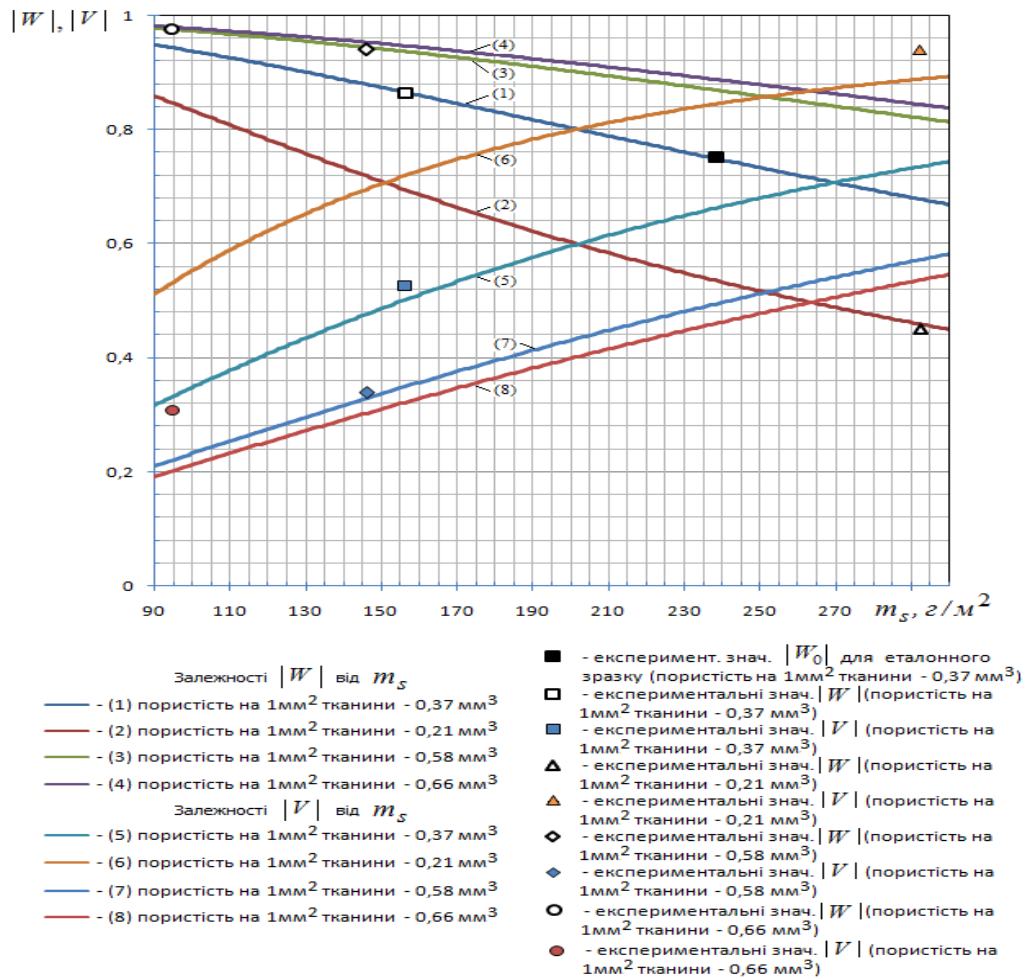
$|V|$ – модуль комплексного коефіцієнту відбиття хвиль від контрольованого текстильного матеріалу 23;

f – частота ультразвукових хвиль;

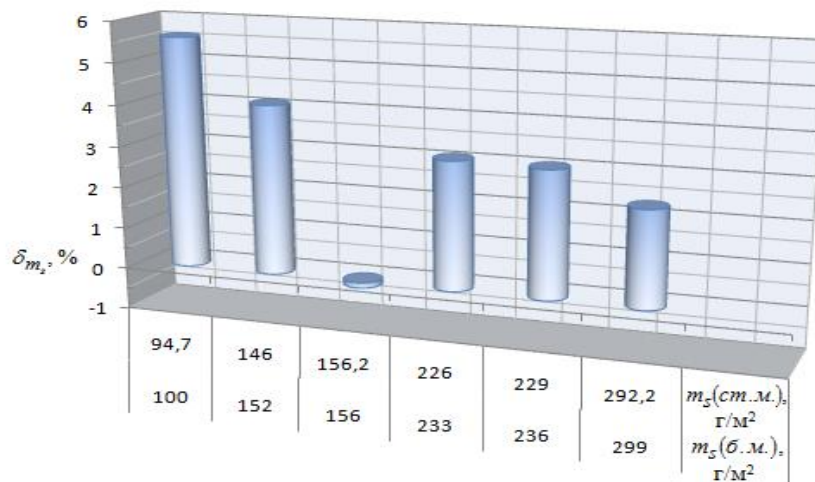
v – кут між напрямом розповсюдження хвиль, які проходять крізь пори, і поверхнею текстильного матеріалу.

Комплексні дослідження зміни пористості зразків тканин відбувалися як за їхніми мікрорізами, а також визначення цього параметру відбувалося за допомогою амплітуд детектованих напруг. На цій основі зроблено корегування розрахунку значень поверхневої густини m_s зразків тканин, які отримані за виміряними напругами з детекторів розробленої комп'ютеризованої системи контролю. Було порівняно результати із стандартним методом, що також показано на рис. 3,б.

Запропонований безконтактний метод та комп'ютеризована система контролю поверхневої густини текстильних матеріалів є досить перспективними, бо мають ряд суттєвих переваг у порівнянні з існуючими контактними аналогами. Також такі методи і системи дають можливість економії значних коштів на розробку нового обладнання без застосування та налагоджування контактних датчиків, що є досить громіздкою та складною задачею.



а



б

Рис. 3. Залежності модулів $|W|$, $|V|$ та відносного відхилення δm_s від поверхневої густини m_s різних тканин та їх експериментальні значення:

а – залежності модулів $|W|$, $|V|$ від поверхневої густини m_s ; б – залежність відносного відхилення δm_s від поверхневої густини m_s

Висновки. Експериментальні дані дають можливість зробити висновок, що для текстильних матеріалів можна реалізувати адаптивний ультразвуковий контроль їхньої поверхневої густини. Тому за допомогою відбитих хвиль можна визначати на скільки змінюється пористість самого матеріалу відносно еталонного зразку, а за допомогою хвиль, які проходять контрольований матеріал, із введеною корекцією зміни пористості, можна вимірювати точно поверхневу густину. Було показано, що саме зміна пористості полотна, яка може змінюватися із зміною його структури, найбільше впливає на похибку безконтактних вимірів поверхневої густини текстильного матеріалу. Безконтактний метод контролю поверхневої густини може давати високу точність вимірювань при умові точного положення ультразвукових датчиків відносно текстильного матеріалу та мінімізації похибок вимірювальних каналів скануючої системи. Такий безконтактний метод із застосуванням сучасної комп'ютеризованої системи може забезпечувати оперативний контроль поверхневої густини в процесі виробництва.

Список використаної літератури

1. Здоренко В. Г. Технологічний контроль текстильних матеріалів / В. Г. Здоренко, С. В. Барилко, О. В. Барилко // Метрологія та прилади. – 2017. – № 5. – С. 86–88.
2. Здоренко В. Г. Дослідження застосування ультразвукового безконтактного методу визначення технологічних параметрів для процесу ткацтва / В. Г. Здоренко, С. В. Барилко, О. В. Барилко, С. М. Лісовець, Т. В. Лебедюк // Вісник ХНТУ. – 2018. – № 4 (67). – С. 152–161.
3. Кандрин Ю. В. Скорость распространения ультразвуковых колебаний в волоконной среде / Ю. В. Кандрин, О. В. Цымбалист, Н. П. Воробьев // Вестник АГАУ. – 2011. – № 1. – С. 95–98.
4. Бреховских Л. М. Волны в слоистых средах / Л. М. Бреховских. – М.: Наука, 1973. – 343 с.
5. Здоренко В. Г. Дослідження проходження імпульсного ультразвукового сигналу крізь тканину при контролі поверхневої щільності / В. Г. Здоренко, С. В. Барилко // Вісник ХНУ. – 2013. – № 3. – С. 90–96.
6. Здоренко В. Г. Технологічний контроль пористості текстильних матеріалів із складною структурою / В. Г. Здоренко, С. В. Барилко, А. С. Дяченко // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2017. – № 1. – С. 105–112.
7. Здоренко В. Г. Контроль технологічних параметрів тканини за допомогою ультразвукового адаптивного пристрою / В. Г. Здоренко, С. В. Барилко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 3. – С. 7–11.
8. Костюков А. Ф. Модель регистрации признаков многослойной структуры с помощью акустических колебаний / А. Ф. Костюков // Вестник АГАУ. – 2010. – № 3. – С. 94–98.
9. Костюков А. Ф. Метод контроля технологических параметров сельскохозяйственных волокон с помощью ультразвука / А. Ф. Костюков // Вестник АГАУ. – 2013. – № 1. – С. 96–99.
10. Костюков А. Ф. Экспериментальное исследование параметров волоконного сырья с помощью ультразвука / А. Ф. Костюков // Ползуновский Вестник. – 2011. – № 2/2. – С. 225–229.