

## **РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ НІВЕЛЮВАННЯ СЕГРЕГАЦІЇ В ПРОЦЕСАХ ВІБРАЦІЙНОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ**

І.П. Паламарчук, канд. техн. наук Л.В. Зоткіна, доц.

П.В. Нарішков, ст. викл.

Т.Г. Мисюра, асп.

*Серед механічних методів впливу на об'єкт виробництва механічна дія є найбільш ефективним загальним способом керування динамічним станом продукції, що зумовлює ефективність такого заходу при усуненні сегрегації в процесах змішування. Конструктивним втіленням таких заходів стали розроблені вібраційні змішувачі з перетворювачами руху, з двома джерелами енергії, з пасивними та активними турбулізаторами суміші.*

**Ключові слова:** сегрегація, вібраційне поле, вібраційні змішувачі, турбулізатор суміші.

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ МЕР ДЛЯ НИВЕЛИРОВАНИЯ СЕГРЕГАЦИИ В ПРОЦЕССАХ ВИБРАЦИОННОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ**

И.П. Паламарчук, канд. техн. наук Л.В. Зоткина, доц.

П.В. Нарішков, ст. викл.

Т.Г. Мисюра, асп.

*Среди механических методов влияния на объект производства механическое действие являются эффективным общим способом управления динамическим состоянием продукции, что обосновывает эффективность такого метода при устранении сегрегации в процессах перемешивания. Конструктивным внедрением таких методов стали разработанные вибрационные смесители с преобразователями движения, с двумя источниками энергии, с пассивными и активными турбулизаторами смеси.*

**Ключевые слова:** сегрегация, вибрационное поле, турбулизатор смеси.

## **THE DEVELOPMENT OF CONSTRUCTIVE ACTION FOR LEVELING SEGREGATION IN A VIBRATING STIRRING PROCESS OF A FOOD RAW**

I.P. Palamarchuk, PhD., L.V. Zotkina PhD.,

P.V. Naryshkov, p. teacher.

T.G. Mysyura, Phd.

*Among the mechanical methods of influence on the objects of production the mechanical action is defined as effective way to control the general dynamic state of product, which explains the effectiveness of this method in the elimination of segregation in the mixing process. The developed vibro-mixers with converters of movement, two power sources, passive and active turbulence mixtures have become the constructive implementation of such methods.*

**Keywords:** *segregation, vibratory field, turbulator mixture.*

Одним із найбільш ефективних методів усунення сегрегації в процесах перемішування є накладання у робочому об'ємі вібраційного поля. Ефект вібраційного змішування обумовлюється двома основними технологічними діями: від циркуляційного переміщення оброблюваного середовища — макроруху і відносного переміщення окремих її часток — мікроруху. Процес супроводжується подрібненням елементів технологічного середовища, оновленням додаткових поверхонь, руйнуванням коагуляційних структур, збільшенням диспергування взаємодіючих часток, розділенням їх за формою, густиною, розміром та іншими параметрами. В результаті вібраційного впливу збільшується продуктивність процесу, знижується енергоємність і поліпшується якість суміші. Такі результати зумовили широке використання вібрації в процесах харчових і переробних виробництв: при необхідності інтенсивного перемішування різних мас продукції в кормоприготуванні або отриманні напівфабрикатів заданої структури, для рівномірного розподілу незначних мас інгредієнтів у всьому об'ємі продукції при отриманні висококалорійних сумішей із застосуванням преміксів на птахофабриках, для насичення маси продукції газовим середовищем в збивальних процесах, при отриманні білкових або шоколадних мас в кулінарному і цукерковому виробництвах, для підтримання заданої концентрації продукції при витоппленні жиру і в багатьох інших процесах.

Викладення основного матеріалу. Технологічна ефективність вібраційного перемішування знижується унаслідок дії негативного чинника — явища сегрегації, тобто розшарування маси продукції в результаті розриву суцільності. Останній процес спостерігається при переході в область висококонцентрованих мікрогетерогенних дисперсних систем вже при невисокій швидкості деформації, вельми далекої від величини, необхідної для граничного руйнування структури у всьому об'ємі [1]. Фізична сутність процесу розриву суцільності полягає у стрибкоподібному і необоротному спаді напруги зсуву в дуже вузькому діапазоні зміни швидкостей деформації, що має місце або в результаті неоднорідного розподілу напруг в зоні обробки, або внаслідок структурної неоднорідності технологічного середовища. В таких умовах обробки структура маси продукції лише розкладається на окремі об'єми, обмежені поверхнею розриву, всередині яких при скільки завгодно великій швидкості деформації граничне структурне руйнування не досягається. Це обмежує можливість отримання однорідних висококонцентрованих дисперсних структур з сильно розвиненою міжфазною поверхнею. Разом з тим, в таких системах виключається об'ємна однорідність протікання хіміко-технологічних і біохімічних процесів за часом.

Необхідність досягнення граничного руйнування структури, що супроводжуються розривом молекулярних сил зчеплення між частками, є необхідною умовою інтенсифікації багатьох технологічних процесів перемішування, особливо у випадку, коли величина активної міжфазної поверхні визначає їх швидкість: при розчиненні, гомогенізації та інших процесах. Тому для досягнення необхідного ступеня однорідності системи з граничним або близьким до нього структурним руйнуванням потрібно використовувати такі форми дії, які або створюють слабкий істинний контакт по всій поверхні розриву суцільності при деформації, або взагалі виключають можливість появи такого розриву. Реалізацію подібної дії можна здійснити наступними технологічними і конструктивними методами. До технологічних методів рішення поставленої задачі можна віднести поєднання вібраційного і

обертвого руху або декількох вібраційних рухів робочих органів машини, використання разом з механічною\* хімічної технологічної дії, дію на технологічну систему вібрації зі змінними параметрами. Серед конструктивних способів рішення проблеми сегрегації можна відзначити використання в конструктивних схемах віброзмішувачів пасивних і активних турбулізуючих елементів (рис. 1).

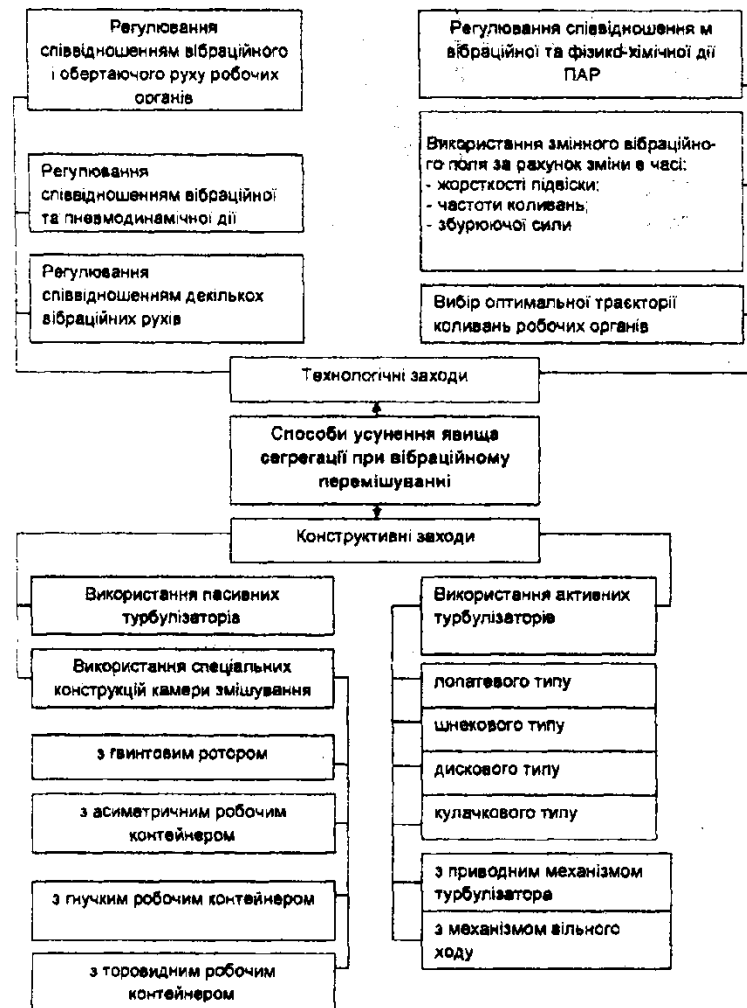


Рис. 1. Основні способи усунення сегрегації при вібраційному перемішуванні

Дія на технологічне середовище декількох механічних рухів підвищує енергонасичення системи і створює необхідні передумови для інтенсифікації процесу обробки. Така технологічна дія має місце в машинах вібровідцентрового і вібропланетарного типу, в яких робочі органи здійснюють разом з вібраційним обертвий або планетарний рух. Перспективним є також використання декількох віброзбуджувачів в полі- частотних вібраційних машинах. Зокрема, наявність центрального і периферійного джерела вібрації в

таких машинах дозволяє створити зустрічні турбулізаційні і циркуляційні потоки середовища, що дає можливість не тільки інтенсифікувати процес перемішування, але і створити умови для розривання взаємодіючих шарів або структурних складових оброблюваної продукції.

Ефективним додатковим джерелом механічної дії може бути енергія потоку газу. При цьому ефект інтенсивного перемішування обумовлюється, головним чином, пульсуючим рухом газу всередині віброуючого шару, який виникає в результаті утворення під ним вакууму і фільтрування газового середовища через шар матеріалу. Виникаючі в даному процесі потоки і міхури газу захоплюють частки продукції і створюють інтенсивне перемішування шарів, причому внаслідок нерівномірності сил тертя по перетину камери змішування частки оброблюваного середовища біля поверхні корпусу рухаються повільніше і переміщуються донизу, а центральні шари — вгору (даний ефект більш яскраво виявляється в апаратах невеликих розмірів). В даних умовах інтенсивність процесу зростає, проте рівномірного перемішування продукції можна досягти тільки при оптимальному поєднанні вібраційної дії і швидкості газового потоку. Так, із збільшенням швидкості газу вище за оптимальну погіршується процес перемішування і спостерігаються фонтануючі викиди, аж до винесення матеріалу з зони обробки.

Перемішування тонкодисперсних мас продукції з розміром часток менше 10 мкм практично не вдається на всіх реально досяжних параметрах вібрації, що пояснюється явищем агрегації, тобто дією адгезійних сил зчеплення часток в контактуючих поверхнях. Зменшення рівня інтенсивності вібрацій, необхідної для граничного руйнування структури в даних системах, доцільно здійснювати шляхом екранування цієї поверхні адсорбційними шарами поверхнево-активних речовин. У присутності даних речовин швидкість і глибина руйнування структури за період коливань різко зростають, тіксотропне відновлення істотно сповільнюється, а рівноважний рівень вібров'язкості зменшується [2], причому такий технологічний ефект підвищується із

зростанням інтенсивності руйнування структури, тобто в поєднанні з дією механічних чинників.

Якісне зростання параметрів процесу перемішування також спостерігається при варіюванні робочих параметрів в умовах змінного вібраційного поля. Вібраційне змішування навіть з випадковими, але змінними параметрами вібрації є завжди ефективнішим, ніж при постійних, хай навіть оптимальних вібраційних режимах [3]. До того ж, є достатньо велика кількість сумішей, які взагалі не змішуються при постійних параметрах вібрації. При цьому ефект руйнування надмолекулярних зв'язків структури за рахунок зростання частоти є більшим, ніж за рахунок зростання амплітуди [4].

До достатньо ефективних і простих способів усунення явища сегрегації можна віднести розташування спеціальних активаторів суміші в робочій порожнині. Використання пасивних активаторів у вигляді нерухомих напрямних, як правило, спіралевидної форми дозволяє додати часткам продукції складної траєкторії руху і обумовлює виникнення турбулізаційних течій в зоні обробки. Розвитком даного способу є установка в камері змішування активних турбулізаторів, здійснюючих допоміжний технологічний рух. Останні використовуються як перемішуючі елементи лопатевого, дискового, кулачкового або шнекового типу, що мають окремий привод. При цьому цікавим конструктивним рішенням є застосування механізму вільного ходу, що перетворює коливання робочої порожнини в рух перемішуючого елемента без використання додаткового приводу.

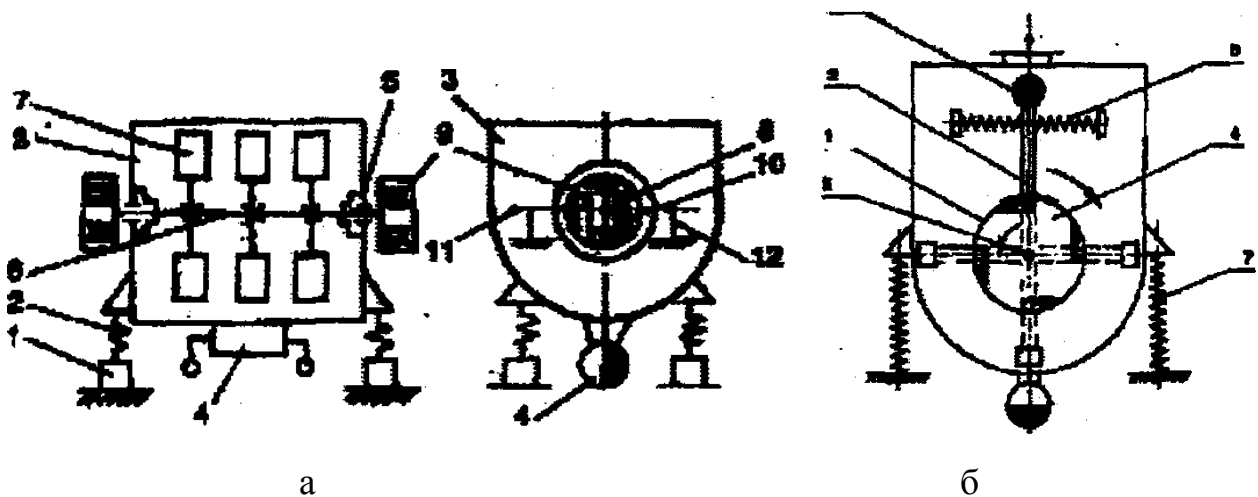
Крім того, серед конструктивних чинників, що сприяють зростанню інтенсифікації обробки та поліпшенню якісних параметрів продукції, можна відзначити застосування спеціальної форми робочого контейнера, використання гвинтових роторів. Так, камеру змішувача доцільно виготовляти циліндричної або тороїдальної форми, що дозволяє при вібрації контейнера отримати транспортуючий ефект.

Для конструктивної реалізації представлених заходів було розроблено декілька експериментально-промислових моделей змішувачів [5, 6, 7], що

містять турбулізатори суміші, зокрема механічні перетворювачі руху з механізмом вільного ходу, за допомогою яких допоміжні рухи обертового, поступального або коливального характеру можна було отримати в будь-якому необхідному місці створюваного віброприводом силового поля [8]. Простота, компактність і надійність таких механізмів обумовлює ефективність і істотно розширює технологічні можливості процесів змішування інгредієнтів.

Серед основних вузлів даних перетворювачів, можна виділити ведучу та ведену систему, зв'язок між якими здійснюється за допомогою механізму вільного ходу. Ведуча система звичайно є фізичним маятником, кінематично залежним від коливань робочого органу вібромашини. Ведена система включає вихідний вал перетворювача і виконавчий механізм, що приводиться до руху за допомогою перетворювача. В якості механізму вільного ходу використовувались фрикційні та електромагнітні храпові механізми односторонньої дії.

Розроблені конструктивні схеми вібраційних змішувачів, що мають в якості допоміжного робочого органу лопатевий вал з механізмом вільного ходу представлені на рис. 2.



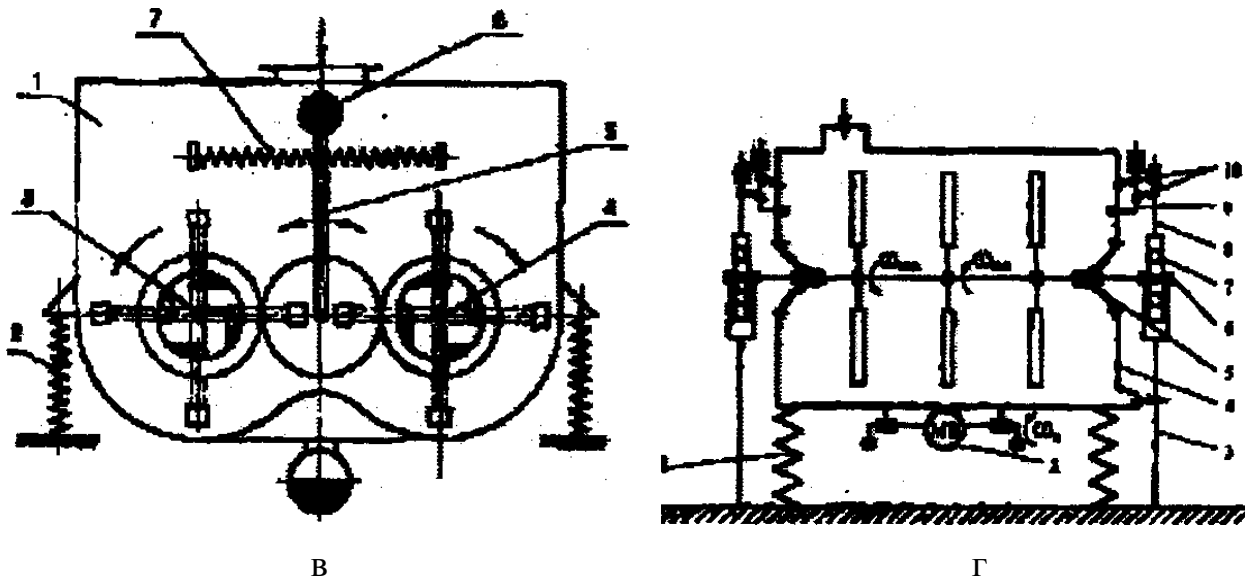


Рис. 2 Вібраційні змішувачі з перетворювачами руху: а — віброзмішувач з обгінними муфтами; б — віброзмішувач одновальний з механізмом вільного ходу; в — віброзмішувач двовальний з механізмом вільного ходу; г — вібраційний змішувач з двомаятниковою системою вільного ходу

Віброзмішувач з обгінними муфтами (рис. 2, а) [9] містить раму 1, на якій через пружні елементи 2 встановлений корпус 3 з приєднаними до нього інерційними елементами 4. В робочій камері машини на підшипниках 5 монтується вал 6 з лопатями 7. Пов'язаний з лопатевим валом механізм вільного ходу включає нерухомі внутрішні 8 і рухомі зовнішні обойми 9, між якими розміщуються заклинюючі елементи 10. Обойми 9 за допомогою важелів 11, довжина яких регулюється, та шарнірної тяги 12 сполучені з рамою 1. При цьому важелі та тяги, встановлені на різних кінцях валу 6, розташовуються з різних сторін щодо його осі. Особливостями цієї конструкції віброзмішувача є можливість повільного регулювання в широкому діапазоні кутової швидкості та крутного моменту лопатевого валу, забезпечення зростання інтенсифікації процесу без додаткового джерела енергії.

У розвиток даної конструкції був розроблений віброзмішувач, механізм вільного ходу якого містить маятник 8 (рис. 2, б) з вантажами 9. Особливістю цієї машини є те, що цикл роботи маятникового механізму можна розділити на робочий хід, коли маятник з вантажами повертається разом з лопатевим

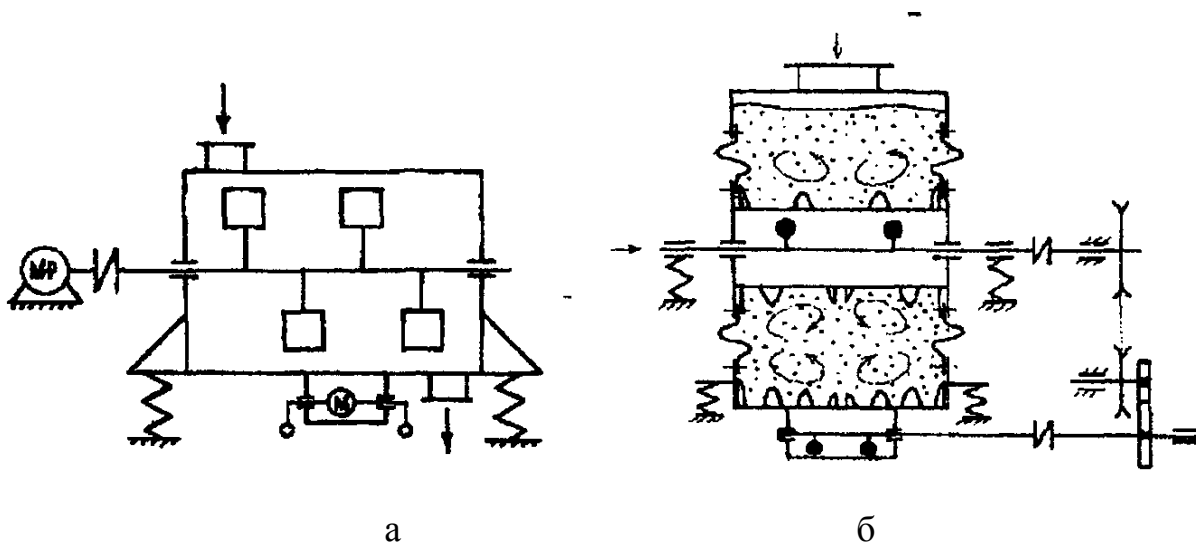


валом; і холостий хід, під час якого відбувається відновлюючий рух механізму вільного ходу.

З метою виключення холостого повертання маятникового механізму був розроблений віброзмішувач з двовальною системою лопатевого робочого органу. В робочому контейнері 1 (рис. 2, в) даного змішувача встановлені на опорних вузлах 3 вали 4 із закріпленими на їх поверхні лопатями 5. Маятники 12 приєднані через пружні елементи до корпусу установки і кінематично пов'язані з лопатевими валами так, що зміщення ведучих елементів механізму вільного ходу вліво або вправо від положення рівноваги приводить до відповідного повертання одного з валів 4. Таким чином, разом з підвищенням інтенсивності обробки, досягається безперервна технологічна дія на оброблюване середовище робочими органами лопатевого механізму.

В представлених конструкціях амплітуда коливань маятника виявляється у 8... 15 разів більшою за амплітуду коливань контейнера змішувача, що дозволяє додатково повернути лопатевий вал на кут  $90...180^\circ$  [5, 6].

Вплив на технологічне середовище декількох механічних рухів підвищує енергонасиченість системи та створює необхідні передумови для інтенсифікації процесу обробки, що було втілено в конструкціях полі частотних вібраційних машин, машинах віброімпульсного виконання, машинах з двома джерелами вібрації (рис. 3).



*Висновок.* Серед фізико-механічних методів усунення сегрегації можна відзначити застосування таких високоінтенсивних факторів обробки як вібрація, адсорбція, гідро- та пневмодинамічна дія, поєднання означених технологічних впливів. Конструктивна реалізація основних із означених заходів представлена у розроблених вібраційних машинах з перетворювачами руху, з декількома джерелами енергії, з пасивними та активними турбулізаторами суміші, що за незначних додаткових енерговитрат дозволяє скоротити час обробки 1,8...2,2 рази.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Урьев Н.Б.* Физико-химическая механика в технологии дисперсных систем. 1 М.: Знание, 1975. — 65с.
2. *Урьев Н.Б.* Образование и разрушение дисперсных структур в условиях совместного действия вибрации и поверхностно-активной среды. Автореф. дис... д-ра. наук. — М., ИФХ АН СССР, 1974. — 40 с.
3. *Овчинников П.Ф., Федоров А.Н. Рыбкин Р.Я.* Перемішування многокомпонентных смесей линолеумного производства // Строительные материалы. — 1998. — №3. — С. 17— 18.
4. *Овчинников П.Ф.* Виброреология. — К.: Наук, думка, 1983. — 271с.
5. *Пат. України № 37433.* Вібраційний змішувач / Р.Д. Іскович-Лотоцький, М.П. Берник, І.П. Паламарчук // Бюл. изобр. — 2001. — № 4.
6. *Пат. України № 63977.* Вібраційний змішувач / М.П. Берник, І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан // Бюл. изобр. — 2004. — № 2.
7. *Паламарчук І.П., Берник М.П., Цуркан О.В.* Обґрунтування технологічних та конструктивних схем енергоощадних віброзмішувачів барабанного типу// Вибрации в технике и технологиях. — 2001. — №1(17).
8. С. 35 — 41.

9. *Белоус БД.* Вибрационно-импульсные преобразователи движения // *Механика и машиностроение: Сб. работ молодых ученых.* — Львов, 1980. — Вып. 3. — С. 195 — 199.

10. *Берник МЛ.* Варіанти конструктивного виконання віброзмішувачів // *Вібрації в техніці і технологіях.* — 1998. — №1(5). — С.12 — 13.