

ВІБРАЦІЯ ЯК ДЖЕРЕЛО ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

В статті проаналізовано галузі застосування вібрації, визначено основні фактори та види вібрації, надана коротка характеристика типів приводів вібратора. Встановлено, що застосування просторової вібрації значно ефективніше плоскої.

Ключові слова: вібрація, параметри вібрації, привід вібратора, вібраційна машина.

G.M. KHYMYCH, M.O. KUSHEVSKIY
Khmelnytsky National University

VIBRATION AS SOURCE OF THE DYNAMIC LOADINGS

Abstract – for realization of search of more perfect method of treatment of details of sewing wares the conducted analysis of existent methods of forming of fabrics and certainly character of the dynamic loading; industries of application of vibration are analysed, certainly it basic factors and kinds. In the article the general chart of construction of oscillation machines, certain advantages and lacks of different types of occasions of vibrator, is described and it is set that by a reliable occasion which allows to change parameters in small limits mechanical. As a result of the conducted work certainly, that spatial or a multiplane vibration is considerably more effective at treatment of details from different materials than oneplane.

Keywords: vibration, parameters of vibration, occasion of vibrator, oscillation machine.

Вступ. У різних галузях виробництва широке застосування знайшли вібраційні методи обробки та відповідне обладнання. Завдяки використанню вібраційних коливань спрощується й полегшується виконання багатьох технологічних процесів, автоматизується і вдосконалюється виробництво, підвищується продуктивність праці, покращується якість готової продукції, знижуються енерговитрати [1]. Крім того з'являється можливість розробки нових способів оброблення матеріалів і середовищ. Це сприяє ефективному застосуванню вібраційних технологій в багатьох галузях промислового виробництва.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Не так давно вібраційні коливання застосовують при формуванні текстильних матеріалів. Традиційні засоби формування тканини (за допомогою прасок, пресів, пароповітряних манекенів) дуже трудомісткі і не завжди забезпечують належну якість виробу. Це пояснюється дією статичного виду навантаження. Суть такого способу формування полягає у силовій дії верхнього формувального елемента (праски, пуансона – верхньої рухомої частини пресу) на тканину при певній температурі і вологості, в результаті чого змінюються лише лінійні розміри волокон і ниток матеріалу [2]. При цьому не завжди забезпечується однаковий тиск по всій поверхні деталі, не враховуються властивості сітчастої структури матеріалу і, в результаті, майже не змінюються величини сітчастих кутів [3, 4, 5].

Експериментально доведено [6], що при динамічному навантаженні текстильні матеріали значно краще формуються і, що дуже важливо, краще зберігають надану їм форму. Крім того доведено [2, 4], що використання вологи у стані рідини має певні переваги над пароповітряною сумішшю. А саме: зменшується коефіцієнт тертя між системами ниток, що сприяє активній роботі “грубої” (сітчастої) структури тканини, значно підвищуються пластичність та деформаційні властивості текстильного матеріалу на рівні “тонкої” (молекулярної) структури [5].

Враховуючи вище сказане, необхідно розглянути детальніше нетрадиційні способи формування деталей швейних виробів, що базуються на застосуванні динамічних видів навантажень з можливістю використання води в якості робочого середовища.

Гідромеханічний спосіб детально описаний в роботі [7] і полягає у наступному. Тканина на перфорованому формувальному елементі закріплена в робочій камері. Рух робочого середовища (рідини) здійснюється механічним активатором, який вмонтований в середину робочої камери і здійснює обертові рухи, що і забезпечує формування тканини.

Гідродинамічний спосіб описаний в роботі [8]. Суть даного способу полягає в тому, що формуючий елемент із зразком тканини кріпиться в робочій камері. Робочим середовищем є рідина (вода). Формування відбувається за рахунок виникнення вібраційних коливань робочого середовища, створених дією пульсуючого повітря, яке подається зверху і створює лінійну вібрацію.

Вібраційний спосіб формування розглянутий в роботі [9]. Він полягає в тому, що формувальний елемент разом із закріпленою тканиною розміщений в робочій камері, яка заповнена рідиною (водою). Зверху на рідину діє пульсуюче повітря, яке надає їй вертикальних коливань, а знизу назустріч рухається формуючий елемент із закріпленою тканиною. Формування деталі відбувається за рахунок створення двох вібрацій в одній вертикальній площині.

Гідропульсуючий спосіб формування [10] полягає у тому, що формуючий елемент разом із деталлю розміщують в робочій камері. Камеру заповнюють рідинним робочим середовищем. Формування деталі відбувається лінійною вібрацією за рахунок перепаду тиску рідини в камері, який над формуючим елементом є більшим, ніж під ним.

Вакуумнопульсуючий спосіб [10] полягає в тому, що деталь швейного виробу формується за рахунок лінійної вібрації, яка створюється пульсуючим проникненням робочого середовища (рідини) через формуючу деталь.

Гідровакуумнопульсуючий спосіб описаний в роботі [10]. Формування деталі відбувається шляхом дії пульсуючого робочого середовища (рідини) зверху на деталь та пульсуючого вакууму знизу деталі. В результаті створюється одноплощинна вібрація.

Постановка завдання. Метою даної роботи є: аналіз факторів, які впливають на якість процесу формування; визначення переваг та недоліків різноприводних вібраційних машин; визначення можливості використання динамічних осцилюючих навантажень на робоче середовище.

Виклад основного матеріалу. Поняття “вібрація” виникло відносно недавно, у 60-ті роки при розробці приладів і технологічних процесів, які базуються на використанні коливань низької частоти. Вібрація – це рух матеріальної точки або механічної системи, при якому почергово зростають і спадають за часом значення величини, що характеризують цей рух [11, 12]. Процес вібрації супроводжується нанесенням на поверхню деталей, що обробляються, великої кількості багатократних мікроударів частинками робочого середовища.

Основними параметрами вібрації [12] є амплітуда A , період вібрації T , частота вібрації f , вібропереміщення S , віброшвидкість V та віброприскорення a . Амплітуда – це максимальне значення величини відхилення точки, яка коливається з певною частотою, від положення рівноваги, мм. Період вібрації – це найменший інтервал часу, через який повторюється кожне значення величини, яка характеризує вібрацію, с. Частота вібрації – величина, обернено пропорційна періоду вібрації і показує кількість коливань точки за одиницю часу, Гц. Вібропереміщення – це миттєве значення кожної координати, які описують положення тіла чи матеріальної точки під час вібрації. Віброшвидкість – кінематичний параметр, що дорівнює швидкості переміщення точки, яка коливається з певною частотою, м/с². Віброприскорення – це кінематичний параметр, що дорівнює прискоренню переміщення точки, що коливається, м/с².

В залежності від зміни координат об'єкта, що коливається, визначають такі види вібрації [1]:

- Лінійну (коли точка, що коливається, рухається прямолінійно);
- Плоску (точка рухається в одній площині);
- Просторову (точка рухається по просторовій траєкторії);
- Кутову або ж обертальну (коли рух твердого тіла обертовий);
- Комбіновану.

На характер динамічного руху впливає дуже багато факторів. Основними з них є режими руху, робоче середовище та хімічна інтенсифікація процесу.

Усі вібраційні процеси [12] можна поділити за характером впливу на такі напрямки :

- Вібровплив на середовища, насипні і дисперсні системи;
- Вібровплив на окремі деталі (заготовки);
- Деформування та руйнування (різання, зношування);
- Подрібнення матеріалів;
- Розділення гранульованих середовищ за їхніми геометричними характеристиками (сепарація).

Процес вібраційної обробки деталей може відбуватись трьома способами: з безперервним заповненням установки водним розчином необхідного складу, з періодичним заповненням водним розчином або ж в суху, тобто в ролі робочого середовища виступає стиснене повітря [12].

За способом кріплення деталей, що обробляються [12] процес вібраційної обробки поділяється на: обробку вільно завантажених деталей; обробку деталей, що закріплені спеціальними допоміжними пристроями; обробку довгомірних деталей (типу труб).

Хоча конструкції вібраційних приладів суттєво відрізняються між собою в залежності від галузі застосування, та все ж загальна схема вібраційної установки для оброблення деталей існує. Вона складається із основи, на якій монтуються всі елементи конструкції, робочої камери, вібратора (привода вібратора), бака відстійника і системи перекачування рідини або стисненого повітря.

За динамічними ознаками вібраційні прилади поділяють за [12, 13]:

- кількістю віброзбудників;
- типами приводу (електромагнітні, електричні, пневматичні, гідравлічні, механічні, комбіновані);
- формою коливань контейнера (кругові, еліптичні, прямокутні, комбіновані);
- співвідношенням вимушених і власних частот (дорезонансні – коли частота коливань менше резонансної, резонансні – коливання, які відповідають одному із максимумів амплітудно-частотної характеристики, зарезонансні – коли частота коливань більша резонансної);
- кількістю мас, що коливаються .

Безумовно, найважливішим вузлом такої конструкції є вібропривод, оскільки він є способом генерації вібраційного або коливального руху джерела вібрації або об'єкту, на який має діяти вібрація. Тому розглянемо детальніше типи приводів вібратора. Їх переваги та недоліки [14, 15] представлені в таблиці 1.

Характеристика різних типів приводів вібратора

Тип приводу вібратора	Переваги	Недоліки
1	2	3
Пневматичний	- Простота конструкції та обслуговування; - Висока експлуатаційна надійність; - Економічність; - Пожежобезпечність; - Здатність передавати пневмоенергію на великі відстані; - Багатофункціональність одного приладу.	- Існує ризик травматизму внаслідок вибухового розриву; - Можливість обмерзання пневмосистеми внаслідок нагрівання й охолодження повітря; - Необхідність використання компресора як джерела стисненого повітря.
Гідравлічний	- Простота керування та автоматизації; - Безступінчасте регулювання швидкості у широкому діапазоні; - Висока експлуатаційна надійність; - Стійкість до перевантажень.	- Чутливість до перепаду температур; - Потреба забезпечення герметичності порожнин, які знаходяться під тиском; - Необхідність використання насосної гідростанції.
Електромагнітний	- Забезпечення строго постійної частоти коливаль.	- Відносно невелика продуктивність.
Електричний	- Незначна вібрація опори; - Висока експлуатаційна надійність - Можливість задавання керованих параметрів вібрації на ходу. - Відсутність стрибків амплітуди.	- Висока вартість електрообладнання; - Низька продуктивність; - Велика вага.
Механічний	- Забезпечення великої потужності ; - Простота конструкції та обслуговування; - Мала чутливість до перевантажень; - Можливість застосування як при великих, так і при малих потужностях; - Експлуатаційна надійність.	- Необхідність надійної віброізоляції, через що значно збільшується вага; - Складність керування параметрами “на ходу”.
Комбінований	- Можливість поєднувати різні типи віброприводів з необхідними для певної галузі характеристиками.	- Висока вартість обладнання; - Чутливість до температур.

Як видно з таблиці 1 кожен вид приводу вібратора має свої певні переваги та недоліки, від яких і залежить їх галузь застосування. Слід відзначити, що механічний тип вібратора характеризується простотою конструкції, високою надійністю, відсутністю стрибків амплітуди коливаль при запуску чи зупинці вібратора і дозволяє створювати різні за напрямком вібраційні коливаль. Це сприяє широкому його застосуванню в усіх галузях виробництва і дозволяє використати даний тип вібратора при обробці деталей швейних виробів.

Слід також зазначити, що останнім часом все ширше застосовуються комбіновані приводи. До них належать пневмовакуумний, пневмомеханічний, пневмогідравлічний, гідромеханічний, електрогідравлічний, електромеханічний та ін.

Вібраційна технологія знайшла своє застосування майже у всіх галузях виробництва та науки. Широко вона використовується у гірничо-видобувній та переробній галузі. А саме при створенні вібраційних грохотів, молотів, конвеєрів для вертикального і горизонтального переміщення, подрібнені матеріалів, виготовленні рудорозмельних млинів [15].

У будівництві вібрація застосовується для ущільнення залізобетонних сумішей при укладанні їх у монолітні конструкції, для ущільнення залізобетонних виробів (майданчикова поверхнева вібромашина) та ґрунту, для забивання у ґрунт палів. Залежно від призначення ці вібромашини значно відрізняються одна від одної своєю конструкцією та зовнішнім виглядом [16]. Необхідно відмітити, що у будівництві дуже важливо застосовувати вібромашини, які дозволяють задавати певну амплітуду і частоту, оскільки для різних бетонних сумішей вони змінюються. Крім того аналіз існуючого обладнання показав, що ширше застосування знайшли вібраційні машини, які створюють просторову вібрацію. Значна їх частина відноситься до поверхневих майданчикових машин. Показник міцності виготовлених деталей при застосуванні багатоплощинної вібрації значно кращий, ніж одноплощинної [17].

В металургійному виробництві вібрація застосовується при ущільненні порошку, інтенсифікуванні фізико-механічних властивостей рідкого металу, регенерації формувальних матеріалів. Робота вібраційних машин зосереджена на очисних операціях (очищення лиття, видалення окалини, корозії, забруднень), основних операціях (вібропресування, вібрування рідкого металу з метою зміни його фізико-механічних властивостей), додаткових операціях (видалення облою і задирок, поліровка кромок, їх заокруглення), операціях шліфування та полірування, зміцнювальних операціях. Можливе також поєднання кінцевої

віброобробки виробів та нанесення на них деяких видів покриттів [12]. Необхідно зауважити, що в даній галузі експериментально доведено, що вібронавантаження вздовж кількох осей, дало кращий результат, ніж при однокомпонентному навантаженні. Особливо це помітно при виконанні додаткових операцій, де застосування багатоплощинної вібрації дозволяє значно скоротити час обробки за рахунок дії робочого середовища відразу на всю деталь [13].

Значна частина використання вібраційних машин, які створюють просторову вібрацію припадає на галузь приладобудування. В основному вони застосовуються для очищення, обезжирення, зміни стану матеріалу, інтенсифікації хімічних процесів, транспортування, удосконалення процесу збирання, миття і сушіння, зачисної і зміцнювальної обробки, заокруглення кромek, шліфування, полірування, стабілізації. Слід зауважити, що для зміцнювальної обробки деталей, шліфування та полірування значно ефективніше застосовувати обладнання з просторовою вібрацією, що дозволяє скоротити час обробки деталей [13, 18].

Не менш широко застосовують вібраційні машини з просторовою вібрацією в сільському господарстві [19]. Основна їх частка припадає на процес розділення неоднорідних систем (калібрування зерна, сепарація та фільтрування). Решту застосовують при очищенні, змішуванні, сушці, очищенні і митті коренеплодів, перемеленні зернових та олійних культур.

У харчовій промисловості використовують вібраційні машини для виробництва цукру, миття та сушіння овочів і фруктів, різання м'ясо-кісткової сировини, перемелення м'ясних продуктів [20].

В екології вібраційні коливання застосовують порівняно недавно для переробки та утилізації відходів різних виробництв, для обробки води з метою її знезараження та очищення [21].

У легкій промисловості вібраційні технології застосовують у взуттєвому виробництві для вібротранспортування деталей, орієнтації заготовок різної форми, при розтягуванні шкіряних виробів. У швейній промисловості вібрацію застосовують для транспортування деталей, здійснення операцій волого-теплого оброблення та в експериментальних установках для надання деталям текстильних матеріалів об'ємної форми (формування).

Висновки. В результаті аналізу існуючих способів формування текстильних матеріалів встановлено, що динамічні навантаження на тканину забезпечують кращу якість формування, ніж статичні. Адже вони сприяють активній роботі "грубої" структури тканини, що забезпечує покращення її деформаційних властивостей. Динамічні навантаження можна створити вібраційними коливаннями. Визначено, що надання тканинам об'ємних форм виконується із застосуванням лінійної або одноплощинної вібрації. При цьому відсутні дані по просторовому (багатоплощинному) способу формування тканин, що і стане предметом подальших досліджень.

Література

1. Калмыков М.А. Повышение производительности вибрационной обработки / М.А. Калмыков, Л.М. Лубенская, Г.Л. Мелконов, А.В. Романченко // Вісник СХУ ім. В. Даля. – Луганськ. – 2007. – № 7. С. 136–146.
2. Буханцова Л.В. Формування об'ємно-просторової форми текстильних матеріалів в рідинно-активному середовищі / Л.В. Буханцова, М.О. Куцевський // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2005. – № 6. – С. 191–194.
3. Попович О.В. Особливості нетрадиційних способів формування деталей швейних виробів / О.В. Попович, М.О. Куцевський // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2008. – № 6. – С. 209–212.
4. Куцевський М.О. Разработка технологи формования одежды на основе вибрационного эффекта : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.04 / Куцевский Николай Александрович. – К., 1988. – 312 с.
5. Куцевський М.О. Робоче середовище як головний чинник процесу волого-теплової обробки / М.О. Куцевський, Ю.В. Кошево // Вісник ХНУ. Технічні науки. – 2013. – № 2. – С. 133–138.
6. Березненко Н.П. Разработка энергосберегающей технологии и повышения уровня качества швейных изделий на операциях влажно-тепловой обработки : дис. ... докт. техн. наук : 05.19.04 / Н.П. Березненко. – М., 1986. – 394 с.
7. Куцевський М.О. Гідромеханічний спосіб формування текстильних матеріалів / М.О. Куцевський, Л.В. Буханцова // Вісник ХНУ. – 2007. – № 6. – С. 33–36.
8. Буханцова Л.В. Удосконалення процесу формування жіночих головних уборів : дис... канд. техн. наук : 05.19.04 / Буханцова Людмила Василівна. – Хмельницький, 2007. – 221 с.
9. Кошево Ю.В. Удосконалення процесу формування та закріплення форми деталей жіночих головних уборів із тканих матеріалів : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.04 / Кошево Юлія Володимирівна. – Хмельницький, 2010. – 170 с.
10. Батаровська М.В. Розширення технологічних можливостей формування деталей головних уборів завдяки використанню нової технології / М.В. Батаровська, М.О. Куцевський // Легка промисловість. – К., – 2012. – № 4. – С. 42–43.
11. Вібрація. Терміни та визначення : ДСТУ 2300 : 1993. – [Чинний від 1995-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1995. – 62 с. – (Державний стандарт України).
12. Баби́чев А.П. Вибрационная обработка деталей / Баби́чев А.П. – М. : Машиностроение, 1974. – 134 с.

13. Калмыков М.А. Вибрационные станки, их классификация / М.А. Калмыков, Г.Ю. Бурлакова, Д.В. Молчанов // Вібрації в техніці і технологіях. – Вінниця. – 2010. – № 3. С. 24–31.
14. Опи́рский Б.Я. Новые вибрационные станки / Б.Я. Опи́рский, П.Д. Денисов. – Львів : Світ, 1991. – 160 с.
15. Искович-Лотоцкий Р.Д. Машины вибрационного и виброударного действия / Искович-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.Б., Крат В.А. – К. : Техніка, 1982. – 208 с.
16. Плохотнюк Е.И. Создание вибрационных транспортирующих, транспортно-технологических и технологических машин / Е.И. Плохотнюк, А.А. Тарасенко, В.П. Франчук // Вібрації в техніці і технологіях. – Вінниця. – 1998. – № 4. – С. 3–6.
17. Ратушняк Г.С. Моделирование процессу ущільнення вібраційною гідроприводною машиною ґрунту для визначення його динамічних характеристик / Г.С. Ратушняк, О.Б. Волошин // Вісник ХНУ. – 2006. – № 1. С. 146–151.
18. Мицык В.Я. Применение виброобрабатывающей техники и технологии на операциях очистки заготовок литейных производств / В.Я. Мицык // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков. – 2007. – № 1/1. – С. 46–49.
19. Бабичев А.П. Проблемы вибрационной технологии / А.П. Бабичев // Вібрації в техніці і технологіях. – Вінниця. – 1994. – № 1. – С. 1–3.
20. Антропова Л.Н. Применение вибрации для мойки овощей на предприятиях ресторанного хозяйства / Л.Н. Антропова // Вісник СХУ ім. В. Даля. – Луганськ. – 2010. – № 1. – С. 8–12.
21. Сілін Р.І. Основи створення вібраційного обладнання з пульсуючим робочим тілом незалежно від галузі використання / Р.І. Сілін, А.І. Гордєєв, Р.С. Сілін, Є.А. Урбанюк // Вісник ХНУ. – 2013. – № 2. – С. 7–16.

References

1. Kalmykov M.A. Povyshenie proizvoditel'nosti vibracionnoi obrabotki / M.A. Kalmykov, L.M. Lubenskaja, G.L. Melkonov, A.V. Romanchenko // Visnik SNU im. V. Dalja. – Lugansk. – 2007. – №7. S. 136-146.
2. Buhancova L.V. Formuvannja ob'ємno-prostorovoi formi tekstil'nih materialiv v ridinno-aktivnomu seredovishi / L.V. Buhancova, M.O. Kushevs'kii // Visnik HNU. Tehnichni nauki. – 2005. – №6. - S. 191-194.
3. Popovich O.V. Osoblivosti netradicijinih sposobiv formuvannja detalei shveiniv virobiv / O.V. Popovich, M.O. Kushevs'kii // Visnik HNU. Tehnichni nauki. – 2008. – №6. S. 209-212.
4. Kushevs'kii M.O. Razrabotka tehnologi formovanija odezhdz na osnove vibracionnogo yeffekta: dis... kand. tehn. nauk: 05.19.04 / Kushevs'kii Nikolai Aleksandrovich. – K., 1988. – 312 s.
5. Kushevs'kii M.O. Roboche seredovishe jak golovnij chinnik procesu vologo-teplovoi obrobki / M.O. Kushevs'kii, Yu.V. Koshevkov // Visnik HNU. Tehnichni nauki. – 2013. – №2. – S. 133-138.
6. Bereznenko N.P. Razrabotka yenergosberegayushei tehnologii i povyshenija urovnja kachestva shveinyh izdelii na operacijah vlazhno-teplovoi obrabotki : dis... doktora tehn. nauk : 05.19.04 / N.P. Bereznenko. – M., 1986. – 394 s.
7. Kushevs'kii M.O. Gidromehanichni sposib formuvannja tekstil'nih materialiv / M.O. Kushevs'kii, L.V. Buhancova // Visnik HNU. – 2007. – №6. – S. 33-36.
8. Buhancova L.V. Udokonalennja procesu formuvannja zhinochih golovnih uboriv: dis... kand. tehn. nauk: 05.19.04 / Buhancova Lyudmila Vasilivna. – Hmel'nic'kii, 2007. – 221 s.
9. Koshevkov Yu.V. Udokonalennja procesu formuvannja ta zakriplennja formi detalei zhinochih golovnih uboriv iz tkanih materialiv: dis... kand. tehn. nauk: 05.19.04 / Koshevkov Yulija Volodimirivna. – Hmel'nic'kii, 2010. – 170 s.
10. Batarovs'ka M.V. Rozshirennya tehnologichnih mozhливостей formuvannja detalei golovnih uboriv zavdjaki vikoristannju novoi tehnologii / M.V. Batarovs'ka, M.O. Kushevs'kii // Legka promislovist'. – K., – 2012. – №4. – S. 42-43.
11. Vibracija. Termini ta viznachennja : DSTU 2300 : 1993. – [CHinnii vid 1995-01-01]. – K. : Derzhstandart Ukraїni, 1995. – 62 s. – (Derzhavnii standart Ukraїni).
12. Babichev A.P. Vibracionnaja obrabotka detalei / Babichev A.P. – M. : Mashinostroenie, 1974. – 134 s.
13. Kalmykov M.A. Vibracionnye stanki, ih klassifikacija / M.A. Kalmykov, G.Yu. Burlakova, D.V. Molchanov // Vibracii v tehnici i tehnologijah. – Vinnicja. – 2010. – №3. S. 24-31.
14. Opirskii B.Ya. Novye vibracionnye stanki / B.Ya. Opirskii, P.D. Denisov. – L'viv : Svit, 1991. – 160 s.
15. Iskovich-Lotockii R.D. Mashiny vibracionnogo i vibroudarnogo deistvija / R.D. Iskovich-Lotockii, I.B. Matveev, V.A. Krat. – K. : Tehnika, 1982. – 208 s.
16. Plohotnyuk E.I. Sozdanie vibracionnyh transportuyushih, transportno-tehnologicheskikh i tehnologicheskikh mashin / E.I. Plohotnyuk, A.A. Tarasenko, V.P. Franchuk // Vibracii v tehnici i tehnologijah. – Vinnicja. – 1998. – №4. S. 3-6.
17. Ratushnyak G.S. Modelyuvannja procesu ushil'nennja vibraciynoyu gidroprivodnoy mashinoyu gruntu dlja viznachennja yogo dinamichnih harakteristik / G.S. Ratushnyak, O.B. Voloshin // Visnik HNU. – 2006. – №1. S. 146-151.
18. Micyk V.Ya. Primenenie vibroobratyvayushei tehniki i tehnologii na operacijah ochistki zagotovok liteinyh proizvodstv / V.Ya. Micyk // Vostochno-Evropeiskii zhurnalпередовых технологий. – Har'kov. – 2007. – №1/1. S. 46-49.
19. Babichev A.P. Problemy vibracionnoi tehnologii. Vibracii v tehnici i tehnologijah. – Vinnicja. – 1994. Issue 1. P 1-3.
20. Antropova L.N. Primenenie vibracii dlja moiки ovoshei na predpriyatijah restorannogo hazjaistva. Visnik SNU im. V. Dalia. – Lugansk. – 2010. – №1. S. 8-12.
21. Silin R.I. Osnovi stvorennja vibraciynogo obladnannja z pul'suyuchim robochim tilom nezalezno vid galuzi vikoristannja / R.I. Silin, A.I. Gordecv, R.S. Silin, E.A. Urbanyuk // Visnik HNU. – 2013. – №2. S.7-16.

Рецензія/Peer review : 25.1.2014 p.

Надрукована/Printed : 7.2.2014 p.

Рецензент: д.т.н. Шалапко Ю.І.