

**Ярошенко Л.В.**

к.т.н., доцент

**Вінницький національний
аграрний університет****Yaroshenko L.****Vinnitsia National
Agrarian University****УДК 621.9.048.6.****DOI:10.37128/2306-8744-2019-1-7**

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ УТИЛІЗОВАНОЇ ЕНЕРГІЇ ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО РУХУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Експериментально досліджено розподіл механічної енергії у вібраційних тороїдальних машинах з вертикальними приводними дебалансними валами залежно від їх конструктивних параметрів і особливостей робочого середовища. Обґрунтовано висновок про можливість утилізації механічної енергії циркуляційного руху робочого середовища цих машин та її використання для приводу допоміжних рухів оброблюваних деталей. Як встановлено під час експериментальних досліджень, надання оброблюваним деталям під час віброабразивної обробки примусового планетарного руху, за рахунок утилізованої енергії потоку циркуляційного руху робочого середовища привело до підвищення продуктивності процесу обробки в 1,8 разу без підвищення загальної енергоємності процесу.

Ключові слова: віброабразивна обробка, циркуляційний рух робочого середовища, утилізація енергії.

Постановка проблеми. Одним із способів підвищення продуктивності і якості в металообробці є віброабразивна обробка, переваги якої полягають у великих технологічних можливостях. Вібраційна обробка (ViO) деталей, або обробка деталей вільними тілами без жорсткого кінематичного зв'язку між ними, під дією вібрації робочої камери, є одним з найбільш ефективних методів фінішного оздоблювально-зачисного обробітку.

Вона дозволяє здійснювати широкий діапазон операцій: від грубих зачисних робіт, зняття окалини і облою до полірування і декоративного оздоблення. Високі показники універсальності, продуктивності, якості отримуваної поверхні, міцно закріпили за нею місце перспективних способів виготовлення деталей машин і приладів, а також товарів народного споживання. В даний час величезний інтерес до віброабразивної обробки виявляють галузі сільськогосподарського машинобудування, авіабудування, приладобудування, радіопромисловості та ін. На підприємствах цих галузей створені й успішно працюють комплексно-механізовані

ділянки віброабразивної обробки, на яких з мінімальними витратами ручної праці обробляють великі партії різної номенклатури деталей. Вібраційні машини мають, як правило, просту конструкцію, зручні в експлуатації і обслуговуванні при великій продуктивності, за рахунок одночасної обробки великих партій деталей.

Однак, разом з тим, можна виділити цілий ряд питань, що стосуються віброабразивної обробки і які не отримали достатнього висвітлення в існуючих дослідженнях. До них відносяться, наприклад, вплив геометричної форми і розмірів абразивних гранул на ефективність обробки поверхонь різного виду й типорозміру, взаємозв'язок між цими величинами, параметри, що впливають на енергетичні втрати в обсязі робочого контейнера, можливості утилізації цієї енергії та інші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Працями вітчизняних і зарубіжних вчених в основному сформована теорія віброабразивної обробки. Великий внесок у її створення внесли такі дослідники: Бабічев А.П. [1 - 5], Шаїнський М.Є., Політов І.В., Сергієв



А.П. [6], Самодумский Ю.М., серед зарубіжних відомі М. Матцунага і У. Хагіуда [8] (Японія), В. Брандт (ФРН), М. Родзевич і П. Марціняк (Польща). У роботах цих вчених розкрито і обґрунтовано процес взаємодії гранул робочого середовища з деталями, виявлено характер впливу режимів вібрації і умов обробки на знімання металу і якість поверхні оброблених деталей, визначені оптимальна форма, геометричні розміри і обсяг застосовуваних резервуарів, встановлений діапазон розмірів гранул робочого середовища, розроблені хімічні активні розчини для інтенсифікації обробки.

Разом з тим існує велика кількість деталей з внутрішніми поверхнями, ВіО яких традиційними способами малопродуктивна. Низька продуктивність ВіО таких деталей "насіпом" на універсальних вібрмашинах, є наслідком малої величини сили мікроударів гранул робочого середовища по внутрішніх поверхнях деталей, оскільки пружні хвилі стиснення і розтягування, які поширюються в робочому середовищі під дією вібрації робочої камери погано проникають до внутрішніх порожнин деталей.

Для збільшення енергії ударного взаємодії між гранулами робочого середовища і внутрішніми поверхнями деталей, вібростробунок з'єднують безпосередньо до оброблюваної деталі, яку перед тим наповнюють робочим середовищем, при цьому внутрішня порожнина деталі виконує роль частини робочої камери [1, 2, 3]. Але даний метод обробки також малопродуктивний, внаслідок великої тривалості допоміжних операцій за індивідуальним закріпленню деталей, герметизації їх внутрішніх порожнин, заповнення цих порожнин робочим середовищем і видалення її з порожнин після обробки. При цьому спостерігається нерівномірність обробки поверхонь деталей, що з малої інтенсивністю циркуляційного руху робочого середовища і її контактування тільки з окремими частинами внутрішніх поверхонь деталей. Щоб збільшити рівномірність обробки деталей, їм від окремих приводів повідомляють додаткові рухи, що значно ускладнює конструкцію вібраційної машини, знижує надійність її роботи і збільшує енергоємність процесу.

Одним із загальноприйнятих критеріїв продуктивності процесу віброабразивної обробки є зрізання металу з одиниці поверхні деталей за одиницю часу, істотний вплив на який чинять амплітуда і частота вібрацій робочого контейнера, а також гранулометричний склад і матеріал гранул робочого середовища, матеріал, конфігурація і маса самих оброблюваних деталей, фізико-

хімічні властивості і об'єм робочої рідини, що подається у робочий контейнер. На продуктивність процесу віброабразивної обробки в цілому, впливає також співвідношення об'ємів деталей і гранул робочого середовища і їх сумарного об'єму по відношенню до об'єму робочої камери. Це особливо позначається при обробці легко пошкоджуваних при взаємних зіткненнях деталей, для яких співвідношення об'ємів оброблюваних деталей, до об'ємів робочого середовища, для виключення взаємних зіткнень деталей, зменшується з 1: (4...5) до 1: (10...20), що істотно знижує продуктивність віброабразивної обробки.

У електромеханічній системі, яка складається з приводного електродвигуна, робочого контейнера, гранул робочого середовища і оброблюваних деталей, механічна енергія, що виробляється приводним електродвигуном витрачається на роботу сил тертя в підшипниках приводу робочого контейнера, на дисипацію у пружних елементах робочого контейнера і в робочому середовищі. До останнього можна віднести: дисипацію енергії на межі ударної взаємодії гранул робочого середовища і поверхні контейнера, дисипацію енергії в самому робочому середовищі і дисипацію енергії на межі ударної взаємодії гранул робочого середовища та оброблюваних деталей. Як видно з наведеного переліку, тільки остання його складова використовується для виконання корисної роботи – знімання (зрізання) металу з поверхонь оброблюваних деталей. Однак, оскільки, її визначення становить значні труднощі, то в ряді досліджень [1, 2, 3] за критерій продуктивності процесу віброабразивної обробки по зніманню металу, прийнято розсіяну в робочому середовищі потужність. За оцінками цих же авторів, частка потужності, що розсіяна в технологічному завантаженні робочих камер становить від 20 % до 50 % від механічної потужності, що виробляється приводним електродвигуном. Однак значна частина її йде на зношування та стирання гранул робочого середовища і покриття робочих камер (контейнерів) вібрмашин, а також, на нагрівання технологічного завантаження контейнерів до 40-80 °С, яке не завжди бажане.

Механічна потужність, що розсіяна в робочому середовищі, йде також, на генерування та підтримання циркуляційного руху робочого середовища, що забезпечує інтенсивне перемішування оброблюваних деталей і гранул робочого середовища, яке необхідне для рівномірності обробки деталей. Однак при віброобробці легко пошкоджуваних деталей, які оброблюються, як правило, у



закріпленому стані, при збудженні їх примусового руху від окремого приводу, немає необхідності в перемішуванні деталей і робочих тіл, і енергія циркуляційного руху гранул робочого середовища корисно не використовується. Як показали дослідження [4, 5], частину кінетичної енергії циркуляційного руху гранул робочого середовища можна утилізувати і використовувати для приводу примусового руху оброблюваних деталей.

Постановка задачі. Тому, практичний інтерес представляють дослідження з метою визначення величини загальної і питомої потужності, що розсіюється в технологічному завантаженні тороїдальних контейнерів різних вібраційних машин при використанні різних робочих середовищ і оцінка можливості її утилізації, з метою її використання для приводу примусового руху оброблюваних деталей.

Виклад основного матеріалу дослідження. Обертаний результуючий момент збурюючих сил L динамічного гвинта, який виникає при обертанні відцентрового вібробуджувача з дебалансним вертикальним валом, викликає переміщення точок поверхні робочого контейнера вібромашини навколо його центра мас у вертикальному напрямку по сферичній поверхні, причому із усіх точок поверхні контейнера, що знаходяться на однаковій відстані від його центра мас, найбільше кутове відхилення від горизонтальної площини матимуть точки, які лежать у даний момент часу у площині дії результуючого моменту збурюючого динамічного гвинта. Обертання результуючого моменту динамічного гвинта і відповідно площини його дії навколо вертикальної осі контейнера призводить до обертання максимумів кутових переміщень навколо цієї ж осі, причому сам контейнер навколо цієї осі не обертається, звідки слідує, що точки поверхні тороподібного контейнера здійснюють кутові коливання навколо його центра мас у вертикальному напрямку із деяким зсувом по фазі одна відносно іншої, що залежить від взаємного кутового положення проекцій цих точок на горизонтальну площину.

Виходячи із вищевказаного характеру руху точок поверхні контейнера, можна зробити висновок про квазіхвильовий рух контейнера, оскільки, хоча контейнер і являється жорстким недеформованим за даних умов роботи тілом, рух точок його поверхні у вертикальному напрямку можна описати рівнянням поперечної біжучої квазіхвилі, яка розповсюджується вздовж кільцевої осі тороїда. Причому, хвильовий фронт являє собою площину, що проходить через вертикальну вісь контейнера, а довжина квазіхвилі залежить від відстані від

центра мас контейнера, і дорівнює довжині кола із радіусом що рівний цій відстані, отже у довільне коло, що утворює поверхню тороподібного робочого контейнера, завжди вкладається довжина рівно однієї квазіхвилі.

Під дією коливань тороподібного контейнера, його технологічне завантаження (яке можна розглядати як гранульоване сипуче середовище), здійснює циркуляційний рух по спіралеподібній траєкторії (див. мал. 1) вздовж кільцевої осі тороїда та навколо неї. Циркуляційний рух технологічного завантаження у тороподібних контейнерах має високу інтенсивність і його енергію зручно утилізувати та перетворити для приводу допоміжного руху оброблюваних деталей [3].

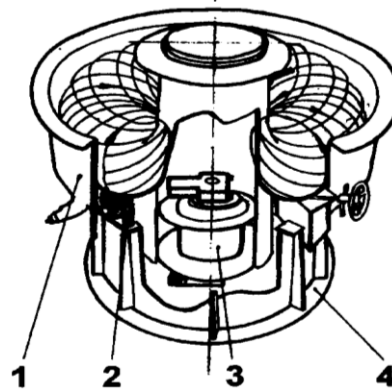


Рис. 1. Принципова схема вібраційної машини із тороподібним контейнером (стрілками вказано напрям циркуляційного руху робочого середовища): 1 - тороподібний контейнер; 2 - пружні елементи; 3 - керований відцентровий вібробуджувач; 4 – рама

Однак, механізм виникнення циркуляційного руху технологічного завантаження у тороподібних контейнерах залишається маловивченим. Циркуляційний рух сипучого технологічного завантаження у тороподібних контейнерах можна розділити на транспортувальний рух завантаження вздовж кільцевої осі тороїда та перемішувальний - рух завантаження перпендикулярно до цієї осі і окремо розглянути механізми їх виникнення, для чого необхідно розглянути рух точок поверхні контейнера у цих напрямках.

Дослідження проводилися на вібраційних машинах з тороподібними контейнерами, створених у лабораторії автоматизації технологічних процесів Вінницького національного аграрного університету технічні характеристики яких приведені в таблиці 1. Загальні види вібраційних машин представлені на мал. 2, 3, 4, 5.



Таблиця 1

Технічні характеристики досліджуваних вібраційних машин

| Модель вібраційної машини | Об'єм завантаження, л | Частота обертів привідного вала, об/хв | Амплітуда коливань, мм | |
|---------------------------|-----------------------|--|------------------------|--------------|
| | | | Горизонтальних | Вертикальних |
| ВМ-04-100 | 80 | 1410 | 5,0 | 8,0 |
| ВМ-06-60 | 40 | 1395 | 5,0 | 6,0 |
| ВМ-08-15 | 10 | 1365 | 3,0 | 5,0 |
| ВМ-09-5 | 5,0 | 2745 | 2,5 | 3,0 |

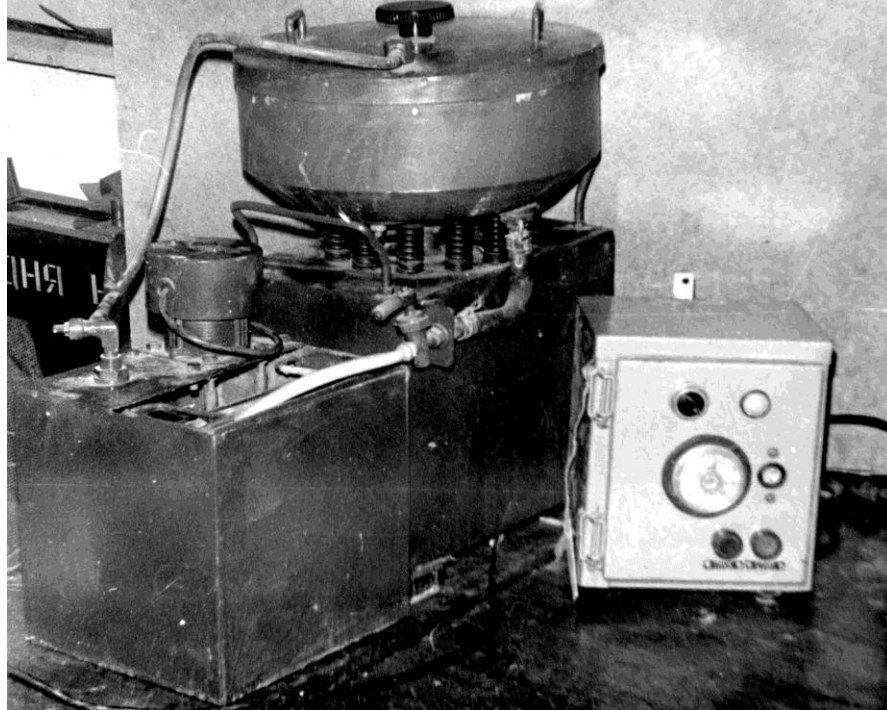
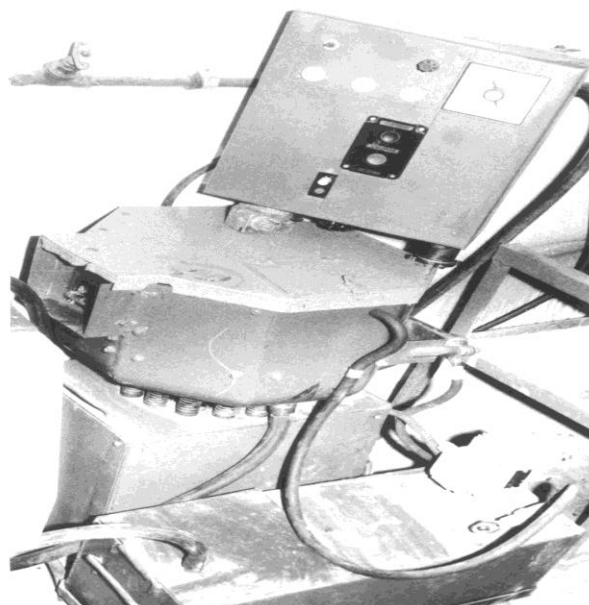


Рис. 2. Загальний вигляд вібраційної машини ВМ – 09 – 5,0

Як робочі середовища використовувалися: кульки порцелянові діаметром 6 мм (ШФ6) і питомою вагою $\rho_1 = 1,32$ кг/л; призми тригранні (ПТ-10) з питомою вагою $\rho_2 = 1,51$ кг/л; призми тригранні (ПТ-20) з питомою вагою $\rho_3 = 1,55$ кг/л; кульки сталеві діаметром 8 мм (ШС8) з питомою вагою $\rho_4 =$

4,45 кг/л; бій шліфувальних кіл (БШК) з питомою вагою $\rho_5 = 1,18$ кг/л; конуси абразивні (КА-20) з питомою вагою $\rho_6 = 0,90$ кг/л; обробні середовища Німецької фірми "Рослер": RM - 15/04/15 - E з питомою вагою $\rho_7 = 1,40$ кг/л; RM - 05/08 - Z з питомою вагою $\rho_8 = 1,90$ кг/л.



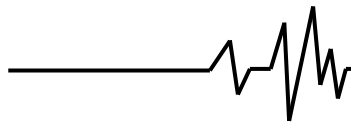


Рис. 3. Загальний вигляд вібраційної машини ВМ – 07 – 15,0



Рис. 4. Загальний вигляд вібраційної машини ВМ – 06 – 50

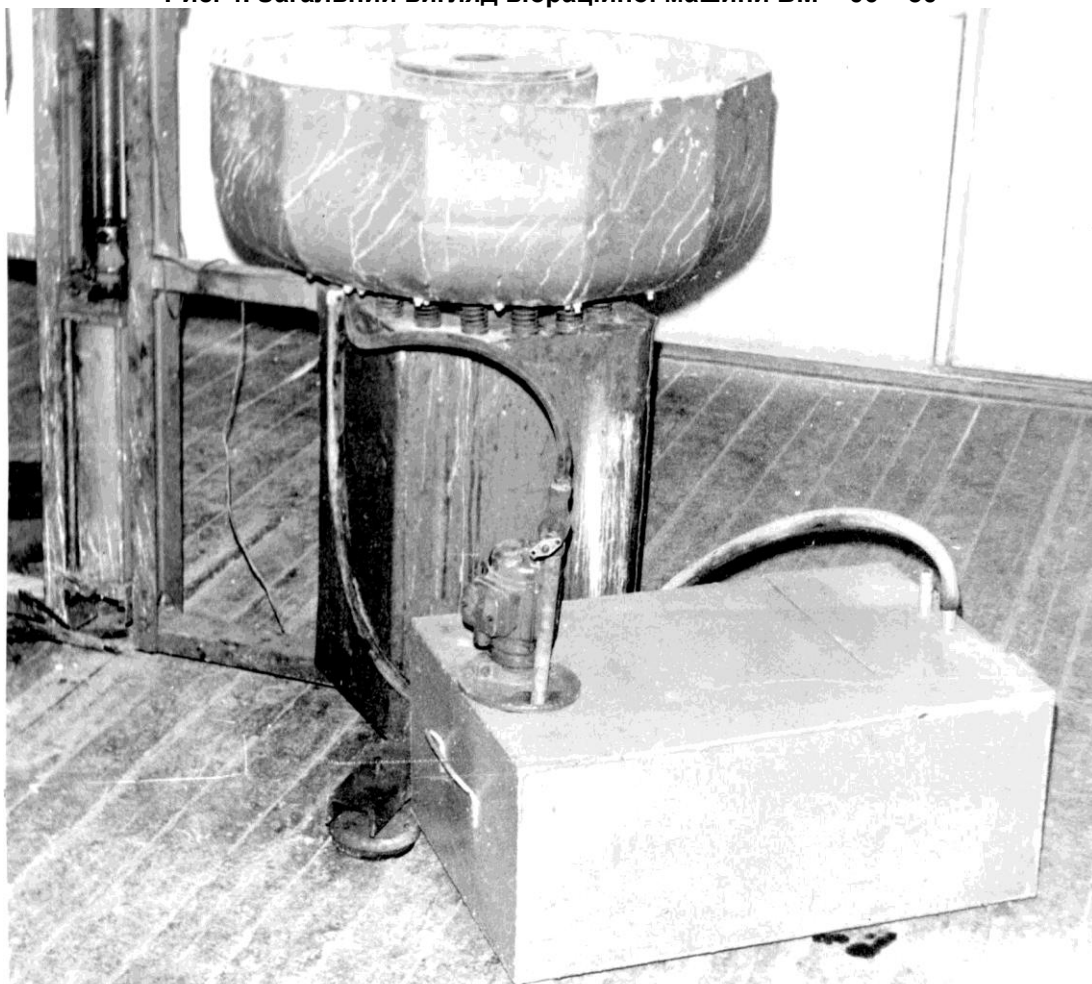


Рис. 5. Загальний вигляд вібраційної машини ВМ – 08 – 100



Потужність, що розсіюється в технологічному завантаженні визначалася, як різниця потужностей необхідних для привода дебалансних валів завантажених і не завантажених вібраційних машин, вимірюваних за допомогою ватметра Д581 класу точності 0,5. Величина утилізованої потужності визначалася по обертовому моменті на водилі L_T , вертикальна вісь обертання якого збігалася з вертикальною віссю непрацюючого тороподібного контейнера вібраційної машини. До водила кріпилися, розташовані в радіальному напрямку, вертикальні пластини, що занурюються в робоче середовище на визначену глибину див. мал. 6. Під впливом напору циркуляційного руху робочого середовища на пластини, на водилі виникав обертовий момент, вимірюваний за допомогою тензOMETричного датчика.

Величина утилізованої потужності визначалася по залежності:

$$N_Y = L_T \omega_T,$$

де ω_T - кутова швидкість обертання водила.

Результати дослідження приведені в таблиці 3 у якій прийняті такі позначення:

M_3 - маса технологічного завантаження;

N_{PY} - питома потужність, що розсіюється в технологічному завантаженні;

$N_{ВД}$ - відносна величина розсіяної потужності, рівна:

$$N_{ВД} = (N_P / N_{3M}) 100\%,$$

де N_P - потужність, розсіяна в технологічному завантаженні;

N_{3M} - потужність, споживана завантаженою вібраційною машиною;

$N_{ВУ}$ - відносна величина утилізованої потужності, рівна:

$$N_{ВУ} = (N_Y / N_P) 100\%.$$

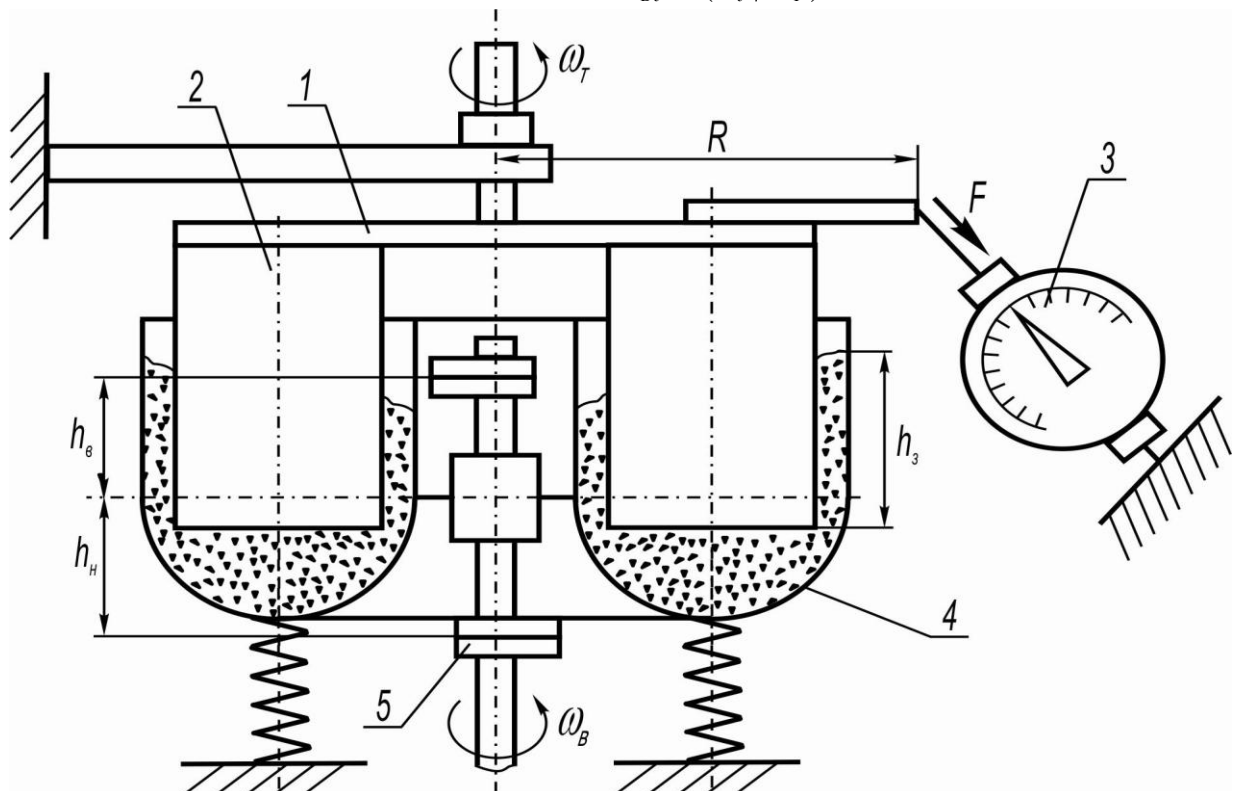


Рис. 6. Схема вимірювання механічних параметрів циркуляційного руху робочого середовища у тороподібних контейнерах: 1 – водило; 2 – пластина; 3 – динамометр; 4 – тороподібний контейнер; 5 – дебалансний вал

Як видно з таблиці 2, при зростанні питомої ваги завантаження, питома потужність, розсіяна в одиниці ваги завантаження зменшується, хоча при цьому відносна величина розсіяної потужності зростає. Збільшення частоти обертання приводного вала вібраційної машини, приблизно в два рази, супроводжується зростанням майже в два рази питомої потужності, розсіяної в технологічному завантаженні. Величина відносної утилізованої

потужності, як правило, зростає при зростанні характерних розмірів гранул робочого середовища. Результати досліджень використовувалися при розробці пристроїв для утилізації кінетичної енергії циркуляційного руху робочого середовища в тороподібних контейнерах вібраційних машин, з метою її перетворення для привода допоміжного шпindelно-планетарного руху оброблюваних деталей.



Результати досліджень використовувалися при розробці пристроїв для утилізації кінетичної енергії циркуляційного руху робочого середовища в тороїдальних контейнерах вібраційних машин, з метою її перетворення для приводу допоміжного шпindelного-планетарного руху оброблюваних деталей.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень, при

використанні інженерної методики розрахунку електромеханічного приводу з відцентровим вібробудувачем була спроектована і виготовлена установка для вібраційного шпindelного-планетарної обробки деталей. В якій, для приводу допоміжних рухів оброблюваних деталей використовується утилізована енергія циркуляційного руху робочого середовища [6].

Таблиця 2

Результати досліджень розсіяної в технологічному завантаженні потужності

| Вібраційна машина | Позначення | Одиниця вимірювання | Робоче середовище | | | | | | | |
|-------------------|------------|---------------------|-------------------|------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| | | | КД-20 | БШК | ШФ-6 | RM-E | ПТ-10 | ПТ-20 | RM-Z | ШС-8 |
| M-09-5 | M_3 | кг | 3,60 | 4,72 | 5,28 | 5,60 | 6,04 | 6,20 | 7,60 | 17,8 |
| | N_{Py} | Вт/кг | 8,70 | 7,50 | 7,60 | 8,00 | 6,80 | 7,30 | 7,60 | 4,00 |
| | N_{Bd} | % | 10,8 | 10,0 | 11,0 | 13,2 | 10,0 | 10,7 | 10,8 | 17,5 |
| BM-08-15 | M_3 | кг | 9,00 | 11,8 | 13,2 | 14,0 | 15,1 | 15,5 | 19,0 | 44,5 |
| | N_{Py} | Вт/кг | 4,40 | 4,20 | 4,20 | 3,80 | 3,60 | 3,50 | 3,50 | 2,60 |
| | N_{Bd} | % | 13,3 | 16,1 | 17,5 | 16,1 | 17,5 | 17,5 | 18,0 | 30,7 |
| BM-06-60 | M_3 | кг | 36,0 | 47,2 | 52,8 | 56,0 | 60,4 | 62,0 | 76,0 | 178,0 |
| | N_{Py} | Вт/кг | 4,90 | 4,70 | 4,30 | | 4,60 | 4,50 | | 3,10 |
| | N_{Bd} | % | 19,3 | 25,0 | 25,5 | | 29,8 | 29,8 | | 39,4 |
| BM-04-100 | M_3 | кг | 72,0 | 94,4 | 106,0 | | 120,8 | 124,0 | | 356,0 |
| | N_{Py} | Вт/кг | | 3,80 | 3,60 | | 3,70 | 2,60 | | 3,60 |
| | N_{Bd} | % | | 29,9 | 35,8 | | 34,6 | 34,8 | | 48,5 |
| | N_{By} | % | | 19,3 | 10,6 | | 14,5 | 15,1 | | 8,20 |

Принципова схема установки для вібраційної шпindelно-планетарної обробки представлена на мал. 7. Установка складається з 2 тороподібних вібраційних машин і карусельного маніпулятора, на якому встановлюється чотири підвіски для оброблюваних деталей із пристроями для надання останнім примусового планетарного руху. Вібраційні машини містять: раму 1, на якій за допомогою пружних елементів 2 встановлюються тороподібні контейнери 3 з електромеханічним приводом і відцентровим вібробудувачем 4, заповнювані робочим середовищем 5. Карусельний маніпулятор, встановлюваний посередині між вібраційними машинами, складається з вертикальної стійки 6 із прикріпленими до неї: пневмоциліндром 7, напрямними 8, коронної 9 і шарнірної 10 втулками. На штоку пневмоциліндра 7, за допомогою упорного підшипника, встановлена палецева хрестовина 11, що у свою чергу жорстко кріпиться до штанги 12, на верхньому кінці останньої жорстко встановлена хрестоподібна траверса 13, на кожному кінці якої знаходяться підвіски для оброблюваних деталей зі шпindelними пристроями. Підвіски встановлюються на траверсі 13 співвісно з вертикальною віссю тороподібного контейнера 3, за допомогою центрального шарніра 14 з вертикальною віссю 15. Крім того, до кожного кінця траверси 13 за допомогою кронштейна 16,

кріпиться центральний нерухомий багатопасовий шків 17 і шумопоглинальний ковпак 18, встановлювані з зазором співвісно з центральним шарніром 14 і вертикальною віссю 15. До нижнього кінця останньої, жорстко кріпиться водило 19, із встановленими на ньому шпindelними пристроями для кріплення оброблюваних деталей. Шпindelні пристрої у свою чергу складаються із шарнірів 20 з вертикальними осями 21, до верхніх кінців яких кріпляться приводні шківні 22, зв'язані з центральним шківом 17 за допомогою пасів 23, а до нижнього - затискачі для кріплення оброблюваних деталей 24.

Установка працює наступним чином. При включенні віброприводів контейнерів, останні починають коливатися по складній просторовій траєкторії, у результаті чого окремі частки робочого середовища починають здійснювати мікро переміщення, що носять стохастичний характер, у той час, як усе середовище в цілому робить сумарний циркуляційний рух по спіралевидній траєкторії уздовж кільцевої осі тороїда і навколо неї. Потік робочого середовища, що здійснює циркуляційний рух, створює динамічний напір, який діє на розміщені в середовищі деталі, встановлені на підвісках, що знаходяться над контейнерами. У результаті чого, з боку середовища на оброблювану деталь діє сила F_k викликана лобовим опором останньої.

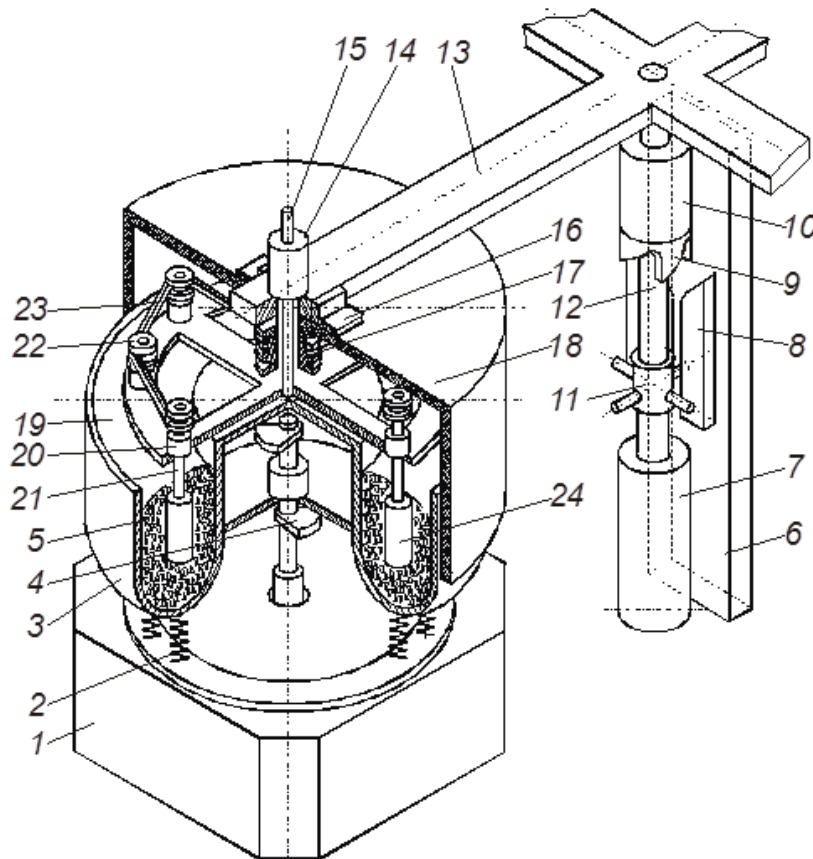


Рис. 7. Конструктивна схема установки для вібраційної шпindelно-планетарної обробки деталей ВШМ-05-100

Аналогічна сила F_k діє і на деталі кріплення оброблюваної деталі до шпindelних пристроїв, що знаходяться в потоці циркуляційного руху робочого середовища під час віброобробки. Під впливом цих сил оброблювана деталь разом зі шпindelними пристроями починає здійснювати рух уздовж кільцевої осі тороїда, що викликає обертання водила навколо його вертикальної осі. Шпindelні пристрої зв'язані за допомогою приводних шківів і ременів з центральним нерухомим багатопасовим шківом і рухаються під напором циркулярного руху, навколо нього, що приводить до обертання шпindelних пристроїв навколо своїх вертикальних осей. Для збільшення обертового моменту на водилі, у пристрої передбачена можливість встановлення вертикальних вітрильних пластин, що кріпляться до водила і занурюються в робоче середовище, з метою збільшення обертового моменту на водилі, на величину моменту від сил лобового опору вищевказаних пластин. У процесі віброобробки шпindelні пристрої обертаються навколо власних вертикальних осей і одночасно з водилом навколо центральної осі, тобто здійснюють планетарний рух. Одночасно, такий же рух здійснює і прикріплені до них оброблювані деталі. У процесі віброобробки деталі постійно повертаються і

встановлюються під різними кутами до напрямку циркуляційного руху робочого середовища, чим забезпечується висока продуктивність і рівномірність обробки всіх ділянок зовнішньої поверхні деталей без пере закріплення. Після закінчення циклу обробки включається пневмоциліндр і його шток починає піднімати пальцеву хрестовину, штангу і хрестоподібну траверсу, при цьому підвіски разом з обробленими деталями витягаються з контейнерів. При досягненні визначеної висоти підйому пальцева хрестовина набігає на коронну втулку і змушує штангу разом із хрестоподібною траверсою повертатися на кут, близький до 75° . При цьому підвіски з обробленими деталями переміщуються на позиції завантаження - вивантаження, а підвіски з новою партією деталей устанавлюються над контейнерами. Після цього пневмоциліндр виключається і хрестоподібна траверса разом зі штоком і підвісками з деталями починає опускатися під дією власної ваги. У процесі опускання пальцева хрестовина набігає на скошену ділянку напрямних і змушує штангу разом із хрестоподібною траверсою повертатися до кута 90° . При подальшому опусканні пальці хрестовини знаходяться між напрямними, що забезпечує опускання водив підвіски разом з деталями строго уздовж вертикальних осей контейнерів. При цьому



деталі занурюються в робоче середовище і починається процес їх віброобробки. у той же час, на двох підвісках, що знаходяться на позиції завантаження - вивантаження роблять заміну оброблених деталей на необроблені. Потім цикл обробки, при необхідності, повторюється. Загальний вид установки представлений на мал. 8.

Порівняльні випробування установки для вібраційної шпиндельно-планетарної обробки деталей, з використанням для привода допоміжного руху оброблюваних деталей, утилізованої енергії потоку циркуляційного руху робочого середовища, проведені в лабораторних умовах, шляхом порівняння

величини питомого металознімання з поверхні зразків з алюмінієвого сплаву АЛ-8, при різних способах кріплення останніх під час віброобробки. Віброобробка зразків проводилася при 4-х способах їхнього кріплення: 1) - обробка "навалом"; 2) - кріплення до нерухомої підвіски; 3) - кріплення до підвіски, яка дозволяла зразкам переміщатися уздовж тороподібного контейнера, під впливом напору циркуляційного руху робочого середовища; 4) - кріплення до підвіски, що надає зразкам примусовий планетарний рух, за рахунок утилізованої енергії циркуляційного руху робочого середовища.

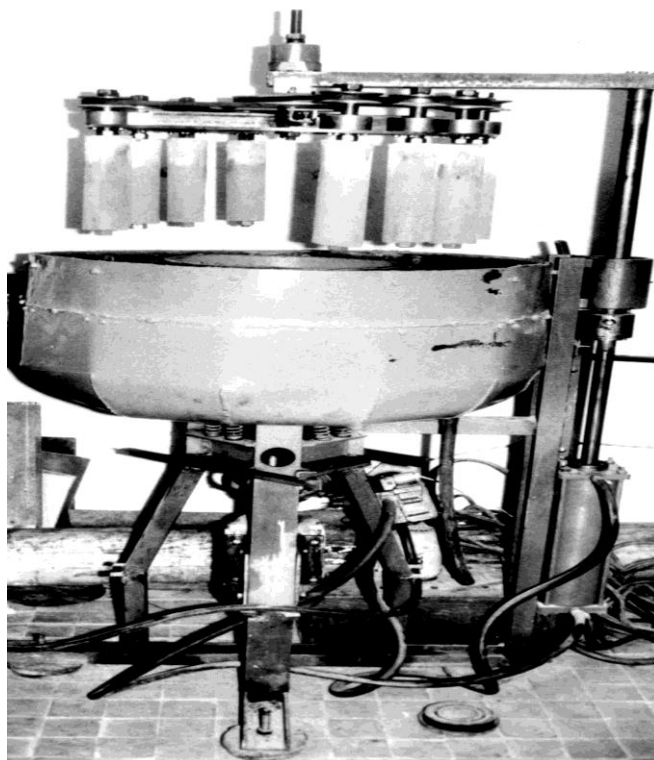


Рис. 8. Загальний вигляд лабораторної установки для вібраційної шпиндельно-планетарної обробки деталей

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

| | |
|---|----------------------|
| лабораторної установки для вібраційної шпиндельно-планетарної обробки деталей | |
| Кількість контейнерів, шт..... | 2; |
| Об'єм одного контейнера, дмЗ | 100; |
| Частота коливачь контейнера, Гц | 24; |
| Амплітуда коливачь, мм | 0-6; |
| Кількість підвісок для оброблюваних деталей, шт | 4; |
| Кількість шпиндельних пристроїв у підвіску, шт | 16; |
| Частота обертання підвіски навколо центральної осі, об/хв. | 1 - 6; |
| Частота обертання шпиндельних пристроїв, об/хв. | 2 - 10; |
| Час обробки однієї партії деталей, хв. | 10 - 120; |
| Потужність електродвигунів, кВт | 2x1,5; |
| Живлення: мережа трифазного струму, напругою, В..... | 380; |
| пневмережа, тиском, МПа | 0,6; |
| Габаритні розміри, мм | 2375x2375x1500/1850; |
| Маса, кг | 1780. |



Таблиця 3

Швидкість питомого металознімання при різних способах кріплення деталей під час віброобробки

| Спосіб кріплення деталі | Розмірність | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Швидкість питомого металознімання | $\frac{мг}{см^2 \cdot год}$ | 0,458 | 0,558 | 0,701 | 0,823 |
| Зростання швидкості питомого металознімання | % | 100 | 128 | 152 | 180 |

Як видно з табл. 3. кількість вилученого з поверхні оброблюваних деталей металу істотно залежить від способу кріплення цих деталей під час обробки. Найменша кількість металу за одиницю часу знімається при обробці зразків "навалом", далі по зростаючій залежності йдуть такі способи кріплення деталей: кріплення до нерухомої підвіски, далі до рухомої підвіски і найбільше питоме знімання металу спостерігається при наданні деталям примусового планетарного руху. Якщо швидкість питомого знімання металу при обробці "навалом" прийняти за 100%, то можна визначити щодо неї, підвищення швидкості питомого знімання металу при інших способах кріплення оброблюваних деталей (див. табл. 3).

Як видно з табл. 3. надання деталям під час вібраційної обробки примусового планетарного руху, за рахунок утилізованої енергії потоку циркуляційного руху робочого середовища привело до підвищення продуктивності процесу віброобробки в 1,8 рази без підвищення загальної енергоємності процесу.

Висновок. З використанням результатів теоретичних і експериментальних досліджень, а також інженерної методики розрахунку електромеханічного привода з відцентровим віброзбуджувачем була спроектована і виготовлена гама вібраційних машин з тороподібними контейнерами робочими об'ємами: 5 л, 15 л, 60 л і 100 л. З використанням результатів досліджень та інженерної методики розрахунку електромеханічного привода з відцентровим віброзбуджувачем була спроектована і виготовлена дослідна лабораторна вібраційна машина для вібраційної шпindelно-планетарної обробки деталей з наданням деталям під час вібраційної обробки примусового планетарного руху, за рахунок утилізованої енергії потоку циркуляційного руху робочого середовища, що привело до підвищення продуктивності процесу віброобробки в 1,8 рази без підвищення загальної енергоємності процесу.

Список використаних джерел

1. Бабичев А.П., Бабичев И.А. Основы вибрационной технологии. Ростов-на-Дону: Изд. центр ДГТУ, 1999. – 624 с.;

2. Бабичев А.П., Мотренко П.Д. Отделочно-упрочняющая обработка деталей многократным виброударным инструментом. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2003. – 192 с.

3. Субач А.П. Динамика процессов и машин объемной обработки. – Рига: Зинатне, 1991. – 400 с.;

4. Гончаревич И.Ф., Фролов К.В. Теория вибрационной техники и технологии. – М.: Наука, 1981. – 319 с.;

5. Берник П.С., Ярошенко Л.В. Вибрационные технологические машины с пространственными колебаниями рабочих органов. – Винница: Издательский центр ВГСХИ, 1998. – 116 с.;

6. Лубенская Л.М., Шумакова Т.А., Ясуник С.Н. Влияние формы абразивных гранул на съем металла с поверхностей образцов различных геометрических форм // Вібрації в техніці та технологіях. – 2007. – №2 (47). – С. 33-37.

7. Карташов И.Н. и др. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах. - К.: Вища школа, 1975. - 188 с.

8. Чубик Р. В. Керовані вібраційні технологічні машини/ Чубик Р. В., Ярошенко Л.В. - Монографія. Вінниця: ВНАУ, 2011. 355 с. ISBN978-966-2462-35-7;

References

1. Babichev A.P., Babichev I.A. Osnovy vibratsyonnoy tehnologii. Rostov-na-Donu: Izd. Tsentra DGTU, 1999. – 624 s.;

2. Babichev A.P., Motrenko P.D. Otdelochno-uprochnyayutshaya obrabotka detaley mnogokratnym vibroudarnym instrymtom. – Rostov-na-Donu: , 2003. – 192 s.

3. Subach A.P. Dynamika protsesov i mashin obyomnoy obrabotky. – Ryga: Zinatne, 1991. – 400 s.;

4. Goncharevich I.F., Frolov K.V. Teoriya vibratsyonnoy tehniki i tehnologii. – M.: Nauka, 1981. – 319 s.;

5. Bernyk P.S. Vibratsionnyye tehnologicheskiye mashyny s prostranstvyennymi kolebaniyamy rabochyh organov/ Bernyk P. S., Yaroshenko L.V. - Vinnitsya.: VNAU, 1998.- 116 s.;

6. Lubenskaya L.M., Shumakova T.A., Yasnyk S.N. Vliyanyye formy abrazivnyh granul na syom metala s poverhnostey obrastsov



razlychnykh geometrycheskykh form // Vibratsii v tehniksi ta tehnologiyah. – 2007. – №2 (47). – S. 33-37.

7. Kartashov I.N. Obrabotka detaley svobodnymy abrazivami v vibriruyutshyh rezervuarah. - K.: Vytsha shkola, 1975. - 188 s.

8. Chubyk R.V. Kerovani vibratsiyni tekhnolohichni mashyny / R.V. Chubyk, L.V. Yaroshenko. - Vinnytsya.: VNAU, 2011. - 355 s.

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ
ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
УТИЛИЗИРОВАННОЙ ЭНЕРГИИ
ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕЙ
СРЕДЫ**

Экспериментально исследовано распределение механической энергии в вибрационных тороидальных машинах с вертикальными приводными дебалансными валами в зависимости от их конструктивных параметров и особенностей рабочей среды. Обоснован вывод о возможности утилизации механической энергии циркуляционного движения рабочей среды этих машин и ее использование для привода вспомогательных движений обрабатываемых деталей. Как установлено в ходе экспериментальных исследований, сообщение обрабатываемым деталям во время виброабразивной обработки принудительного планетарного движения, за счет утилизированной энергии потока циркуляционного движения рабочей среды привело к повышению производительности

процесса обработки в 1,8 раза без повышения общей энергоемкости процесса.

Ключевые слова: виброабразивная обработка, циркуляционное движение рабочей среды, утилизация энергии.

**ENHANCING THE PRODUCTIVITY OF
VIBRATORY PROCESSING OF DETAILS BY
USING THE USE OF DISCARDED ENERGY
CIRCULATION MOVEMENT OF THE WORKING
ENVIRONMENT**

The distribution of mechanical energy in vibratory toroidal machines with vertical driven unbalanced shafts is investigated experimentally, depending on their design parameters and the characteristics of the working environment. The conclusion about the possibility of utilization of mechanical energy circulating movement of the working environment of the machine and its appliance to auxiliary drive movements of the machined parts is substantiated. As established during experimental research, the provision of machined parts during the vibration abrasive treatment of forced planetary motion, due to the utilized energy flow of circulation of the working environment resulted in an increase in the processing efficiency of 1.8 times without increasing the overall energy intensity of the process.

Key words: vibration abrasive processing, circulation of the working environment, energy utilization.

Відомості про авторів

Ярошенко Леонід Вікторович кандидат технічних наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Вінницького національного аграрного університету, Службова адреса: м. Вінниця, вул. Сонячна 3, ВНАУ 21008, e-mail: volvinlv@gmail.com

Ярошенко Леонид Викторович кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики, электротехники и электромеханики Винницкого национального аграрного университета, Служебный адрес: г.. Винница, ул. Солнечная 3, ВНАУ 21008, e-mail: volvinlv@gmail.com

Yaroshenko Leonid Victorovich candidate of technical sciences, associate professor of the department of electric power engineering, electrical engineering and electromechanics of Vinnitsa national agrarian university, Service address: Vinnitsa, st. Sonyachna 3, VNAU 21008, e-mail: volvinlv@gmail.com