

УДК 621.9

## ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КОНВЕЄРНОЇ ВІБРОМАШИНИ ДЛЯ ОБРОБКИ ПРОДУКЦІЇ «НАСИПОМ»

*Паламарчук Ігор Павлович д.т.н., професор*

*Драчишин Вадим Іванович аспірант*

*Паламарчук Владислав Ігорович аспірант*

*Вінницький національний аграрний університет*

*Palamarchuk I.*

*Drachishin V.*

*Palamarchuk V.*

*Vinnitsia National Agrarian University*

*Анотація:* Проведений аналіз методів зміцнюючої обробки виявив ефективність застосування вібраційних та відцентрових технологічних рухів. Розвитком даних технологій та обладнання є використання конвеєрних вібромашин, що дозволяє реалізувати безперервний цикл обробки та мінімізувати енерговитрати.

Комбінований привод поєднує кінематичне віброзбудження і наявність підпружиненої платформи як в динамічному приводі. Це сприяє зменшенню потужності привода (в порівнянні з динамічним віброзбудженням) і покращенню роботи підшипникових вузлів.

Наявність противаги в комбінованому приводі із статичним балансуванням дозволяє при незначному підвищенні потужності привода збільшити надійність роботи вібромашини.

**Ключові слова:** зміцнююча обробка, кінематичне віброзбудження, вібраційно-відцентрова машина, мікронаклеп.

### *Аналіз досліджень і публікацій*

Вібраційно - відцентрова зміцнююча обробка може бути використана для мікронаклепу зовнішніх і внутрішніх поверхонь широкого класу деталей форми тіл обертання, виготовлених як з різних марок сталі, так і з кольорових металів і сплавів, матеріал яких деформується в холодному стані. В якості об'єктів обробки можуть бути робочі органи сільськогосподарських машин, зокрема, ґрунтообробних. Крім зазначених вище виробів, це різноманітні, включаючи і торсіонні, вали й осі, зубчасті колеса, різьбові елементи деталей, черв'яки черв'ячних передач і ходові гвинти, довгомірні деталі типу бурильних колон, силові деталі двигунів внутрішнього згоряння і багато інших деталей. Для даного напрямку досліджень відомі праці наукових шкіл «Львівської політехніки» [3, 5], Дніпропетровського гірничого університету [2], Донецького державного університету, Вінницького національного аграрного університету [1, 4]. Особливо ефективна вібраційно - відцентрова зміцнююча обробка для зміцнення деталей, що піддаються в процесі експлуатації знакозмінною циклічним нагруженням.

На рис. 1 представлена класифікація різних різновидів вібраційно-відцентровою зміцнюючої обробки деталей форми тіл обертання. У якості загальних ознак використані: фіксація оброблюваної деталі; тип обкатного елемента; характер і кількість оброблюваних поверхонь; характер фіксації та наявність обробних тіл; форма обробних тіл; умови тертя в контакті; вид приводу механізму.



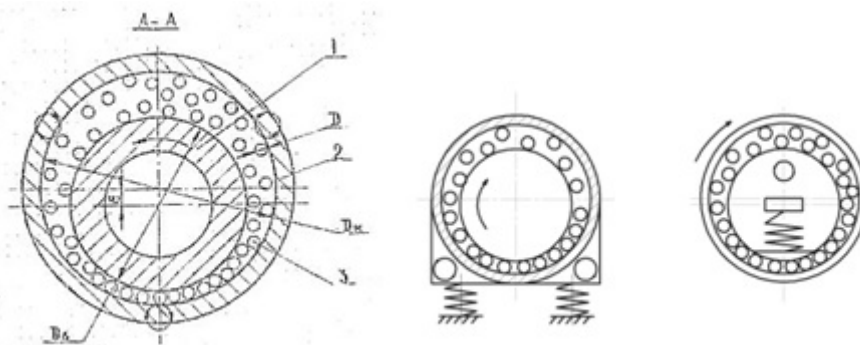
**Рис. 1. Методи вібраційно-відцентрової зміцнюючої обробки деталей**

Представлено широкий спектр використання, різноманітність технологічної та конструктивної реалізації процесів вібровідцентрової обробки, що зумовлюють їх актуальність та перспективи застосування.

### **Викладення основного матеріалу**

Поверхнєве зміцнення деталей форми тіл обертання вібраційно-відцентровою зміцнюючою обробкою може бути реалізовано за кількома принциповими схемами, відмінність яких зводиться до наявності і характером фіксації обробних тіл в процесі обробки: в одному випадку обробні тіла вільно розташовують у контейнері або корпусної деталі, в іншому – фіксують їх з можливістю обертання на обкатнику по зміцнюючим поверхням деталі, у третьому – функція обробних тіл покладено безпосередньо на обкатник. При вібраційно-відцентровій зміцнюючій обробці деталей незафіксованими обробними тілами [1,5], деталь 1 (рис. 2) вільно встановлюють у циліндричний контейнер 2, внутрішня поверхня якого повторює профіль оброблюваної поверхні. Простір між контейнером і деталлю на 0,35 ... 0,50 його об'єму заповнюють обробними тілами 3, наприклад, сталевими загартованими кульками, твердість яких вище твердості матеріалу оброблюваної деталі, передаючи рух обкатки по поверхні, еквідистантним внутрішньої поверхні контейнера. Обкатка деталі відбувається по моношару обробних тіл, що утворюється в процесі її руху. В процесі обкатки деталі відцентрова сила притискає її до контейнера через моношар обробних тіл. У кожен момент часу контакт деталі з поверхнею контейнера відбувається через

незначне число обробних тіл, розташованих уздовж оброблюваної поверхні деталі і внутрішньої поверхні контейнера. Контакт деталі з черговою групою обробних тіл відбувається з ударом, причому вдаряються масами оброблювана деталь і контейнер. Наявність зіткнень оброблюваної деталі з контейнером при контактуванні їх через незначне число обробних тіл призводить до розвитку великих контактних напружень на поверхні деталі в місцях контакту, в результаті чого матеріал виробу пластично деформується та зміцнюється. Безперервне обертання деталі в процесі обкатки навколо своєї геометричної осі сприяє рівномірному покриттю слідами зіткнень всієї оброблюваної поверхні, тобто зміцненню. На поверхнях деталі сліди зіткнень представляються у вигляді окремих хаотично розташованих лунок, рівномірно покривають усю поверхню і перекривають один одного, з гладким днищем, радіус сферичної поверхні яких і шорсткість відповідають радіусу і шорсткості поверхні обробних тіл. Саме така мікрогеометрія обробленої поверхні з її хаотичними заглибленнями, що мають значний радіус западин і незначну шорсткість, є оптимальною з точки зору забезпечення підвищення витривалості і зносостійкості деталі.



**Рис. 2. Принципові схеми барабанної вібраційно-відцентрової машини для зміцнюючої обробки зовнішніх поверхонь деталей форми тіл обертання:  
1 – контейнер або обкатник; 2 – деталь, що обробляється; 3 – обробні тіла**

Вібраційно-відцентрова зміцнююча обробка деталей вільними обробними тілами включає кілька різновидів, що відрізняються один від одного характером впливу на оброблювану поверхню деталі, поверхнею обробки і кількістю одночасно оброблюваних поверхонь.

На рис. 3 а, б представлені принципові схеми ВЦУО зовнішніх поверхонь деталей вільними обробними тілами.

При цьому деталь 2 фіксують жорстко або встановлюють з можливістю обертання навколо своєї геометричної осі на коливній платформі, де розміщують обкатне пристосування 1, внутрішня поверхня якого при співвісному розташуванні з деталлю є еквідистантною оброблюваної поверхні. Простір між деталлю і внутрішньою поверхнею обкатного пристосування на 0,35 ... 0,50 його об'єму заповнюють обробними тілами 3 і надають обкатному пристосуванню рух деталі по моношару обробних тіл. З метою підвищення рівномірності обробки та інтенсифікації процесу зміцнення оброблюваної деталі може бути додатково надано обертання у напрямку, протилежному напрямку обертання обкатного пристосування.

При обробці внутрішніх поверхонь деталей вільними обробними тілами (рис. 3) простір між внутрішньою поверхнею деталі й поверхнею стрижня заповнюють на 0,35 ... 0,50

його обсягу обробними тілами 3 і надають деталі рух обкатки по зовнішній поверхні центрального стрижня по моношару обробних тіл.

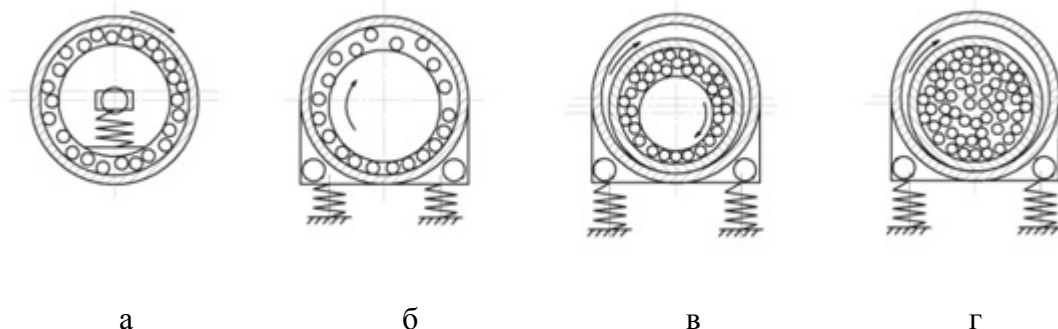


Рис. 3. Принципові схеми вібротомашин для зміцнення внутрішніх поверхонь деталей

В машині представленої на рис. 3в деталь з обкатником й обробними тілами вільно встановлюють в циліндричний контейнер 1 і повідомляють їй обкатку по внутрішній поверхні контейнера. При цьому в обкатку втягується і розташований всередині деталі обкатник, причому обкатка його відбувається по внутрішній поверхні деталі по моношару обробних тіл.

При зміцненні внутрішньої поверхні деталі 2 (рис. 3, г) її внутрішній простір на 0,75...0,80 його об'єму заповнюють обробними тілами 3 і надають деталі рух обкатки її зовнішньою поверхнею по внутрішній поверхні контейнера 1. Зміцнення внутрішньої поверхні деталі в цьому випадку реалізується в результаті зіткнення з нею маси обробних тіл.

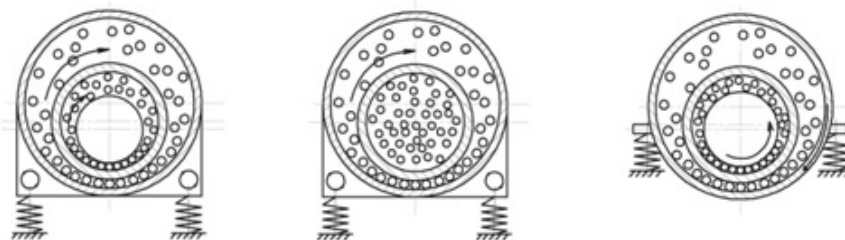
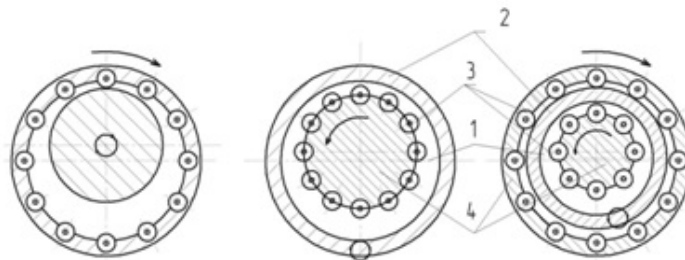


Рис. 4. Вібротомашини для зміцнення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей

Для одночасної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей (рис.4) зміцнення зовнішньої поверхні деталі 2 реалізується в результаті обкатки деталі по внутрішній поверхні контейнера 1 багатощарової маси обробних тіл 3, а зміцнення внутрішньої її поверхні - в результаті обкатки по внутрішній поверхні деталі моношару обробних тіл 3 обкатника 4.

Модифікацією попередніх машин є установка (рис. 5), в якій деталь 2 жорстко фіксують або встановлюють з можливістю обертання на платформі 1, у внутрішню порожнину деталі вільно встановлюють обкатник 4, а на зовнішній її поверхні розташовують обкатне пристосування 5. Простори між деталлю і обкатником, а також деталлю і обкатним пристосуванням на 0,35...0,50 їх обсягу заповнюють обробними тілами 3. Для вібротомашини (рис.6) на платформі 1 закріплюють деталь 2, на зовнішній поверхні якої вільно розташовують обкатник 4 із встановленими в ньому з можливістю обертання навколо

власної осі обробними тілами 3, виконаними у вигляді рівномірно розташованих по колу обкатника роликів, твердість яких вище твердості матеріалу оброблюваної деталі. Обкатнику надають рух по поверхні деталі, одночасно переміщаючи її уздовж твірної. У процесі такого руху обкатник контактує з поверхнею деталі одним з роликів та при контакті з черговим роликом відбувається удар між масивним обкатником і деталлю. Така ударна взаємодія призводить до розвитку в поверхневому шарі матеріалу деталі великих контактних напруг, в результаті чого матеріал деталі пластично деформується та зміцнюється. Обертання обкатника навколо оброблюваної поверхні деталі, а також переміщення обкатника уздовж її сприяють рівномірному її зміцненню. Для підвищення рівномірності обробки при зміцненні циліндричних і конічних поверхонь деталей ролики встановлюють на обкатнику з осьовим зміщенням площин їх обертання, а при зміцненні криволінійних ділянок деталей - з кутовим зміщенням площин обертання.



**Рис. 5. Вібрмашини для зміцнення деталей обкатниками із зафіксованими на них обробними тілами**

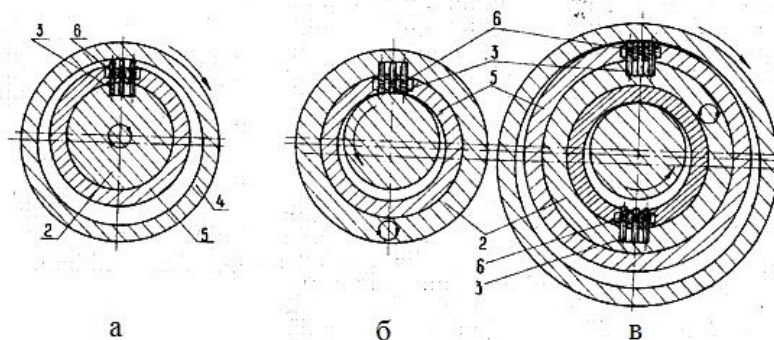
При зміцненні внутрішніх поверхонь деталей (рис. 5, б) обкатник із зафіксованими на ньому обробними тілами у вигляді роликів встановлюють у внутрішній порожнині деталі. При спільному зміцненні зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей один з обкатників розташовують на зовнішній, а інший - у внутрішній порожнині деталі (рис. 5, в).

Зміцнення локальних ділянок деталей типу шпонкових пазів, шліцьових ділянок валів, канавок вібраційно - відцентровою зміцнюючою обробкою здійснюють при використанні вібрмашини, що містять платформу 1, деталі 2 обойми 5, на якій встановлені з можливістю радіального переміщення підпружинені обробні тіла, виконані у вигляді бойків 3 (рис. 6, а). Зверху на обоймі вільно встановлюють обкатник 4, якому в процесі обробки надають рух обкатки по поверхні обойми. Набігаючи при своєму русі на виступаючі за межі обойми бойки та вдаряючись з ними, обкатник переміщує їх в радіальному напрямку до зіткнення з поверхнею оброблюваної деталі. Після того, як обкатник вийде з контакту з бойками, вони повертаються у вихідне положення поворотними пружинами 6. Для забезпечення рівномірності обробки обойм з бойками надають переміщення уздовж геометричної осі деталі, а деталі - осьові коливання з амплітудою, що дорівнює діаметру відбитка на поверхні, що зміцнюється.

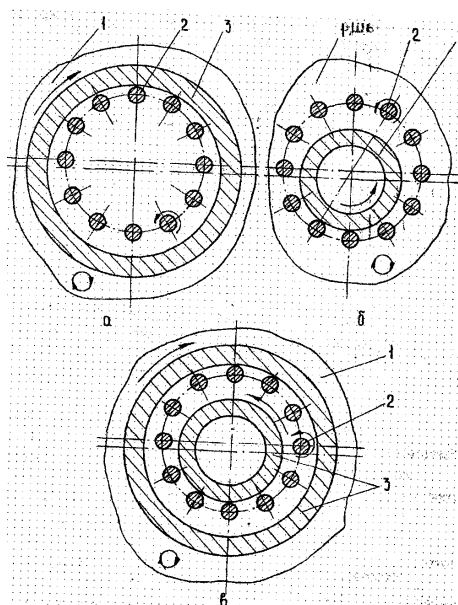
При зміцненні внутрішніх локальних ділянок деталей (рис. 6, б) обойму з бойками і обкатник розташовують у внутрішній порожнині оброблюваної деталі.

Зміцнення великих партій зовнішніх поверхонь малогабаритних деталей форми тіл обертання здійснюють при використанні як деформуючого елемента поверхні обкатника, профіль якого отримано при обертанні лінії, що повторює конфігурацію зміцнюючої поверхні деталі, навколо деякого центру. При цьому деталі 2 рівномірно по колу

розташовують з можливістю обертання навколо власної геометричної осі на платформі 1 (рис. 7, а), встановлюючи їх таким чином, щоб вісь кожної з них була перпендикулярна площині платформи. Обкатнику надають рух обкатки, що відбувається його внутрішньою поверхнею по поверхні, яка охоплює всі розташовані на платформі оброблювані деталі. Рівномірність зміцнення забезпечується за рахунок обертання кожної з деталей навколо власної геометричної осі.



**Рис. 6. Вібрмашина для зміцнення локальних конструктивних елементів деталей**

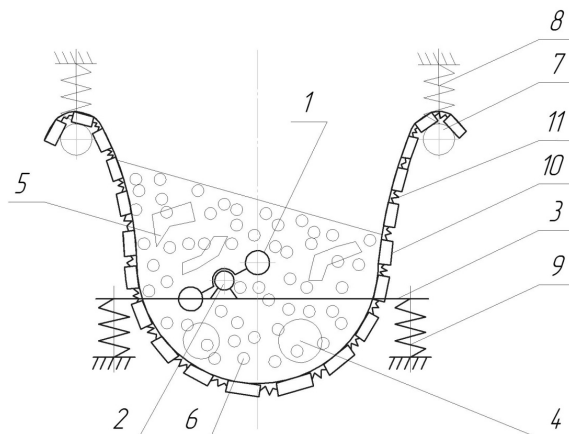


**Рис. 7. Вібрмашини для зміцнення малогабаритних деталей**

У разі конструктивної необхідності, стосовно зменшення габаритів пристрою, обкатник може бути встановлений всередині кола, по якому розташовані на платформі деталі (рис. 7, б). З метою підвищення продуктивності праці на операції зміцнюючої обробки можливе одночасне використання двох обкатників, один з яких розташовують усередині, а другий - зовні кола, по якому розташовані на платформі оброблювані деталі (рис. 7, в).

Можливості забезпечення безперервної віброзміцнюючої обробки реалізуються у проєктованій на базі ВНАУ конвеєрній машині (рис.8), що відзначається наявністю транспортуючого елемента, який служить частиною робочої ємкості та пристроєм для переміщення оброблених деталей. Зміцнююча обробка здійснюється масою вільно

гранульованого середовища сталевих кульок. Центральне розташування кінематичного комбінованого вібробуджувача дозволяє разом з можливістю енергозощадження, при зменшенні коливних мас, забезпечити відсутність «застійних зон» всередині робочого контейнера.



**Рис. 8. Проектована машина: 1 – вісь робочого контейнера; 2 – приводний вал кінематичного вібробуджувача; 3 – платформа; 4 – деталь у вигляді диска; 5 – деталь у вигляді криволінійної лопаті; 6 – робочі кульки; 7 – підвісний стрижень; 8 – пружний елемент стрижня; 9 – пружний елемент платформи; 10 – металізована вставка; 11 – пружний елемент металізованої вставки**

### Висновки

1. На основі аналізу існуючих вібраційних установок для зміцнюючої обробки була розроблена класифікація процесів та обладнання для вібраційно-відцентрового поверхневого мікронаклепу.

2. Для розробленої конвеєрної віброзміцнюючої машини очікується такий технічний і технологічний результат:

- забезпечення віброзміцнюючої обробки поверхні робочих органів сільськогосподарських машин сталевими кульками технологічного завантаження машини;
- створення енергоощадних умов віброзміцнення за використання кінематичного комбінованого вібробудження у проектованій машині;
- реалізація можливості віброконвеєрного способу віброзміцнюючої поверхневої обробки за використання гнучкого транспортуючого елемента машини;
- зменшення остаточних напруг в матеріалі робочого знаряддя сільськогосподарської техніки при використанні пластичного поверхневого деформування;
- підвищення характеристик надійності та експлуатаційної стійкості за комбінованої віброзміцнюючої та поверхнево-пластичної деформуючої обробки.

### Список літератури

1. Берник П.С. Конвеєрні вібраційні машини для оздоблювально-зміцнювальної обробки / П.С. Берник, І.П. Паламарчук.- К.: Вища школа, 1996.- 237с.
2. Франчук В.П. К вопросу учета массы технологической загрузки вибрационной мельницы / В.П.Франчук, А.А.Тарасенко, П.П.Королев. – В сб. научных трудов: Проблемы вибрационной техники. –К.: Наукова думка, 1970.– С. 193-197.
3. Афтаназів І.С. Вібраційно-відцентрова зміцнювальна обробка деталей машин: Монографія / І.С. Афтаназів, П.С.Берник, Р.І. Сивак, О.Д. Клименко // Рекомендовано Вченою Радою Вінницького державного

аграрного університету, протокол №1 від 26.09.2002р. – Вінниця: ВДАУ, 2002. – 235 с.

4. Паламарчук И.П. Исследование динамики механических приводов и технологических возможностей конвейерной вибрационной машины // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – Винница: ВГТУ, 1995.-214 с.

5. Повидайло В.А. Конструкция и расчет вибрационных бункерных питателей с гиперболоидным решетчатым торсионом // Автоматизация процессов в машиностроении и приборостроении / В.А.Повидайло, В.А.Щигель. – Сб. научных работ. – Львов, 1972. – Вып. 12.

### References

1. Beryuk P.S. Konveyerni vibratsiyni mashyny dlya ozdobyvalno-zmitsnyuvalnoyi obrobky / P.S. Beryuk, I.P. Palamarchuk.- K.: Vyshcha shkola, 1996.- 237s.

2. Franchuk V.P. K voprosu ucheta massy tekhnolohycheskoy zahruzky vybratsyonnoy melnytsy / V.P.Franchuk, A.A.Tarashenko, P.P.Korolev. – V sb. nauchnykh trudov: Problemy vybratsyonnoy tekhniky. –K.: Naukova dumka, 1970.– S. 193-197.

3. Aftanaziv I.S. Vibratsiyno-vidtsentrova zmitsnyuvalna obrobka detaley mashyn: Monohrafiya / I.S. Aftanaziv, P.S.Beryuk, R.I. Syvak, O.D. Klymenko // Rekomendovano Vchenoyu Radoyu Vinnytskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu, protokol №1 vid 26.09.2002r. – Vinnytsya: VDAU, 2002. – 235 s.

4. Palamarchuk Y.P. Yssledovanye dynamyky mekhanycheskykh pryvodov y tekhnolohycheskykh vozmozhnostey konveyernoy vybratsyonnoy mashyny // Dyssertatsyya na soyskanye uchenoy stepeny kandydata tekhnicheskyykh nauk – Vynnytsya: VHTU, 1995.-214 s.

5. Povydaylo V.A. Konstruktsyya y raschet vybratsyonnykh bunkernykh pytateley s hyperboloydnyym reshchatyym torsyonom // Avtomatyzatsyya protsessov v mashynostroenyy y pryborostroenyy / V.A.Povydaylo, V.A.Shchyhel. – Sb. nauchnykh rabot. –Lvov, 1972. –Vyp. 12.

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОНВЕЙЕРНОЙ ВИБРОМАШИНЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ «НАСЫПЬЮ»

**Аннотация:** проведенный анализ методов упрочняющей обработки обнаружил эффективность применения вибрационных и центробежных технологических движений. Развитием данных технологий и оборудования является использование конвейерных вибромашин, что позволяет реализовать непрерывный цикл обработки и минимизировать энергозатраты.

Комбинированный привод сочетает кинематическое вибровозбуждение и наличие подпружиненной платформы как в динамическом приводе. Это способствует уменьшению мощности привода (по сравнению с динамическим вибровозбуждением) и улучшению работы подшипниковых узлов.

Наличие противовеса в комбинированном приводе со статической балансировкой позволяет при незначительном повышении мощности привода увеличить надежность работы вибромашин.

**Ключевые слова:** упрочняющая обработка, кинематическое вибровозбуждение, вибрационно-центробежная машина, микронаклеп.

## SUBSTANTIATION OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL SCHEMES CONVEYOR VIBRATION TREATMENT OF PRODUCTS "BULK"

**Summary:** the analysis methods of strengthening treatment showed the effectiveness of vibration and centrifugal technology movements. The development of these technologies and equipment is the use of vibration conveyor that allows for continuous processing cycle and minimize energy consumption.

A combined drive combines a cinematic vibro-excitation with the presence of a spring-actuated platform as it is in the dynamic drive. This one promotes to decrease the power of the drive (comparing to the dynamic vibroexcitation) and to improving of the bearing assemblies work.

The presence of the mass balance in the combine drive with a static balancing permits to increase a reliability of a vibroinstallation work by the slight increasing of the drive power.

**Keywords:** reinforcement processing kinematic vibroexcitation, vibration and centrifugal machine, micro peening.