

ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗМІШУВАЧІВ З ТРИВИМІРНИМ ОБЕРТАННЯМ БАРАБАНУ

Змішувачі з тривимірним обертанням барабану є одними з найбільш ефективних. Проведено аналіз впливу їх основних геометричних параметрів на кінематику. За допомогою моделювання у середовищі SolidWorks проаналізовано кінематичні параметри барабану у трьох площинах. Визначено траєкторії руху, швидкості та прискорення. Встановлено, що вертикальна складова руху циліндричного барабану найбільша. Барабан рухається зі значним прискоренням і швидкою зміною орієнтації. Це може призвести до ударних навантажень у робочому середовищі. Одержані результати допоможуть при визначенні параметрів устаткування залежно від їх функціонального призначення.

Ключові слова: змішувач, тривимірне обертання, сипке середовище.

I.V. PANASYUK, M.G. ZALUBOVSKIY

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

DETERMINATION OF CINEMATIC PARAMETERS OF MIXERS WITH THREE-DIMENSIONAL DRUM ROTATION

Mixers with three-dimensional rotating drum are among the most effective. The analysis of the impact of basic geometric parameters on kinematics.

With SolidWorks Simulation analysis among kinematics parameters drum in three dimensions. Defined trajectory, velocity and acceleration. Found that the vertical component of movement cylindrical drum greatest. The drum moves with considerable acceleration and quick changes in orientation. This can lead to shock in the work environment.

The results will help in determining the parameters of the equipment based on their functionality.

Keywords: mixer, three-dimensional rotation, granular medium.

Вступ

Підвищення ефективності фінішної обробки дрібних деталей та процесів змішування гранульованих та порошкових матеріалів актуальна задача для багатьох галузей промисловості (легкої, хімічної, фармацевтичної, машинобудування та ін.). Один з шляхів розв'язання цієї задачі полягає в інтенсифікації перемішування технологічного середовища у робочих органах технологічного обладнання. Одними з найбільш ефективних видів такого обладнання є змішувачі типу «п'яна бочка» з тривимірним обертанням. Змішувачі типу «п'яна бочка» використовуються для однорідного змішування порошкових речовин з відмінними специфічними масами і розмірами частинок. Вироби змішуються в барабані, який здійснює складний рух. Також є можливість змішувати мокрі і сухі компоненти або різні вологі компоненти. Висока ефективність такого змішувача досягається за рахунок використання обертання, поступального руху та інверсії.

Постановка завдання

Розроблення високопродуктивної техніки для змішування сипких середовищ та для фінішної обробки дрібних деталей з пластмас та металів є актуальною задачею для багатьох галузей промисловості України від легкої, хімічної до фармацевтичної, машинобудування та ін.

Аналіз публікацій [1–7] щодо дослідження кінематики руху барабану з тривимірним обертанням та сипкого середовища в ньому, а також вибору раціональних параметрів змішувачів типу «п'яна бочка» показав, що практично відсутні систематизовані вичерпні дані та чіткі рекомендації. Особливості кінематики руху робочої ємкості та приводу накладають специфічні вимоги при їх проектуванні. Тому задача дослідження кінематики та визначення конструктивних розмірів машини, необхідних для її повноцінної роботи та виконання технологічних операцій є актуальною.

Результати досліджень та їх обговорення

Схема змішувача (без приводу) представлена на рис. 1 і складається з корпусу машини – 1, вхідного (ведучого) валу – 2, вилки № 1 – 3, робочої ємкості (циліндричний барабан) – 4, вилки № 2 – 5, вихідного (веденого) валу – 6.

Дослідження проводилось в САПР SolidWorks, кінематичне дослідження в розділі SolidWorks Motion. Для цього було сконструйовано усі деталі машини, проведено її "зборку" (рис. 1). Задавались довільними розмірами конструкції. Задавались довільними розмірами конструкції: міжосьова відстань циліндричного барабану $DC=77$ мм; радіус вилки $AD=BC=77$ мм; сумарна довжина радіусу вилки та міжосьової відстані барабану $AC=154$ мм; зовнішній діаметр циліндричного барабану $d=95$ мм.

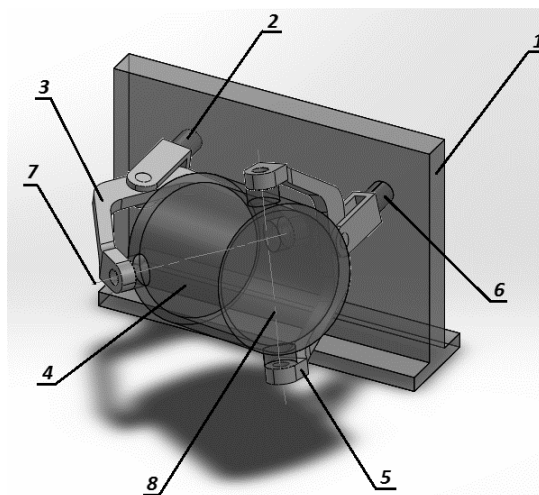


Рис. 1. Схема змішувача з тривимірним обертанням робочої ємкості: 1 – корпус машини, 2 – вхідний (ведучий) вал, 3 – вилка № 1, 4 – робоча ємкість (циліндричний барабан), 5 – вилка № 2, 6 – вихідний (ведений) вал

Проведено дослідження руху ведучого та веденого валів, визначено їх кутові швидкості та прискорення, проаналізовано складний просторовий рух циліндричного барабану. Було виявлено, що вали обертаються в різних напрямках. Ведучий вал обертається зі сталою кутовою швидкістю, в даному випадку 100с^{-1} (600 град/с), тоді кутове прискорення валу відсутнє.

Визначено кутову швидкість веденого валу (рис. 2).

Як показано на рис. 2, кутова швидкість веденого валу не є сталою та змінюється впродовж одного його оборту від мінімального значення 297 град/с, до максимального – 1212 град/с. Причому така зміна відбувається двічі за один оберт валу.

Визначимо прискорення веденого валу (рис. 3)

Проаналізуємо складний просторовий рух циліндричного барабану. Цей рух складається з чотирьох простих складових рухів, а саме за один оберт ведучого валу відбувається один повний поворот циліндричного барабану навколо похвильної осі, два зворотно-поступальні профільні рухи (вперед-назад), два зворотно-поступальні фронтальні рухи (вверх-вниз) та два зворотно-поступальні горизонтальні рухи (вліво-вправо). Інакше кажучи, барабан прямолінійно переміщується одразу по трьох координатах та обертається навколо власної осі.

Для дослідження кожної складової прямолінійного руху барабану задасмося трьома фіксованими взаємно перпендикулярними площинами, котрі перетинатимуться на початку

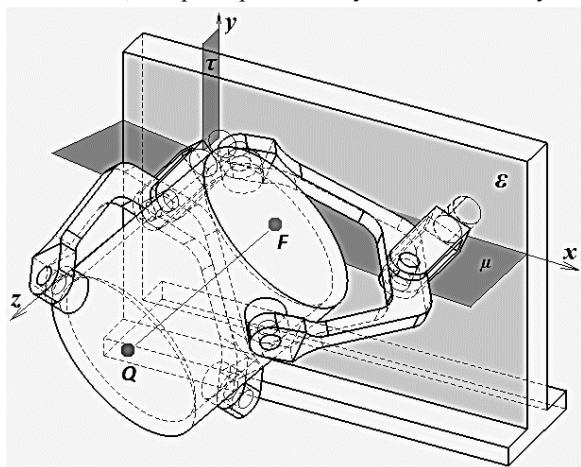


Рис. 4. Розрахункова схема змішувача

Як бачимо, точка Q виконує зворотно-поступальний рух паралельно осі координат z на відстані 54 мм, змінюючи напрямок свого руху в кінці кожної чверті обороту ведучого валу (рис. 5). Закон руху близький до гармонічного.

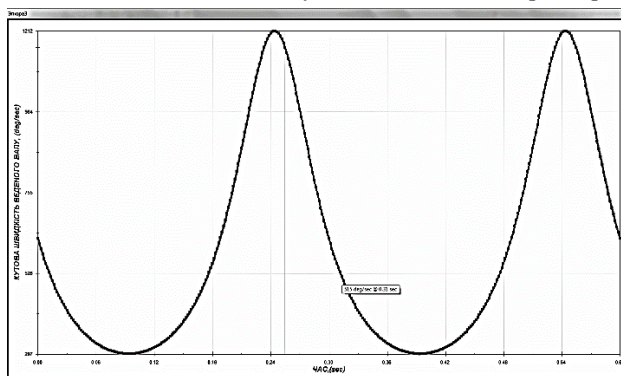


Рис. 2. Зміна кутової швидкості веденого валу за один його повний оберт

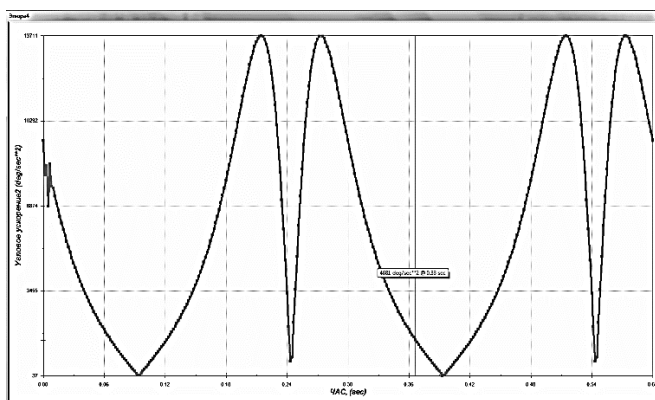


Рис. 3. Зміна кутового прискорення веденого валу за один його повний оберт

абсолютної системи координат x, y, z (рис. 4): фронтальна площина ε (вертикальна грань корпусу машини), горизонтальна площина μ , яка співпадає з осями ведучого та веденого валів та профільна площина τ (співпадає з віссю обертання ведучого валу), а також позначимо на циліндричному барабані дві фіксовані точки Q та F , кожна з яких співпадатиме з центром торців циліндричного барабану (на кінцях осі циліндру).

При дослідженні значень переміщень, швидкостей та прискорень складових прямолінійних рухів будемо визначати їх як рухи фіксованої точки на торці барабану відносно кожної взаємно перпендикулярної площини.

Визначимо значення цих зворотно-поступальних рухів. Точки Q та F переміщуються вперед та назад горизонтально (паралельно осі координат z). Визначимо значення зміни цього переміщення, як горизонтальну складову руху точки Q відносно фронтальної площини ε .

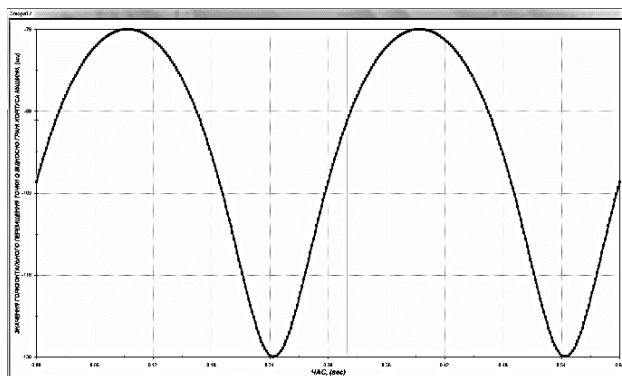


Рис. 5. Горизонтальна складова руху точки Q відносно фронтальної площини ε

Визначимо значення зміни поступальної швидкості, як горизонтальну складову руху точки Q (паралельно осі координат z) відносно фронтальної площини ε (рис. 6).

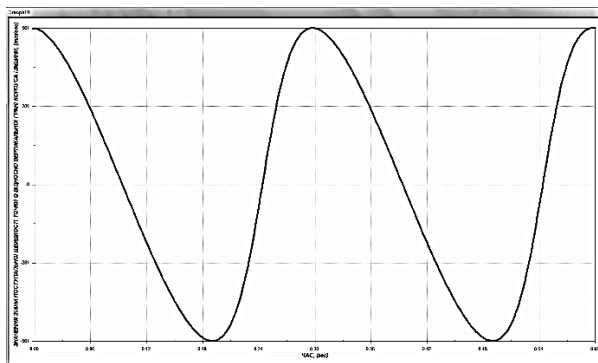


Рис. 6. Зміна поступальної швидкості точки Q (паралельно осі координат z) відносно фронтальної площини ε

Максимальна поступальна швидкість точки Q при русі паралельному осі координат z відносно фронтальної площини ε , при частоті обертання ведучого валу в 100 хв^{-1} становитиме 561 мм/с .

Визначимо значення зміни поступального прискорення як горизонтальну складову руху точки Q (паралельно осі координат z) відносно фронтальної площини (рис. 7).

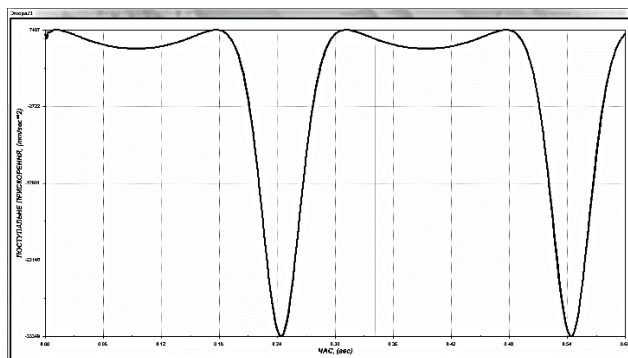


Рис. 6. Зміни поступального прискорення точки Q (паралельно осі координат z) відносно фронтальної площини

Максимальне поступальне прискорення точки Q при русі паралельному осі координат z відносно фронтальної площини ε , при частоті обертання ведучого валу в 100 хв^{-1} становитиме 33349 мм/с^2 .

В той же час, точки Q та F переміщуються вгору та вниз горизонтально (паралельно осі координат y). Визначимо значення зміни цього переміщення як вертикальну складову руху точки F відносно горизонтальної площини μ , яка співпадає з осями ведучого та веденого валів (рис. 8).

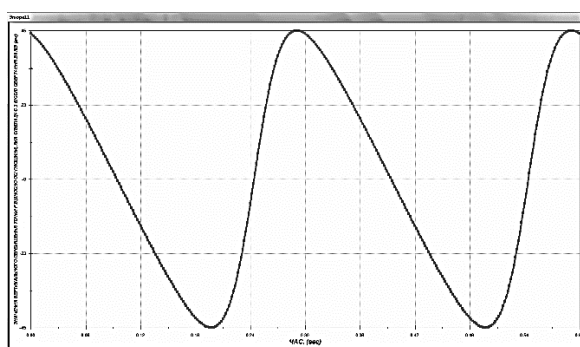


Рис. 8. Трасекторія руху точки F відносно горизонтальної площини μ

Як бачимо точка F , виконує зворотно-поступальний рух (рис. 8), який паралельний осі координат y на відстані 90 мм , змінюючи напрямок свого руху в кінці кожної чверті обороту ведучого валу. Амплітуда переміщення точки F відносно горизонтальної площини μ в обидва боки має однакові значення 45 мм . З даного закону руху можна зробити висновок, що точка F зазнає доволі різкої зміни орієнтації в просторі наприкінці кожної половини обороту валу.

Визначимо значення зміни поступальної швидкості як вертикальну складову руху точки F (паралельно осі координат y) відносно горизонтальної площини μ (рис. 9).

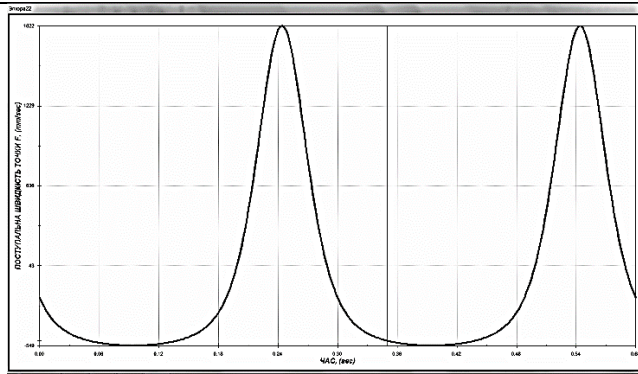


Рис. 9. Зміни поступальної швидкості точки F паралельно осі координат u , відносно горизонтальної площини μ

Максимальна поступальна швидкість точки F при русі паралельно осі координат u відносно горизонтальної площини μ , при частоті обертання ведучого валу в 100 хв^{-1} становитиме 1822 мм/с .

Визначимо значення зміни поступального прискорення як вертикальну складову руху точки F (паралельно осі координат u) відносно горизонтальної площини μ (рис. 10).

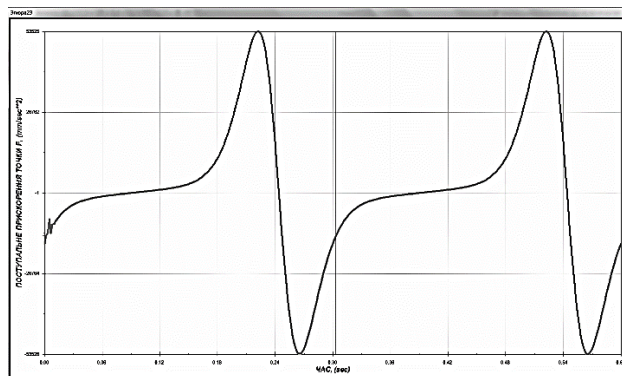


Рис. 10. Зміна поступального прискорення точки F паралельно осі координат u , відносно горизонтальної площини μ

Максимальне поступальне прискорення точки F при русі паралельно осі координат u відносно горизонтальної площини μ , при частоті обертання ведучого валу в 100 хв^{-1} становитиме 53525 мм/с^2 . Значення прискорення досягає однакового максимального значення при русі точки F як вгору так і вниз.

Також присутнім є зворотно-поступальне переміщення точок Q та F вправо та вліво (паралельно осі координат x). Визначимо значення зміни цього переміщення як складову руху точки Q , яке паралельно осі координат x відносно профільної площини τ (рис. 11).

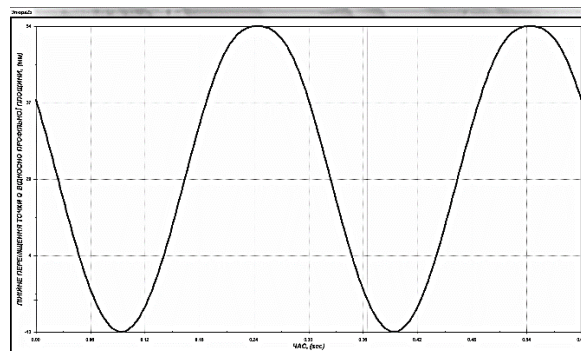


Рис. 11. Переміщення точки Q паралельно осі координат x , відносно профільної площини τ

Як бачимо, точка Q виконує зворотно-поступальний рух паралельно осі координат x на відстані 67 мм , змінюючи напрямок свого руху в кінці кожної чверті обороту ведучого валу. Амплітуда переміщення точки Q відносно профільної площини τ в обидва боки має різні значення. В один бік точка Q віддаляється на 13 мм відносно профільної площини τ , а в інший – на 54 мм . Закон руху близький до гармонічного.

Визначимо значення зміни поступальної швидкості (напрямок – паралельний осі координат x), як складову руху точки Q , відносно профільної площини τ (рис. 12).

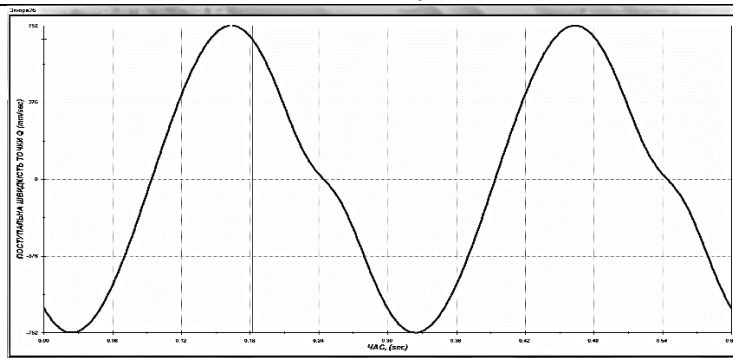


Рис. 12. Зміни поступальної швидкості точки Q паралельно осі координат x , як складову руху відносно профільної площини τ

Максимальна поступальна швидкість точки Q , напрям котрої паралельний осі координат x , відносно профільної площини τ , при частоті обертання ведучого валу в 100 хв^{-1} становитиме 752 мм/с . Значення швидкості досягає однакового максимального значення при русі точки Q як вправо так і вліво.

Визначимо значення зміни поступального прискорення (напрямок котрого паралельний осі координат x) як складову руху точки Q , відносно профільної площини τ (рис. 13).

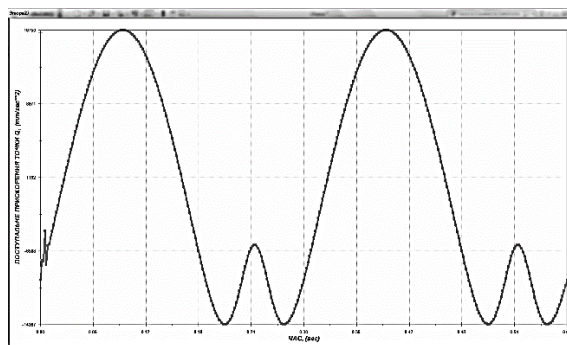


Рис. 13. Зміни поступального прискорення точки Q (напрямок паралельний осі координат x), відносно профільної площини τ

Максимальне поступальне прискорення точки Q , напрям якого паралельний осі координат x , відносно профільної площини τ , при частоті обертання ведучого валу в 100 хв^{-1} становитиме 16750 мм/с^2 .

Висновки

При порівнянні кінематичних характеристик трьох поступальних рухів, можна зробити висновок, що вертикальна складова руху циліндричного барабану значно інтенсивніша за інші дві складові, адже у вертикальній русі виникає значне прискорення, яке майже в два рази більше за прискорення в горизонтальному русі та в три рази більше за прискорення в русі, котре паралельне осі x . Таке прискорення здатне викликати великі сили інерції, що діятимуть на внутрішній вміст барабану. А швидка зміна орієнтації циліндричного барабану в просторі фактично на кінці кожної четверті обороту валу здатна викликати удар у робочому середовищі барабану. Ці особливості треба враховувати при визначенні параметрів устаткування залежно від їх функціонального призначення (фінішна обробка, змішування, диспергування).

Література

1. Панасюк І.В. Особливості оздоблювально-зачишувальної обробки деталей легкої промисловості технологічним середовищем / І.В.Панасюк, О.П. Бурмістенков, М.Г. Залюбовський // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки – 2013. – №3. – С. 190-194.
2. Панасюк І.В. Визначення деяких конструктивних параметрів змішувачів з тривимірним обертанням барабану / І.В.Панасюк, М.Г. Залюбовський // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2013. – №5. – С. 76-81.
3. Оборудование для переработки сыпучих материалов: учебное пособие / [В.Я. Борщев, Ю.И. Гусев, М.А. Промтов, А.С. Тимонин]. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 208 с.
4. Arratia P. E., A study of the mixing and segregation mechanisms in the Bohle Tote blender via DEM simulations / P. E. Arratia, Nhat-hang Duong, F.J. Muzzio, P. Godbole, S. Reynolds // Powder Technology. – 2006. – Volume 164, Issue 1. – P. 50-57
5. Alonso M. Powder coating rotary mixer rocking motion / M. Alonso, M. Satoh, K. Myanami // Powder Technology. – 1988. – № 56 – P.135-141.
6. Смеситель инерционный пространственный // Информ. листок № 345-82, Татарский ЦНТИ, -Казань, 1982. - 3 с.
7. Силовой анализ семизвенного инерционного пространственного смесителя // Совершенствование использования с.-х. техники. Сб. науч. трудов в 2-х частях. Ч 2. – Казань, 1988. – С. 68-75.

1. Panasjuk I.V. Osoblivosti ozdobljuval'no-zachishhuval'noї obrobki detalej legkoї promislovosti tehnologichnim seredovishhem / I.V.Panasjuk, O.P. Burmistenkov, M.G. Zaljubovskij // Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu. Tehnični nauki – 2013. – №3. – S. 190-194.
2. Panasjuk I.V. Vznachennja dejakih konstruktivnih parametriv zmishuvachiv z trivimirnim obertannjam barabanu / I.V.Panasjuk, M.G. Zaljubovskij // Visnik Kiїvs'kogo nacional'nogo universitetu tehnologij ta dizajnu – 2013. – №5. – S. 76-81.
3. Oborudovanie dlja pererabotki supuchih materialov: uchebnoe posobie / [V.Ja. Borshhev, Ju.I. Gusev, M.A. Promptov, A.S. Timonin]. – M.: «Izdatel'stvo Mashinostroenie-1», 2006. – 208 s.
4. Arratia P. E., A study of the mixing and segregation mechanisms in the Bohle Tote blender via DEM simulations / P. E. Arratia, Nhat-hang Duong, F.J. Muzzio, P. Godbole, S. Reynolds // Powder Technology. – 2006. – Volume 164, Issue 1. – P. 50-57
5. Alonso M. Powder coating rotary mixer rocking motion / M. Alonso, M. Satoh, K. Myanami // Powder Technology. – 1988. – № 56 – R.135-141.
6. Smesitel' inercionnyj prostranstvennyj // Inform. listok № 345-82, Tatarskij CNTI, -Kazan', 1982. - 3 s.
7. Silovoj analiz semizvennogo inercionnogo prostranstvennogo smesitelja // Sovershenstvovanie ispol'zovanija s.-h. tehniki. Sb. nauch. trudov v 2-h chastjah. Ch 2. – Kazan', 1988. – S. 68-75.

Рецензія/Peer review : 6.11.2013 р. Надрукована/Printed :21.11.2013 р.

Рецензент: Бурмістенков О.П., д.т.н., проф., професор кафедри електромеханічних систем Київського національного університету технологій та дизайну

УДК 620.17

А.И. АЛИЕВ

РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», г. Симферополь

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Рассмотрены методики определения трибохарактеристик процесса трения двух твердых тел в присутствии «третьего тела» (смазочного материала). Предложен способ определения коэффициента трения путем модернизации существующей методики определения коэффициента относительной адгезионной активности фрикционной пары.

Ключевые слова: коэффициент трения, адгезия, фрикционная пара.

A.I. ALIEV

Republican Higher Educational Institution “Crimean Engineering-Pedagogical University”, Simferopol', Ukraine

EXPERIMENTAL METHODOLOGY FOR QUANTIFYING TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF LUBRICANT

Abstract - The aim of the research - to explore the possibility of comparing the tribological properties of the oils offered as metalworking fluids with the aid of techniques provides not only quality, but also a quantitative assessment of the effectiveness of the lubricant.

In our opinion, the horizontal portion of the experimental curve at first test characterizes the carrying capacity of lubricating films in friction units. In vegetable oils is noticeably longer than that of mineral oil, lubricating films and hence longer retain their effectiveness.

Thus, the determination of the coefficients of friction by the proposed method of quantitative evaluation of the tribological properties of oils allowed to get a better idea of the effect of lubricants on the surfaces of frictional contact.

Keywords: tribological properties, lubricant, frictional contact.

Постановка задачи

Изучение особенностей процесса трения и адгезионного взаимодействия продолжает привлекать внимание многих исследователей. Это вызвано, прежде всего, необходимостью определения основных закономерностей, управляющих этими процессами. На сегодняшний день существуют различные системы взглядов на природу процесса трения и на его главный фактор – адгезию. В связи с этим целью данной работы ставится анализ этих систем и выявление наиболее приемлемой методики, позволяющей осуществлять выбор смазочного материала для заданной фрикционной пары.

Анализ исследований и публикаций

Среди существующих методик определения степени влияния СОТС на адгезионные характеристики контакта при трении [1] рассмотрим три методики, позволяющие получить необходимые данные о взаимодействии обрабатываемого и инструментального материалов в присутствии масел.

Известно [2], что коэффициент трения в общем виде имеет две составляющие: адгезионную и деформационную. При этом:

$$f = f_{адг} + f_{деф},$$

Деформационная составляющая $f_{деф}$ коэффициента трения может быть рассчитана на основании механики сплошных сред, а адгезионная равна:

$$f_{адг} = \frac{\tau_n}{\rho_r},$$

где τ_n – прочность на срез связей образуемых на поверхностях раздела;