

Табл. Результати розрахунку повного об'ємного всихання зразків деревини акації

№ зразка	Повне об'ємне всихання, %									контрольний зразок
	температура 80°C			температура 100°C			температура 120°C			
	тривалість, год			тривалість, год			тривалість, год			
	96	144	192	96	144	192	96	144	192	
1	14,20	14,37	15,55	15,24	15,26	14,23	14,79	15,61	18,05	15,81
2	14,66	14,42	15,19	14,92	14,41	15,64	15,51	15,93	17,65	15,93
3	14,33	14,41	15,43	14,77	14,67	14,99	15,69	15,18	17,56	15,41
4	13,94	14,13	15,33	15,72	15,18	15,28	14,99	15,43	17,19	14,68
5	14,37	14,06	15,75	15,26	14,93	15,32	15,99	15,61	17,24	14,83
6	13,88	13,74	16,04	15,87	14,99	15,01	15,40	15,37	17,00	15,02
7	13,81	14,31	15,84	15,75	15,51	14,89	15,10	16,71	17,44	15,09
8	14,02	15,52	15,75	15,83	15,14	15,04	15,35	15,81	16,83	14,93
9	13,65	15,43	16,01	15,58	14,81	14,92	14,89	16,04	17,31	14,78
10	14,37	15,48	15,97	15,94	14,66	15,22	14,96	15,55	17,61	14,84
11	14,56	15,42	16,14	15,54	14,70	15,27	14,83	15,25	17,07	14,52
12	14,25	15,73	15,74	15,31	14,79	14,99	14,28	15,75	17,00	14,99
13	14,61	15,19	16,18	15,17	14,45	14,73	14,94	19,89	16,99	14,11
14	14,94	14,67	14,51	15,27	14,31	15,53	14,14	22,82	16,87	14,58
15	14,83	15,30	15,34	15,42	14,58	14,95	14,33	27,87	16,42	14,44
16	15,17	15,38	14,60	15,79	14,39	15,57	14,68	25,50	17,49	14,74
17	15,25	15,68	15,02	15,56	14,26	15,25	14,77	16,84	17,18	15,28
18	15,27	16,39	15,21	15,54	14,89	15,62	14,56	16,09	17,28	14,96
19	14,81	16,10	14,86	15,67	14,78	15,72	14,23	16,18	16,34	14,71
20	14,98	15,39	14,67	15,56	14,87	15,75	14,60	16,27	17,19	14,03
Середнє	14,49	15,06	15,46	15,49	14,78	15,20	14,90	17,49	17,19	14,88

За результатами оброблення експериментальних даних отримано рівняння з визначення повного об'ємного всихання деревини акації β_{\max} , %:

$$\beta_{\max} = 19,27 - 0,09 \cdot T - 0,02 \cdot \tau + 0,0003 \cdot T^2 - 0,000022 \cdot \tau^2 + 0,00036 \cdot T \cdot \tau,$$

де: T – температура пропарювання, °C; τ – тривалість пропарювання, год.

Із залежностей, представлених на рис. 10-11 видно, що із підвищення температури та тривалості пропарювання значення повного всихання деревини акації збільшуються. Однак істотне збільшення спостерігаємо лише за температури 120 °C.

Висновки. За результатами експериментальних досліджень встановлено:

1. Із підвищенням температури та тривалості процесу пропарювання всихання деревини акації збільшується.
2. Пропарювання за температури 80-100 °C істотно не впливає на величину всихання. Видимі зміни спостерігаємо за температури 120 °C, що, імовірно, зумовлено хімічними змінами в структурі деревини.
3. Величина всихання починає збільшуватися після 144 год процесу пропарювання за температури 120 °C.
4. За допомогою рівняння можна визначити повне всихання деревини акації залежно від режимних параметрів процесу пропарювання.

5. Отримане рівняння дає можливість прогнозувати значення повного всихання деревини акації, яка пройшла термічне оброблення паром за температури 80-120 °C.

Література

1. Губер Ю.М. Експериментальні дослідження зміну кольору деревини в процесі пропарювання / Ю.М. Губер, Ж.Я. Гуменюк // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.9. – С. 98-105.
2. Губер Ю.М. Закономірності зміни фізико-механічних властивостей деревини акації в процесі пропарювання / Ю.М. Губер, Ж.Я. Гуменюк, В.В. Стародуб // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.3. – С. 106-114.

Губер Ю.М., Гуменюк Ж.Я., Хиноцький А.К. Экспериментальные исследования изменения усушки пропаренной древесины акации

Приведены методики и результаты экспериментальных исследований изменения усушки пропаренной древесины акации. Получены математические и графические зависимости полной объемной усушки древесины акации от режимных параметров процесса тепловой обработки.

Huber Yu.M., Humenyuk Zh.Ya., Hinotskiy A.K. Experimental investigation of shrinkage changes of the steamed acacia wood

Methods and results of experimental investigation of the shrinkage changes of the steamed acacia wood are given. Mathematical and graphic dependence of full volume shrinkage of acacia wood on regime parameters of the heating process are received.

УДК 674.053:621 Аспір. А.Б. Пилип'як¹; доц. Л.Ф. Дзюба², канд. техн. наук; проф. І.Т. Ребезнюк, д-р техн. наук

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ВУЗЬКИХ ПИЛОК СТРІЧКОПИЛКОВИХ ВЕРСТАТІВ

Виконано аналіз робіт, у яких досліджено складники та чинники, що позначаються на працездатності стрічкових пилок. Визначено напрями дослідження щодо підвищення працездатності вузьких пилок стрічкопилкових верстатів.

Ключові слова: стрічкова пила, працездатність, чинники, міцність полотна пилки, напруження у пилці.

Вузькі стрічкові пилки широко використовують на сучасних деревообробних підприємствах для розпилювання колод на дошки та бруси. На верстаті стрічкову пилку встановлюють на два пилкових шківів і натягують. Натягування зумовлене тим, що потрібно забезпечити певну жорсткість і стійкість пилки, протидіяти збіганню пилки зі шківів та передати колове зусилля, яке дорівнює головному складникові сили опору різанню. Жорсткість і стійкість пилки та протидію збіганню пилки зі шківів забезпечують за порівняно малих сил натягу. Силу натягу стрічкової пилки обґрунтовують, виходячи переважно з передавання колового зусилля [1-3].

Під час експлуатування стрічкова пила досить часто втрачає свою працездатність. Працездатність вузької стрічкової пилки – це такий стан пил-

¹ НЛТУ України, м. Львів;

² Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

ки, який характеризує її здатність виконувати потрібні функції. Працездатність стрічкової пилки залежить від низки складників та чинників (рис.), основні з яких: міцність пилки; тривкість зубців пилки проти спрацювання; незрівноважені бокові складники сили різання; напруження в полотні пилки; поперечна жорсткість пилки; стійкість пилки [1-3].

Перехід стрічкової пилки з працездатного стану в непрацездатний є відмовою [4]. Причини відмов пилки можуть проявлятися монотонно (тертя, спрацювання, утомні процеси) і раптово (зламування зубців, бокове відгинання тіла пилки, перегрівання тіла пилки). Відмови пилки можна розділити на такі, які легко можна усунути, щоб уникнути втрати працездатності, й такі, які складно усунути і які призводять до втрати пилкою працездатності.

Відмови стрічкових пилки належать до маловивчених явищ. Це зумовлено великою кількістю випадкових і не випадкових чинників, які спричиняють відмови та втрату працездатності. Тому підвищення працездатності стрічкових пилки, зокрема вузьких для розпилювання колод, є надзвичайно актуальним завданням.



Рис. Складники та чинники, які позначаються на працездатності стрічкової пилки

Фундаментальними науковими працями щодо підвищення працездатності стрічкових пилки є роботи вчених І.Т. Ребезнюка, О.Є. Феоктистова, Г.П. Прокоф'єва, В.В. Солов'єва, В.К. Шилько [1-3, 5-7]. У роботі [1] досліджено проблеми раціональної взаємодії зубців стрічкової пилки з анізотропною деревиною, особливості розведення та загострення зубців пилки. У роботі [2] розглянуто різні типи стрічкопилкових верстатів та їхніх конструкцій, описано особливості експлуатації стрічкових пилки, подано основи розрахунку міцності стрічкових пилки. У роботі [3] проаналізовано чинники, які обмежують підвищення продуктивності пиляння деревини стрічковими пилками, шляхи підвищення довговічності стрічкових пилки. У роботі [5]

розглянуто підвищення ефективності використання дереворізальних пилки створенням умов, які забезпечують їхню довговічність завдяки скороченню непродуктивних втрат (руйнування). У праці [6] досліджено особливості підготовки вузьких стрічкових пилки до роботи, зокрема підвищення тривкості зубців цих пилки проти спрацювання. У роботі [7] запропоновано нові конструкції механізмів різання стрічкопилкових верстатів на основі довгих контактів тертя.

У роботах [1-3, 6] зазначено, що міцність, втомна міцність пилки та тривкість зубців пилки проти спрацювання істотно залежать від марки сталі, з якої виготовлено інструмент. Щоб підвищити період тривкості пилки, використовують два методи зміцнення лез зубців: оснащують матеріалами, тривкими до спрацювання та застосовують зміцнювальні технології [6]. У роботах [1, 6] також зазначено, що асиметричне навантаження зубців, які розведені в протилежні боки через один нерозведений зубець, спричиняє неоднакове зменшення величини розведення цих зубців, що може стати причиною збільшення хвилястості пропилю.

У роботах [1-3, 5, 7-11] зазначено, що під час пиляння напруження пилки зумовлене як силою натягу, так і згинанням пилки на шківках, відцентровими силами інерції, силами різання, нахилом шківів та температурними напруженнями [1-3]. Напруження пилки, під час її руху на шківках і пиляння, може змінюватися також через радіальне биття ободів шківів чи через велику інерційність важкого пилкового шківка [2].

Для зменшення рівня напружень у полотні стрічкової пилки, у роботі [7] запропоновано нові моделі механізмів різання стрічкопилкових верстатів, в яких замість одного двигуна на одному тяговому шківі встановлюють по одному двигуна на кожному зі шківів. До того ж обертання електродвигунів синхронізують гнучкою в'яззю, якою є стрічкова пилка. За твердженням авторів [10], використовуючи нові схеми механізмів різання, можна зменшити рівень напруження від сили попереднього натягу вдвічі. Однак такі схеми механізмів різання містять багато додаткових конструктивних елементів (гальмівні та урухомлювальні напрямні пристрої, проміжні гнучкі тягові робочі органи), які істотно ускладнюють конструкцію механізмів різання. Тому такі стрічкопилкові верстати сьогодні не значно поширені на виробництві.

Міцність стрічкової пилки визначають за сумарним напруженням у полотні, яке, згідно з [2, 3], не повинно перевищувати 400-500 МПа за коефіцієнта запасу міцності $n = 2$. Якщо врахувати, що напруження в полотні пилки змінюються циклічно, то їхній рівень за [9] – 350-560 МПа. За небезпечний переріз приймають місце з'єднання кінців стрічкової пилки (переважно місце електроконтактного зварювання). У більшості робіт, зокрема і в [2, 3], коефіцієнт запасу міцності стрічкових пилки визначають, виходячи з того, що матеріал полотна пилки сталь 9ХФ або сталь 85ХФ. Для цих сталей експериментально встановлено механічні характеристики: границя міцності $\sigma_{\text{мц}} = 1500$ МПа, границя витривалості $\sigma_{-1} = 430$ МПа [3]. Однак такі характеристики сучасних вузьких стрічкових пилки марок Forteh, Fenes Shtorm, Fenes Bora, Wood-Mizer, Tomaco Ekon, Ro-Ma Gold на сьогодні не досліджено. Тому завдання встановити механічні характеристики пилки зазначених ма-

рок, які широко використовують на сучасних стрічкопилкових верстатах, є надзвичайно актуальним. У роботах [2, 3] значну увагу приділяють міжзубцевої западині стрічкової пилки, яка є концентратором напружень. Величина коефіцієнта концентрації напружень залежить від профілю міжзубцевої западини пилки та перебуває в межах від 1,46 до 1,69 [3].

Також за об'ємом міжзубцевої западини визначають швидкість подавання під час пиляння деревини [12]. Розраховуючи швидкість, використовують коефіцієнт форми зубця θ . Значення цього коефіцієнта для профілю зубців сучасних вузьких стрічкових пилок, які використовують для розпилювання колод, у літературі на сьогодні не наведено.

Одними із чинників, які істотно позначаються на працездатності вузької стрічкової пилки, є її поперечна жорсткість та стійкість. Згідно з [3], потрібно розрізняти три види жорсткості пилки: власну – жорсткість не розтягнутої зовнішніми силами пилки; початкову – жорсткість розтягнутої пилки, на яку не діє сила різання; робочу – жорсткість пилки під час роботи, коли на неї діє сила різання. За [13] потрібно розрізняти три типи стійкості, які потрібно враховувати, коли аналізують процес розпилювання деревини стрічковими пилками: стійкість стрічкової пилки проти поперечного зсуву по шківів від дії нормального складника сили різання; стійкість стрічкової пилки проти відхилення від прямолінійності у пропили; вібростійкість стрічкової пилки.

Найбільше позначається на жорсткості та стійкості пилки сила натягу та вільна довжина робочої вітки пилки. Вільну довжину робочої вітки пилки зменшують, використовуючи напрямники пилки [1-3].

Стійкість стрічкової пилки під дією розподіленого навантаження, яке імітує процес взаємодії зубців з деревиною, досліджено у [14]. Тіло стрічкової пилки в цій роботі моделюють тонкою пластиною. Щоб визначити величини критичної сили, використано енергетичний метод. Однак рух полотна в цій роботі не беруть до уваги. У роботі [15] стійкість стрічкової пилки моделюють рухомою пластиною під дією розподіленого навантаження. Однак у зазначених роботах з дослідження стійкості стрічкової пилки вважали, що сила натягу полотна є сталою величиною. Зміна сили натягу рухомого полотна стрічкової пилки внаслідок коливання пилкових шківів може призвести до втрати полотном пилки динамічної стійкості. У роботі [16] розглянуто проблему динамічної стійкості стрічкових пилок, однак сила, якою моделюють дію деревини, є в моделі зосередженою. Тому доцільно дослідити динамічну стійкість вузьких стрічкових пилок для випадку змінної сили натягу та дії розподіленого навантаження від сили різання.

Нагрівання стрічкових пилок призводить до перерозподілу внутрішніх напружень у полотні, що також позначається на стійкості стрічкової пилки та її міцності. Чинники, які спричиняють нагрівання стрічкових пилок, поділяють на три групи: технологічні – швидкість подавання, швидкість різання, висота пропили; природні – порода та гідротермічний стан деревини; інструментально-конструктивні – ширина і товщина пилки, профіль і параметри зубців, величина розведення зубців у протилежні боки пилки, матеріал і конструкція напрямників, стан поверхні шківів, наявність або відсутність спеціального охолодження тощо.

Температурний перепад у стрічкових пилах можна вирівняти охолодженням пилки під час її руху [17]. Це практично і використовують у сучасних колодопиляльних верстатах із вузькою стрічковою пилкою [1].

Висновки. На працездатності вузьких стрічкових пилок позначаються багато чинників (рис.), серед яких варто виокремити такі: міцність полотна пилки, динамічна стійкість пилки, зміна сили натягу від технологічних чинників та геометрія профілю зубця. Тому на сьогодні можна зазначити першочергові завдання дослідження:

- експериментально дослідити міцність полотна вузьких колодопиляльних стрічкових пилок та встановити зміну міцності після певного періоду роботи;
- теоретично дослідити динамічну стійкість стрічкової пилки;
- на підставі експерименту оцінити, як позначаються різні технологічні чинники на зміні величини сили натягу полотна вузької стрічкової пилки під час різання деревини;
- розробити математичну залежність для визначання величини коефіцієнта форми зубця стрічкової пилки.

Література

1. Ребезнюк І.Т. Розвиток наукових основ розпилювання деревини на стрічкопилкових верстатах : дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.04 – машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт / Ребезнюк Ігор Тарасович. – Львів, 2009. – 375 с.
2. Феоктистов А.Е. Ленточнопильные станки : монография / Александр Ефимович Феоктистов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1976. – 152 с.
3. Прокофьев Г.Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами / Г.Ф. Прокофьев. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1990. – 240 с.
4. Дзюба Л.Ф. Основы надёжности машин. / Л.Ф. Дзюба, Ю.В. Зима, Є.М. Лютий. – Львів : Вид-во "Логос", 2002. – 203 с.
5. Соловьев В.В. Основы повышения долговечности дереворежущих пил : автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра техн. наук: спец. 05.21.05 – лесоведение, технология и оборудование деревообработки / В.В. Соловьев. – СПб., 1991. – 34 с.
6. Ребезнюк І.Т. Підготовка вузьких колодопиляльних стрічкових пилок до роботи : монография / Ігор Тарасович Ребезнюк. – Львів : Вид-во "Кольорове небо", 2005. – 260 с.
7. Кондратюк А.А. Новый подход к снижению напряженного состояния ленточных пил / А.А. Кондратюк, Ю.В. Гриняев, В.К. Шилько // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308, № 1. – С. 135-137.
8. Трубников И.И. Усталостное разрушение полотен ленточных пил / И.И. Трубников // Лесной журнал : Известия ВУЗов России. – 1965. – № 6. – С. 91-93.
9. Кондратюк А.А. Оценка напряженного состояния ленточных пил / А.А. Кондратюк, В.К. Шилько // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307, № 2. – С. 138-142.
10. Кондратюк А.А. Новый подход к снижению напряженного состояния ленточных пил / А.А. Кондратюк, Ю.В. Гриняев, В.К. Шилько // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308, № 1. – С. 135-137.
11. Дзюба Л.Ф. Сила натягу у вітках стрічкової пилки під час розпилювання деревини / Л.Ф. Дзюба, І.Т. Ребезнюк, О.В. Меньшикова // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.7. – С. 89-94.
12. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів : підручник [для студ. ВНЗ] / М.Д. Кірик. – Львів : Вид-во "Кольорове небо", 2006. – 412 с.
13. Шилько В.К. Перспективы развития ленточнопильных станков / В.К. Шилько // Деревообрабатывающая промышленность. – 2004. – № 5. – С. 6-11.
14. Веселков В.И. Углубление знаний об устойчивости ленточных пил / В.И. Веселков // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств : межвуз. сб. науч. тр. – СПб. : Изд-во ЛТА, 1992. – С. 42-47.
15. Юрченко С.К. Об устойчивости полотен ленточных пил / С.К. Юрченко // Научные труды Московского лесотехнического ин-та. – М. : Изд-во МЛТИ. – 1987. – № 191. – С. 65-89.

16. Новосельцев В.П. Влияние изменения силы натяжения на динамическую устойчивость рамных и ленточных пил / В.П. Новосельцев, А.Ф. Селезнев // Лесной журнал : Известия ВУЗов России. – 1974. – № 6. – С. 75-78.

17. Санев В.И. О температурном перепаде по длине ленточных пил при распиловке древесины / В.И. Санев, В.Н. Плюснин // Лесной журнал : Известия ВУЗов России. – 1970. – № 2. – С. 59-64.

Пилипяк А.Б., Дзюба Л.Ф., Ребезнюк И.Т. Направления повышения работоспособности узких пил ленточнопильных станков

Выполнен анализ работ, в которых исследованы составляющие и факторы, сказывающиеся на работоспособности ленточных пил. Определены направления исследования по повышению работоспособности узких пил ленточнопильных станков.

Ключевые слова: ленточная пила, работоспособность, факторы, прочность полотна пилы, напряжения в пиле.

Pylypyak A. B., Dzyuba L. F., Rebeznyuk I. T. Direction of increasing the availability of narrow saw band saws

An analysis of studies in which the components are investigated and the factors affecting the performance band saw. The directions of research to improve the performance of narrow band saws.

Keywords: band saw, hard work, the factors, the strength of the saw blade, tension in the saw.

УДК 515 Доц. Й.Л. Ацбергер¹; доц. І.І. Ніщенко², канд. фіз.-мат. наук;
доц. І.О. Ніщенко³, канд. фіз.-мат. наук;
доц. В.В. Виходець³, канд. техн. наук; асист. І.Г. Стукалець³

ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ТА КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЗМУ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Проведено аналітичне дослідження механізму газорозподілу двигуна внутрішнього згорання, визначено конструктивні та кінематичні параметри його ланок, знайдено залежності між ланками у процесі роботи механізму.

Ключові слова: системи регулювання, аналітичні методи, параметри, просторові ланки, обертальні та сферичні пари, математичні залежності, кривошип, коромисло, координати точок, конструктивні та кінематичні параметри.

Постановка проблеми. В процесі проектування та конструювання машин і механізмів поряд з визначенням кінематичних параметрів розв'язують задачі на отримання конструктивних параметрів окремих ланок та механізму загалом.

Синтез машин і механізмів зводиться до визначення структурної схеми, кількості ланок та їх геометричних параметрів, дослідження взаємодії ланок в процесі виконання технологічних операцій [4-6]. Під час аналізу та синтезу просторових механізмів виникають складні задачі кінетостатичного розрахунку на визначення сил, корисного опору та тиску в кінематичних парах, які виконують складний рух у певному обмеженому просторі.

Для кінетостатичних розрахунків та визначення конструктивних параметрів ланок просторових механізмів широкого застосування набули графічні та графоаналітичні методи, які унеможливають отримання достовірних результатів, пов'язаних з неточністю графічних побудов.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У публікаціях багатьох авторів задачі синтезу просторових механізмів, а саме визначення конструктивних параметрів ланок, розв'язують графічними та графоаналітичними методами [3, 4]. У небагатьох роботах наведено динамічні розрахунки просторових механізмів з урахуванням пружності їх ланок, а також розв'язок задач регулювання швидкості та зрівноваження мас механізмів.

У деяких роботах розглянуто задачі на визначення кінематичних параметрів за заданими конструктивними параметрами ланок, а також задачі, в яких за заданою схемою та відомими конструктивними параметрами ланок визначають положення ланок механізму [3-5]. Розв'язок задач здійснюють методами векторної алгебри та методом перетворення координат. Застосування аналітичних методів дослідження просторових механізмів дає змогу оптимізувати задачі їх синтезу, забезпечити достатню точність визначення конструктивних і кінематичних параметрів і прискорить процес їх проектування та конструювання.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження кривошипно-коромислового просторового механізму газорозподілу двигуна внутрішнього згорання, визначення конструктивних і кінематичних параметрів ланок, отримання числових залежностей параметрів ланок у процесі роботи механізму [1, 2].

Виклад основного матеріалу. Чотириланковий кривошипно-коромисловий просторовий механізм (рис. 1) містить дві обертальні пари O_1 та O_2 п'ятого класу та дві сферичні пари K та M третього класу.

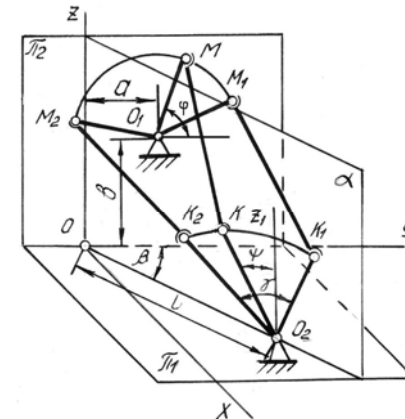


Рис. 1. Кінематична схема чотириланкового кривошипно-коромислового просторового механізму

Розглянемо рух чотириланкового механізму. Кривошип O_1M довжиною r здійснює обертальний рух у площині YOZ навколо точки O_1 , яка має координати $X_{O_1} = 0, Y_{O_1} = a, Z_{O_1} = b$.

Шатун MK довжиною d приводить у рух коромисло O_2K довжиною s . Коромисло здійснює коливний рух навколо точки O_2 у площині α , яка прохо-

¹ НЛТУ України, м. Львів;

² НТУ України "Київський політехнічний інститут";

³ Львівський національний аграрний університет