

вплив коливань електромагнітного фону землі (магнітні бури, сонячні спалахи, варіації космічного випромінювання й т.п.) на самопочуття та здоров'я людей.

Автори висловлюють подяку проф. Яненко А.Ф. (НТУ «КП») за надану високочутливу радіометричну систему міліметрового діапазону довжин хвиль, на якій були проведені експериментальні дослідження текстильних матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скрипник Ю.О., Супрун Н.П., Шевченко К.Л., Ваганов О.А. Частотно-польова оцінка комфортності одягу. // Вісник КНУТД. – 2009, – №2. – С.131–136.
2. Скрипник Ю.О., Яненко О.П., Перегудів С.М., Ваганов О.А. Пристрій для мікрохвильової терапії. Патент №13740 Україна, МПК А61Н 39/00, А61Н 5/02. – 2006. Бюл. №4, – 10 с.
3. Головка Д.Б., Скрипник Ю.О., Яненко О.П. Надвисокочастотні методи та засоби вимірювання фізичних величин. – К.: Либідь, – 2003. – 328 с.
4. Скрипник Ю.О., Ваганов О.А. Пристрій для вимірювання мікрохвильової проникності матеріалів Патент №33007 Україна, МПК G01N22/00. – 2008. Бюл. №11, – 10 с.
5. Скрипник Ю.О., Ваганов О.А. Пристрій для визначення нелінійності електрофізичних характеристик матеріалів. Патент №31812 Україна, МПК G01N22/00. – 2008. Бюл. №8, – 10 с.
6. Скрипник Ю.О., Ваганов О.А. Модуляційний гетеродинний радіометр Патент №9144 Україна, МПК G01R29/08. – 2005. Бюл. №9, – 10 с.

Надійшла 29.052009

УДК:621.833

ДОЦІЛЬНІ ДОПОВНЕННЯ ДО СТРУКТУРНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ АССУРА-АРТОБОЛЕВСЬКОГО

В.О.ПИЩИКОВ, Б.В.ОРЛОВСЬКИЙ

Київський національний університет технологій та дизайну

Наведено доповнення до структурної класифікації Ассура-Артоболевського, розширено та уточнено перелік і структуру механізмів I класу, запропоновано умовні позначення видів та модифікацій групи Ассура II класу, доведено об'єктивне існування та доцільність використання двох варіантів групи Ассура II класу 5 виду

Сучасні методи кінематичного аналізу плоских механізмів, їх розрахунків, структурного синтезу органічно пов'язані з системою структурної класифікації, запропонованою ще в 1914 році Л.В.Ассуром [1] та розвинутою в роботах І.І.Артоболевського, В.В.Добровольського та ін. [2,3]. Структурна класифікація Ассура-Артоболевського охопила всі існуючі і можливі плоскі механізми, встановила правила та алгоритми аналізу, розрахунків, основні принципи їх структурного синтезу. Структурна класифікація Ассура-Артоболевського визнана найраціональнішою і найбільш досконалою [4,5]. Згідно з

нею кожен плоский важільний механізм розглядається як система що складається зі стояка з ведучою ланкою та низки найпростіших нашарувань – структурних груп Ассура [2,4,6–8].

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження є основи структурної класифікації Ассура-Артоболевського. Для розвитку об'єкта дослідження використані методи теорії механізмів машин у структурному аналізі і синтезі механізмів та принцип інверсії технічних систем.

Постановка завдання

Системою Ассура-Артоболевського визначено порядок розкладання механізмів на структурні групи, прийоми формування їх класів, видів, правила їх приєднання (нашарування) при утворенні нових багатоланкових механізмів [4,6]. Використання структурної класифікації Ассура-Артоболевського дозволяє об'єктивно, на високому науковому рівні визначати структурну сутність кожного плоского механізму, встановлювати спосіб їх аналізу та розрахунків. Практична цінність системи полягає ще в тому, що вона спрощує розв'язання задач кінематичного аналізу та розрахунків плоских механізмів. Задачі які звичайно вирішуються щодо до всього механізму зводяться до аналізу і розрахунків окремих структурних груп з використанням заздалегідь розроблених алгоритмів. Є всі підстави вважати, що здобутки структурної класифікації слід широко використовувати в циклах спеціальних дисциплін, які розглядають питання аналізу будови, дослідження, розрахунків та структурного синтезу механізмів технологічних машин, зокрема машин легкої промисловості – швейних, трикотажних, взуттєвих та інших.

Результати та їх обговорення

Більшість технічних видань за напрямом проектування механізмів і машин або зовсім не використовують структурну класифікацію Ассура-Артоболевського, або звертаються до неї вкрай рідко. Нехтування методами структурної класифікації Ассура-Артоболевського призводить до використання сумнівних, часто хибних прийомів аналізу та визначення будови механізмів. Набуло поширення розчленування багатоланкових механізмів на кілька окремих чотириланкових механізмів, що звичайно спотворює структурну сутність механізмів та їх ланок, зокрема тричленних ланок, поділених навпіл. Зазвичай аналіз будови механізмів зводиться до переліку їх ланок. При цьому часто використовуються застарілі терміни (шарнір, камінь та ін.) та такі, що не відповідають справжнім назвам: важіль – замість шатун, куліса, коромисло; кривошип – замість коромисло; напрямна – замість куліса; тяга, дишло, важіль – замість шатун. Нехтування методами структурної класифікації Ассура-Артоболевського якоюсь мірою обумовлено недоліками сучасного її стану, суттєвими розбіжностями та суперечностями подання її положень в літературі, зокрема у підручниках та навчальних посібниках з теорії механізмів і машин [1–11]. За багато років становлення, розвитку та використання, структурна класифікація Ассура-Артоболевського так і не досягла необхідної завершеності, однозначного, загально визнаного термінологічного забезпечення. У підручниках та навчальних посібниках з теорії механізмів і машин питання структурної класифікації плоских механізмів часто розглядаються дуже стисло, вибірково з суттєвими суперечностями. Згідно з класифікацією Ассура-Артоболевського основою кожного плоского важільного механізму є група початкових (ведучих) ланок, що в простішому випадку складається з рухомої ланки, яка входить в обертальну або поступальну кінематичну пару з стояком. У класифікації Ассура-Артоболевського цей простіший механізм здобув умовну назву *механізму I класу* [2–4,6]. На

жаль, цей термін з його умовним позначенням (I) не здобув домінуючого загально визнаного статусу. Так, у більшості видань замість нього автори використовують безліч різноманітних назв, без будь-яких умовних позначень, наприклад: ведучий ланцюг; первинний механізм; основний механізм; початкова ланка; простіша рухома система; механізм першого порядку; обертова ведуча ланка; простіша рухома система; початкова група ланок тощо. Про свідоме ігнорування терміна «механізм I класу» свідчить один з найавторитетніших підручників, написаний колективом авторів кафедри Теорії механізмів і машин Московського вищого технічного училища ім.Баумана [11], в якому говориться: «З метою стислості запровадимо умовний термін – *первинний механізм* (по І.І. Артоболовському – механізм I класу), який являє собою *простіший механізм*, утворений рухомою ланкою і стояком».

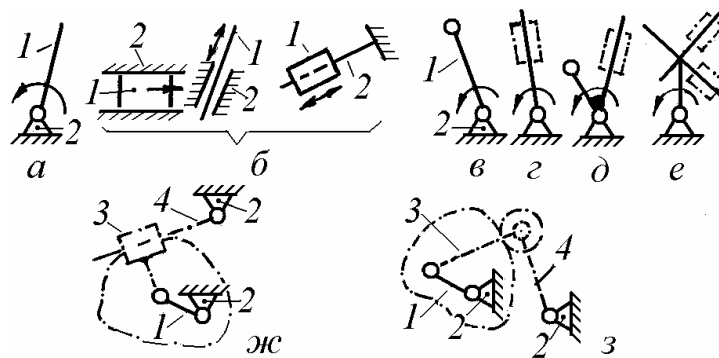


Рис. 1. Механізми I класу: *a* – спрощена схема з обертовою ланкою; *б* – спрощені схеми з поступальною ланкою; *в* – кривошип; *г* – куліса; *д* – тричленна ланка з елементом поступальної та елементом обертальної кінематичної пари; *е* – тричленна куліса; *Жс* – кривошип I замінного механізму з додатковою групою Ассура II класу другого виду $I(1,2) \rightarrow II(3,4)$; *З* – кривошип I замінного механізму з додатковою групою Ассура II класу першого виду $I(1,2) \rightarrow II(3,4)$

Слід зауважити, що відсутність загально визнаного терміна і його позначення виключає можливість складання формул будови механізмів, що, як відомо, починаються саме з умовного позначення ведучої ланки ($I(1,2) \dots$). У підручниках, навчальних посібниках та інших виданнях з ТММ схематичні зображення механізмів I класу подаються в дуже спрощеному, узагальненому вигляді (рис.1, *a, б*). Не висвітлюється той факт, що обертова ланка механізму I класу може бути як кривошипом (рис.2, *в*) так і кулісою (рис.2, *г*), може бути не тільки двочленною (двопарною), а й три-, чотирипарною (рис.1*д, е*) з відповідними елементами зовнішніх пар. Механізм I класу може мати і самостійне значення без призначення нашарування структурних груп. Наприклад, електродвигун електроприводу машини – це механізм I класу, в якому статор (станина) є стояком, а ротор – обертальною рухомою ланкою.

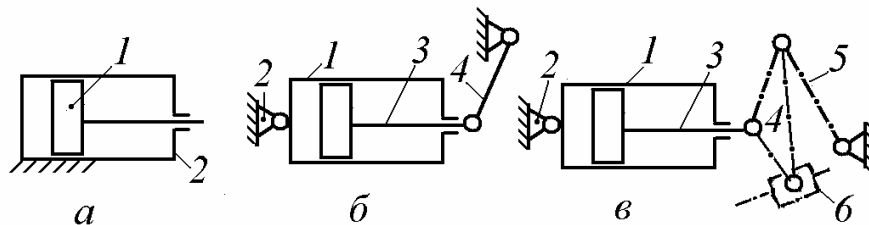


Рис. 2. Використання гідро- та пневмоциліндрів як механізмів I класу: *a* – нерухоме приєднання циліндра до стояка з утворенням механізму I класу $I(1,2)$; *б* – рухоме приєднання циліндра 1 до стояка 2 з приєднанням монади 4 і утворенням механізму, що має

будову $I(1,2) \rightarrow II(3,4)$; ν – рухоме приєднання циліндра 1 до стояка 2 з утворенням поводка 3 групи Ассура III класу

Оскільки структурна класифікація Ассура-Артоболевського поширюється і на плоскі механізми з вищими кінематичними парами [4], зокрема, на механізми з ведучими ланками у вигляді плоских кулачків, що утворюють зі штовхачем пару IV класу, яка в еквівалентних замінних механізмах перетворюється на механізми I класу та додаткові структурні групи II класу першого або другого виду [4,9–11], то і ці випадки утворення механізму I класу (рис.1, ж, з) слід передбачати та мати на увазі у відповідних випадках аналізу, розрахунків, синтезу. Це не тільки закономірно збільшує перелік механізмів, що підпадають під систему структурної класифікації Ассура-Артоболевського, а й суттєво розширює діапазон можливих та доцільних рішень при пошуку нових механізмів та їх структурного синтезу.

Щодо механізмів I класу з поступальним рухом ведучої ланки, то в багатьох виданнях вони зовсім не розглядаються, або подаються в досить абстрактному вигляді (рис.1,б). У практиці машинобудування поступальний рух ведучої ланки звичайно досягається перетворенням енергії стиснутого повітря або рідини з використанням поршневих, мембранних, сільфонних та електромагнітних сервоприводів, у тому числі крокових лінійних електродвигунів. У механізмах машин легкої промисловості набули широкого використання гідравлічні та пневматичні приводи, що мають відокремлені циліндри з поршнем та штоком. Використання пневмо- або гідроциліндра як механізмів I класу пов'язане зі способом їх приєднання до стояка. При жорсткому приєднанні циліндра 2 до стояка (рис.2, а) порожнина гільзи циліндра стає напрямною для поршня 1, а він разом зі штоком стає поступальною рухомою ланкою. Така структурна схема цілком відповідає ознакам механізму I класу і в цьому разі до штока можна приєднувати будь-яку з груп Ассура.

У разі рухомого приєднання циліндра 1 до стояка 2 (рис.2, б) циліндр стає рухомою ланкою - кулісою, яка утворює зі стояком обертальну кінематичну пару, а порожнина циліндра входить у поступальну пару з поршнем та штоком 3. Утворюється триланковий механізм, який має ступінь вільності $W=2$, що не дозволяє приєднувати до нього будь-яку групу Ассура. Щоб забезпечити необхідний ступінь вільності $W = 1$, до поршня зі штоком приєднують окрему ланку – монаду 4. Ця простіша структурна одиниця, що складається з однієї ланки та елементів двох обертальних пар, при приєднанні до механізму має від'ємний ступінь вільності:

$$W = 3n - 2p_1 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 2 = -1 \quad (1)$$

При приєднанні монади 4 до поршня з штоком 3 гідро- або пневмоциліндр набуває необхідного ступеню вільності:

$$W = 3(n-1) - 2p_1 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1, \quad (2)$$

тобто стає придатним для приєднання до нього будь-яких груп Ассура, для утворення багатоланкових механізмів. Можна розглядати цей випадок інакше. Гільза циліндра, що утворює зі стояком обертальну пару в кінематичному сенсі, цілком відповідає ознакам механізму I класу. Поршень зі штоком, які утворюють поступальну пару з циліндром розглядають як один з поводків групи Ассура II класу, а монаду 4 – як другий її поводок. До речі, поршень зі штоком може відігравати роль поводка будь-якої іншої структурної групи, наприклад, групи Ассура III класу третього порядку з базовою ланкою 4 та

ще з двома поводками 5 і 6. Механізм, утворений приєднанням монади до штока циліндра, має і самостійне призначення як передатковий або напрямний механізм, що перетворює поступальний рух поршня в коливний рух коромисла.

Запропоновані Артоболевським І.І. поняття і терміни щодо структурних груп, а саме *група II класу*, *група III класу* і т.д. з відповідними умовними позначеннями римськими цифрами (**II**, **III**, **IV**, **V**) набули загального визнання і використовуються майже всіма авторами відповідних видань, за незначними винятками, наприклад, у праці [5] групи Асура **II...V** класів зараховані, відповідно, до **I...IV** класів, а замість терміна «механізм I класу» використовується назва «*ведучий ланцюг*». Подібну класифікацію груп Асура використано і в навчальному посібнику [10], в якому, окрім цього, механізм I класу названо групою початкових ланок. У навчальному посібнику з ТММ [6] групи Асура позначаються арабськими цифрами (2–5), а механізм I класу називається *вхідною ланкою*. Структурною класифікацією Асура-Артоболевського, окрім класів, видів (модифікацій), прийнято відрізняти групи Асура ще порядком групи. Порядок групи кожного класу визначається кількістю вільних (зовнішніх) елементів пар якими група приєднується до основного механізму. Для груп II класу ця ознака є суто формальною, бо всі різновиди групи Асура II класу мають два вільні (зовнішні) елементи, тобто група II класу є групою другого порядку.

Відомо [4], що переважна більшість існуючих механізмів утворена приєднанням до механізму I класу структурних груп II класу (діад). Групи Асура II класу застосовуються в багатьох механізмах трикотажних, взуттєвих, швейних машин. До останніх вони входять до різноманітних механізмів голок, коливних човників, ниткопритягувачів, ножів, петельників, механізмів просування матеріалу тощо.

Групам Асура II класу приділяють найбільшу увагу і відповідні літературні джерела. Розроблені методи визначення їх кінематичних характеристик, реакцій у кінематичних парах, алгоритми силових розрахунків з використанням ЕОМ [4,5,9]. Згідно з класифікацією Асура-Артоболевського, залежно від числа та розташування обертальних і поступальних пар структурні групи II класу підрозділяються на п'ять видів: *перший вид групи II класу*, *другий вид групи II класу*, ... , *n'ятий вид групи II класу* [4]. Проте відповідними цифрами (ідентифікаторами) різні види групи II класу не були позначені, наприклад арабськими цифрами 1,...5, як це наведено на рис.3.

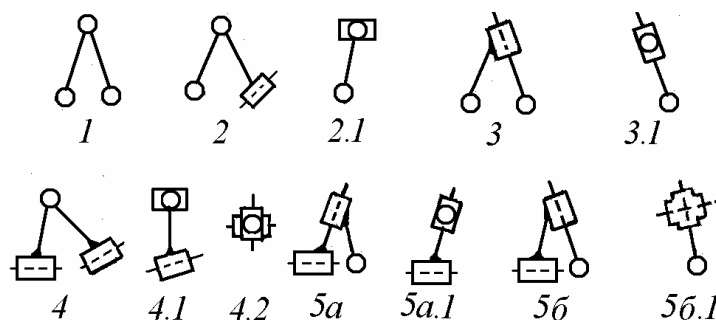


Рис. 3. Види та модифікації структурної групи II класу:

1, 2, 3, 4, 5a, 5b – види; 2.1, 3.1, 4.1, 4.2, 5a.1, 5b.1 – модифікації відповідних видів

У багатьох підручниках, навчальних посібниках та інших виданнях з ТММ обмежуються одним - трьома видами діади і не дають їм будь-яких назв або умовних позначень. У деяких виданнях види називають модифікаціями, позначають їх римськими цифрами або номерами (діада №1, діада №2, . . . , діада №5), іноді літерами (а, б, . . . , д) написів під рисунками. Послідовність розташування схематичних зображень видів, що запроваджена Артоболевським [4], зберігається лише для видів 1,2 та 3. Види 4 і 5, у різних виданнях часто змінені місцем розташування. У деяких виданнях виділяють можливі модифікації видів (на рис.3 модифікації 2.1, 3.1, 4.1, 4.2, 5а.1, 5б.1, відповідно, видів 2, 3, 4, 5а, 5б), що відрізняються нульовою довжиною поводків яки містять повзун та елемент обертальної пари. Ці доцільні структури діад забезпечують кращі умови передавання сил завдяки розташуванню обертальних пар на лінії руху повзуна.

В низці видань підкреслюється, що структурна група II класу має лише п'ять видів і що потенціальний шостий вид, з трьома поступальними парами не є групою Ассура, бо якщо її приєднати до стояка то вона не матиме нульової рухомості [6]. Більш досконало це пояснюється в роботі [7], в якій йдеться про те, при трьох поступальних парах діада перетворюється на ланцюг IV сімейства, що допускає лише два поступальні рухи. Відповідна формула для визначення ступеня вільності W такого ланцюга свідчить про його рухомість

$$W = 2n - p_5 = 2 \cdot 2 - 3 \cdot 1 = 1 \quad (3)$$

і неможливість залучати таку діаду до групи Ассура. П'ятим видом структурної групи II класу у більшості видань постає діада 5а (рис.4), у якій поводок 1 містить елемент внутрішньої поступальної пари – напрямну a та елемент зовнішньої поступальної пари – повзун b . Другий її поводок 2 містить елемент внутрішньої поступальної пари – повзун c та елемент зовнішньої обертальної пари d . У модифікованому вигляді ця діада 5, а 1 складається з поводка 1 що містить елемент зовнішньої поступальної пари – повзун b та елемент внутрішньої поступальної пари – напрямну a . Поводок 2 нульової довжини складається з елемента внутрішньої поступальної пари – повзуна c та суміщеного з ним елемента обертальної пари d .

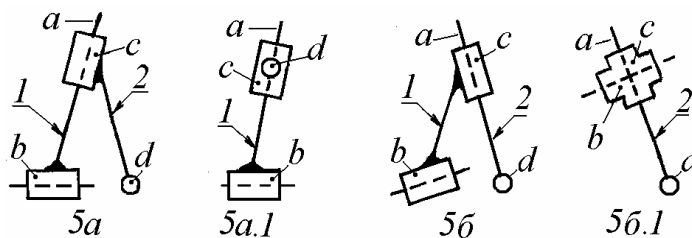


Рис. 4. Варіанти 5а, 5б та модифікації 5а.1, 5б.1 структурної групи II класу п'ятого виду

У багатьох авторитетних виданнях, наприклад [7,8–10] як п'ятий вид групи Ассура II класу показана діада, що має іншу структурну схему 5б (рис.4). Поводок 1 цієї діади містить елемент зовнішньої поступальної пари – повзун b та елемент внутрішньої поступальної пари – повзун c . Поводок 2 містить елемент d зовнішньої обертальної пари та елемент внутрішньої поступальної пари – напрямну a . У модифікованому рішенні 5б.1 при нульовій довжині поводка 1, останній перетворюється на

подвійний повзун bc , який складається з елемента b зовнішньої поступальної пари та елемента c внутрішньої поступальної пари. Поводок 2 містить елемент внутрішньої поступальної пари – напрямну a та елемент d зовнішньої обертальної пари.

Елементарна комбінаторика свідчить, що при заміні обертальних пар діади поступальними при утворенні видів 2, 3, 4 можлива лише одна комбінація розташування елементів їх кінематичних пар. Але при заміні двох обертальних пар поступальними, одна з яких внутрішня, виникають дві можливі комбінації елементів пар. Відповідно утворюються дві різні структурні схеми діади п'ятого виду $5a$, $5a.1$ та $5,б$, $5, б.1$ (рис.3, 4). Ці дві різні структури цілком рівнозначні як представники п'ятого виду II групи Ассура. При цьому кожна з них має свої структурні та кінематичні особливості. І що важливо, вони ідентифікуються з різними механізмами. Так, група виду $5б$ цілком тотожна структурній групі, яка при приєднанні до куліси 1 механізму I класу (рис.5, a) утворює механізм 1,2,3,4, що передає обертовий рух від однієї осі до другої. Модифікація $5б.1$ діади виду $5б$ є основою відомого двокулісного механізму – муфти Ольдгейма (рис.5, $б, в, г$), що використовується для передавання обертового руху у разі неспіввідності валів.

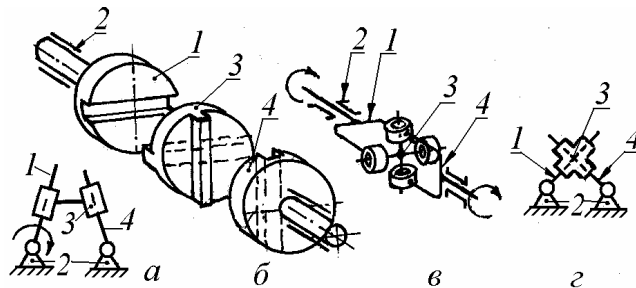


Рис.5. Механізми з використанням групи Асура II класу виду $5б$:
 a – кулісний механізм; $б$ – конструктивна схема муфти Ольдгейма (МО);
 $в$ – кінематична схема МО; $г$ – структурна схема МО

Структура діади виду $5б.1$ цілком автентична схемі муфти Ольдгейма, органічно ідентифікується з її структурною і кінематичною схемою, її конструкцією. Ототожнення схеми $5a$ зі схемою муфти вимагає застосування принципу інверсії (переставляння) її елементів. Разом з тим схема виду $5a$ органічно ідентифікується зі структурними схемами, що є основою або використовуються в інших механізмах, наприклад синусному механізмі (рис.6, a) або замінному важільному механізмі, еквівалентному кулачковому механізму з плоским штовхачем, що передбачає заміну пари IV класу поступальною парою (рис.6, $б$).

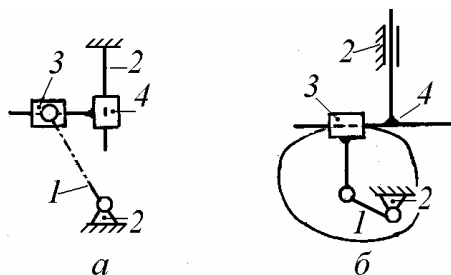


Рис.6. Механізми з використанням групи Асура II класу виду $5a$:

a – синусний механізм; *б* – заміінний важільний механізм
або еквівалентний кулачковий механізм

Висновки

Доведено об'єктивне існування та доцільність використання двох варіантів групи Ассура II класу 5 виду, а саме рівнозначних структурних варіантів 5*a* і 5*б* з відповідними їх раціональними конструктивними модифікаціями 5*a.1* і 5*б.1*. Вочевидь їх обидві доцільно розглядати та відображувати у відповідних літературних джерелах та використовувати при структурному синтезі і розробці нових механізмів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ассур Л.В. Исследование плоских стержневых механизмов с точки зрения их структуры и классификации. – М.: Изд-во АН СССР. – 1952. – 592 с.
2. Артоболевский И.И. Структура, кинематика и кинетостатика многозвенных плоских механизмов. – М. – Л.: ОНТИ. – 1939. – 232 с.
3. Добровольский В.В., Артоболевский И.И. Структура и классификация механизмов. – М. – Л.: Изд-во АН СССР. – 1939. – 66 с.
4. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Машгиз. – 1975. – 640 с.
5. Озол О.Г. Теория механизмов и машин. – М.: Наука. – 1984. – 430 с.
6. Кореняко О.С. Теория механизмов и машин – К.: Вища школа. – 1987. – 205 с.
7. Конвисаров Д.В. Теоретические основы проектирования механизмов. – М.: Машгиз. – 1950. – 318 с.
8. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин. – М.: Машгиз. – 1973. – 590 с.
9. Заблонский К.И., Белоконев И.М., Щекин Б.Н. Теория механизмов и машин. – К.: Вища школа. – 1989. – 420 с.
10. Баранов Г.Г. Курс теории механизмов и машин. – М.: Машгиз. – 1975. – 495 с.
11. Фролов К.В., Попов А.К., Мусатов Д.М. и др. Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа. – 1987. – 496 с.

Надійшла 26.06.2009