

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 05.06.2023 22:27:26
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

« 30 » 05



ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ЧЕБЫШЕВА

Методические рекомендации
по выполнению лабораторной работы по дисциплине
ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН
для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация
транспортно-технологических машин и комплексов»

Курск 2023

УДК 621.(076.1)

Составители: С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *П.А. Безмен*

Исследование механизма Чебышева: Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы по дисциплине: Теория механизмов и машин / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Ф. Яцун, А.Н. Рукавицын – Курск, 2023. – с. 13.

Содержат сведения по вопросам выполнения лабораторной работы студентов, подготовке и оформлению отчетных материалов.

Предназначены для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 6,16. Уч.-изд. л. 5,58.

Тираж 30 экз. Заказ 528 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. История создания шагающей машины	5
2. Общие сведения о направляющих механизмах	7
3. 3. Механизм П.Л. Чебышева	8
4. Порядок выполнения работы.....	11
5. Контрольные вопросы.....	12
Библиографический список	12

ВВЕДЕНИЕ

Теория механизмов и машин (ТММ) – наука об общих методах исследования свойств механизмов и машин и проектирования их схем – крайне необходима при решении проблем, возникающих при развитии и продвижении продукции такой отрасли, как машиностроение.

Поэтому дисциплина теория механизмов и машин является неотъемлемой частью при обучении на технических специальностях, а также данная дисциплина способствует освоению и развитию таких навыков у студентов, как: исследование и проектирование механизмов машин, понимание принципов преобразования движения с помощью механизмов, нахождение оптимальных параметров механизмов по заданным условиям работы и т.п.

Механика машин, бывшая до середины XIX в. в основном наукой описательной, начинает пользоваться аналитическими, графическими и экспериментальными методами исследований. Происходит первоначальная дифференциация теории машин: из нее выделяются описательное машиноведение, теория паровой машины, некоторые ответвления науки о машинах различных производств, в частности о транспортных машинах; к концу столетия оформляется в самостоятельное научное направление учение о деталях машин.

В ходе развития машинного производства теория механизмов и машин становилась все более важным, а в некоторых случаях определяющим фактором технического прогресса машиностроения. Значительная роль принадлежала тем широким научным поискам и многочисленным исследованиям, которые были начаты в последней трети XIX в. и развиты в первые десятилетия XX в.

Лабораторная работа «ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ЧЕБЫШЕВА»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: исследовать структуру и кинематику плоского рычажного механизма на основе графоаналитического метода,
ОБЪЕКТЫ выполнения работы – модель механизма Чебышева.

1. История создания шагающей машины

П.Л. Чебышев взял за основу походку лошади, когда наблюдал за проезжающими каретами. Механик понял, что траектория движения лошадиного копыта может стать крайне рациональной в техническом применении. Ведь применение стопоходов позволяет обеспечить повышенную проходимость, недоступную колесным транспортным средствам, а также существенно снизить нагрузки на материалы, тем самым добиваясь материальной экономии. Какими бы большими и мощными ни были колеса, изнашиваемость подобного механизма в экстремальных дорожных условиях крайне высока. Естественные барьеры лучше преодолевать, не входя с ними в непосредственное физическое соприкосновение. Это и возможно с помощью стопоходящих механизмов, которые способны перешагивать через препятствия. Наряду с данным значимым преимуществом, имеются и такие, как возможность относительно свободной «маршировки» по зыбкой местности, а также отсутствие характерной колесной колеи, подчас уродующей и разрушающей дорогу. К числу минусов относятся: громоздкость, низкая маневренность, медлительность. Речь, впрочем, изначально и не шла о лихом преодолении с помощью стопоходов дистанций в сотни и тысячи километров. Во главу угла ставилось перемещение на проблемных участках, осложненных буреломами, буераками, неширокими речушками и т. д.

Стопоход основан на действии устройства, преобразующего вращательные движения в прямолинейные. Механизм Чебышева состоит из звеньев, соединенных друг с другом в кинематические пары. Шарниры крепятся к валикам и к ползуну. Двигатель обеспечивает вращение лопастей, в результате чего конструкция

начинает «шагать» по прямой. При этом как-либо разворачивать агрегат или менять ход его движения невозможно. У машины предусмотрена всего одна степень свободы: вращение двигателя преобразуется в одно определенное движение ползуна. В этой связи для двух рабочих звеньев предусмотрено два двигателя. Мобильность механизма исключается главным образом в связи со столь суровой привязкой. Конструкция получается исключительно энергозатратной и утяжеленной, особенно если речь идет о «переноске» таким вот «ходячим» образом экстремально тяжеловесных грузов. В связи с тем, что каждый отдельный двигатель обеспечивает движение каждого отдельного звена, стопоходящее устройство выходит не только громоздким и малоподвижным, но к тому же еще и до крайности энергозатратным. Наконец, движение такого механизма порождает чрезвычайно сильные колебания и толчки — несоизмеримо большие, чем колебания и толчки при перемещении любого колесного транспорта. Соответственно, путешествовать на стопоходе — как минимум крайне дискомфортно, а как максимум — физически небезопасно. Да и от подобных «покачиваний» может быстро разрушиться сама конструкция, если изначально была плохо выверенной, с технической точки зрения.

Сейчас стопоходы применяются в большем количестве хозяйственно-технических областей. Первоначально отдельные элементы механизма Чебышева массово использовались лишь в статично зафиксированных механизмах. Например, в автоматически открывающихся и закрывающихся автобусных и троллейбусных дверях. Однако в дальнейшем распространение стало куда более объемлющим. Принцип механизма Чебышева активно внедряют в робототехнику. «Роботы-официанты», «роботы-учителя», прочие марширующие дроиды — все это уже давно не придумка авторов «Звездных войн» и «Терминаторов». Есть уже и такие антропоморфные механизмы, которые не только повторяют элементарные движения нашего тела, но и способны действовать в экстремальных ситуациях.

2. Общие сведения о направляющих механизмах

Приближенным направляющим механизмом называется механизм, некоторая точка заданного звена которого, присоединенного кинематическими парами только к подвижным звеньям, описывает траекторию, мало отличающуюся от заданной кривой на заданном ее участке. Направляющий механизм, приближенно воспроизводящий некоторую кривую, имеет меньше звеньев, чем воспроизводящий ту же кривую точный направляющий механизм. Поэтому иногда за счет влияния погрешностей изготовления точные направляющие механизмы воспроизводят заданные кривые менее точно, чем воспроизводят те же кривые приближенные направляющие механизмы.

Методы синтеза приближенных направляющих механизмов делятся на три группы: методы оптимизации, методы теории приближения функций и методы графического поиска.

Методы графического поиска. Один из этих методов рассмотрим на примере синтеза приближенного направляющего шарнирного четырехзвенника (рис. 1).

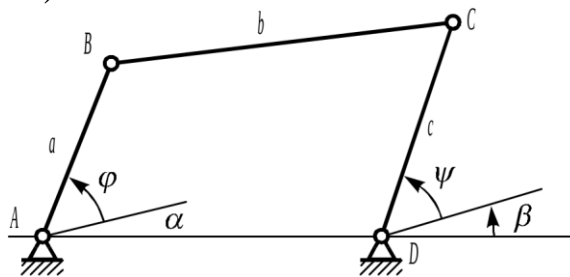


Рис. 1

Пусть задачей синтеза является подбор размеров и конфигураций звеньев, а также определение положения стойки AD шарнирного четырехзвенника, точка M шатуна которого описывает кривую, близкую к кривой $y = f(x)$. Графический поиск начинается с выбора положения точки A , длин кривошипа AB и отрезка BM шатуна, при которых точка M незамкнутой кинематической цепи ABM может совпасть с любой из точек, заданной кривой. Далее с отрезком BM связывается плоскость Π и строятся траектории некоторых ее точек при движении точки M по

заданной кривой и вращении кривошипа вокруг точки A . Полученные траектории анализируются, и из них выбирается кривая, наиболее близкая к дуге L некоторой окружности. Точка, описывающая эту траекторию, принимается за центр шарнира C четырехзвенника, а взаимное расположение точек B, C, K определяет длину отрезка BC шатуна, а также угол между отрезками BM и BC . Радиус дуги L окружности, к которой наиболее близка траектория точки C , определяет длину коромысла CD , а центр этой окружности дает положение центра кинематической пары C . Все величины определяются методом подбора.

Процесс графического поиска облегчается при использовании специальных приборов, фиксирующих одновременно траектории нескольких точек плоскости Π , например нескольких отверстий, через которые параллельный пучок световых лучей воздействует на фотобумагу, или нескольких пишущих устройств, скрепленных с плоскостью Π .

При синтезе пространственных приближенных направляющих механизмов методы, аналогичные по сущности методам, изложенным выше, реализуются гораздо более сложными путями.

3. Механизм П.Л. Чебышева

Из направляющих механизмов наиболее широко распространены механизмы, воспроизводящие дуги окружностей (круговые направляющие механизмы) и отрезки прямых линий (прямолинейно направляющие механизмы). Задачи синтеза таких механизмов впервые были исследованы П.Л. Чебышевым методами теории приближения функций в предположении, что воспроизводимые ими кривые имеют хотя бы одну ось симметрии.

Один из механизмов Чебышева (рис. 2) предназначен для преобразования непрерывного равномерного движения кривошипа AB в качательное движение звена EF с длительной остановкой (выстоем) в крайнем положении.

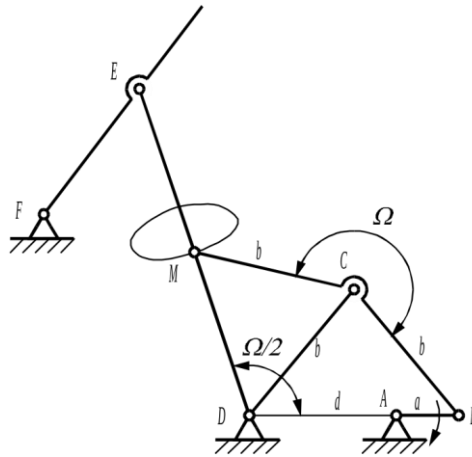


Рис. 2 Направляющий механизм

Для механизма характерно условие

$$BC=CD=CM=b, \quad (1)$$

в силу которого траектория точки M симметрична относительно оси, проходящей через точку D под углом $\frac{\Omega}{2}$ к стойке AD – угол между частями Ω , где BC и MC шатуна. Величины a, d , выбираются из условий наилучшего приближения шатунной кривой дуге окружности с центром на оси симметрии. При выполнении этих условий шатунная кривая пересекает окружность шесть раз, достигая семь раз предельного отклонения при чередовании его знака.

Пусть длина звена EM равна радиусу окружности, к которой наиболее близка шатунная кривая, и пусть точка E в крайнем положении попадает в центр этой окружности. Тогда при движении точки M по части кривой, близкой к окружности точки E , звено EF будет почти неподвижным, а при движении по остальной части – звено EF будет перемещаться на заданный угол размаха, определяемый параметрами механизма. Таким образом реализуется длительный выстой звена. Если в рассмотренном механизме сохранить условие (1), сделать π и отбросить звенья EF и EM , то получится прямолинейный направляющий механизм Чебышева (рис. 2). Этот механизм получается из рассмотренного выше механизма Чебышева увеличением длины звена EM до бесконечности и поэтому является частным случаем этого механизма.

Основные параметры этого механизма a , b и d должны удовлетворять условию $3d - a = b$, при котором траектория точки M наименее отклоняется от прямой линии и выполняются условия наилучшего приближения. При этом условии шатунная кривая имеет шесть точек пересечения с прямой, а предельное отклонение достигается семь раз при последовательно меняющихся знаках. О точности воспроизведения прямой можно судить по следующим результатам: при $d = 2,22$, а отношение максимального отклонения от прямой линии к длине прямолинейного участка не превосходит 10^{-3} . Такое отклонение графическими методами не обнаруживается. За сходство рассмотренного прямолинейного направляющего механизма Чебышева в среднем положении (рисунок 2) с буквой λ он называется иногда лямбдообразный.

На рис. 3 штриховыми линиями показан шарнирный четырехзвенник $A_1B_1C_1D_1$, являющийся модификацией лямбдообразного механизма и называемый перекрестным.

При $A_1B_1 = C_1D_1 = 2b$, $B_1M = a$, $B_1C_1 = 2a$, $A_1D_1 = 2d$ перекрестный и лямбдообразный механизмы описывают точкой M одинаковые траектории.

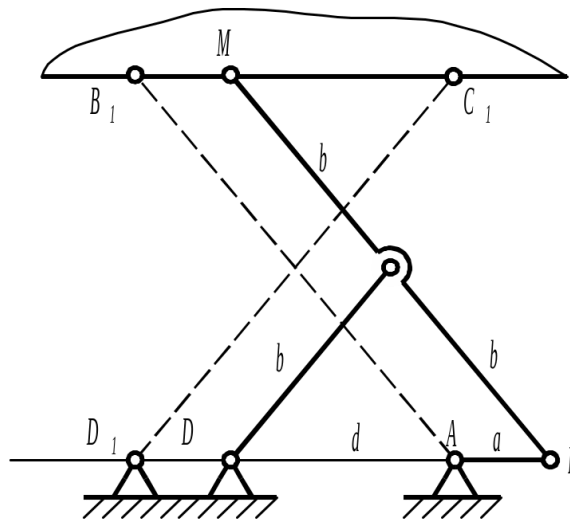


Рис. 3 Лямбдообразный механизм П.Л. Чебышева

4. Порядок выполнения работы

4.1. Приняв линейный масштаб 0,002 м/мм, вычерчиваем план механизма в 1-м положении, когда кривошип расположен горизонтально влево от оси вращения. Принят размеры $O_1O_2 = 50$ мм, длина кривошипа $O_1A = 25$ мм, длина шатуна $AC = 125$ мм, длина коромысла $O_2B = 62,5$ мм.

4.2. Разделяем траекторию точки A на 8 равных частей и построим планы механизма для этих положений с помощью циркуля (методом засечек). Последовательные положения точки C соединяем плавной кривой и определяем границы прямолинейного участка траектории точки C .

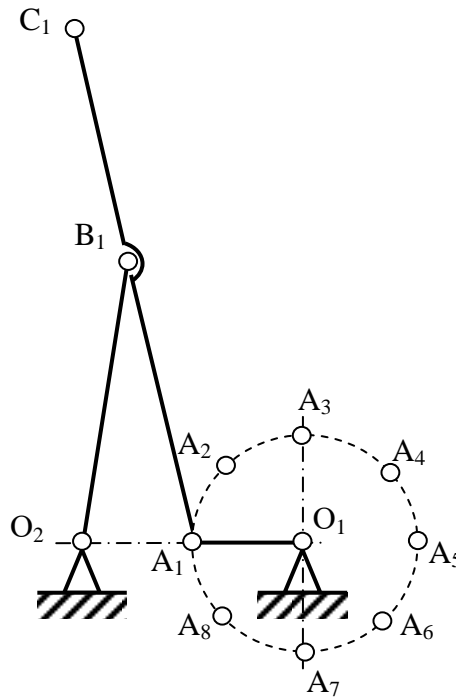


рис. 4 План механизма Чебышева

4.3. Определяем степень подвижности механизма по формуле:

$$w = 3n - 2p_5 - p_4$$

4.4. Определяем, какие звенья входят в присоединенную к кривошипу структурную группу

4.5. Сделать вывод по работе.

5. Контрольные вопросы

1. Что называется степенью подвижности механизма?
2. Что называется структурной группой?
3. Какие звенья входят в структурную группу исследованного механизма?
4. Из скольких звеньев и кинематических пар состоят структурные группы?
5. Каким методом пользовались при построении лана механизма?
6. Для чего предназначен исследуемый механизм?
7. По какой траектории движется точка В механизма?
8. Какое движение совершает звено АС?
9. В каких устройствах используются механизмы Чебышева на сегодняшний день?
10. Какое звено в механизм принято за входное?

Библиографический список:

1. Теория механизмов и машин : [учебник для студентов по направлениям подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)"] / П. Н. Учаев [и др.] ; под общ. ред. П. Н. Учаева. - Старый Оскол: ТНТ, 2016. - 296 с. - Текст : непосредственный.

2. Яцун, С. Ф. Основы функционирования технических систем: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 15.03.01 Машиностроение, 23.03.01 Технологии транспортных комплексов, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / С. Ф. Яцун, А. Н. Рукавицын, Е. Н. Политов; Юго-Западный государственный университет. - Курск : Университетская книга, 2019. - 195 с. - Текст: непосредственный.

3. Теория механизмов и машин: учебное пособие / М. А. Мерко, А. В. Колотов, М. В. Меснянкин, А. А. Шаронов; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный

университет (СФУ), 2015. – 248 с. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497728> (дата обращения: 06.06.2022). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.

4. Яцун, С. Ф. Кинематика, динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 08.06.01 "Техника и технология строительства", 08.04.01 "Строительство" и 06.06.01 "Метрология, стандартизация и сертификация" / С. Ф. Яцун, В. Я. Мищенко, Е. Н. Политов. - Москва: ИНФРА-М : Альфа-М, 2015. - 207 с. - Текст: непосредственный.

5. Локтионова, О. Г. Лекции по теоретической механике: учебное пособие : [для студентов инженерно-технических специальностей всех форм обучения] / О. Г. Локтионова, С. Ф. Яцун, О. В. Емельянова; ЮЗГУ. - Курск: ЮЗГУ, 2014. – 185 с. - Текст: электронный.

6. Социально-экономические аспекты технологической модернизации современного машиностроительного производства : монография / ред. совет: С. Г. Емельянов (пред.) [и др.] ; гл. ред. А. В. Киричек. - М. : Спектр, 2013. - 288 с. - Текст : непосредственный.

7. Андреев, В. И. Техническая механика: учебник / В. И. Андреев, А. Г. Паушкин, А. Н. Леонтьев. - М. : АСВ, 2012. - 251 с. - Текст : непосредственный.