

УДК 621.(076.1)

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

Рецензент

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

Кинематический анализ мальтийского механизма:
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. 14.

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 523. Бесплатно.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Общие сведения о мальтийских механизмах.....	5
2. Кинематический анализ мальтийского механизма.....	7
3. Геометрические параметры мальтийского механизма.....	10
4. Порядок выполнения работы.....	12
5. Контрольные вопросы.....	13
Библиографический список	13

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.

За длительный период развития промышленности было создано довольно большое количество различных конструкций, которые предназначены для перераспределения и передачи усилия. В станках-автоматах, обрабатывающих центрах и автоматических линиях широко применяются устройства, преобразующие непрерывное вращательное движение входного звена в одностороннее движение выходного звена, которые называются шаговыми механизмами. Среди шаговых механизмов простейшими являются мальтийские. Мальтийские механизмы, или так называемые механизмы мальтийских крестов относятся, таким образом, к зубчатым механизмам с прерывистым движением выходного звена. С помощью этих механизмов транспортируются заготовки, происходит смена инструментов и приспособлений на один линейный или угловой шаг, с одной фиксированной позиции на другую и так далее.

Лабораторная работа «КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАЛЬТИЙСКОГО МЕХАНИЗМА»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: исследовать кинематику механизма прерывистого действия, определить закон движения мальтийского механизма при равномерном вращении входного звена и коэффициент движения механизма..

ОБЪЕКТЫ выполнения работы – модель мальтийского механизма.

1. Общие сведения о мальтийских механизмах

В некоторых случаях нужно преобразовывать постоянное вращение в прерывистое. Для этого применяется мальтийский механизм, который сегодня получил весьма широкое распространение. Механизм мальтийского креста представляет собой звено 1, состоящее из диска с вырезом и пальца А (см. рис. 1).

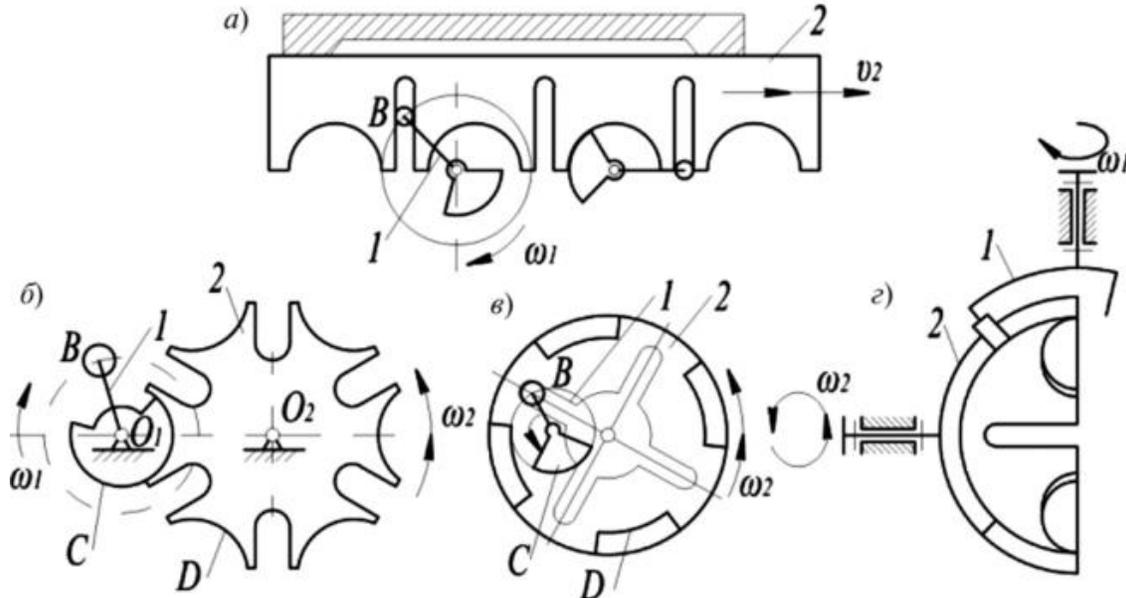


Рис. 1. Мальтийские механизмы: а) с поступательным движением; б) с вращательным движением; в) с внутренним зацеплением; г) с пересекающимися осями

Наиболее часто встречаются механизмы с числом пазов равным четырем или шести. Механизм, у которого радиальные пазы расположены на диске равномерно, называют правильным или однородным мальтийским механизмом. При этом механизм с четырьмя пазами называют часто мальтийским крестом. Звено 2 представляет собой диск, снабженный радиальными пазами. При вращении звена 1 палец А входит в соответствующие пазы в звена 2 и поворачивает его на определенный угол. Звенья 1 и 2 снабжены запирающими дугами CDE, предупреждающими самопроизвольное движение звена 2. Механизмы мальтийских крестов выполняются как с внешним (рис. 1а), так и с внутренним зацеплением (рис. 1б).

Мальтийский механизм характеризуется тем, что имеет большие размеры в сравнении со многими другими. При этом высокий КПД совместим с равномерной работой.

Оба звена мальтийского механизма должны быть расположены точно относительно друг друга, так как в противном случае есть вероятность повышенного износа.

При производстве изделий должны применяться материалы, характеризующиеся высокой износостойкостью и прочностью. При этом отметим, что на момент работы не возникает сильного трения, другими словами изделия не нагреваются.

Несмотря на достаточно простую конструкцию, при изготовлении креста и барабана могут возникать серьезные трудности. Даже незначительное отклонение формы станет причиной потери КПД и возникновения других проблем.

На момент передачи вращения осевая нагрузка распространяется неравномерно. Именно поэтому есть вероятность быстрого износа подшипника, на котором происходит фиксация креста и барабана (см. рис.2).

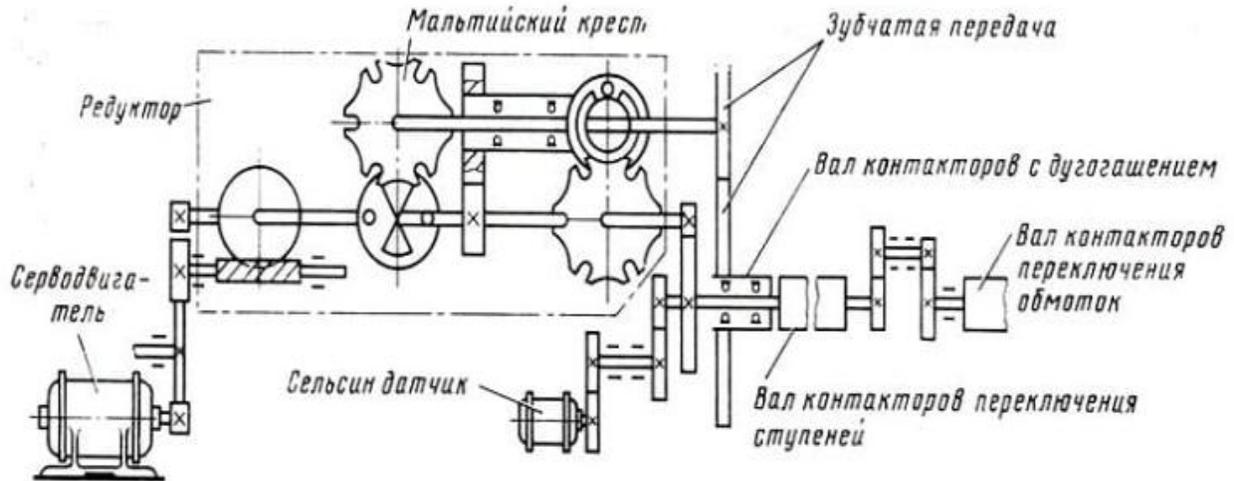


Рис. 2. Схема привода технологической машины на базе мальтийских механизмов

2. Кинематический анализ мальтийского механизма

Прежде чем проводить расчеты следует уделить внимание кинематическим особенностям устройства. В качестве основы применяется треугольник с несколькими вершинами, а также цевки, которая формируется при входе в паз и выходе из него. Используя кинематику можно провести следующие расчеты:

1. Найти углы поворота на первой и второй фазе.
2. Углы и стороны треугольника также считаются важной информацией.
3. Угловую скорость и угловое ускорение.

Коэффициент времени движения мальтийского механизма определяют из выражения

$$k_d = \frac{T_d}{T_{ц}} = \frac{\varphi_{1д}}{2\pi} = \frac{\pi - \psi_2}{2\pi} = \frac{\pi - \frac{2\pi}{z}}{2\pi} = \frac{z - 2}{2z},$$

коэффициент времени покоя:

$$k_n = \frac{T_d}{T_u} = \frac{2\pi - \varphi_{1d}}{2\pi} = \frac{\pi + \psi_2}{2\pi} = \frac{\pi + \frac{2\pi}{z}}{2\pi} = \frac{z + 2}{2z}.$$

Для двухпазового диска ($z = 2$) $k_R = 0$ и $k_n = 1$, то есть такой механизм является неработоспособным. Поэтому наименьшее число пазов на диске мальтийского механизма равно трем. При увеличении числа пазов коэффициенты меняются, пределы изменения для нескольких первых чисел пазов показаны в таблице 16.1. Из (16.3) и таблицы 16.1 видно, что для технологических машин, у которых рабочий процесс или операция производится в период остановки диска, применяют диски с малым числом пазов. Это позволяет снизить потери времени на вспомогательный ход, соответствующий повороту выходного звена.

Таблица 1 - Изменение коэффициентов движения k_n и покоя k_R мальтийского механизма в зависимости от числа пазов z

Z	2	3	4	5	6	8	10
K	0	0,167	0,25	0,30	0,33	0,375	0,40
	1	0,833	0,75	0,70	0,67	0,625	0,60

Однако не только величина коэффициентов покоя и движения оказывается определяющей при окончательном выборе числа пазов. Этот выбор может быть связан с динамикой привода, так как поворот ведомых звеньев происходит неравномерно.

Однако не только величина коэффициентов покоя и движения оказывается определяющей при окончательном выборе числа пазов. Этот выбор может быть связан с динамикой привода, так как поворот ведомых звеньев происходит неравномерно.

Механизм мальтийского креста, после замены высших пар низшими, может быть приведен к обыкновенному кулискому

механизму (рис. 3). Поэтому для определения скоростей и ускорений этого механизма могут применяться формулы для кулисного механизма.

При исследовании механизма мальтийского креста с внешним зацеплением надо исследовать движение заменяющего кулисного механизма при повороте его звена 1 на угол $2\varphi_1$, а для механизма с внутренним зацеплением исследование производится при повороте звена 1 кулисного механизма на угол $2\varphi_1$ (рис. 3). На рис. 4 показаны диаграммы угловой скорости и углового ускорения звена 2 при постоянной угловой скорости звена 1 . Из сравнения диаграмм видно, что мальтийский крест с внутренним зацеплением работает более плавно, чем мальтийский крест с внешним зацеплением.

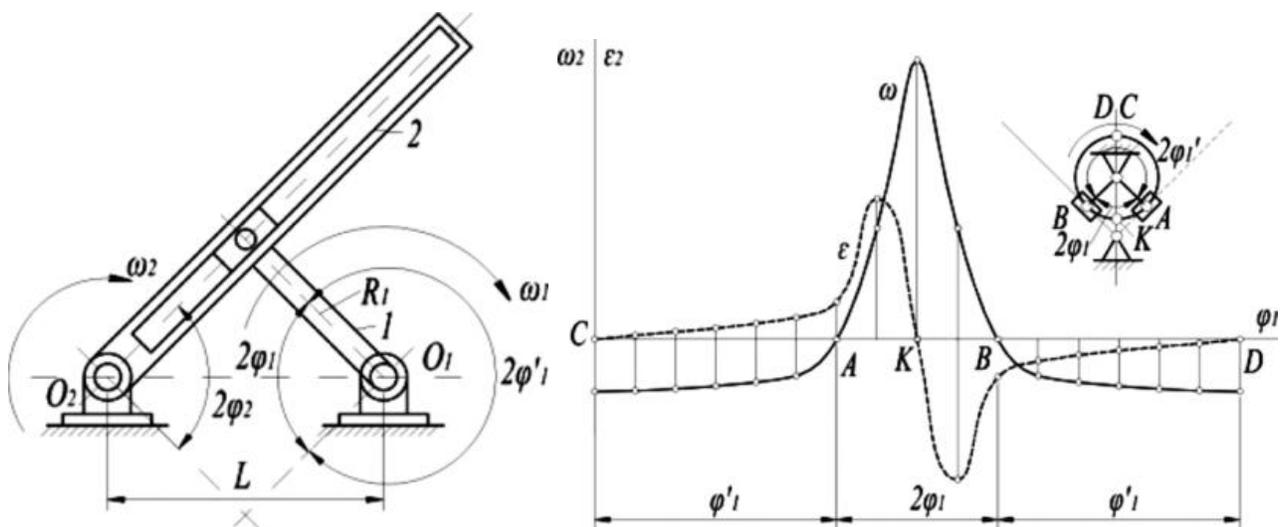


Рис. 3. Схема кулисного механизма, заменяющего мальтийский механизм и диаграммы угловой скорости и углового ускорения заменяющего кулисного механизма

Мальтийский механизм обеспечивает равные периоды движения и покоя, соответствующие повороту входного звена 1 на угол 90° , так как углы между пазами и пальцами равны между собой. При равных периодах углы между пальцами и расстояния пальцев от оси вращения O , должны быть равны.

Если периоды покоя и периоды движения заданы неравными, получается механизм неправильного мальтийского креста. В этом случае в механизме могут быть различными углы между пазами, углы между пальцами и расстояния пальцев от оси вращения O .

В механизме мальтийского креста с одним пальцем, у которого вектор скорости оси пальца в момент входа в паз направлен по оси паза, угол поворота креста за один оборот звена / равен

$$2\varphi_2 = \frac{2\pi}{z},$$

где z . — число пазов.

При повороте креста на угол $2\sigma_{р2}$ звено I поворачивается на угол $2\sigma_{р}$ равный

$$2\varphi_1 = \pi - 2\varphi_2 = \pi - \frac{2\pi}{z} = \pi \left(1 - \frac{2}{z}\right).$$

3. Геометрические параметры мальтийского механизма

Основные геометрические размеры звеньев мальтийского механизма (рис. 4) при заданном межосевом расстоянии $O_1O_2 = a$ и заданном числе пазов z определяют следующим образом:

- радиус кривошипа равен

$$R = a \sin \varphi_2 = a \sin \frac{\pi}{z};$$

- расстояние от оси вращения креста до торцов его пазов равно

$$S = a \cos \varphi_2 = a \cos \frac{\pi}{z};$$

- длина паза креста (рис. 4, когда положение механизма мальтийского креста такое, что ось паза совпадает с межосевой линией O_1O_2):

$$h = S + R - a + r = a \left(\cos \frac{\pi}{z} + \sin \frac{\pi}{z} - 1 \right) + r,$$

где z — радиус цевки.

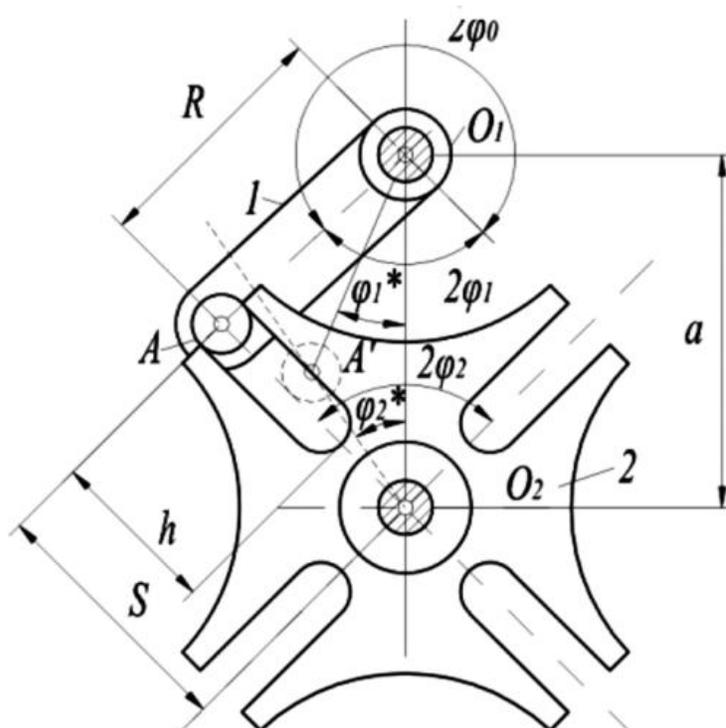


Рис. 4 Схема механизма мальтийского креста с внешним зацеплением

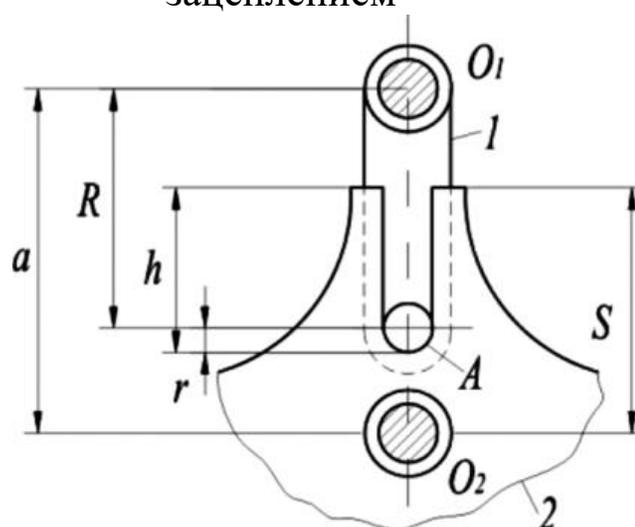


Рис. 5 Деталь схемы мальтийского креста с внешним зацеплением

Если звено 1 имеет несколько симметрично расположенных цевок, то наибольшее число m этих цевок может быть определено из неравенства:

$$m \leq \frac{2\pi}{2\varphi_1} = \frac{2}{1 - \frac{2}{z}}$$

Из этого неравенства следует, что число цевок может быть в пределах 2...5. На рис. 16.13 показан мальтийский механизм с числом цевок $m - 3$ и числом пазов $m - 4$, что удовлетворяет неравенству (16.14).

4. Порядок выполнения работы

4.1 Изобразить схему механизма и обозначить его звенья (рис.1).

4.2 Устанавливаем механизм в положение 1, соответствующее углу 90^0 между радиальным пазом и радиусом – вектором пальца ведущего диска. При входе в паз, вектор скорости пальца должен быть направлен вдоль паза, что соответствует безударному входу пальца в паз.

4.3 Поворачивая ведущий диск, через каждые 15^0 измеряем угол ψ поворота мальтийского креста за время движения пальца по пазу (от входа в паз до выхода из него). Результаты заносим в таблицу.

φ град	0	15	30	45	60	75	90
ψ град							

4.4 По результатам измерений строим диаграмму зависимости угла ψ поворота мальтийского креста от угла φ поворота ведущего диска. Вычислить масштабы μ_φ (град/мм), μ_ψ (град/мм).

4.5 Вычисляем коэффициент движения по формуле:

$$K = \frac{\varphi_\delta}{2\pi} = \frac{1}{2} - \frac{1}{z} = 0,5 - 1/z =$$

где φ_δ - угол движения мальтийского креста (угол поворота мальтийского креста за один полный оборот ведущего диска),

z - число пазов креста.

4.6 Определяем степень подвижности $W = 3n - 2P_5 - P_4$

4.7 Сделать вывод по работе.

5. Контрольные вопросы

1. По каким признакам исследованный механизм относится к механизмам прерывистого движения?
2. Что называется коэффициентом движения?
3. Какие положения ведущего диска соответствует максимальной скорости вращения мальтийского креста?
4. Каково максимальное и минимальное количество пазов мальтийского креста?
5. Каково условие безударной работы механизма?
6. Какое назначение имеют мальтийские механизмы?
7. Назовите основные элементы мальтийских механизмов.
8. Как классифицируются мальтийские механизмы?
9. Приведите схему преобразования мальтийского механизма в эквивалентный рычажный механизм.
10. Назовите исходные параметры для расчета мальтийского механизма.
11. Какие кинематические характеристики рассчитывают при проектировании мальтийских механизмов?

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.