

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Т. А. Луганцева, И. Н. Кузьмин

КУЛАЧКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Учебно-методическое пособие

Благовещенск 2020

УДК 621

ББК 34.445

Рекомендовано

учебно-методическим советом факультета дизайна и технологий

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент кафедры естественнонаучных и общетехнических дисциплин Дальневосточного высшего общевойскового командного училища имени Маршала Советского союза К.К.Рокоссовского

Н. М. Ларченко

Кулачковые механизмы

учебно-методическое пособие / Т. А. Луганцева, И. Н. Кузьмин –
Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2020. – 36 с.

Пособие включает в себя: требования к знаниям, умениям и навыкам, которые должен приобрести студент в результате изучения темы, теоретические сведения, которые могут помочь студенту более свободно ориентироваться в рассматриваемом материале, а также методические указания для выполнения лабораторной работы по теме «Построение профиля кулачка по заданному закону движения толкателя».

Работа знакомит с классификацией кулачковых механизмов, этапами проектирования кулачковых механизмов, законами движения толкателя.

Краткий теоретический курс может быть использован студентами для подготовки к занятиям, выполнению лабораторных работ, тестированию и зачету, наряду с другой литературой рекомендуемой к изучению дисциплины.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей и форм обучения университета, изучающих курс теории механизмов и машин, механики и прикладной механики.

Издание второе дополненное и переработанное.

© Луганцева Т. А. , И. Н. Кузьмин

© Амурский государственный университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Теоретические сведения	6
1. Виды кулачковых механизмов и их особенности	6
2. Достоинства и недостатки кулачковых механизмов	16
3. Законы движения толкателей	17
4. Проектирование кулачковых механизмов	20
5. Лабораторная работа	23
6. Контрольные вопросы	29
Библиографический список	31
Приложение А – законы движения толкателей	32
Приложение Б – пример отчета по лабораторной работе	33

ВВЕДЕНИЕ

Практика машиностроения часто требует воспроизведения ведомым звеном неравномерного движения по какому-либо заданному закону, с остановками определенной продолжительности. Осуществление программных движений механизмами с низшими кинематическими парами (рычажными механизмами) не всегда целесообразно, в виду сложности их кинематических схем.

В таких случаях применяют механизмы с высшими кинематическими парами, которые воспроизводят требуемые движения при малом числе звеньев.

Наиболее часто эти требования выполняются при применении кулачкового механизма, у которого профиль одного из звеньев (кулачка) соответствует заданному закону, их так же используют как управляющие механизмы и разгружающие устройства.

Кулачковые механизмы широко применяются в технике благодаря простоте их конструкции, изготовления и эксплуатации. Выполнив соответствующим образом профиль кулачка, можно получить с помощью кратчайшей кинематической цепи практически любой закон движения выходного звена.

Цель настоящего методического пособия – изучить основные понятия по теме «Кулачковые механизмы».

В результате изучения темы студент должен:

знать:

- назначение и область применения кулачковых механизмов;
- наиболее распространенные законы движения кулачковых механизмов;

уметь:

- составлять структурные схемы кулачковых механизмов;
- проводить замену высшей кинематической пары низшими кинематическими парами;

- строить профиль кулачка по заданному закону движения толкателя;
владеть:
- методами кинематического исследования кулачковых механизмов;
- методами геометрического синтеза кулачковых механизмов;
- практическими приемами проектирования кулачковых механизмов по заданному закону движения толкателя.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Простейший механизм, в состав которого входит кулачок, называется кулачковым механизмом.

Кулачком называется звено, у которого рабочий элемент высшей кинематической пары имеет профиль переменной кривизны.

Кулачковые механизмы дают возможность получить любой закон движения выходного звена (толкателя) при равномерном движении входного звена (кулачка).

Толкатель - звено кулачкового механизма, взаимодействующее с рабочей поверхностью кулачка своим наконечником (башмаком), который может быть острым (точечный или линейный), плоским, грибовидным и роликовым, и совершающий поступательное или вращательное движение.

1 ВИДЫ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

В зависимости от особенностей конструкции, функционального назначения машины и ряда других факторов применяют разные виды кулачков, наиболее распространенными являются:

- плоские кулачковые механизмы с поступательным перемещением кулачка (рисунки 1, 2);

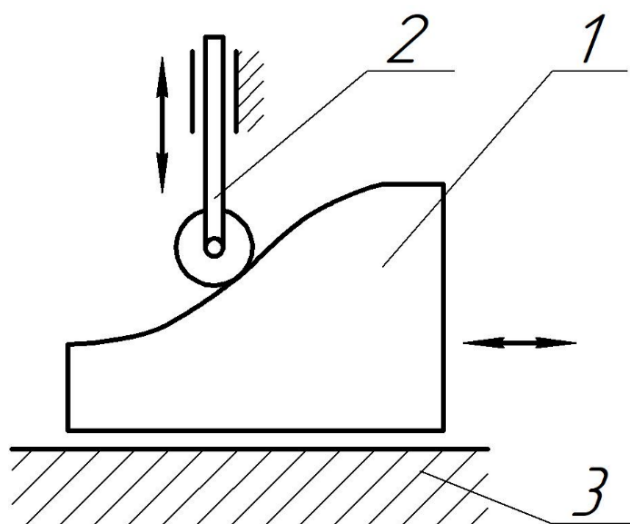


Рисунок 1 – Плоский механизм с поступательным перемещением кулачка

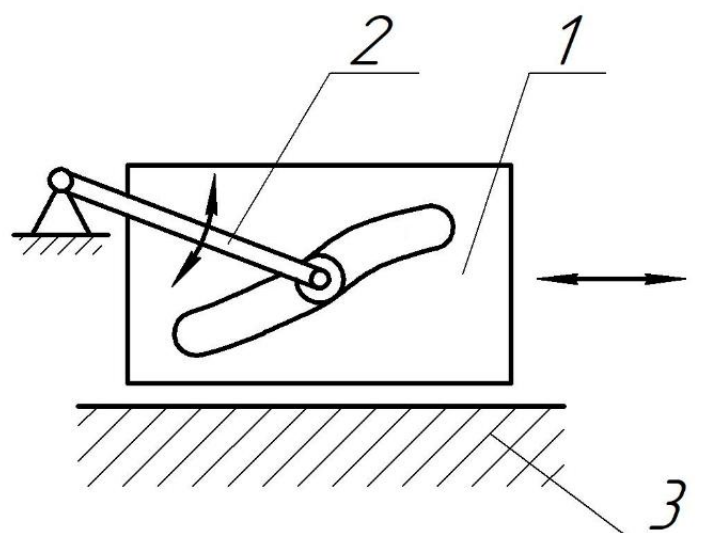


Рисунок 2 – Плоский механизм с поступательным перемещением кулачка

- цилиндрические кулачки с профильным пазом на боковой поверхности (рисунки 3, 4);

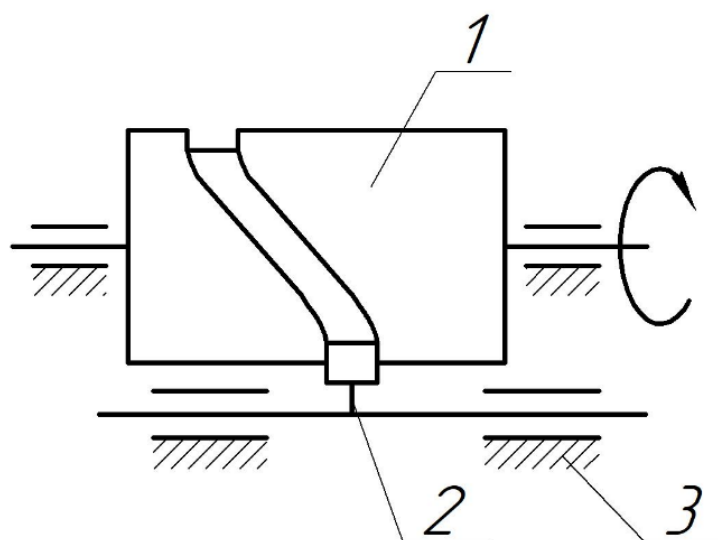


Рисунок 3 – Пространственный цилиндрический кулачковый механизм

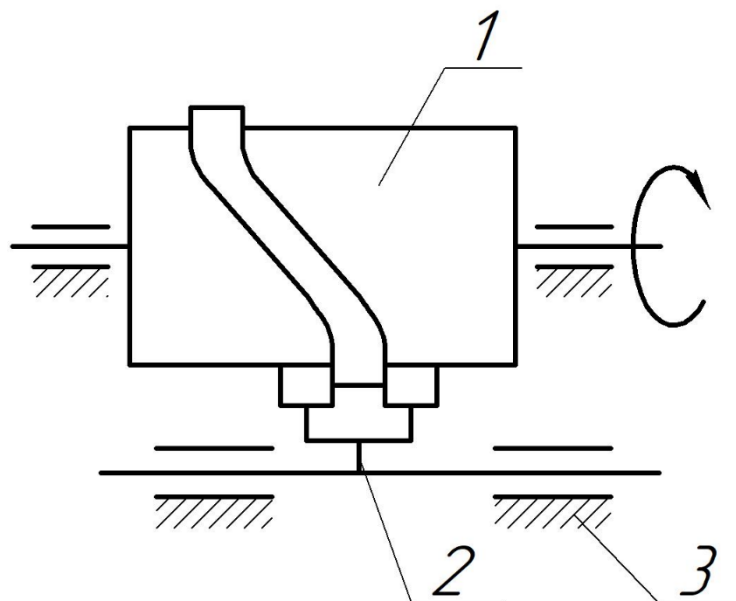


Рисунок 4 – Пространственный цилиндрический кулачковый механизм

- дисковые кулачки (рисунки 5, 6);

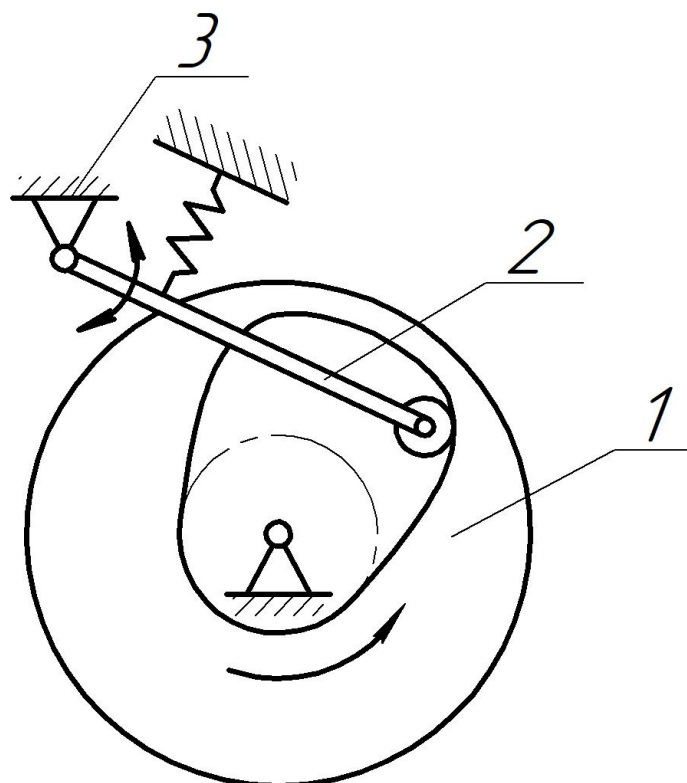


Рисунок 5 – Дисковый кулачок

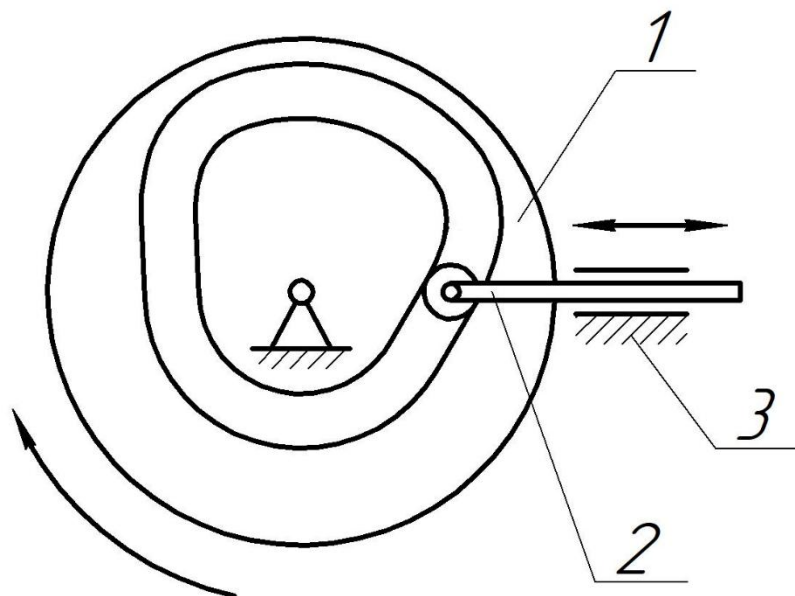


Рисунок 6 – Дисковый кулачок

- конические кулачки (рисунок 7);

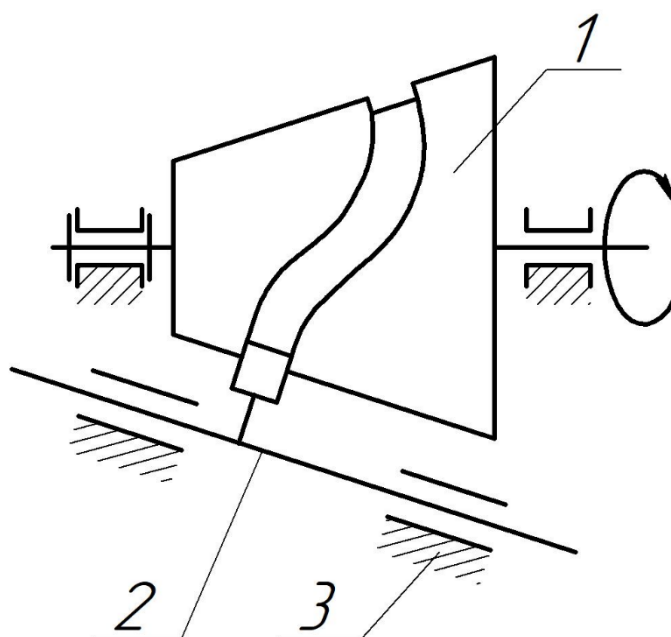


Рисунок 7 – Конический кулачок

- гиперболоидные кулачки (рисунок 8);

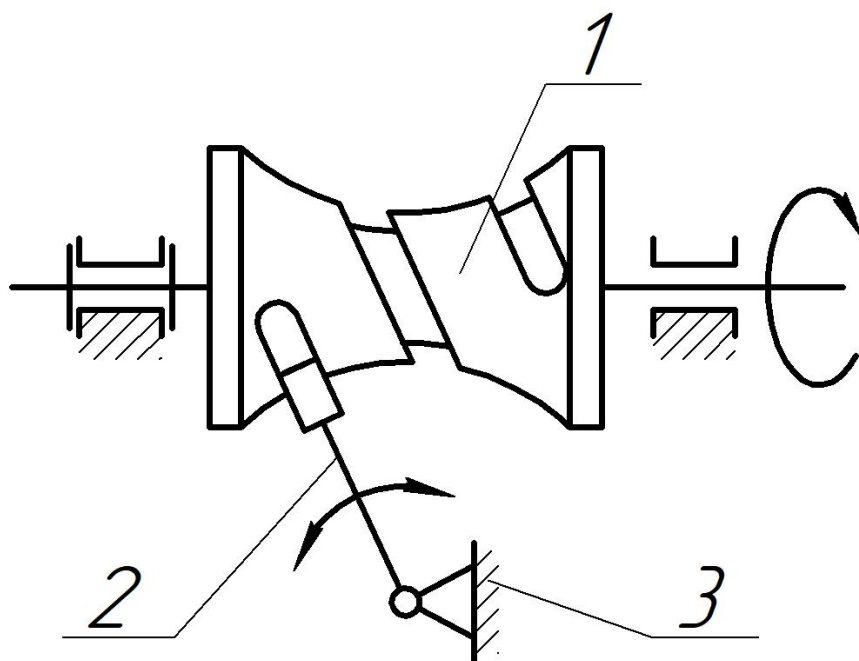


Рисунок 8 – - Гиперболоидный кулачок

- коноидные кулачки (рисунок 9);

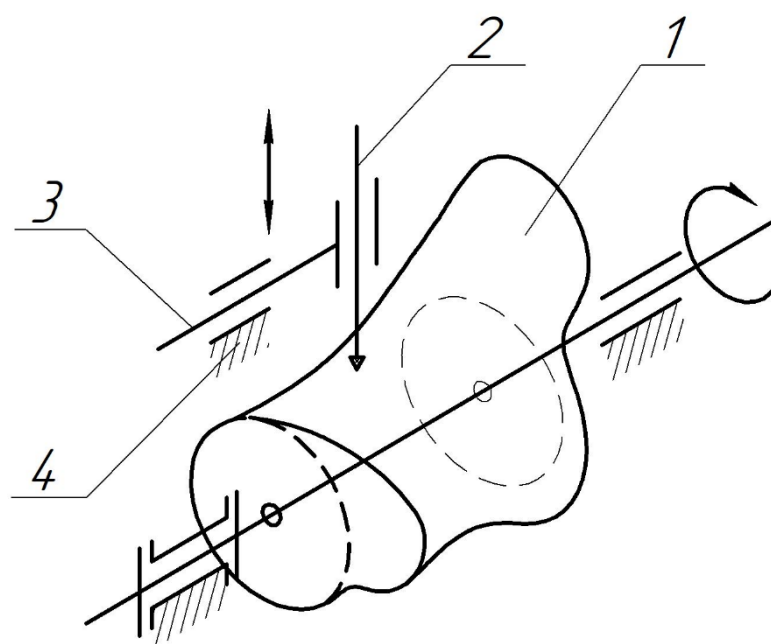


Рисунок 9 – Коноидный кулачок

К плоским кулачковым механизмам относятся кулачковые механизмы с вращающимся кулачком и различными видами толкателей (рисунки 10, 11, 12, 13 и 14)

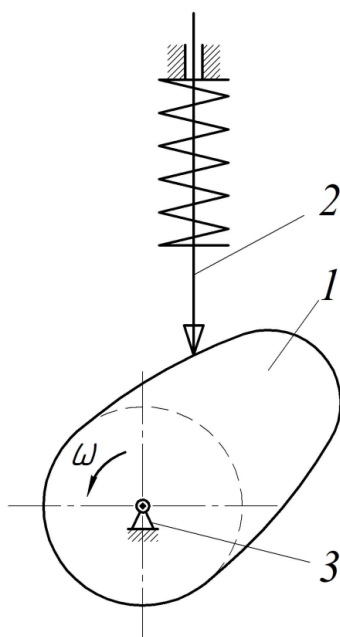


Рисунок 10 – Кулачковый механизм с вращающимся кулачком и поступательно движущимся толкателем

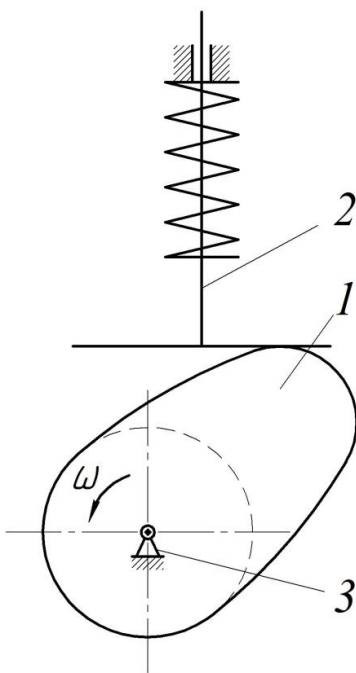


Рисунок 11 – Кулачковый механизм с вращающимся кулачком и плоским поступательно движущимся толкателем

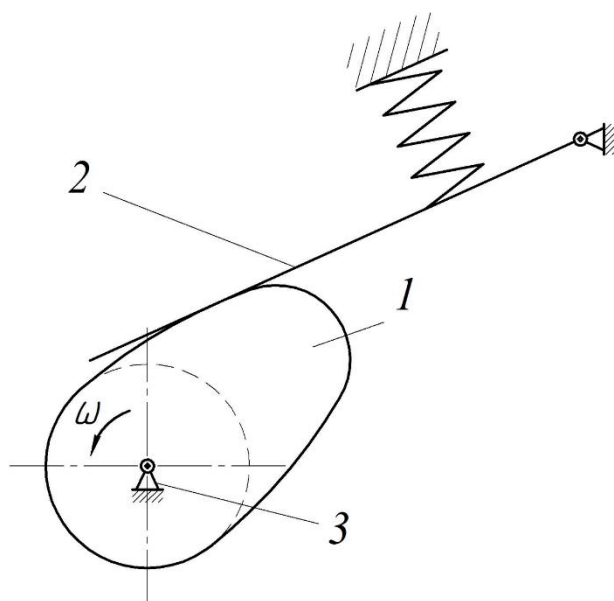


Рисунок 12 – Кулачковый механизм с вращающимся кулачком и плоским качающимся толкателем

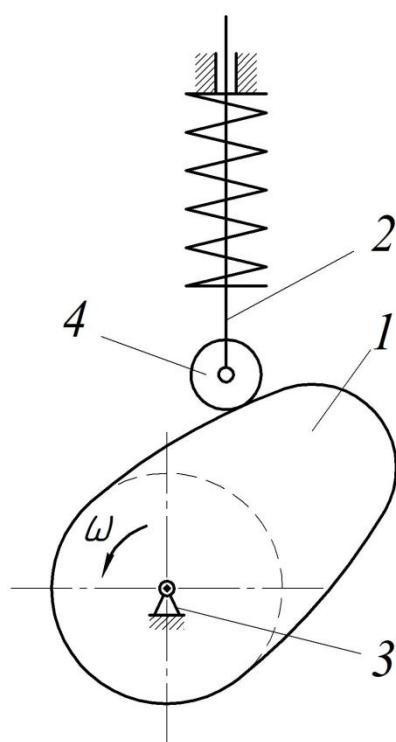


Рисунок 13 – Кулачковый механизм с вращающимся кулачком и роликовым поступательно движущимся толкателем

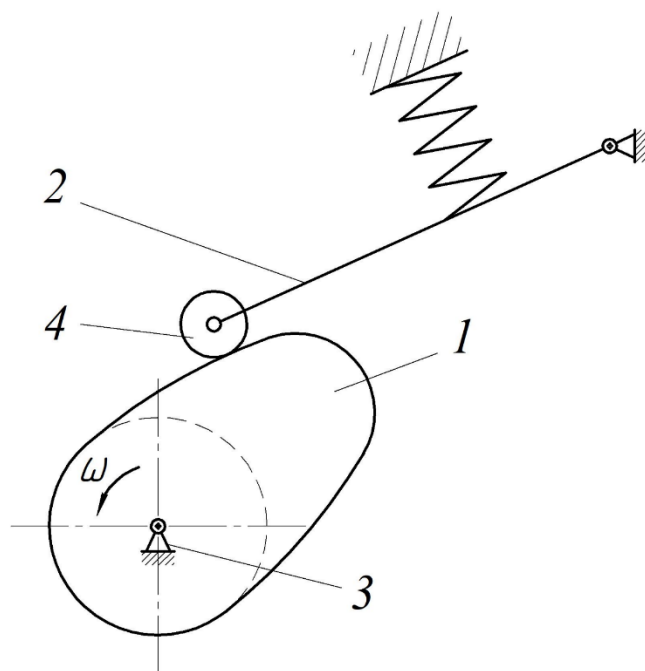


Рисунок 14 – Кулачковый механизм с вращающимся кулачком и роликовым качающимся толкателем

Толкатель кулачкового механизма может совершать поступательное движение (рисунки 1, 3, 6, 7, 10, 11, 13), колебательное (рисунки 2, 5, 8, 12, 14), либо сочетание двух движений (рисунок 9).

Кулачковые механизмы подразделяются на плоские и пространственные. Плоскими называются такие кулачковые механизмы, у которых кулачок и толкатель перемещаются в одной или параллельных плоскостях (рисунки 1, 2, 5, 6, 10 ÷ 14).

Пространственные кулачковые механизмы, у которых кулачок и толкатель перемещаются в непараллельных плоскостях (рисунки 7 ÷ 9).

Простейший кулачковый механизм является трехзвенным и состоит из кулачка – 1, выходного звена - 2, которое называется толкателем, стойки – 3, (например, рисунки 3, 4, 13, 14).

Рабочая поверхность толкателей, воспринимающая нагрузку от кулачка, подвергается износу. Чтобы уменьшить износ, распределить его равномернее по контактной поверхности толкателя и увеличить надежность и долговечность механизма на толкателе устанавливают лишнее звено -

ролик, который вращается на оси и катится без скольжения по рабочей поверхности кулачка, то есть получаем четырехзвенный кулачковый механизм (например, рисунки 1, 2, 5, 6, 10÷12). Ролик дает лишнюю (местную) подвижность, которая не учитывается при анализе структуры механизма.

Для увеличения износостойкости кулачки изготавливают из высококачественной стали с рабочей поверхностью высокой твердости. Кроме износа звеньев недостатком кулачковых механизмов является необходимость обеспечивать постоянное соприкосновение между звеньями (замыкание высшей кинематической пары). В процессе работы кулачкового механизма могут возникать большие усилия, в основном инерционные, направленные на отрыв рабочей поверхности толкателя от кулачка. Для восприятия этих усилий применяется либо геометрическое (кинематическое) замыкание, либо силовое замыкание кинематической цепи.

При силовом замыкании (рисунки 1, 10 ÷ 14) постоянное прижатие толкателя к кулачку происходит под действием силы, которая больше силы, стремящейся оторвать толкатель от кулачка. Замыкающая сила в большинстве случаев создается силой упругости пружины, силы тяжести, давления жидкости и т.п.

При геометрическом замыкании возможность отрыва одного звена от другого устраняется введением дополнительной (избыточной) связи, которая не влияет на относительное движение звеньев и на закон движения его выходного звена. Одним из наиболее распространенных способов геометрического замыкания является применение пазового кулачка (рисунки 5, 6). При вращении кулачка ролик толкателя соприкасается с боковыми сторонами паза, прорезанного на кулачке. Паз создает два рабочих профиля кулачка, которые перемещают ролик толкателя в обоих направлениях. Трудности точного выполнения паза и устранения ударов ролика о паз привели к появлению двухдисковых кулачков (рисунок 15), в

которых выходное звено взаимодействует с двумя дисковыми кулачками, жестко соединенными между собой.

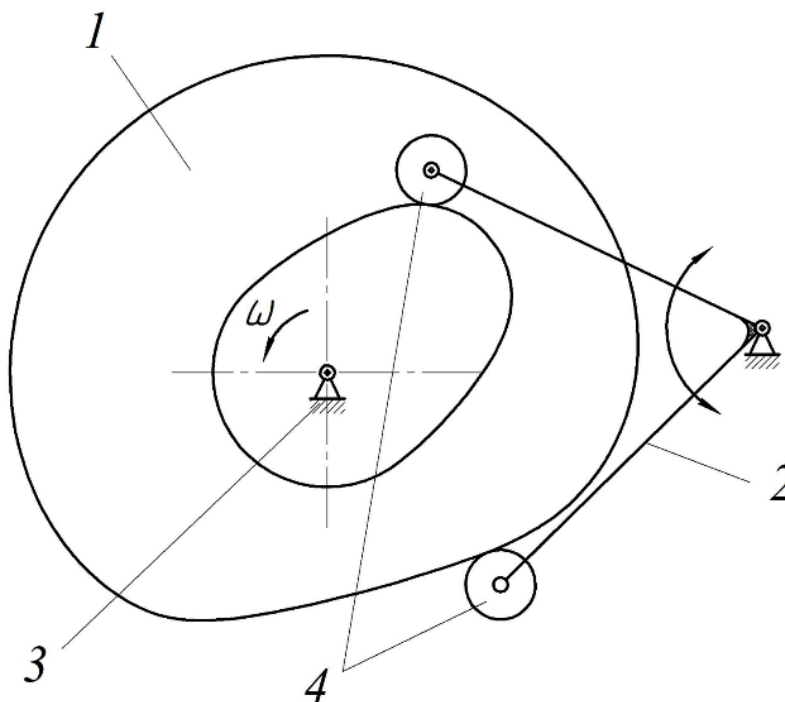


Рисунок 15 – Двухдисковый кулачок

В структурной классификации, а также при решении некоторых задач кинематического анализа кулачковых механизмов пользуются условной заменой высших кинематических пар низшими. Каждую высшую кинематическую пару условно заменяют одним добавочным звеном, входящим в две низшие пары. При этом должны выполняться два условия структурной эквивалентности:

- заменяющий механизм должен обладать той же степенью подвижности, что заменяемый;

- заменяющий механизм с низшими парами должен иметь такие же мгновенные относительные движения, как и механизм до замены высших пар.

2 ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ КУЛАЧКОВЫ МЕХАНИЗМОВ

Основным преимуществом механизма считается его способность реализовать весьма сложные пространственные траектории движения толкателя. Кроме того, движение можно строго регулировать по временным фазам, зависящим от угла поворота ведущего вала. При этом конструкция его весьма проста в работе и обслуживании.

Такой функциональности сложно, а в ряде случаев невозможно достичь применяя другие типы механических конструкций.

Еще одним важным преимуществом кулачкового механизма, например, над электронными системами управления с электрическим или гидравлическим приводом, является ее исключительная надежность. Это очень важно в тех конструкциях, где требуется достичь точного многократного повторения одних и тех же движений, таких, как двигатель или швейная машинка.

Самым заметным минусом служит сложность и высокая себестоимость производства деталей кулачкового механизма. Наиболее трудоемким является изготовление управляющего профиля. Технологический процесс начинается с отливки заготовки из высокопрочных стальных сплавов, обладающих особой устойчивостью к переменным механическим напряжениям, истиранию и перепадам температуры. Далее требуется провести высокоточную механическую обработку с последующей шлифовкой и полировкой поверхностей. Упрочнение рабочей поверхности достигается термообработкой и цементацией. Такие распределительные валы или кулачки привода масляного насоса обходятся дорого, но зато смогут отработать сотни тысяч километров пробега.

Еще одним минусом считается небольшая нагрузка, которую может толкнуть толкатель. Это происходит из-за большого трения в сопряжении пары, кроме того, возникают значительные боковые нагрузки на шток. Этот недостаток ограничивает мощностные возможности исполнительного органа устройства.

Для борьбы с этим недостатком используют роликовый толкатель, размещенный на шариковом или игольчатом подшипнике. Для крупных двигателей с большим диаметром клапанов и мощными возвратными пружинам используют коромысловую схему. Разная длина плеч коромысла работают как рычажная система, трансформируя больший ход на одном плече в большее усилие на другом.

3 ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ ТОЛКАТЕЛЕЙ

В зависимости от назначения все кулачковые можно разделить на две группы. К первой группе относятся такие механизмы, у которых закон движения толкателя должен быть воспроизведен по определенному закону, удовлетворяющему заданному технологическому процессу.

Ко второй группе относятся механизмы, которые должны осуществлять перемещение толкателя из одного крайнего положения в другое в заданное время или при повороте кулачка на заданный угол, при этом закон движения толкателя может быть различным.

Кулачковые механизмы имеют преимущественное распространение в машинах-автоматах, где главным условием является выполнение заданной последовательности перемещений обрабатываемых изделий и инструментов.

Закон движения толкателя обычно выбирают, учитывая конкретные особенности работы механизма в виде аналитических или графических зависимостей одного из кинематических параметров (перемещения, скорости или ускорения) от времени t или угла поворота кулачка φ . Другие кинематические параметры получают в результате интегрирования или дифференцирования заданных функций.

При этом стремятся уменьшить ускорения выходного звена, а, следовательно, и инерционные нагрузки. В большинстве случаев необходимо плавное изменение скорости и ускорения. Мгновенное изменение скорости по величине, при которой ускорение стремится к бесконечности, приводит к появлению жестких ударов. При таком изменении скоростей силы инерции теоретически мгновенно вырастают до бесконечности. Нежелательны также

мгновенные скачки ускорений, вследствие которых возникают мягкие удары. Поэтому при проектировании кулачковых механизмов обычно задаются законом изменения ускорения, а закон изменения перемещения выходного звена получают в результате двукратного интегрирования заданного закона изменения ускорений.

Закон движения ведомого звена в зависимости от положения кулачка можно представить в виде диаграммы перемещения толкателя. В общем случае эту диаграмму разбивают на 4 части, соответствующие фазам его положения (приложение А):

- фаза удаления (подъема), характеризуется углом φ_1 ;
- фаза верхнего (дальнего) выстоя, характеризуется углом φ_2 ;
- фаза приближения (возврата), характеризуется углом φ_3 ;
- фаза нижнего (ближнего) выстоя, характеризуется углом φ_4 .

Эти фазы характеризуются соответствующими углами поворота кулачка: За время поворота кулачка на угол φ_1 толкатель удаляется от оси вращения кулачка; в пределах угла φ_2 он неподвижен, за период поворота на угол φ_3 толкатель приближается к оси кулачка, а в пределах угла φ_4 становится неподвижным. Весь цикл работы механизма соответствует одному обороту кулачка, т. е.:

$$\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 = 360^\circ$$

В кулачковых механизмах используют несколько законов движения выходного звена (приложение А).

3.1 Закон изменения ускорения по синусоиде

При этом законе движения выходного звена все три кривые, т.е. перемещение, скорость и ускорение, непрерывны. Следовательно, этот закон удовлетворяет требованиям работы на высоких скоростях: вибрации, износ, напряжения и шум получаются минимальными. Мягкие и жесткие удары отсутствуют. Этот закон создает плавный подъем толкателя требует

небольшой пружины для силового замыкания, не вызывает сильных боковых давлений на толкатель.

Закон изменения ускорения по синусоиде следует предпочесть другим для особо быстроходных кулачковых механизмов. Однако следует учитывать, что он дает большие максимальные ускорения.

3.2 Закон изменения ускорения по косинусоиде

При этом законе движения выходного звена кривые перемещения и их скорости непрерывны. Кривая ускорения в начале и в конце имеет скачкообразное изменение величины, что вызывает мягкие удары и при больших скоростях шум, вибрации и повышенный износ. При умеренных скоростях кулачковые механизмы с гармоническим законом движения выходного звена работают удовлетворительно.

3.3 Параболический закон, или закон постоянного ускорения

При параболическом законе движения жесткие удары отсутствуют, так как кривая скорости непрерывна. Ускорение постоянно и имеет наименьшую величину по сравнению с другими законами, но мгновенное изменение ускорения на конечную величину вызывает мягкие удары. Поэтому закон движения выходного звена не применяют для высоких скоростей, где он вызывает быстрый износ рабочей поверхности, шум, вибрации и толчки.

Часто отрицательное ускорение стремятся уменьшить, чтобы уменьшить силу инерции на этом участке. В этом случае участки подъема и возврата делают неодинаковыми.

3.4 Линейный закон движения

Характеристики этого закона аналогичны характеристикам гармонического закона изменения ускорения по косинусоиде. Применяют этот закон для средних скоростей, чаще всего в комбинации с другими законами, где он дает известные преимущества.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

4.1 Этапы синтеза кулачкового механизма.

Первый этап синтеза - структурный. Структурная схема определяет число звеньев механизма; число, вид и подвижность кинематических пар; число избыточных связей и местных подвижностей. При структурном синтезе необходимо обосновать введение в схему механизма каждой избыточной связи и местной подвижности. Определяющими условиями при выборе структурной схемы являются: заданный вид преобразования движения, расположение осей входного и выходного звеньев. Входное движение в механизме преобразуется в выходное, например, вращательное во вращательное, вращательное в поступательное и т.п. Если оси параллельны, то выбирается плоская схема механизма. При пересекающихся или перекрещивающихся осях необходимо использовать пространственную схему. В кинематических механизмах нагрузки малы, поэтому можно использовать толкатели с заостренным наконечником. В силовых механизмах для повышения долговечности и уменьшения износа в схему механизма вводят ролик или увеличивают приведенный радиус кривизны контактирующих поверхностей высшей пары. Первый этап синтеза кулачковых механизмов состоит в определении основных размеров механизма (минимальный радиус-вектор кулачка, длина коромысла толкателя и т.п.).

Второй этап синтеза - метрический. На этом этапе определяются основные размеры звеньев механизма, которые обеспечивают заданный закон преобразования движения в механизме или заданную передаточную функцию. Передаточная функция является чисто геометрической характеристикой механизма, а, следовательно, задача метрического синтеза чисто геометрическая задача, независящая от времени или скоростей. Основные критерии, которыми руководствуется проектировщик, при решении задач метрического синтеза: минимизация габаритов, а,

следовательно, и массы; минимизация угла давления в высшей кинематической паре, получение технологичной формы профиля кулачка.

Второй этап в построении профиля кулачка по заданной зависимости между перемещениями входного и выходного звеньев.

Для проектирования необходимы следующие исходные данные:

а) кинематическая схема механизма;

б) закон движения кулачка ($\omega = const$);

в) закон движения толкателя:

- для поступательного движущегося толкателя $S = f(\varphi)$;

- для качающегося толкателя $\psi = f(\varphi)$;

где ψ – угол поворота качающегося толкателя относительно его начального положения;

φ – угол поворота кулачка;

s – перемещение центра ролика поступательно движущегося толкателя относительно его начального положения;

г) значения углов;

д) максимальный ход толкателя - H или угол размаха ψ_{max} коромысла.

Эти данные задаются исходя из условий технологического процесса, для которого предназначается кулачковый механизм. При этом в большинстве случаев ставится задача: получить механизм наименьших размеров при отсутствии его заклинивания.

Типовые схемы наиболее распространенных плоских кулачковых механизмов приведены на рисунке 16 а) и б).

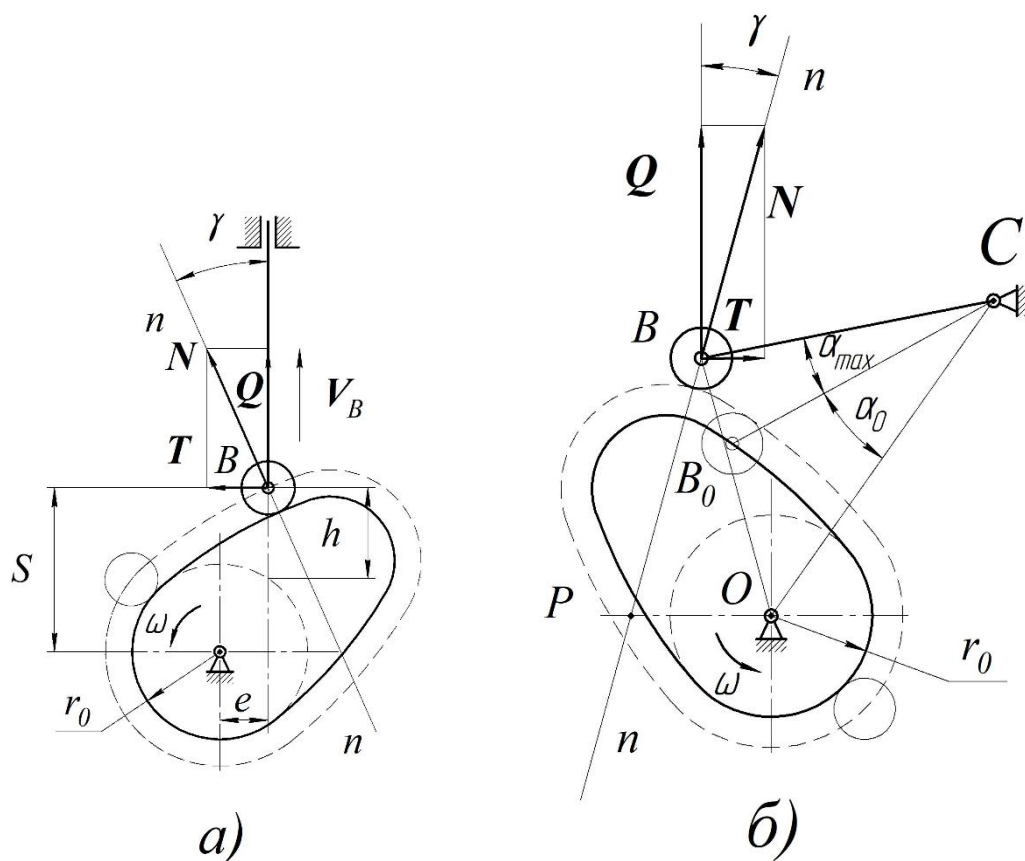


Рисунок 16 – типовые схемы кулачковых механизмов

Одним из критериев, влияющих на размеры кулачкового механизма, является угол давления. Углом давления (рисунок 16 а) и б) называется угол, образованный направлением нормали $n-n$ к профилю кулачка с линейной скоростью центра ролика толкателя. При этом принимают для кулачкового механизма на рисунке 16 а) $[\gamma_{\max}] \leq \frac{\pi}{6}$, а на рисунке 16 б) $[\gamma_{\max}] \leq \frac{\pi}{4}$. Если значение угла давления γ больше допустимых, возможно заклинивание механизма.

При построении профиля кулачка по заданному закону движения толкателя в данной работе условие $\gamma \leq [\gamma_{\max}]$ выполняется заданием следующих параметров механизма:

- а) для поступательно движущегося толкателя (рисунок 16 а)):
 - $e = 0 \div 15$ мм – эксцентриситет;

- $r_o = 30 \div 40$ мм – величина, характеризующая нижнее положение толкателя;

- $r_p = 10$ мм – радиус ролика;

б) для качающегося толкателя (рисунок 16 б)):

- $\Psi_o = 10 \div 15^\circ$ - угол, образованный коромыслом в нижнем крайнем положении, и линией, соединяющей центры вращения ролика и коромысла;

- $\psi_{max} = 30 \div 40^\circ$ - максимальный размах коромысла;-

- $A = 100 \div 120$ мм – межосевое расстояние;

- $\ell_T = 40 \div 120$ мм – длина коромысла.

5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

5.1 Тема: Построение профиля кулачка по заданному закону движения толкателя

5.2 Цель работы:

- изучение наиболее распространенных законов движения кулачковых механизмов;

- ознакомление с практическими приемами проектирования кулачковых механизмов по заданному закону движения толкателя.

5.3 Лабораторное оборудование

При выполнении лабораторной работы применяют прибор для построения профиля кулачка типа ТММ – 21 (рисунок 17).

5.4 Описание прибора

Прибор для построения профиля кулачка (рисунок 17) представляет собой литое основание 10, на котором установлены круглый диск и система перемещающихся кареток. Диск с градуированной шкалой служит для закрепления с помощью съемного зажима 16 бумажного круга (заготовки), на котором строится профиль кулачка. Поворачивают диск вокруг оси фрикционным устройством 14 или же рукой, слегка нажав на рукоятку

данного устройства. Углы поворота диска отмечает на его шкале индекс 17, прикрепленный к основанию.

В правой части основания смонтирована продольная каретка 8, которая может перемещаться вдоль направляющих с миллиметровой шкалой с помощью винта 9. На продольной каретке установлена еще одна каретка 6. Она передвигается винтом 11 по поперечным направляющим, также имеющим миллиметровую шкалу. Поперечная каретка снабжена кронштейном 13 с осью 4, вокруг которой может свободно поворачиваться коромысло с градуированным сектором 5. Вращается сектор с коромыслом или червяком 12, или от руки, если нажать на рукоятку червяка вправо, тем самым отключив его от сектора. Углы поворота коромысла показывает индекс 7. В пазу коромысла установлено циркульное устройство 15, которое закрепляется в требуемом положении гайкой 3.

Циркульное устройство состоит из корпуса с индексом, коромысла, втулки, иглы, пружины, цанги и гайки для зажима грифеля. Циркульным устройством на бумажный круг (заготовку) наносят окружности радиусом 10 мм, показывающие положения ролика толкателя.

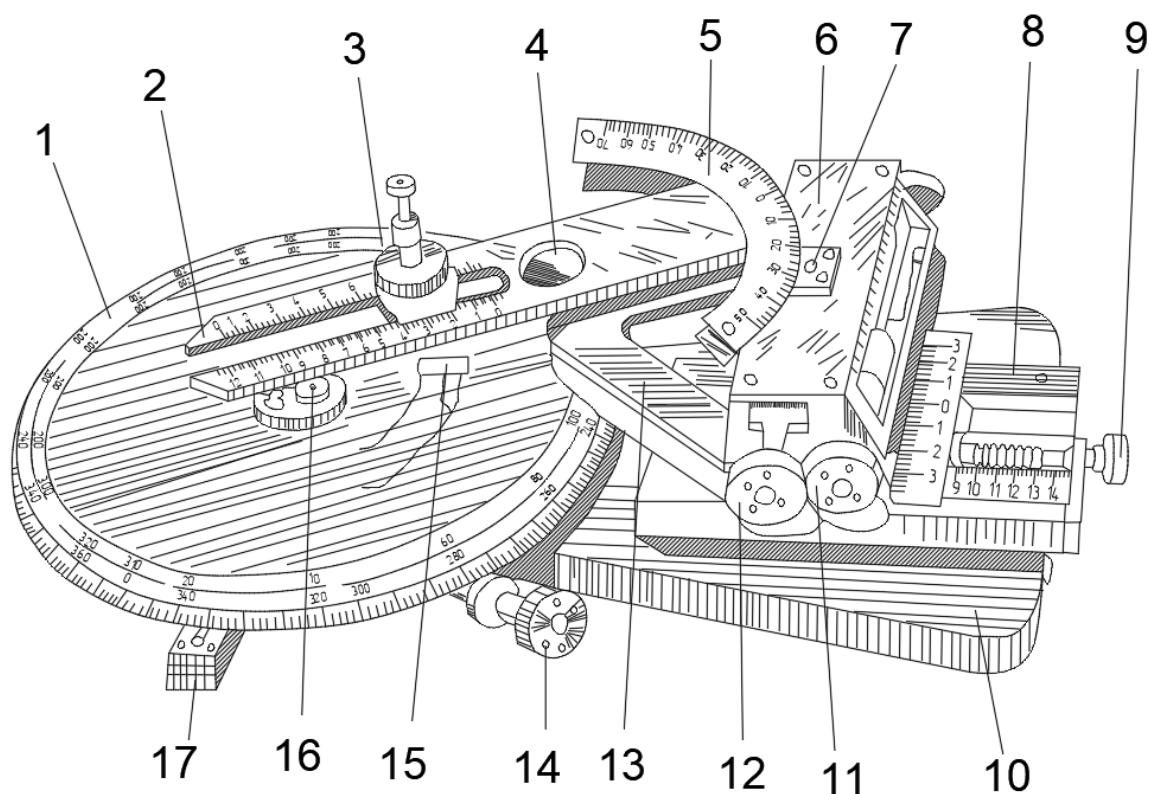


Рисунок 17 – Прибор для построения профиля кулачка

5.5 Построение профиля кулачка с поступательно движущимся толкателем

Воспроизведем на приборе схему кулачкового механизма согласно рисунку 16 а). Для этого с помощью шкалы 5 и индекса 7 коромысло с сектором устанавливаем на нулевую отметку. Перемещаем поперечную каретку вместе с коромыслом на величину эксцентриситета e , равную расстоянию между осью вращения кулачка и линией по которой происходит движение толкателя.

Продольную каретку перемещаем влево на величину H , равную максимальному ходу толкателя, причем отсчет по шкале начинаем от деления 12. Циркулярное устройство устанавливаем на коромысле в положение, которое относительно центра кулачка будет определять сумму заданного минимального радиуса начальной шайбы кулачка r_0 и радиуса ролика r_p .

Настроив прибор по значениям $e, H, (r_o + r_p)$, и, укрепив бумажный круг, приступаем к построению профиля кулачка по заданному закону перемещения толкателя в зависимости от угла поворота кулачка (приложение А).

Согласно диаграмме $S = f(\varphi)$ диск с бумажным кругом последовательно поворачиваем на 10^0 начиная от нулевой отметки. Это – последовательные углы поворота кулачка в процессе его вращения. Каждому углу поворота кулачка соответствует на диаграмме $S = f(\varphi)$ определенные значения перемещений толкателя, роль которого играет коромысло 2 с установленным на нем циркульным устройством.

Учитывая последнее, измеряем на диаграмме после каждого поворота диска на 10^0 значения перемещения толкателя и на эту величину передвигаем продольную каретку влево (т.е. от центра вращения кулачка).

После каждой новой установки диска и толкателя (коромысла) на бумажный круг наносим циркулем окружности, характеризующие последовательные положения ролика толкателя.

Одновременно с этим, иглой циркульного устройства отмечаем положение центра ролика. В результате получаем на заготовке ряд окружностей. Штрих-пунктирная линия, последовательно соединяющая центры роликов, является теоретическим профилем кулачка, а огибающая линия, проведенная по внутреннему контуру, дает искомый практический профиль кулачка (рисунок 18).

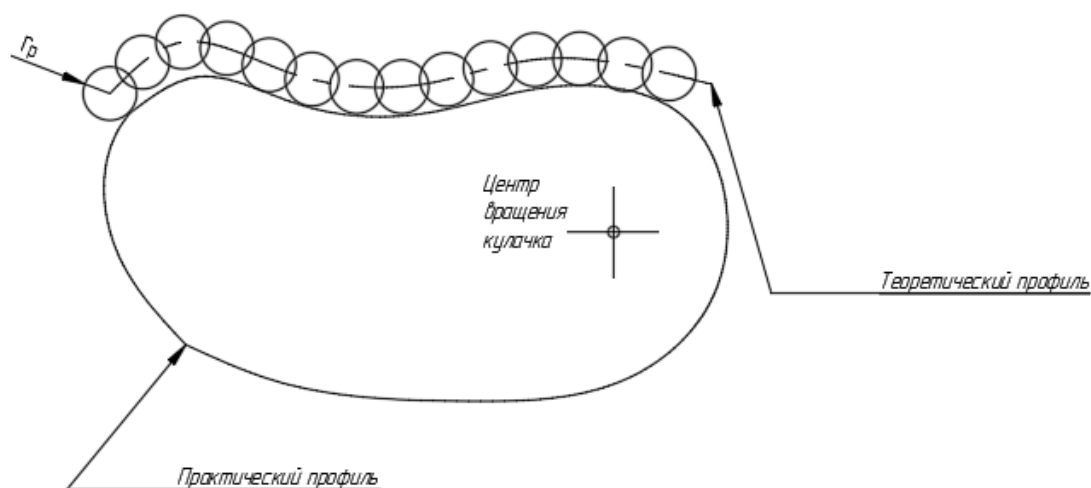


Рисунок 18 – Теоретический и практический профили кулачка

5.6 Построение профиля кулачка с качающимся толкателем

На приборе воспроизводим схему кулачкового механизма согласно рисунку 16 б). Для этого по заданному углу наклона толкателя ψ_a коромысло 2 устанавливаем в исходное нижнее положение с помощью градуированного сектора 5 и индекса 7.

Перемещая затем продольную каретку 6 винтом 9, фиксируем заданное межосевое расстояние $A = AC$ между осями вращения кулачка (диска) и коромысла. Путем передвижения циркульного устройства 5 вдоль паза коромысла фиксируем длину последнего как расстояние между осями вращения коромысла и циркуля. После настройки прибора по заданным значениям ψ_o , A и ℓ_T приступаем к построению профиля кулачка. На диске укрепляем бумажный круг и затем, пользуясь законом движения толкателя (приложение № 1), последовательно поворачиваем диск через каждые 10° и соответственно этим углам вращаем коромысло 2 на угол ψ , определяемый по диаграмме $\psi = f(\varphi)$.

Углы поворота коромысла ψ отмечаем по шкале сектора 5, начиная со значения ψ_o , а углы поворота диска – по нанесенной на нем шкале, начиная от 0° , причем нулевое деление должно совпадать с индексом 17 (рисунок 17.)

После каждого поворота диска и коромысла на бумажный круг наносим циркулем окружности. Повернув диск на угол, равный рабочему углу кулачка, получим ряд расположенных друг возле друга окружностей. Линия, огибающая эти окружности по внутреннему контуру, и представляет собой искомый практический профиль кулачка (рисунок 18).

5.7 Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с устройством и работой прибора типа ТММ – 21 для построения профиля кулачка.

2. Диск, каретку и сектор установите в исходное положение, при котором все индексы совпадают с нулевыми делениями шкал, а на продольной каретке – с делением 12.

3. Бумажный круг диаметром ϕ 190-200 мм укрепите на диске, предварительно сняв зажим.

4. По заданным исходным величинам настройте прибор согласно рис. 16 а) или 16 б).

5. По заданному закону движения толкателя, вычислите таблицу значений перемещений толкателя в функции угла поворота кулачка (таблица 1, приложение № 2).

6. Пользуясь диаграммой $s = f(\varphi)$ или $\psi = f(\varphi)$, поворачивайте диск 1 через каждые 10° . Соответственно углам поворота диска вращайте или перемещайте толкатель.

7. Сняв зажим, на бумажном диске обозначьте центр вращения кулачка, фазовые углы, для поступательно движущегося толкателя e, r_o, r_p , для качающегося толкателя $A, \psi_o, \psi_{max}, \ell_T$.

5.8 Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Схема кулачкового механизма.
4. Значения исходных параметров механизма.
5. Циклограмма.

6. График закона движения толкателя и его масштабные коэффициенты.

7. Таблица с результатами расчета перемещений толкателя $S = f(\varphi)$ или $\psi = f(\varphi)$

8. Профиль кулачка на бумажной заготовке, на котором указаны параметры проектируемого кулачкового механизма.

9. Пример оформления отчета приведен в приложении Б.

6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите преимущества и недостатки кулачковых механизмов по сравнению с рычажными механизмами.

2. Дайте определение угла давления. Какое влияние он оказывает на работу и коэффициент полезного действия кулачкового механизма?

3. Какие законы движения желательно употреблять в быстроходных кулачковых механизмах?

4. Как определяется минимальный радиус кулачка по заданному закону движения толкателя и углу давления для плоского кулачкового механизма с поступательно движущимся толкателем, с качающимся толкателем?

5. Показать участки профиля кулачка, в которых при движении наблюдаются «жесткие», «мягкие», удары, безударное движение.

6. Каковы преимущества и недостатки силового замыкания?

7. Каким образом диаметр ролика влияет на долговечность кулачкового механизма в целом?

8. Каким образом радиус начальной шайбы влияет на долговечность кулачкового механизма в целом?

9. Объяснить явление среза профиля кулачка механизма с роликовым толкателем? При каких условиях он наблюдается?

10. Изменяется ли закон движения толкателя при увеличении минимального радиуса кулачка?

11. Изменяется ли закон движения толкателя при уменьшении минимального радиуса кулачка? В каких случаях?
12. При каких условиях наблюдается срез профиля кулачка механизма с плоским толкателем?
13. Почему в кулачковом механизме с плоским толкателем профиль кулачка должен быть выпуклым?
14. Почему радиус ролика должен быть всегда меньше минимального радиуса кривизны теоретического профиля кулачка?
15. При каком законе движения толкателя ускорение и угол давления принимают максимальные значения?
16. Как влияет радиус начальной шайбы кулачка на угол давления?
17. При каком условии обеспечивается постоянный контакт толкателя и кулачка?
18. Какие геометрические параметры получаем на совмещенной диаграмме?
19. Каким способом проводится профилирование кулачка?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин [Текст] : учеб.: рек. Мин. обр. / И. И. Артоболевский. - 4-е изд., перераб. и доп. - М Наука, 1988. - 640 с.

2 Теория механизмов и машин: учеб. пособие/ М.З.Коловский (и др.). – 2-е изд., испр. – М.: Академия, 2008. – 765с.

3 Кузнецов Н.К. Теория механизмов и машин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кузнецов Н.К.— Электрон. текстовые данные.— Иркутск: Иркутский государственный технический университет, 2014.— 104 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23076>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

4 Тарабарин В.Б. Лабораторный практикум по теории механизмов и машин [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Теория механизмов и механика машин»/ Тарабарин В.Б., Кузенков В.В., Фурсяк Ф.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009.— 96 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31433>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

5 Бахратов, А.Р. Лабораторный практикум по теории механизмов и машин: Метод. Указания к лабораторным работам по дисциплине «Теория механизмов и механика машин» [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Р. Бахратов. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 96 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52150>. — Загл. с экрана.

6 Чмиль, В.П. Теория механизмов и машин [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В.П. Чмиль. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 280 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91896>. — Загл. с экрана.

Приложение А – Законы движения толкателя

Закон движения	Формула	График
Линейный	$S = H \frac{\varphi}{\varphi_y}$ или $\psi = \psi_{max} \frac{\varphi}{\varphi_y}$	
Параболический	$S = 2H \left(\frac{\varphi}{\varphi_y} \right)^2$ или $\psi = 2\psi_{max} \left(\frac{\varphi}{\varphi_y} \right)^2$	
Косинусоидальный	$S = \frac{H}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi \varphi}{\varphi_y} \right)$ или $\psi = \frac{\psi_{max}}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi \varphi}{\varphi_y} \right)$	

Приложение Б – Пример отчета по лабораторной работе

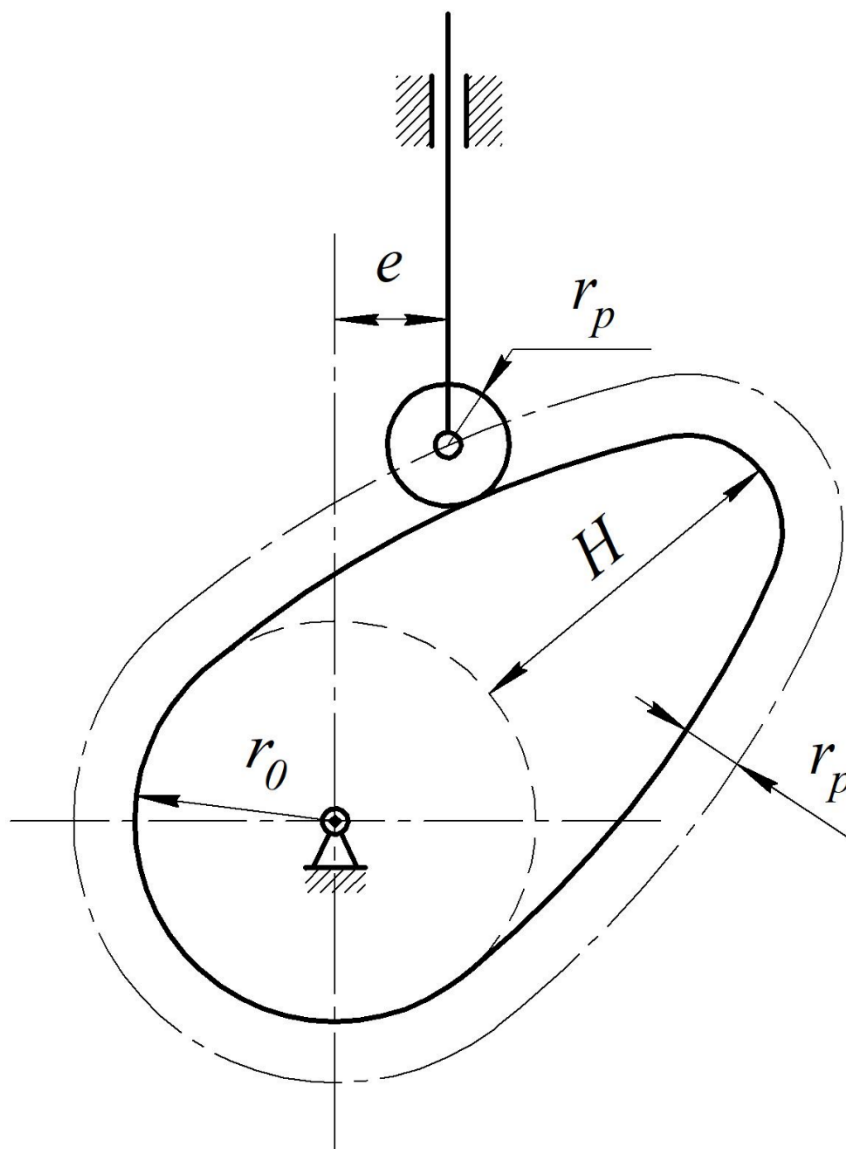
Тема: «Построение профиля кулачка по заданному закону движения толкателя»

Цель работы:

- изучение наиболее распространенных законов движения кулачковых механизмов;

- ознакомление с практическими приемами проектирования кулачковых механизмов по заданному закону движения толкателя;

Заданная схема кулачкового механизма:



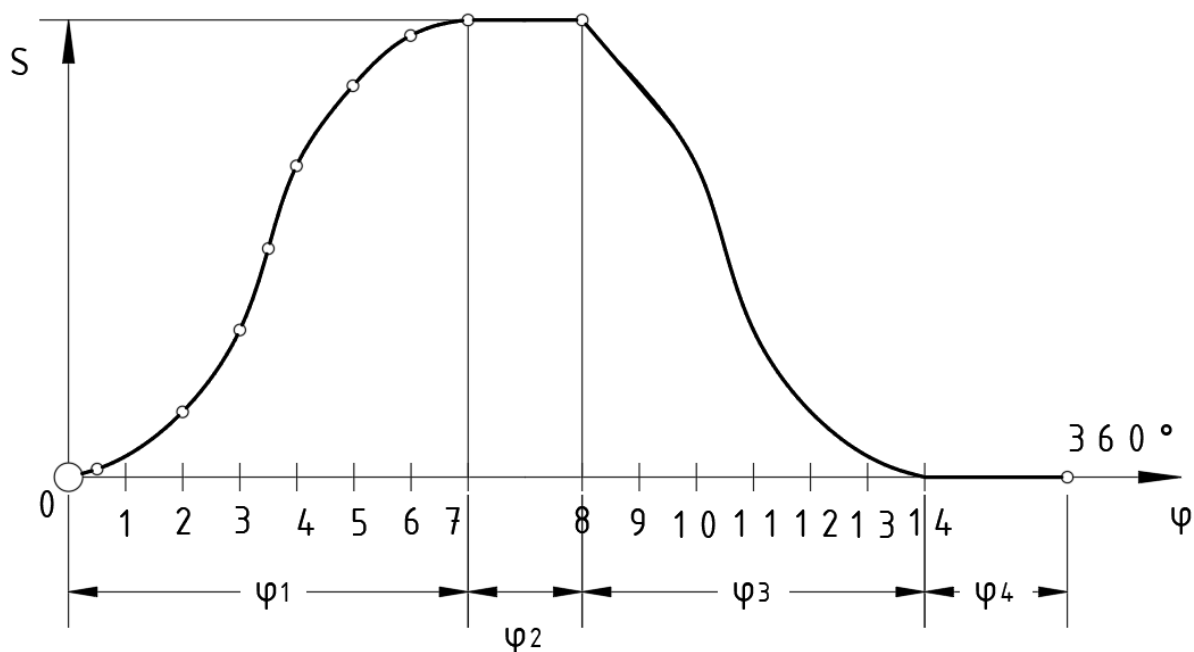
Значения исходных параметров механизма:

$$r_o = 30\text{ мм}; H = 46\text{ мм}; e = 15\text{ мм}.$$

Циклограмма:

угол подъема	угол дальнего выстоя	угол возврата	угол ближнего выстоя
$\varphi_1 = 140^\circ$	$\varphi_2 = 30^\circ$	$\varphi_3 = 120^\circ$	$\varphi_4 = 70^\circ$

График параболического закона движения толкателя.



Расчет масштабных коэффициентов:

$$\mu_s = \frac{0,046}{46} = 0,001 \frac{\text{м}}{\text{мм}}$$

$$\mu_\varphi = 3 \frac{\text{град}}{\text{мм}}$$

Расчет перемещений толкателя в зависимости от угла поворота кулачка.

Таблица – перемещение толкателя в зависимости от угла поворота кулачка

φ_K	0^0	10^0	20^0	30^0	40^0	50^0	60^0	70^0	
S_T									

Луганцева Татьяна Анатольевна,

доцент кафедры СТиОТД АмГУ, канд. техн. наук, доцент

Кузьмин Игорь Николаевич

доцент кафедры СТиОТД АмГУ, канд. техн. наук

Кулачковые механизмы

Учебно-методическое пособие

Изд-во АмГУ.

Усл. печ. л.2,0