

УДК 531.8

***РЫЧАЖНЫЙ МЕХАНИЗМ С ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗУБЧАТОЙ
ПЕРЕДАЧЕЙ***

Аникин Д. С.

Студент второго курса кафедры технологии машиностроения

Новосибирский государственный технический университет

Новосибирск, Россия

Лотков И. А.

Студент второго курса кафедры технологии машиностроения

Новосибирский государственный технический университет

Новосибирск, Россия

Афанасьев В. Р.

Студент второго курса кафедры технологии машиностроения

Новосибирский государственный технический университет

Новосибирск, Россия

Чусовитин Н. А.

Доцент кафедры проектирования технологических машин

Новосибирский государственный технический университет

Новосибирск, Россия

Аннотация

В статье рассматривается рычажный механизм с интегрированной системой зубчатых колёс, который может быть использован в промышленности как основа различных устройств. В условиях ограниченного количества материалов, инструментов и оборудования, была создана рабочая модель механизма, прошедшая первичные испытания.

Ключевые слова: Зубчатое колесо, рычажный механизм, кинематические пары, кривошип, шатун, коромысло, рабочий ход, полигон, манипулятор, схваты.

LINKAGE WITH INTEGRATED GEAR TRAIN

Anikin D.S.

Second-year student of the Department of Mechanical Engineering Technology

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

Lotkov I. A.

Second-year student of the Department of Mechanical Engineering Technology

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

Afanasiev V. R.

Second-year student of the Department of Mechanical Engineering Technology

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

Chusovitin N. A.

Associate Professor of the Department of Design of Technological Machines

Novosibirsk State Technical University

Novosibirsk, Russia

Abstract

It is considered a lever mechanism with an integrated system of gears, which can be used in industry as the basis of various devices. In conditions of a limited amount of materials, tools and equipment, a working model of the mechanism was created, which passed the initial tests.

Key words: Gear wheel, lever mechanism, kinematic pairs, crank, connecting rod, rocker arm, working stroke, polygon, manipulator, grippers.

Дисциплина «Теория машин и механизмов», в рамках учебного курса, изучается теоретически, но нам показалась интересным затронуть и практическую часть. Особый интерес вызвал одноподвижный рычажный механизм с интегрированной системой зубчатых колёс, звенья которого совершают сложное движение в плоскости (Рисунок 1).

Детали устройства были созданы с помощью программы «КОМПАС-3D».

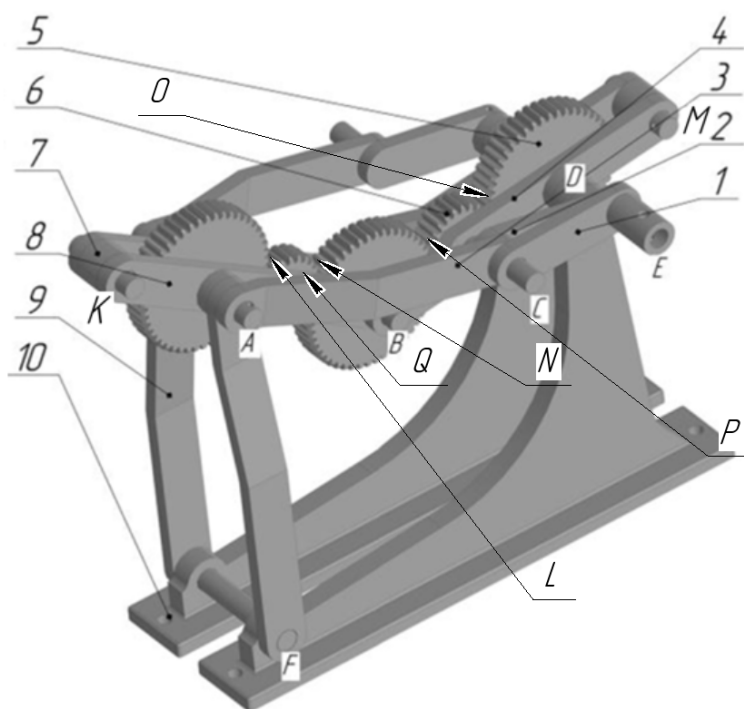


Рисунок 1 – 3D модель механизма¹

¹ разработано авторами.

1 – кривошип CE; 2 – кривошип CD; 3 – шатун AC; 4 – шатун BM; 5 – зубчатое колесо; 6 – шестерня; 7 – заглушка; 8 – шатун KB; 9 – коромысло; 10 – стойка; O, P, L, N – высшие двухподвижные кинематические пары; F, K, A, Q, B, C, D, M – низшие одноподвижные кинематические пары.

Были исследованы вопросы существования механизма в крайних точках. Основным критерием принят размер между осями входного и выходного зубчатых колес. Данный параметр устанавливается размером шатуна AC и кривошипа CD. Установлено, что минимальное межосевое расстояние достигается наложением кривошипа на шатун (Рисунок 2 (Б)), а максимальное – распрямлением в ряд (Рисунок 2 (А)) [3].

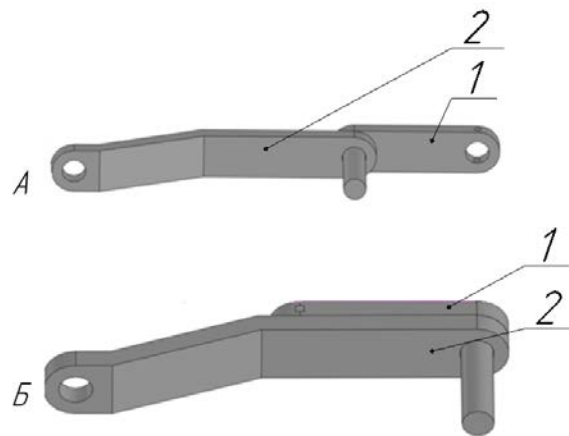


Рисунок 2 – Значимые положения звеньев²

1 – кривошип; 2 – шатун.

² разработано авторами.

Для соблюдения условий существования механизма необходимо рассчитать совокупность корней, удовлетворяющих заданным параметрам рабочего хода (Рисунок 3).

$$\begin{cases} X + Y = A_{max} \\ X - Y = A_{min} \end{cases},$$

где X , Y – размеры кривошипа и шатуна, соответственно, мм; A_{max} – верхняя граница рабочего хода; A_{min} – нижняя граница рабочего хода.

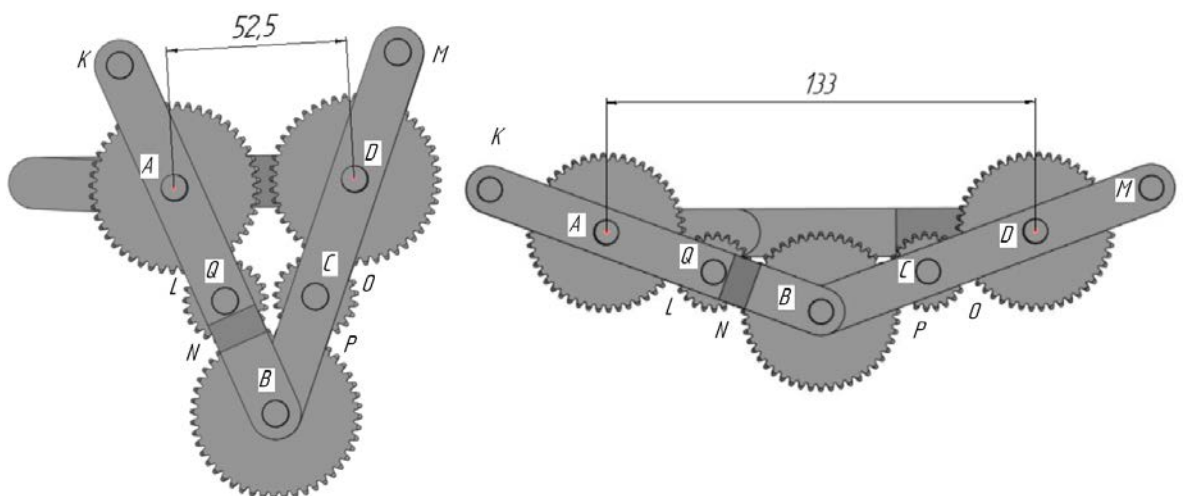


Рисунок 3 – Границы рабочего хода³

³ разработано авторами.

Во время процесса моделирования, взяв во внимание ступенчатую структуру пластика, образующуюся после печати, был предусмотрен технологический зазор 0.5 мм во всех отверстиях, обеспечивающий беспрепятственное вращение валов. Данное решение позволило использовать механизм без смазывающих веществ.

В последующем этапе, перед печатью, необходимо конвертировать исходный формат компаса «.m3d» в формат «.stl», который является основным расширением для 3D принтеров. При конвертации точность аппроксимации была принята за 0.01, что обеспечило достаточно точную передачу формы элементов, посредством увеличения количества полигонов.

Полигон — минимальная поверхность для визуализации, от количества которой напрямую зависит точность, плавность переходов модели (Рисунок 4).

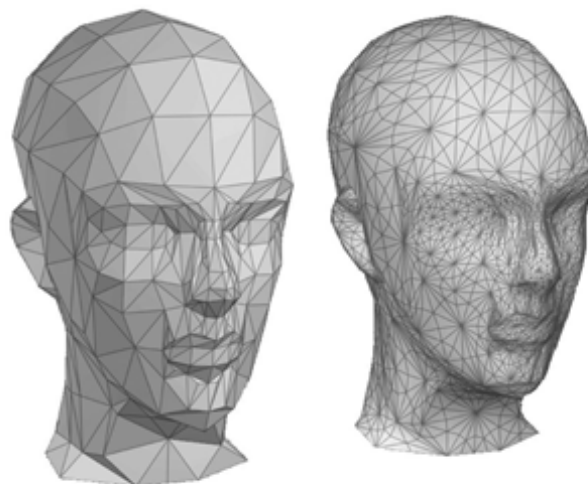


Рисунок 4 – Полигональные модели [2]

Кроме функционального превосходства высокополигональной детали, можно отметить увеличение скорости прохода печатающей головки принтера, это обуславливается тем, что при гладком контуре нет необходимости останавливаться и менять угол печати. Вследствие чего уменьшается расход пластика и время простоя принтера.

Одной из возможных областей применения механизма является внедрение в антропоморфный манипулятор, в частности, в систему схватов. Для работоспособности в этой сфере необходимо внести в конструкцию дополнительное зубчатое колесо (Рисунок 5), которое изменит направление движения на встречное, что позволит сводить элементы схватов. При этом, дополнительное зубчатое колесо должно иметь те же кинематические параметры, что и входное. Это необходимо для достижения одинаковой угловой скорости (равномерного захвата), что обеспечивается передаточным числом $u_{1-6} = 1$ [1].

$$u_{1-6} = \frac{z_6}{z_1},$$

где z_6, z_1 – число зубьев зубчатых колёс, 6 и 1 соответственно

Промежуточные шестерни служат лишь для увеличения межосевого расстояния и изменения направления вращения.

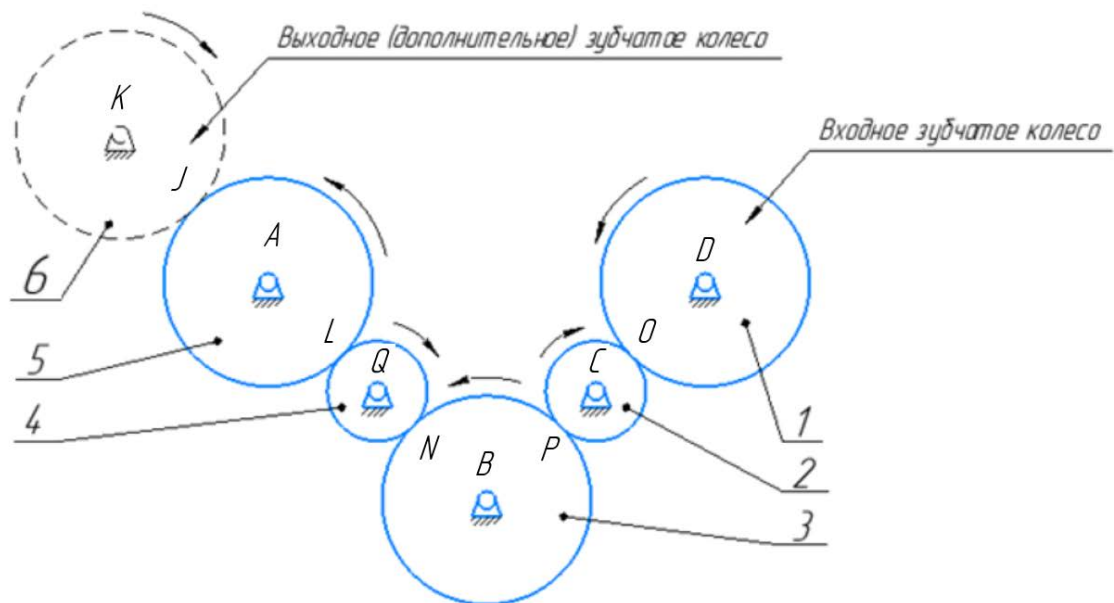


Рисунок 5 – Рядовая прямозубчатая пятиступенчатая передача механизма с дополнительным зубчатым колесом⁴

⁴ разработано авторами.

О, Р, L, N, J – высшие двухподвижные кинематические пары;

К, А, Q, В, С, D – низшие одноподвижные кинематические пары.

Предусмотрена возможность изменения размеров звеньев. Для чего они представлены составными. Пример конструкционного решения приведён на рисунке 6.

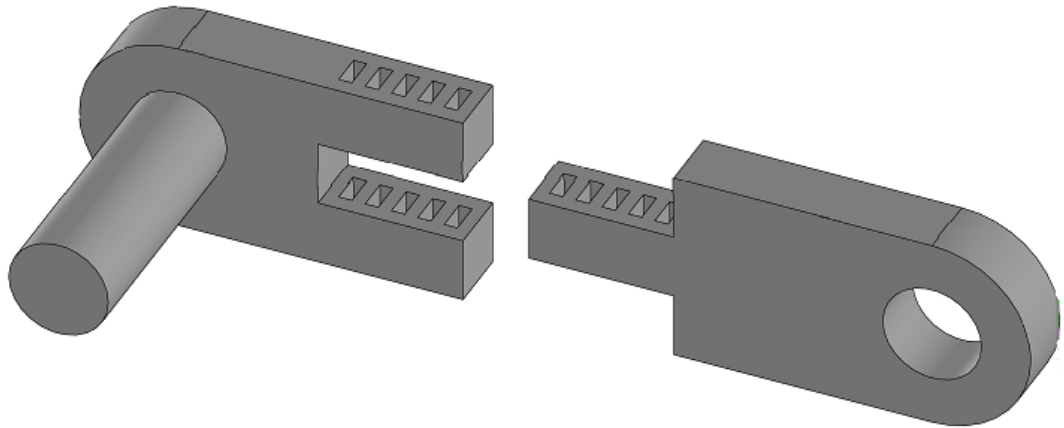


Рисунок 6 – Составной кривошип⁵

⁵ разработано авторами.

Такое строение позволит варьировать границы рабочего хода механизма с целью адаптировать под конкретную задачу. Выбор призматической формы отверстий под крепежный элемент (Рисунок 7) обусловлен исключением угловой погрешности.

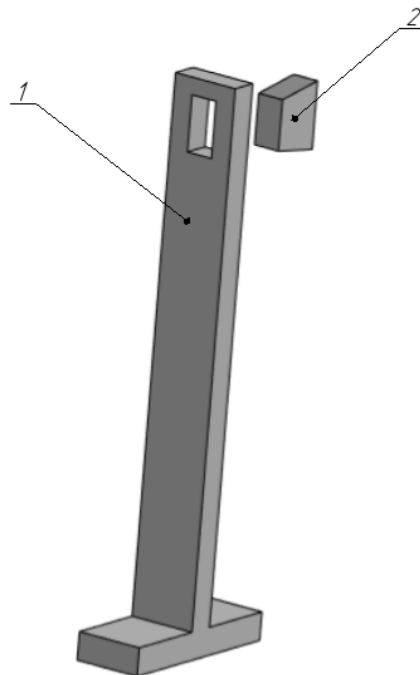
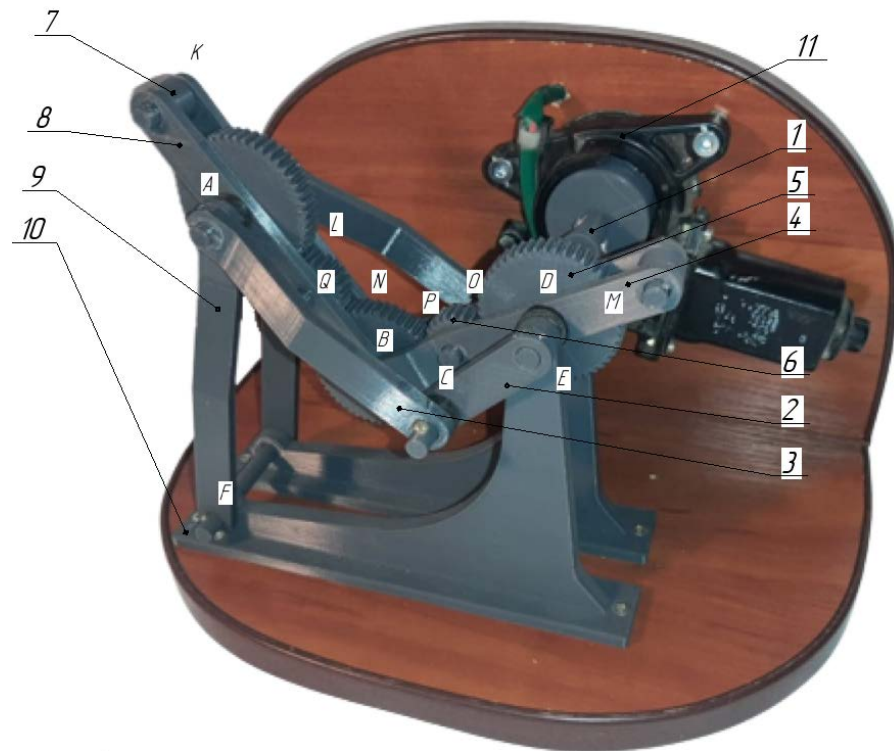


Рисунок 7 – Фиксирующий элемент⁶

⁶ разработано авторами.

1 – штифт; 2 – клин.

Что бы привести физическую модель механизма (Рисунок 8) в действие, был выбран синхронный электродвигатель ТУJ50 с частотой вращения $n=33 \frac{\text{рад}}{\text{мин}}$, применяющийся в СВЧ печах. Особенностью этого мотора является то, что при возникновении нагрузки, выше предусмотренной, вал двигателя меняет направление вращения. В результате применения данного двигателя выяснилось, что его мощности 4W не хватает для корректной работы механизма. Для решения этой проблемы было рассмотрено несколько разновидностей моторов. В итоге выбор пал на мотор-редуктор стеклоподъёмника ZD12401, работающий от напряжения 12V. Для подключения к сети 220V используется сетевой адаптер от компьютерной оргтехники. Была предусмотрена возможность вращения механизма в обе стороны, для этого, при сборке, был установлен шести-контактный тумблер E-TEN1322 типа «ON-OFF-ON».

Рисунок 8 – Физическая модель⁷

⁷ разработано авторами.

1 – кривошип CE; 2 – кривошип CD; 3 – шатун AC; 4 – шатун BM; 5 – зубчатое колесо; 6 – шестерня; 7 – заглушка; 8 – шатун KB; 9 – коромысло; 10 – стойка; 11 – двигатель механизма;

Вывод: это первая практическая работа создания действующей модели механизма в курсе ТММ (проектный расчёт), изучаемом в IV семестре Механико-технологическом факультете НГТУ, для которой проведено краткое параметрическое исследование. Получены предварительные результаты замеров мощностей, необходимых для корректной работы установки. В дальнейших исследованиях будет выполнен проверочный расчёт, рассмотрены другие методы крепления звеньев, которые смогут не только увеличить надёжность, но и уменьшить потребляемую мощность, путём уменьшения сил трения. Также, в процессе создания, появилось множество идей о том, в каких областях механизм неплохо бы себя показал. Например, после ряда доработок, конструкцию можно использовать в качестве гребного механизма, путём присоединения весла к звену 3.

Библиографический список

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. -М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. -640 с.
2. Полигональное моделирование. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <https://molibden-wolfram.ru/poligonalnoe-modelirovanie-tehnologia-vidy-metodiki/> (Дата обращения: 12.05.2022)
3. Теория механизмов и машин: учебно-метод. пособие / В.П. Гилета, Н.А. Чусовитин, Ю.В. Ванаг, Б.В. Юдин, Ю.С. Поляков, В.И. Капустин – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 96 с.

Оригинальность 88%