

**УДК 531.8**

**Чусовитин Николай Анатольевич**

**канд. техн. наук**

**Новосибирский государственный технический университет**

**Новосибирск, Россия**

**Ахрименко Алена Евгеньевна**

**Студент 2 курса, факультет « механико-технологический факультет»**

**Новосибирский государственный технический университет**

**Новосибирск, Россия**

**Бей Игорь Андреевич**

**Студент 2 курса, факультет « механико-технологический факультет»**

**Новосибирский государственный технический университет**

**Новосибирск, Россия**

**Третьяков Станислав Вадимович**

**Студент 2 курса, факультет « механико-технологический факультет»**

**Новосибирский государственный технический университет**

**Новосибирск, Россия**

## **ПАРАДОКСАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ ЧЕБЫШЕВА**

**Аннотация:** В данной статье рассматривается парадоксальный механизм П.Л. Чебышева и его модель, история создания и изготовления, пути поступления в коллекцию, современное состояние, использование в учебном процессе в XIX веке и сейчас. Роль П.Л. Чебышевские модели и механизмы в современных образовательных технологиях, в популяризации и распространении научных знаний.

**Ключевые слова:** парадоксальный механизм, механизм П.Л. Чебышева, учебный процесс, памятники науки и техники, современные образовательные технологии.

***Abstract:** This article examines the paradoxical mechanism of P.L. Chebyshev and his model, the history of creation and manufacture, ways of entering the collection, the current state, use in the educational process in the XIX century and now. The role of P.L. Chebyshev models and mechanisms in modern educational technologies, in the popularization and dissemination of scientific knowledge.*

***Keywords:** paradoxical mechanism, P.L. Chebyshev mechanism, educational process, monuments of science and technology, modern educational technologies.*

Всемирные промышленные выставки, организованные в 60-80-х годах XIX века, продемонстрировали заметный прогресс мирового машиностроения. Количество машин в различных сферах производства увеличивалось из года в год. Возрастали и потребности создателей машин в научном осмыслении и обосновании опыта проектирования машин, в разработке методов их расчета и изготовления.

Механика машин, существовавшая до середины XIX века, в основном описательная наука, начинает использовать аналитические, графические и экспериментальные методы исследования. Существует начальная дифференциация теории машин: от нее выделяются описательное машиноведение, теория паровой машины, некоторые отрасли науки о машинах различных отраслей, в частности о транспортных машинах, к концу века учение о деталях машин складывается в самостоятельное научное направление.

Усложняется и расчленяется теория механизмов, выделяются кинематика механизмов и кинематическая геометрия: теория шарнирных механизмов приобретает самостоятельное значение, начинает разрабатываться учение о строении механизмов. В связи с расширением применения зубчатых передач в машинах развивается теория зубчатых передач, появляются приближенные методы расчета ременных и цепных передач. В динамике машин к началу XX века теория трения и теория

автоматического регулирования приобретают самостоятельное значение [3, с. 45].

Какое преобразование кривой может быть выполнено представленным соединением с одним фиксированным красным шарниром?

Пусть серый шарнир скользит по кривой, симметричной относительно прямой, проходящей через неподвижный красный шарнир. Можно показать, что в этом случае траектория синего шарнира также будет симметрична относительно некоторой прямой, проходящей через неподвижный шарнир. Русский математик Пафнутий Львович Чебышев исследовал вопрос, какой может быть эта траектория [1, с. 23].

Важным частным случаем серой траектории является окружность. На практике это реализуется добавлением одного неподвижного (красного) шарнира и ведущего звена некоторой длины.

Для синей траектории важны два случая ее сходства либо с отрезком прямой, либо с окружностью или ее дугой. Чебышев пишет: «Здесь мы рассмотрим случаи наиболее простые и наиболее часто встречающиеся на практике, а именно, когда имеется в виду получить движение по кривой, часть которой, более или менее значительная, мало отличается от дуги окружности или от прямой линии».

Именно для выявления наилучших параметров этого механизма, решающего перечисленные задачи, сам Пафнутий Львович впервые применяет теорию приближения функций, разработанную им незадолго до этого при изучении параллелограмма Уатта.

Подбирая параметры лямбда-механизма, Пафнутий Львович Чебышев добивается, чтобы кривая шатуна поочередно касалась двух концентрических окружностей, оставаясь все время между ними.

Завершим лямбда-механизм добавлением неподвижного шарнира и двух звеньев, сумма длин которых равна радиусу большего круга, а разность равна радиусу меньшего.

Получившееся устройство имеет точки бифуркации или, как говорят, сингулярные или сингулярные точки. Находясь в такой точке, при одинаковом движении лямбда-механизма по часовой стрелке добавленные звенья могут начать вращаться как по, так и против часовой стрелки. Таких точек бифуркации в нашем механизме шесть — когда добавляемые звенья находятся на одной прямой.

В математике есть большое и важное направление — теория особенностей — изучение предмета через изучение его особых точек. Очень простым частным случаем является изучение поведения функции посредством изучения ее точек максимума и минимума.

Для того, чтобы наш механизм проходил все шесть особых точек в одном, заранее выбранном направлении, к маховику присоединяется маленькое звено, которое, раскручиваясь в какую-либо сторону, выводит механизм из особой точки, вращаясь в том же направлении.

Если раскрутить маховик из точки бифуркации так же, как и ведущее звено, по часовой стрелке, то за один оборот ведущего звена маховик сделает два оборота.

Если из специальной точки придать маховику движение против часовой стрелки, то за один оборот ведущего звена по часовой стрелке маховик сделает целых четыре оборота!

В этом парадокс этого механизма, изобретенного и сделанного Пафнутием Львовичем Чебышевым. Казалось бы, плоский шарнирный механизм должен работать однозначно, однако, как мы видим, это не всегда так. И причина в особых точках.

Одной из наук, которыми всю жизнь интересовался Пафнутий Львович, была теория механизмов и машин, и Чебышев занимался не только теоретическими исследованиями в этой области, но и уделял большое внимание и непосредственному проектированию конкретных механизмов. Изучая траектории, описываемые отдельными точками звеньев шарнирно-

рычажных механизмов, П. Л. Чебышев останавливается на траекториях, форма которых симметрична. Изучая свойства этих симметричных траекторий (шатунных кривых), он показывает, что с помощью этих траекторий можно воспроизводить многие формы движения, важные для техники. В частности, он показывает, что можно воспроизводить вращательное движение с разными направлениями вращения вокруг двух осей с помощью шарнирных механизмов, причем эти механизмы не будут ни параллелограммами, ни антипараллелограммами, обладающими некоторыми замечательными свойствами [2, с. 55].

Один из таких механизмов, впоследствии названный парадоксальным, до сих пор вызывает удивление у всех техников и специалистов. Передаточное число между ведущим и ведомым валами в этом механизме может изменяться в зависимости от направления вращения ведущего вала. П.Л. Чебышев создал ряд так называемых механизмов с упорами. В этих механизмах, широко применяемых в современной автоматике, ведомое звено совершает прерывистое движение, и отношение времени покоя ведомого звена ко времени его движения должно варьироваться в зависимости от поставленных перед механизмом технологических задач. П.Л. Чебышев впервые дает решение проблемы конструирования таких механизмов. Ему принадлежит приоритет в вопросе создания механизмов «выпрямителей движения», которые в последнее время нашли применение в ряде конструкций современных устройств, и таких передач, как прогрессивные передачи типа Васанта, Константинеску и др. Используя свои механизмы, П.Л. Чебышев построил знаменитую шагающую машину (стоячую машину), имитирующую своим движением движение животного; он построил так называемый гребной механизм, имитирующий движение лодочных весел, кресло-самокат, дал оригинальную модель сортировочной машины и других механизмов. До сих пор мы с изумлением наблюдаем за движением этих механизмов и поражаемся

богатой технической интуиции П.Л. Чебышева. П.Л. Чебышеву принадлежит создание свыше 40 различных механизмов и около 80 их модификаций.

В истории развития науки о машинах невозможно указать ни одного ученого, работам которого принадлежало бы такое значительное количество оригинальных механизмов, но П.Л. Чебышев решал не только проблемы синтеза механизмов. Он на много лет раньше других ученых выводит знаменитую структурную формулу плоских механизмов, которую лишь по недоразумению называют формулой Грюблера, немецкого ученого, открывшего ее на 14 лет позже Чебышева. П.Л. Чебышев независимо от Робертса доказывает известную теорему о существовании трехшарнирных четырехзвенников, описывающих одну и ту же шатунную кривую, и широко использует эту теорему для ряда практических задач. Научное наследие П.Л. Чебышева в области теории механизмов содержит такое богатство идей, что рисует образ великого математика как подлинного новатора техники. Для истории математики особенно важно, что построение механизмов и разработка их теории послужили П.Л. Чебышеву отправной точкой для создания нового раздела математики — теории наилучшего приближения функций полиномами.

### **Литература:**

1. И.И. Артоболевский, Н.И. Левитский. Механизмы П.Л. Чебышева / В кн.: Научное наследие П.Л. Чебышева. Вып. II. Теория механизмов. — М.—Л.: Изд-во АН СССР. 1945. С. 30–32.
2. И.И. Артоболевский, Н.И. Левитский. Модели механизмов П.Л. Чебышева / В кн.: Полное собрание сочинений П.Л. Чебышева. Том IV. Теория механизмов. — М.—Л.: Изд-во АН СССР. 1948. С. 215–217.
3. О простейшей суставочной системе, доставляющей движения, симметричные около оси / По кн.: Полное собрание сочинений П.Л. Чебышева. Том IV. Теория механизмов. — М.—Л.: Изд-во АН СССР. 1948. С. 167–211.