

УДК 621.01

ЗАКОНЫ И ПОНЯТИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

LAWS AND CONCEPTS OF CLASSICAL MECHANICS

Смелягин Анатолий Игоревич

доктор технических наук, профессор кафедры наземного транспорта и механики, Кубанский государственный технологический университет
asmelyagin@yandex.ru

Smelyagin Anatoly Igorevich

Doctor of technical sciences, Professor Department of land transport and mechanics, Kuban State Technological University
asmelyagin@yandex.ru

Аннотация. Наука, изучающая взаимодействия, равновесие и механическое движение материальных тел называется Механикой. Современная механика разделяется на классическую механику и общую теорию относительности. Практически все созданные человечеством инженерные устройства сделаны с использованием законов и методов расчета классической механики. Фундамент современной классической механики построен на трудах Галилея, Ньютона, Эйлера и таких понятиях, как взаимодействие, движение, количество движения, сила, связь, масса, время, пространство, покой (равновесие). Анализ законов-аксиом И. Ньютона показывает, что, строго говоря, они не являются ни законами и ни аксиомами. Это объясняется тем, что они описывают движение только не существующих в природе объектов, а именно материальных точек. Основные понятия и терминология классической механики в настоящее время точно не определены и не сформулированы. Следовательно, классическая механика нуждается в построении новой теоретической базы.

Annotation. A science that studies the interactions, balance, and mechanical motion of material bodies is called Mechanics. Modern mechanics is divided into classical mechanics and general theory of relativity. Almost all engineering devices created by mankind are made using the laws and methods of calculating classical mechanics. The foundation of modern classical mechanics is based on the works of Galileo, Newton, Euler and such concepts as interaction, motion, momentum, force, connection, mass, time, space, peace (equilibrium). The analysis of laws – the axioms of I. Newton shows that, strictly speaking, they are neither laws nor axioms. This is explained by the fact that they describe the movement of only objects that do not exist in nature, namely, material points. The basic concepts and terminology of classical mechanics are currently not precisely defined and not formulated. Consequently, classical mechanics needs to build a new theoretical base.

Ключевые слова: механика, законы, аксиомы, взаимодействие, движение, количество движения, сила, связь, масса, время, пространство, покой, равновесие.

Keywords: mechanics, laws, axioms, interaction, motion, momentum, force, connection, mass, time, space, peace, balance.

Введение

Наука, изучающая взаимодействия, равновесие и механическое движение материальных тел называется Механикой [1, 2, 3].

Современная механика разделяется на классическую механику (механику Ньютона, а точнее Эйлера) и общую теорию относительности (Эйнштейна).

Изучением движения материальных тел и механических систем при скоростях исследуемых объектов:

- значительно меньших скорости света, занимается классическая механика;
- приближающихся к скорости света, занимается общая теория относительности (ОТО).

Практически все технические устройства, которые были созданы человечеством, имеют скорости значительно меньшие, чем скорость света, и поэтому они сделаны с использованием законов и методов расчета классической механики.

Классическая механика, в отличие от общей теории относительности, прошла многократную строгую теоретическую и экспериментальную проверку и гарантированно обеспечивает требуемую точность технических расчётов. Поэтому применять в инженерной и научной деятельности человечества не проверенную практикой ОТО, которая сильно усложнит расчёты и исследования создаваемых устройств и при этом не повысит их реальную точность, не имеет никакого смысла.

Основы современной классической механики.

Фундамент современной классической механики построен на идеях, трудах, аксиомах и законах Галилея [4], Ньютона [5] и Эйлера [6] и таких понятиях [1–7], как: *взаимодействие, движение, количество движения, сила, связь, масса, время, пространство, покой (равновесие)*.

Проанализируем эти законы-аксиомы и понятия.

Взаимодействие – это действие тел друг на друга, приводящее к изменению их движения, деформации, вида (состава). Эти изменения взаимны. Взаимодействия материальных объектов обычно разделяют на контактные и бесконтактные. Если объекты непосредственно взаимодействуют между собой, то такие взаимодействия считают контактными. Если объекты взаимодействуют между собой находясь на расстоянии, то такие взаимодействия считают бесконтактными.

Взаимодействия материальных объектов осуществляется посредством полей, в результате чего на них действуют распределенные нагрузки (давления) или между ними происходят химические реакции. Поля могут быть гравитационными, силовыми, сильными, слабыми, магнитными, электрическими, тепловыми и биологическими.

Движение – любое изменение, происходящее с материальным телом. В механике под *движением* понимают перемещение материального тела в пространстве и во времени.

Основные положения механики впервые вместе были сформулированы И. Ньютоном в «Математических началах натуральной философии» [5] и приведены ниже.

АКСИОМЫ ИЛИ ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ

Закон I

Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменять это состояние.

Закон II

Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

Закон III

Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе – взаимодействия двух тел друг на друга между собой равны и направлены в противоположные стороны.

Отметим, что, как указано в [6], Ньютон к вопросам своего приоритета относился ревностно, и он отстаивал свои права только на закон всемирного тяготения и никогда не претендовал на законы – аксиомы, которые сейчас принято называть законами Ньютона.

Современные трактовки законов Ньютона многообразны, хотя по смыслу и содержанию совершенно идентичны [1, 2, 3].

Закон I

Тело (материальная точка) находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, если оно не подвержено внешним воздействиям со стороны других тел.

Закон II

Произведение массы точки на вектор абсолютного ускорения, которое она получает под действием всех приложенных к точке сил, равно геометрической сумме этих сил.

$$m\bar{a} = \sum \bar{F}_i \quad (1)$$

Закон III

Материальные точки взаимодействуют друг с другом силами, имеющими одинаковую природу, направленными вдоль прямой, соединяющей эти точки, равными по модулю и противоположными по направлению:

$$\bar{F}_{12} = -\bar{F}_{21} \quad (2)$$

Анализ [11, 12] оригинальных законов Ньютона показывает, что они:

- сформулированы только в словесной форме;
- относятся не к реальным материальным объектам (телам), а к виртуальным материальным точкам;
- сформулированы только для объектов, совершающих поступательное движение.

Также следует отметить, что так называемые первый и третий законы являются не самостоятельными законами, а есть следствия второго закона [8].

Рассмотрим эти утверждения и основные понятия механики.

Во втором законе Ньютона [5] указывается «*Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе*».

Из [5] следует, что Ньютон вводит понятия количества движения и приложенной силы.

В соответствии с И. Ньютоном [5]: «*количество движения* есть мера такового, устанавливаемая пропорционально скорости и массе»;

Отметим, что сам термин количество движения бессмыслен по определению. Так, слово количество – это числовое значение параметра, выражаемое в определенных единицах измерения, то есть предполагает счёт чего-либо, но подсчитать или посчитать количественно движение невозможно. Поэтому в [9] предлагается заменить термин количество движения на сознергия.

В современной механике под количеством движения (импульсом) материальной точки понимают векторную меру её механического движения, равную произведению массы на скорость

$$\vec{K} = m\vec{V}. \quad (3)$$

В [10] сказано, что: «Под «*изменением количества движения*» Ньютон понимал производную количества движения по времени».

Тогда, в соответствии с [5] и [10] представим словесную форму второго закона Ньютона для материальной точки в аналитическом виде

$$\frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{F}. \quad (4)$$

Сравнивая (1) и (4), видим, что математическая запись оригинального второго закона Ньютона в большинстве современных трактовок отличается от оригинала. Приняв в (4), что масса материальной точки постоянна ($m = const$) и на точку действуют не одна, а несколько сил, тогда из (4) получим формулу (1). Следовательно, большинство современных формулировок второго закона Ньютона это не что иное, как частный случай оригинального закона Ньютона.

В современных трактовках законов Ньютона имеется такое понятие как масса. В разных отраслях современной науки масса определяется по-разному. В механике *масса* – это мера инертных и гравитационных свойств материи. Следует отметить, что традиционно, где эта мера находится и что она собой представляет, не указывается. У Ньютона приводится следующее понятие массы – «*Количество материи (масса) есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему её*».

Инертность – это свойство материальных тел сохранять предыдущее состояние и препятствовать его изменению. Следует отметить, что инертность непосредственно не входит в основные законы и аксиомы механики и, следовательно, оно не является фундаментальным понятием.

Как было выше отмечено, классическая механика также строится на таких понятиях, как *время, пространство, покой*.

В [5] И. Ньютон в своих поучениях приводит следующие определения этих величин.

«*Абсолютное, истинное математическое время* само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно, и иначе называется длительностью.

Относительное, кажущееся или обыденное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо

движения, мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как-то: час, день, месяц, год.

Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным.

Относительное есть его мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел и которое в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное.

Абсолютное движение есть перемещение тела из одного абсолютного его места в другое, *относительное* – из относительного в относительное же.

Свойство покоя состоит в том, что тела истинно покоящиеся находятся в покое и друг относительно друга.

Видно, что эти поучения И. Ньютона [5] относительно этих понятий не корректны. Следует отметить, что сам И. Ньютон, как и авторы современных трудов по механике [7, 11], считают эти понятия общеизвестными и потому считают, что нет необходимости их правильно формулировать и объяснять.

Отметим, что в [9, 12] показано, что *время* и *пространство* – это не реальные объекты природы. Это всего лишь виртуальные понятия, введенные человечеством для упрощения решаемых им задач о движении материальных объектов.

Из законов Ньютона [5] следует, что одним из главных понятий в них является *сила*.

Следует отметить, что понятие силы находит широкое применение в различных областях человеческой деятельности, но не имеет четкого определения. По поводу понятия сил, их природы, названий, действий, измерений было много различных споров, дискуссий, мнений [7,11].

Силы в механике можно разделить на:

- функциональные – гравитационные, тяжести, веса, трения, инерции, реактивные, подъёмные, выталкивания, отталкивания, притяжения, упругости, электрические, электромагнитные;
- квалификационные – внешние, внутренние, активные, реакции, слабые, сильные:
 - именные – Ньютоновы, Эйлера;
 - дискуссионные – реальные, фиктивные;
 - и так далее.

В современной механике под силой понимают меру взаимодействия материальных тел. Хотя где находится эта мера и что она из себя представляет никто нигде этого не указывает.

В [9, 12] показано, что в реальной природе *силы* вообще не существуют. Это объясняется тем, что материальные тела взаимодействуют между собой посредством силовых полей, распределённых нагрузок, (давлений). Так как на практике расчет и анализ полей и распределённых нагрузок представляет собой сложную задачу, то, для упрощения исследований при моделировании процессов взаимодействия тел, вводят виртуальные понятия – *сил* и *моментов сил*.

Силы могут возникать только при взаимодействии материальных точек, так как они не имеют размеров и поэтому у них нет и не может быть силовых полей и на них не действуют распределённые нагрузки.

Силы, как и *материальная точка*, *время*, *пространство* – это абстракции человечества.

В классической механике также широкое применение находит такое понятие как *связь*.

Связь – это ограничения, накладываемые на исследуемый материальный объект другими материальными объектами. При изучении движения от связей обычно избавляются и их действие заменяют *силами*. Устраняют связи с помощью принципа освобождения от связей. Так как связь заменяют силой, то можно сделать вывод, что связь и сила в конечном итоге – это аналогичные понятия, но их почему-то принято разделять.

Из кинематики известно [1, 2, 3], что в общем случае любое движение материального тела состоит из суммы двух простейших – поступательного и вращательного. Следовательно, чтобы правильно описать общий случай движения тела – надо одно-

временно учитывать его вращательное и поступательное движение. Однако, как оригинальные, так и современные законы И. Ньютона вообще не учитывают вращательное движение. Это является удивительным потому, что И. Ньютон в своей работе «Математических началах натуральной философии» [5], главным образом, занимался изучением движения небесных тел, которые он принимал за материальные точки. Понятно, что материальная точка из-за отсутствия у нее размеров не имеет собственного вращательного движения, но большинство небесных тел движутся по стационарным орбитам, то есть практически совершают вращательное движение.

Покажем, что материальные точки кроме поступательного также совершают вращательное движение, например, когда они перемещаются по орбите (рис. 1).

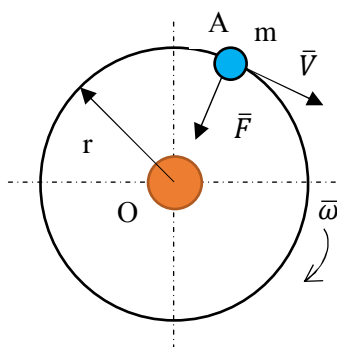


Рисунок 1 – Движение материальной точки по окружности

Пусть материальная точка A массой $m = const$ движется под действием силы F по круговой орбите радиусом $r = const$ с угловой скоростью ω .

В соответствии со вторым законом Ньютона [1,2,3], уравнение её движения будет иметь вид

$$m\bar{a} = \bar{F}. \quad (5)$$

Представим (5) в виде

$$m \frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{F}, \quad (6)$$

где \bar{V} – линейная скорость материальной точки при её движении по орбите.

Из кинематики известно, что линейная и угловая скорости связаны между собой соотношением

$$\bar{V} = \bar{\omega}r. \quad (7)$$

Подставив (7) в (6) и учитывая, что $r = const$, получим

$$mr \frac{d\bar{\omega}}{dt} = \bar{F}. \quad (8)$$

Так как

$$\bar{\varepsilon} = \frac{d\bar{\omega}}{dt}, \quad (9)$$

где $\bar{\varepsilon}$ – угловое ускорение материальной точки.

С учётом (9), уравнение (8) примет вид

$$mr\bar{\varepsilon} = \bar{F}. \quad (10)$$

Умножим левую и правую части уравнения (10) на r

$$mr^2\bar{\varepsilon} = \bar{F}r. \quad (11)$$

Введем обозначения:

$$\bar{M} = \bar{F}r; \quad (12)$$

$$I = mr^2, \quad (13)$$

где \bar{M} и I , соответственно, моменты силы и инерции.

С учётом принятых обозначений (12) и (13) уравнение вращательного движения материальной точки по орбите примет вид

$$I\bar{\varepsilon} = \bar{M}. \quad (14)$$

Из (14) следует, что в оригинальных и современных законах Ньютона, даже если считать, что они относятся к материальным точкам, в них, в общем случае, обязательно должно было быть учтено не только поступательное, но и вращательное движение их. Однако этого не было сделано.

Итак, законы И. Ньютона описывают движение только несуществующей в природе материальной точки. Доказательством этого является также то, что:

- в первом законе Ньютона записано «*Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения*», то есть речь идет именно о материальной точке, а не о теле, так как если говорить о теле, то надо говорить и о его вращательном движении;

- во втором законе Ньютона утверждается «*Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе*», то есть речь в законе идет именно о материальной точке, а не о теле, потому что если бы речь шла о теле, то надо было говорить о силовых полях и учитывать ещё действие моментов сил;

- в первом и втором законах Ньютона говорится о действующих на тела силах, но в природе на тела непосредственно действовать силы не могут. На взаимодействующие тела действуют силовые поля. Сила – это искусственная локализация силовых полей.

Следовательно, в этих законах речь идет не о материальных телах, а о материальных точках.

В классической механике при исследовании движения материальных объектов наряду с законами Ньютона часто используются общие уравнения динамики и уравнения аналитической механики, которые формально выведены из законов Ньютона. Следовательно, они получены на той же теоретической базе, что и сами законы Ньютона.

Выводы.

Подводя итог сказанному, можно заключить:

- законы-аксиомы И. Ньютона строго говоря не являются ни законами и ни аксиомами так как они описывают движение только не существующих в природе виртуальных объектов, а именно, материальных точек;

- аксиоматика и терминология классической механики в настоящее время точно не определена и не сформулирована.

К аналогичному выводу приходят П.В. Харламов и А.Ю. Ишлинский [7, 11], которые считают, что современная классическая механика:

- не аксиоматизирована;
- не имеет однозначно определённых основных понятий;
- нуждается в построении новой теоретической базы.

Литература:

1. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. – М. : Высш. шк., 1990. – 607 с.
2. Голубев Ю.Ф. Основы теоретической механики. 2-е изд. – М. : Изд-во МГУ, 2000. – 720 с.
3. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики. – Киев : Наук. думка, 1989. – 864 с.
4. Галилео Галилей. Избранные труды в двух томах. – М. : Наука, 1964.
5. Ньютон Исаак. Математические начала натуральной философии. – М. : Наука, 1989. – 688 с.
6. Эйлер Л. Основы динамики точки. – Москва-Ленинград : НТИ-НКТП СССР, 1938. – 500 с.
7. Харламов П.В. Очерки об основаниях механики. Мифы, заблуждения и ошибки. – Киев : Наук. думка, 1995. – 407 с.
8. Смелягин А.И. Аксиомы или законы движения сформулировал И. Ньютон // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 2. – С. 11–16
9. Смелягин А.И. Основные, первичные понятия механики // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 2. – С. 17–26.

10. Кирсанов М.Н. Конспект лекций по динамике. – URL : <http://termech.mpei.ac.ru/kir/PDF/DNLD/din1.pdf> (Дата обращения: 05.04.14).

11. Ишлинский А.Ю. Механика: идеи, задачи, приложения. – М. : Наука, 1985, 624 с.

12. Смелягин А.И. Объекты, для которых сформулированы аксиомы или законы классической механики // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 1. – С. 21–25.

References:

1. Nikitin N.N. The course of theoretical mechanics. – M. : Higher. school., 1990. – 607 p.
2. Golubev Yu.F. Fundamentals of theoretical mechanics. 2nd ed. – M. : Publishing House of Moscow State University, 2000. – 720 p.
3. Kuzmichev V.E. Laws and formulas of physics. – Kiev : Science. Dumka, 1989. – 864 p.
4. Galileo Galilei. Selected works in two volumes. – M. : Science, 1964.
5. Newton Isaac. Mathematical principles of natural philosophy. – M. : Nauka, 1989. – 688 p.
6. Euler L. Fundamentals of the dynamics of a point. – Moscow-Leningrad : NTI-NKTP USSR, 1938. – 500 p.
7. Kharlamov P.V. Essays on the foundations of mechanics. Myths, fallacies and mistakes. – Kiev : Science. Dumka, 1995. – 407 p.
8. Smelyagin A.I. Axioms or laws of motion were formulated by I. Newton // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2014. – № 2. – P.11–16
9. Smelyagin A.I. Basic, primary concepts of mechanics// Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2014. – № 2. – P.17–26.
10. Kirsanov M.N. Abstract of lectures on dynamics. – URL : <http://termech.mpei.ac.ru/kir/PDF/DNLD/din1.pdf> (Date of access: 04/05/14).
11. Ishlinsky A.Yu. Mechanics: ideas, tasks, applications. – M. : Nauka, 1985. – 624 p.
12. Smelyagin A.I. Objects for which axioms or laws of classical mechanics are formulated // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2014. – № 1. – P. 21–25.