

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА В ПЕРИОД АНТИЧНОСТИ

Нижегородцев Е.В., Геттингер М.В.

Томский государственный архитектурно-строительный университет, г.Томск

Ключевые слова: теоретическая механика, история, Античность, простейшие механизмы, основные законы механики.

Аннотация. В данной статье рассматривается историческое развитие некоторых основных понятий и законов теоретической механики в период Античности. Приводится общее описание некоторых простейших механизмов, приспособлений и изобретений, которые основаны на базовых знаниях и понятиях из разных разделов теоретической механики, а также теоретические изыскания философов и ученых из Древней Греции, которая являлась одной из самых технологически развитых стран тех времен. В статье также уделено внимание странам Ближнего Востока: Древнего Вавилона (междуречье Тигра и Евфрата) и Египта, Средней Азии и Ирана. Рассматриваются различные области применения базовых законов и понятий теоретической механики а также механизмов, основанных на них. Особое внимание в статье уделяется одним из самых великих ученых древности: Архимеду и Аристотелю, их научным трактатам, умозаключениям и формулировкам базовых принципов механики, - таких как закон рычага и т.д. Приводятся цитаты из некоторых научных работ этих ученых. Также в данной статье рассматривается разделение теоретической механики на три главных направления: статика, кинематика и общее учение о движении, описаны характеристики и содержание каждого из этих направлений.

THEORETICAL MECHANICS IN THE PERIOD OF ANTIQUITY

Nizhegorodtsev E.V., Gettinger M.V.

Tomsk state university of architecture and civil engineering, Tomsk

Keywords: theoretical mechanics, history, Antiquity, elementary mechanisms, basic laws of mechanics.

Abstract. This article discusses the historical development of some basic concepts and laws of theoretical mechanics in the period of Antiquity. A General description of some of the simplest mechanisms, devices and inventions, which are based on basic knowledge and concepts from different sections of theoretical mechanics, as well as theoretical research philosophers and scientists from Ancient Greece, which was one of the most technologically advanced countries of those times. The article also focuses on the countries of the Middle East: Ancient Babylon (between the Tigris and Euphrates rivers) and Egypt, Central Asia and Iran. Various fields of application of basic laws and concepts of theoretical mechanics and mechanisms based on them are considered. Special attention is paid to one of the greatest scientists of antiquity: Archimedes and Aristotle, their scientific treatises, conclusions and formulations of basic principles of mechanics such as the law of the lever, etc. quotes from some scientific works of these scientists are Given. Also in this article we consider the division of theoretical mechanics into three main directions: statics, kinematics and the General doctrine of motion and describe the characteristics and content of each of these directions.

Начало расцвета теоретической механики как самостоятельной науки приходится на XVII век – век активного развития математических наук. В это время сформировались законы классической механики. Однако основные принципы механики были известны еще в древности, а сам термин «механика» применялся в античном мире. Происходит он от древнегреческого слова *mechane*,

которым называли все искусно придуманное, понимая при этом механическое искусство. В частности, имелись ввиду различные изобретения и механизмы. Слово *mechane* употреблялось и в более узком смысле. Первоначально оно обозначало название подъемных машин, в частности машин, с помощью которых в греческих театрах поднимали и опускали актеров, и вообще механизмов, которые могут поднимать или перемещать грузы на различную высоту и расстояние соответственно.

В дальнейшем этим термином называли различные метательные машины, которые применялись в древние времена.

Историю механики как науки о машинах и механизмах нужно начинать с начала становления человечества. Уже в эпоху неолита и бронзового века появилось самое простое деревянное или каменное колесо, позднее начинают применяться рычаг и наклонная плоскость. Регулярное применение этих двух приспособлений начинается в связи с грандиозными строительными работами в древневосточных государствах.

Народы, которые создали свои государства в бассейнах рек Нила, Тигра и Евфрата, были хорошо знакомы с некоторыми механическими приспособлениями, например рычагом и клином. Первые египетские пирамиды строились в периоде около 3 тысяч лет до нашей эры. На сооружение самой большой из них – пирамиды Хеопса пошло около 23 миллионов каменных прямоугольных блоков, средний вес которых равен 2,5 т. При сооружении храмов, обелисков, статуй и памятников масса отдельных глыб достигала десятков и даже сотен тонн. Такие элементы из мест разработки доставлялись на место строительства на специальных деревянных салазках. В каменоломнях для отрыва каменных глыб от породы использовали простой клин.

Подъем тяжестей облегчался использованием наклонной плоскости. К примеру, наклонная дорога к пирамиде Хафра (Хефрена) имела подъем 46 м и длину почти 500 м. Угол наклона этой плоскости к горизонту составлял около 5° , и выигрыш в силе при поднятии подобных тяжестей на эту высоту был более чем значительным. Для поднятия и горизонтального перемещения каменных глыб служил также рычаг. С древнейших времен в Египте и ряде других стран был известен и рычаг для подъема воды (шадуф).

Ирригационные сооружения междуречья Тигра и Евфрата (Древний Вавилон), Средней Азии (Древний Хорезм, Согдиана) и Ирана, высокий уровень строительной техники, о котором свидетельствуют многочисленные памятники этой эпохи, позволяют предположить, что при их постройке также использовались «простые машины»: рычаг, клин, наклонная плоскость. С давнего времени (и почти до наших дней) в ирригационных сооружениях Средней Азии для подъема воды служил чигирь – усовершенствованный вариант египетского шадуфа.

Однако до нас не дошел ни один древнеегипетский или вавилонский текст с описанием принципов действия подобных машин. Поэтому про древневосточную механику мы знаем немного.

Таким образом, механику Древнего Востока можно отнести к предыстории современной механики. Этот период предыстории особенен тем, что тогда

началось применение результатов накопленного практического опыта, и эти результаты, видимо, не подвергались теоретической обработке, не были упорядочены и записаны.

Характер античной механики определялся рабовладельческим экономическим строем. Развитие рабства в Греции явилось предпосылкой для более широкого разделения труда в производстве. До некоторого периода это обеспечивало более быстрый рост техники и производства, а рабовладельцы получили свободное время для интеллектуальной деятельности. Однако имелся и негативный аспект. Рабовладельческий строй содержал в себе элементы, которые тормозили дальнейшее развитие техники. Рабам поручались лишь тяжелую физическую работу, которые либо вообще не требовали никаких орудий труда, либо выполнялись крайне грубыми и простыми орудиями, так как раб, считающийся сам лишь орудием труда, не был заинтересован ни в сохранности, ни в технологическом развитии этих орудий.

Таким образом, из особенностей рабовладельческого экономического строя вытекали примитивные технологии античной техники и ее медленное развитие. К рычагу и клину в эллинистическую эпоху, начавшуюся в IV-III вв. до н. э. добавляются еще блок и винт. В виноделии и маслоделии использовали пресс, как рычажный, так и с вдавливаемым клином, а позже и винтовой. Для подъема и горизонтального передвижения тяжестей греки и римляне применяли ворот – с горизонтальной осью в первом случае и с вертикальной – во втором. В строительном деле употреблялись также блоки и системы блоков – полиспасты. Вращательные движения использовали с помощью систем зубчатых колес. Более сложные механические орудия, такие как водяное колесо, червячная передача, винт, насос, и т.д. применялись сравнительно редко – все из-за того же рабовладельческого строя.

Однако в древнем мире существовали виды деятельности, не полностью связанные с рабским трудом. Это военное и морское дело. И у этих видов деятельности существовали свои потребности, которыми в значительной степени определялось развитие техники в эпоху античности. На греческих и римских судах, рабы использовались лишь в качестве гребцов. Более ответственные операции – управление рулями, парусами и т.д. – было работой свободных граждан.

Уровень развития техники в военном деле был значительно выше, чем в сельском хозяйстве. Уже в V в. до н. э. (Пелопонесская война) в греческой армии применялись тараны колоссальных размеров. Для метания тяжелых стрел пользовались баллистами; прототипом пулемета был полибол с системой подачи стрел для их непрерывного метания; катапульты служили для метания камней. С их помощью ядро около 2 кг могло быть брошено на расстояние до 300 м. Существовали прицелы и специальные приспособления, которые позволяли вводить поправки в траекторию выстрела.

Большим стимулом усовершенствования механических приспособлений было развитие торговли (как внутренней, и международной), связанной с применением золота в качестве менового эквивалента и активным оборотом драгоценных камней. Это способствовало применению рычага в различных его

видах, так как торговля требовала предельно точных способов взвешивания. Появляются весы и безмены разных типов: с перемещающейся точкой опоры, с неподвижной точкой опоры, но перемещающимся грузом и т.д. Устройство безмена было основано на твёрдом убеждении, что «двойному грузу, подвешенному к одному плечу рычага (с неподвижной точкой опоры и постоянным по величине противовесом), соответствует вдвое большее удаление противовеса от точки опоры» (стоит отметить, что это явное и точное применение теоретических знаний на практике).

Характерной чертой античной механики является разделение учения о движении – кинематики и учения о равновесии – статики. Развитие этих основных областей механики в течение долгого периода времени (вплоть до XVIII в. – периода объединения их в единую науку) шло независимо друг от друга. И это было предопределено традициями древней науки. Учение о движении разрабатывалось в рамках общего учения о природе: вопрос о сущности движения был одной из главных проблем древнегреческой философии. Чисто кинематическое описание движения было занятием астрономов, создававших сложные инструменты для своих наблюдений и измерений и механические модели мироздания: движение небесных тел, согласно общепринятым в античной науке взглядам, не требовало объяснения его причины. Учение о равновесии развивалось на основе практического опыта.

Таким образом, можно выделить три направления и три линии развития в теоретической механике античного мира: кинематика, статика и общее учение о движении. Статика была практически полностью связана с техническими запросами; ее основными проблемами был расчет выигрыша в силе, достижимого с помощью различных механических приспособлений, и вывод условий равновесия при взвешивании и плавании тел. Кинематическое направление в древнем мире шло рука об руку с астрономией, к тому времени имевшей многовековую историю. Общее учение о движении, чем занимались философы, было в основном лишь теорией, которая опиралась на повседневные наблюдения и заключения.

Наиболее ранние сочинения античных авторов, содержащие механические теории, не сохранились, как и древневосточные. Однако несомненно, что большинство этих теорий посвящено проблемам статики и что их основой служил принцип рычага. Известно, что Архит Тарентский (ок. 428—365 г. до н. э.) разрабатывал теорию блока полиспастов, но его исследования утеряны. Изобретение бесконечного винта для подъема и передвижения тяжестей и бесконечного винта для подъема воды связывают с именем Архимеда.

АРХИМЕД, (ок. 287—212 до н. э.). Древнегреческий математик и механик. Родился и большую часть жизни прожил в Сиракузах (Сицилия); был убит римлянами при взятии Сиракуз. Архимед установил законы рычага, открыл закон гидростатики, носящий его имя.

Архимед — подлинный основатель теоретической статики и гидростатики.

Уже на самых первых этапах научной деятельности, по-видимому, механика интересовала Архимеда больше всего, причем переход к теоретическим обобщениям шёл от чисто прикладных вопросов. Но и позже, помимо

теоретических исследований в области математики, физики и механики, Архимед занимался прикладной механикой в частности, в связи с потребностью обороны его родного города Сиракузы. Он подарил античной технике большое количество занимательных изобретений. Древние авторы приписывали Архимеду изобретение так называемой улитки — водяного винта, служившего для полива полей в Египте. Рассказывают также, что при помощи механизмов Архимед двигал по суше тяжело нагруженный корабль сиракузского тирана Гиерона. Однако древние источники не говорят точно, какие это были приспособления. Одни говорят о рычаге, другие — о полиспасте, третьи — о зубчатых колесах, четвертые — о колесах, т. е. указывают почти все так называемые простые механизмы. Во время осады Сиракуз Римской империей, по рассказу Плутарха, древнегреческого писателя и философа, жители города применяли для обороны военные машины, сооруженные под руководством Архимеда: метательные орудия, поворотные краны («клювы»), низвергающие огромные камни на вражеские корабли, привязанные к цепям железные когти, которые захватывали нос корабля и ставили корабль вертикально на корму.

Из сочинений Архимеда, посвященных теоретической механике, до нас дошли: трактат «О равновесии плоских фигур, или о центрах тяжести плоских фигур», трактат «О плавающих телах», и «Эфод, или Послание к Эратосфену о механических теоремах».

Первая книга трактата «О равновесии плоских фигур» содержит в себе теорию рычага. Однако этот трактат имеет более важное значение: это основы общей теории равновесия, построенной на системе аксиом.

Исходя из простейших фактов и практического опыта, Архимед сумел обобщить теоретический материал техники и привести его с помощью математики в научную систему.

Теория рычага основана на следующих предпосылках, которые Архимед считал очевидными.

1. Равные тяжести на равных длинах уравниваются, на неравных же длинах не уравниваются, но перевешивают тяжести на большей длине.

2. Если при равновесии тяжестей на каких-нибудь длинах к одной из тяжестей будет что-нибудь прибавлено, то они не будут уравниваться, но перевесит та тяжесть, к которой было прибавлено.

3. Точно также, если от одной из тяжестей будет отнято что-нибудь, то они не будут уравниваться, но перевесит та тяжесть, от которой не было отнято.

4. При совмещении друг с другом равных и подобных плоских фигур совместятся друг с другом и их центры тяжести.

5. У неравных же, но подобных фигур центры тяжести будут подобно же расположены.

6. Если величины уравниваются на каких-нибудь длинах, то на тех же самых длинах будут уравниваться и равные им.

7. Во всякой фигуре, периметр которой везде выпукл в одну и ту же сторону, центр тяжести должен находиться внутри фигуры».

АРИСТОТЕЛЬ, (384—322 до н. э.). Древнегреческий мыслитель. Его сочинения охватывают все современные ему области знания. Аристотель оказал

огромное влияние на последующее развитие научной и философской мысли. Его труды на протяжении многих веков были важным источником теоретической мысли и научного знания

Под силой Аристотель понимает любую способность, поскольку она может быть причиной как начала действия, так и противодействия. «Движущая сила» в «насильственном движении» зависит от «активности» источника движения, т. е. от степени приложенной к телу мускульной энергии человека или животного.

К эпохе античности относится выделение статики в особую теоретическую дисциплину, которую древние называли «искусством взвешивать» и ставили рядом с арифметикой («искусством считать»).

В античной эпохе происходит появление в статике двух направлений: кинематического и геометрического.

Первое направление возникло из практики пользования простыми механизмами (рычагом, наклонной плоскостью и др.) для передвижения и поднятия грузов. При этом законы равновесия тел изучались путем рассмотрения того, что происходит при нарушении этого равновесия, например рассматривали неуравновешенный рычаг, т.е. рычаг в движении.

Второе направление развивалось в связи с расчетом равновесия архитектурных конструкций: балок, плит, колонн и т.п., подпертых в одной или нескольких точках, а также равновесия подвешенных тяжелых тел, т.е. весов. При исследовании стремились свести задачу к схеме неподвижного и уравновешенного рычага. С геометрическим направлением статики связано возникновение понятия центра тяжести.

Начало кинематического направления в статике восходит к «Механическим проблемам», авторство которого ошибочно приписывается Аристотелю, а геометрическое направление связано прежде всего с именем Архимеда.

На самом же деле «Механические проблемы» были написаны в начале III в. до н. э. в эллинистическом Египте. На это указывает, например, упоминание о приводящих друг друга в движение бронзовых или железных колесах в святилищах: такие колеса находились в египетских храмах.

«Механические проблемы» – самое древнее, дошедшее до нашего времени, античное сочинение собственно по механике.

Трактат состоит из 36 глав и содержит перечисление и описание ряда механических приспособлений: рычага, колодезного журавля с противовесом, клещей, клина, топора, кривошипа, вала, колеса, катка, полиспаста, гончарного круга, руля и т. д. Не только задачи, но нередко и их решения даются в форме вопросов, т. е. лишь намечаются или даются предположительно.

Центральная тема трактата – принцип рычага, который автор рассматривает как универсальный принцип статики. Поэтому основным содержанием «Проблем» является описание различных видов рычага, к которым сводятся описанные механизмы.

Основная часть рассуждений автора сводится к тому, чтобы показать, что один и тот же груз движется тем быстрее, чем дальше он находится от точки опоры рычага, т. е. плечо рычага описывает тем большую дугу, чем оно длиннее.

Далее автор переходит к рассмотрению общего закона рычага, показывая, что равновесие грузов P_1 и P_2 на его концах зависит от скоростей v_1 и v_2 , которые грузы получают при перемещении концов. Свойство рычага связывается со свойством коромысла весов.

Это подтверждает предположение, что закон рычага, по всей вероятности, был практически осознан прежде всего при взвешивании грузов на коромысловых весах (безменах).

Большинство остальных глав трактата посвящено применению правила рычага и решению разных механических задач. Рассматриваются действие гребного весла и руля, действия колес тачки и колесницы, военных метательных машин, условия равновесия тяжелой балки на одной опоре (плечо носильщика) и т.д.

Таким образом, становится ясно, что некоторые основные законы разделов теоретической механики были известны более двух тысяч лет назад, и успешно применялись на практике древними строителями, военными и учеными.

Список литературы

1. Григорьян А.Т. Механика от античности до наших дней / Изд. второе, перераб. и доп. – М.: Наука, 1974. – 479 с.

Сведения об авторах:

Нижегородцев Егор Вадимович – студент ТГАСУ, г. Томск;

Геттингер Максим Викторович – к.ф.-м.н. доцент, ТГАСУ, г. Томск.