

К УТОЧНЕНИЮ НЕКОТОРЫХ ПОНЯТИЙ МЕХАНИКИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Пожидаев С.П.

Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» Национальной академии аграрных наук Украины, г. Киев

Ключевые слова: момент силы, механическая работа, плечо силы, радиус рычага, центростремительное ускорение, понятие, определение, единица измерения, противоречие.

Аннотация. Работа посвящена устранению размерностных противоречий в механике вращательного движения, одним из которых является совпадение единиц момента силы и механической работы. Установлено, что причиной этих противоречий является некорректность применяемых в естественных науках понятий радиуса и момента силы. Получены новые определения этих понятий, при которых противоречия исчезают.

TO REFINING SOME CONCEPTS MECHANICS OF ROTARY MOVEMENT

Pozhidaev S.P.

National research center "Institute of mechanization and electrification of agriculture" of National Academy of agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv

Keywords: moment of force, mechanical work, shoulder of force, radius of the lever, centripetal acceleration, concept, definition, unit of measure, contradiction.

Abstract. The work is devoted to the elimination of dimensional contradictions in the mechanics of rotational motion, one of which is the coincidence of units of the moment of force and mechanical work. It has been established that the cause of these inconsistencies is incorrectness used in natural sciences concepts radius and moment of force. New definitions of these concepts are obtained, in which the contradictions disappear.

Лучший путь к истине, это – изучать вещи, как они есть, а не верить, что они такие, как нас этому учили.

Джон Локк

Основными критериями научного знания являются его системность, непротиворечивость и обоснованность. Непротиворечивость научных знаний означает, что они дополняют друг друга, а не исключают. Существование противоречивых знаний не допускается. Ведь Природа едина и непротиворечива. Противоречия возникают только в процессе описания явлений Природы из-за несовершенства представлений человека о них.

Между прямолинейным и вращательным движениями точки или тела в пространстве «... существует очень интересная связь: почти каждая величина в одном случае имеет свой аналог в другом. Прежде всего угол θ , указывающий насколько повернулось тело, соответствует пройденному точкой расстоянию s . Угловая скорость $\omega = d\theta/dt$, которая показывает, с какой быстротой изменяется угол, соответствует обычной скорости $v = ds/dt$, описывающей быстроту изменения положения. Если угол измеряется в радианах, то угловая скорость равна такому-то числу радиан в секунду» [1].

Но между этими двумя движениями имеется и существенное различие. Оно заключается в том, что система соотношений механики прямолинейного движения в размерностном плане абсолютно непротиворечива, а система соотношений механики вращательного движения представляет собой сплошные размерностные противоречия. Наиболее известное из них – совпадение единиц измерения момента силы M (Н·м) и механической работы W (при вычислении последней применяют специальное наименование ньютон-метра «джоуль», но это не меняет сути дела).

Большинство специалистов не обращает внимания на это совпадение - мало ли что может совпадать или не совпадать в этом мире? Но размерности и единицы измерения величин - это не праздные выдумки, а строгие научные инструменты, созданные лучшими умами человечества специально для контроля правильности соотношений между величинами. Поэтому необходимо самым серьезным образом относиться к информации, предоставляемой этими инструментами, и ни в коем случае не пренебрегать ею.

В данном случае единицы измерения выдают сигнал о якобы тождественности момента силы M и механической работы W . Но это не соответствует действительности, так как упомянутые физические величины - совсем разные, причем непосредственно связанные между собой соотношением $W = M\alpha$, где α – угол поворота, рад. Следовательно, численное значение момента силы M всегда в α раз меньше, чем объем механической работы W : $M = W/\alpha$. Полагая, что Н·м является единицей механической работы W , приходим к выводу, что единица момента силы M должна иметь вид Н·м/рад. Он информирует, что момент силы M численно равен не всей выполненной моментом механической работе, измеряемой в Н·м, а только той её части, которая выполняется при повороте тела на один радиан.

Таким образом, получаем, что единицей момента силы должен быть Н·м/рад, но это исключает применение единицы Н·м, которая, в свою очередь, исключает применение единицы Н·м/рад.

Аналогично можно показать, что единицей механической работы W может быть не только Н·м, но Н·м·рад, которые тоже исключают друг друга.

Итак, по крайней мере одна из двух рассматриваемых нами физических величин (момент силы или механическая работа) не может иметь единицу измерения Н·м. Поэтому совпадение единиц измерения момента силы и механической работы - недопустимое научное противоречие.

Размерностные нестыковки характерны и для других понятий, связанных с вращательным движением. Например, уравнение $\alpha = s/r$, применяемое в качестве определения плоского угла, размерностно некорректно – единицей его левой части является радиан, а правая часть не имеет единицы измерения. (И это некорректное уравнение принято сейчас в качестве одного из исходных научных положений, то есть положений, которые должны быть абсолютно безупречными с точки зрения научной строгости...).

Размерностно некорректны формулы окружной скорости движения точки $v = (da/dt)r$, касательного ускорения точки $a_k = (d^2\alpha/dt^2)r$, и многие другие.

Все эти проблемы могут быть следствием какой-то системной ошибки, лишившей всю механику вращательного движения научной строгости.

Однако, к сожалению, вместо поиска ошибки ученые пошли иным путем. Условились, что "по необходимости" можно просто не обращать внимание на единицу измерения угла радиан – примечание 2 к табл. 3 стандарта [2]. Но игнорирование любой единицы измерения – это размерностная подтасовка, научная фальсификация. Например, игнорирование обозначения "рад" в единице Н·м/рад приводит к исчезновению информации о том, что данная величина соответствует повороту тела только на один радиан. Такое обращение с единицами измерения свидетельствует о научной беспринципности ученых, их пренебрежении к научной строгости.

Нами с целью решения данной проблемы было решено воспользоваться тем обстоятельством, что частные понятия механики являются следствиями из законов сохранения энергии и импульса. Это даёт возможность определять упомянутые понятия не путем субъективных рассуждений, а дедуктивным путем, как логические следствия из объективных законов сохранения энергии и импульса, главенствующих в энергоцентристской механике.

Прежде всего было обращено внимание на традиционное определение момента силы – как произведение силы на плечо. Оно носит узкотехнический и сугубо частный характер, так как базируется на рассмотрении только одного устройства, преобразующего силу в момент – жёсткого рычага.

Нами предлагается новое, общефизическое определение момента силы, вытекающее из закона сохранения энергии и охватывающее все теоретически возможные случаи преобразования силы в момент. Сила F , приложенная ко входному элементу некоторого идеального устройства, преобразующего силу в момент (это может быть и рычаг), выполняет механическую работу $F \cdot \delta s$ на виртуальном линейном перемещении δs , совершаемом в направлении действия силы. На выходе устройства возникает момент M , выполняющий механическую работу $M \cdot \delta \alpha$ на виртуальном угловом перемещении $\delta \alpha$, соответствующем линейному перемещению δs . Поскольку эти две работы численно равны ($M \cdot \delta \alpha = F \cdot \delta s$), то получаем:

$$M = F(\delta s / \delta \alpha). \quad (1)$$

Из соотношения (1) следует:

а) общефизический смысл понятия момента силы – это произведение силы F на коэффициент $ds/d\alpha$, представляющий собой отношение виртуального линейного перемещения δs , на котором совершает механическую работу сила F , к соответствующему ему виртуальному угловому перемещению $\delta \alpha$, на котором совершает механическую работу момент M ;

б) единицей момента силы является Н·м/рад, а не Н·м.

Такая единица момента силы не совпадает с единицей механической работы Н·м, вследствие чего обеспечивается и размерностная корректность соотношения $W = M\alpha$. Таким образом, уточненное понятие момента силы свободно от обеих нестыковок с понятием механической работы.

В случае жесткого рычага значение коэффициента $ds/d\alpha$ численно равно плечу силы r : $ds/d\alpha = r$. Но единицей коэффициента $ds/d\alpha$ является м/рад, а

единицей плеча r (радиуса рычага), как известно, считается метр. Вследствие этого оказывается, что соотношение $ds/da = r$ в размерностном плане якобы противоречиво. Выясним, так ли это в действительности:

а) из соотношения $ds/da = r$ следует, что радиус r – это физическая величина, равная отношению длины дуги ds , которая опирается на некоторый центральный угол, к размеру da этого угла; этот факт подтверждается также и материалами статьи «Кривизна» энциклопедического словаря [3, с. 301];

б) следовательно, радиус r – это не отрезок линии длиной r , как сейчас необоснованно считается во всех естественных науках, а физическая величина совсем иного рода, единицей которой является м/рад. Это кажется парадоксальным, но ещё К. Маркс замечал, что «научные истины всегда парадоксальны, если судить на основании повседневного опыта».

Единица радиуса м/рад обеспечивает получение корректной единицы момента силы (Н·м/рад) в случае определения его путем умножения силы на радиус рычага. **Однако, повторимся, этот радиус – не плечо, измеряемое в метрах, а значение коэффициента ds/da , единицей которого является м/рад.**

Применение единицы радиуса м/рад устраняет и все другие размерностные проблемы в механике вращательного движения. Например, уравнения $a = s/r$, $v = (da/dt)r$, $a_k = (d^2\alpha/dt^2)r$ становятся размерностно корректными.

Но при этом, в частности, обнаруживается, что применение единицы радиуса м/рад приводит к размерностной ошибке центростремительного ускорения – его единицей оказывается не м/с², а м·рад/с². Для выяснения причины данного явления был проанализирован вывод общеизвестной формулы центростремительного ускорения [4, с. 265-267]. Выяснилось, что в процессе вывода формулы в ней возникает множитель $\lim_{\Delta\varphi \rightarrow 0} \{[\sin(\Delta\varphi/2)]/(\Delta\varphi/2)\}$, который равен 1 рад⁻¹, в результате чего им пренебрегают.

Но это действие неправомерно, так как вместе с коэффициентом «1» из формулы исчезает единица измерения рад⁻¹, что и приводит к получению неправильной единицы ускорения м·рад/с². Ранее эта ошибка не проявлялась, так как компенсировалась другой ошибкой – применением в механике некорректной единицы радиуса метр вместо единицы м/рад.

Следовательно, в механике должна быть уточнена и формула центростремительного ускорения. Её необходимо дополнить множителем «1» с указанием на то, что единицей его измерения является рад⁻¹.

Список литературы

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1. М.: Мир, 1976. 440 с.
2. ГОСТ 8.417-2002 ГСИ. Единицы величин. М. 2003. 29 с.
3. Математический энциклопедический словарь / Гл. ред. Ю.В. Прохоров. М.: Советская энциклопедия, 1988. 847 с.
4. Воронков И.М. Курс теоретической механики. М.: Наука, 1966. 596 с.

Сведения об авторе:

Пожидаяев Сергей Петрович – к.т.н., старший научный сотрудник ННЦ «ИМЭСХ» НААН Украины, г.Киев.