

К ВОПРОСУ О РАЗМЕРНОСТИ БЕЗРАЗМЕРНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Аннотация. В работе предлагается новая форма записи размерностей и единиц измерения любых безразмерных физических величин, отражающая их физическое содержание, а также новое наименование термина для физической величины, размерность которой численно равна единице.

1. Определение безразмерной величины.

По определению [1]: “Безразмерная физическая величина - физическая величина, в размерность которой основные физические величины входят в степени, равной нулю”. Так что размерность безразмерной величины численно равна единице, и обсуждать этот вопрос, казалось бы, не имеет смысла. Тем более, что все безразмерные физические величины, включая все критерии подобия (безразмерные физические комплексы) являются по сути своей отношениями двух физических величин с одной и той же размерностью (отношениями сил, мощностей, интенсивностей, скоростей, напоров, площадей, температур и др. физических величин). Следовательно, выбор основных физических величин не может повлиять на величину размерности безразмерных величин.

Однако, если бы все было так однозначно, не пришлось бы договариваться о присвоении размерности таким сугубо безразмерным физическим величинам, как термодинамическая температура, количество вещества, а для других не менее популярных величин, таких как плоский и телесный углы, вводить единицы измерения.

2. Примеры безразмерных величин, условно принимаемых за основные. Прокомментируем предыдущий абзац с помощью известного из молекулярной физики уравнения [2]

$$\langle w_k \rangle = \frac{3}{2} kT,$$

где $\langle w_k \rangle$ - средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы идеального газа, k - постоянная Больцмана, равная кинетической энергии двух степеней свободы молекулы. Из этого уравнения следует, что термодинамическая температура T является отношением двух значений кинетической энергии, то есть является параметрическим критерием подобия, или безразмерной величиной. Тем не менее, термодинамической температуре присвоена размерность “Кельвин”, а постоянная Больцмана получила единицу измерения Дж/К.

Количество вещества - также параметрический критерий подобия, равный отношению числа структурных элементов, составляющих систему (атомов, молекул, ионов и др.), к числу структурных элементов, соответствующему постоянной Авогадро. Этой безразмерной физической величине присвоена размерность “моль”.

Плоский угол - это часть плоскости, ограниченная двумя лучами, исходящими из одной точки. Согласно этому определению размер

плоского угла соответствует бесконечно большой величине. Отношение же площади плоского угла к площади всей плоскости (отношение двух бесконечно больших величин) является величиной конечной и может служить мерой плоского угла. Однако в геометрии эта мера выражается либо как отношение сторон прямоугольного треугольника (через обратные тригонометрические функции), либо как отношение длины дуги, вырезанной из окружности, к радиусу этой окружности. Выходит, что имеются два варианта определения плоского угла: как отношение площадей и как отношение длин отрезков. В Международной системе единиц измерения СИ избран второй из вышеуказанных вариантов.

Таким образом, физическая величина, определяющая размер плоского угла, также является параметрическим критерием подобия, однако ей не присвоена размерность в системе СИ, поскольку плоский угол условились считать не основной, а дополнительной физической величиной. С точки зрения того, что угол поворота играет такую же основополагающую роль при описании вращательного движения, как и перемещение при описании поступательного движения, подобное решение трудно назвать логичным. В то же время физической величине, официально размерности не имеющей, разрешено иметь единицу измерения, которой присвоено наименование “радиан”. Допускаются к применению и такие единицы измерения плоского угла, как градус, минута и секунда, являющиеся долями другой единицы измерения (360^0 или 2π рад), которой никакое наименование официально не присвоено. На практике же для обозначения этой единицы измерения пользуются наименованиями “оборот”, “период”. Такая неопределенность не может не приводить к путанице, как в учебном процессе, так и при практическом использовании, с чем и приходится нередко сталкиваться.

3. О единицах безразмерных величин

А как быть с множеством других, не столь популярных в науке и технике безразмерных величин, размерность которых численно равна единице, хотя физическое содержание этих величин может кардинально отличаться друг от друга? Неужели и им, не имеющим официально присвоенной размерности, тоже разрешать иметь свои единицы измерения?

Действительно, подобное можно допустить в случаях, когда при образовании критерия подобия делителем является постоянная величина, например: постоянная Авогадро, постоянная Больцмана, элементарный электрический заряд. В крайнем случае, можно условиться о каком-то фактическом значении делителя, принимаемом за постоянную величину, например, для критерия Рейнольдса таким характерным значением может быть критическое значение, равное 2300, для критерия перегрузки - ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ и т.п. Но чаще всего и такое характерное значение отсутствует. Как, например, для числа Маха определить характерную скорость звука в среде, пока не определишь параметры этой среды?

Не помогает решить проблему и применение в записи единиц измерения обозначения “1”, более того, оно еще больше запутывает ситуацию. Например, для угловой скорости, несмотря на официально принятую единицу измерения рад/с, в учебных пособиях и научно-технической литературе применяются и такие единицы измерения, как с^{-1} , 1/с, причем эти разные единицы измерения применяются подчас в одной и

той же монографии. Между тем s^{-1} - это официально принятая единица измерения частоты вращения, а в записи $1/s$ неясно, что имеется в виду под “1” - один оборот или один радиан.

4. Предложение о размерности безразмерной величины

Все вышеперечисленные алогизмы заставляют сделать вывод о том, что пришла пора прекратить политику страуса, прячущего голову в песок.

С этой целью автор вносит такое предложение: отразить физическое содержание безразмерной физической величины в записи, как размерности, так и единицы измерения тем, что для **каждой безразмерной физической величины записывать размерность ее делителя (или делимого), возведенную в нулевую степень**. Например, размерность термодинамической температуры - $\Theta = (L^2MT^{-2})^0$, а ее единица измерения - $K = Дж^0$, размерность плоского угла - L^0 с единицей измерения m^0 (правильнее было бы - $(L^2)^0$ с единицей измерения $(m^2)^0$), размерность числа Маха - $(LT^{-1})^0$ с единицей измерения $(m/c)^0$.

При этом при записи размерностей критериев подобия следует учитывать не ту форму записи, которая может быть получена в результате сокращений в числителе и знаменателе или других математических преобразований, а ту, которая является исходной с точки зрения физического содержания. При записи размерности критерия Рейнольдса $Re = u\rho r/\eta$, например, следует указать не размерность вязкости η , равную $L^{-1}MT^{-1}$, а размерность силы, то есть записать размерность критерия Рейнольдса так: $(LMT^{-2})^0$, поскольку критерий Рейнольдса является отношением сил инерции к силам вязкого трения в потоке текучего вещества. Единицей измерения критерия Рейнольдса в этом случае является H^0 .

5. Возможность изменения названия безразмерной величины.

Следует также подвергнуть сомнению правильность самого термина “безразмерная” (или “безразмерностная”) физическая величина. Действительно, численное равенство размерности единице еще не означает отсутствие размера, как такового, или размерности, как таковой. Безразмерными могут быть, видимо, носки или другие виды одежды или обуви, размер которых в действительности точно определить нельзя.

Исходя из сказанного, автор полагает, что все физические величины, полученные в результате сравнения физических величин одной и той же природы путем деления их величин друг на друга, следует назвать **компарлируемыми физическими величинами** (от латинского слова *comparare* - сравнивать). Исключение из метрологии термина “безразмерная” позволило бы ликвидировать немалую путаницу в головах студентов и инженеров, проистекающую из факта применения в научно-технической терминологии неудачного слова.

Ведь безразмерность любого критерия подобия проявляется лишь в том, что наличие этого критерия в формуле не влияет на размерность размерной физической величины, получаемой в результате вычисления по данной формуле. Например, если в формуле имеется π или Re , то на размерности вычисляемых величин это не отразится, но для самого физического закона, определяемого формулой, это отнюдь не безразлично.

Правда, и число, входящее в физическое уравнение связи (например, $1/2$ в уравнении для определения кинетической энергии $E_k = mv^2/2$), тоже

не оказывает влияния на размерность. Как же отличить числовой коэффициент от критерия подобия? Видимо, только тем, что число не является физической величиной, а критерий подобия - является.

Выводы:

1. Термин “безразмерная физическая величина” неверен по существу и должен быть заменен на другой термин, например, “компарлируемая физическая величина”.

2. Чтобы отличить друг от друга по их физическому содержанию величины, размерность которых численно равна единице, предлагается записывать размерность физической величины, приводимой к безразмерному виду, в виде размерности делителя (или делимого) в нулевой степени (то же самое и с единицами измерения).

ЛИТЕРАТУРА

1. Чертов А.Г. Физические величины. - М.: Высшая школа, 1990, 335 с.
2. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. - М.: Наука, 1990, 624 с.