

## Системы величин не должны зависеть от систем единиц

**Аннотация.** Критический анализ современных определений систем физических величин и систем их единиц показывает наличие в них логического противоречия. Предлагается изменение определения системы величин, устранившее это противоречие.

### 1. Анализ определений системы величин и системы единиц

Анализ взаимосвязи между существующими в настоящее время определениями системы величин и системы единиц приводит к определенным противоречиям. Но сначала процитируем эти определения, приведенные в метрологическом справочнике [1]:

*"Система физических величин (система величин) – совокупность взаимосвязанных физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимаются за независимые, а другие являются функциями независимых величин".*

*"Система единиц физических величин (система единиц) – совокупность основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами для заданной системы физических величин".*

Как видно из первого определения, для системы величин принимается (иногда говорят – произвольно выбирается) комплект (совокупность) независимых величин, который называют также **базисом системы величин**. Эти независимые величины называют основными физическими величинами. А сам базис системы величин образуется, как сказано в определении, *"в соответствии с принятыми принципами"*. В соответствии с теми же принципами, как сказано в определении системы единиц, принимается комплект (совокупность) основных единиц (единиц основных физических величин).

Что же это за принципы и что от чего зависит? Судя по определению системы единиц, она должна зависеть от системы величин, то есть являться ее следствием. Однако на Международной конференции физиков и метрологов фактически принимается комплект основных единиц, в соответствии с которым устанавливается комплект якобы независимых основных величин. В качестве же основных единиц выбираются такие, которые удобны для измерения и для создания измерительных эталонов. Отсюда следует, что базис системы величин определяется комплектом основных единиц. И поэтому принимаемые основные физические величины де факто не являются независимыми.

Слово *"принятых"* из обоих приведенных выше определений недвусмысленно указывает на то, что основные единицы устанавливаются априорно, исходя из практических соображений. Основные физические величины, считающиеся формально на основании определения системы величин независимыми, устанавливаются по основным единицам. Таким образом, выбор основных физических величин оказывается следствием процесса выбора основных единиц. Возникает алогизм, заключающийся в том, что по определениям, заложенным в стандарты, система единиц зависит от системы величин, а на деле получается наоборот.

На практике же различие между системами величин и системами единиц проявляется лишь в том, что при работе с системами величин пользуются размерностями величин, а при пользовании системами единиц – пользуются единицами тех же величин. Правда, эти единицы могут быть различными по своему числовому значению. Например, система величин LMT соответствует как системе единиц СГС (сантиметр, грамм, секунда), так и системе единиц МКС (метр, килограмм, секунда).

Многие, в том числе, весьма квалифицированные инженеры и физики при проверке справедливости физической закономерности пользуются вовсе не анализом размерностей, а анализом единиц. В настоящее время анализом единиц СИ. И даже часто называют единицы размерностями, путая одно с другим. Ведь результат получается один и тот же.

Заметим, что основные величины в отличие от основных единиц не должны нуждаться в наличии измерительных эталонов. Это существенное обстоятельство и позволило составить таблицу сравнения [2].

**Таблица сравнения систем физических величин и систем единиц**

	<b>СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН (СФВ)</b>	<b>СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЙ (СЕИ)</b>
<b>Зачем нужны эти системы?</b>	Для систематизации физических закономерностей, представляющих собой уравнения связи между физическими величинами.	Для унификации единиц измерений в международном масштабе.
<b>Какая польза от этих систем?</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установление обобщенных закономерностей в природе и на их основе частных закономерностей в различных научных направлениях.</li> <li>2. Устранение разобщенности в символике и определениях в разных разделах физики и в различных технических дисциплинах.</li> <li>3. Облегчение процесса преподавания физики и технических дисциплин и процесса усвоения учебного материала.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обеспечение единства измерений.</li> <li>2. Устранение возможных препон для общения ученых и инженеров различных специальностей.</li> <li>3. Возможность легкого сравнения результатов научных экспериментов.</li> <li>4. Облегчение торговли и, как следствие, создание условий для роста экономики.</li> </ol>
<b>Влияют ли СФВ и СЕИ друг на друга?</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. СФВ предлагают изменение отдельных терминов, символов и индексов в СЕИ.</li> <li>2. СФВ указывают на желательность корректировки ряда единиц в СЕИ.</li> </ol>	СЕИ в принципе не должны влиять на СФВ, но по чисто психологическим причинам мешают их внедрению в науку и педагогику.
<b>Препятствуют ли СФВ и СЕИ друг другу?</b>	СФВ не препятствуют развитию СЕИ, у них другие цели и задачи.	СЕИ не должны препятствовать развитию СФВ, но по чисто психологическим причинам препятствуют.
<b>Наличие размерностей</b>	Для СФВ обязательны, размерность – это основа анализа уравнений связи.	В СЕИ размерности обязательны, в том числе, для установления единиц.
<b>Наличие единиц измерений</b>	В СФВ единицы не обязательны, но могут применяться в качестве справочного материала.	В СЕИ единицы обязательны, именно для их унификации и создаются СЕИ.
<b>Основные физические величины</b>	Существуют в природе объективно, задача науки – выявить их. Комплект основных физических величин в СФВ не обязан совпадать с комплектом основных величин в СЕИ.	Комплект основных единиц в СЕИ принимается условно, отвечает требованиям практической целесообразности и существует только на Земле.
<b>Независимость основных физических величин</b>	В СФВ должна быть абсолютной.	Единицы основных величин в СЕИ могут условно определяться через другие основные единицы.
<b>Измерительные эталоны единиц</b>	В СФВ в них нет необходимости.	Краеугольный камень в любых процессах измерения.

<b>Расположение величин в перечнях величин</b>	Строго определенное расположение, построенное на базе принципа последовательности, вытекающего из принципа причинности.	Априорное расположение, в разных разделах физики зависит от предпочтений составителя перечня величин.
<b>Формула размерности</b>	Формула размерности величины определяется только по уравнению, определяющему эту величину. Словесные формулировки при определении формулы размерности недопустимы.	Формулы размерности определяются по уравнениям связи, но эти уравнения не всегда подчиняются принципу причинности. В стандартах допускается определение формулы размерности согласно словесной формулировке.
<b>Возможность предсказания новых закономерностей</b>	СФВ могут и обязаны предсказывать новые закономерности, корректировать уравнения существующих в науке закономерностей.	Возможность предсказания новых закономерностей в СЕИ отсутствует.
<b>Удобство при измерениях</b>	В качестве одной из задач СФВ не рассматривается.	Определяет предпочтительность применения той или иной СЕИ.
<b>Удобство при преподавании</b>	Наличие СФВ, отвечающей законам природы, может существенно облегчить процесс преподавания.	В качестве одной из задач СЕИ не рассматривается.
<b>Удобство при научных исследованиях</b>	Наличие СФВ, отвечающей законам природы, может способствовать успешным исследованиям в любом разделе физики.	Ученые при исследованиях стремятся использовать ту СЕИ, которая наиболее удобна в данном разделе физики.

## 2. Недостатки существующих систем физических величин

Итак, на основании стандартных определений систем величин и систем единиц существует взаимозависимость основных величин и основных единиц. Поэтому де факто независимость систем величин не абсолютна, и системы величин не в состоянии корректировать существующие системы единиц. Они не отвечают полностью законам Природы и поэтому не облегчают процесс преподавания и не способствуют успешным научным исследованиям.

В таблицах физических величин в различных справочниках и учебниках величины должны были бы быть расположены в строгом соответствии с **принципом последовательности**, который требует, чтобы в таблицах величин любая величина следовала после тех величин, которые ее определяют. Сегодня же в таблицах физических величин этот принцип, как правило, не учитывается.

Размерности величин в метрологических справочниках, базирующихся на стандартах, не должны были бы устанавливаться по словесным формулировкам, но это иногда допускается в современных справочниках.

Единицы физических величин подчас не соответствуют их размерностям. Например, единица объёмной плотности энергии в СИ равна Дж/м<sup>3</sup>, и такая единица выглядит понятно и естественно. А размерностью той же объёмной плотности энергии в СИ является ML<sup>-1</sup>T<sup>-2</sup>, что в переводе на единицы означает кг/(м·с<sup>2</sup>). Хотя это то же самое, что Дж/м<sup>3</sup>. Ничего, кроме раздражения, подобное вызвать не может.

Чтобы устранить существующий сейчас алогизм, необходимо изменить определение системы физических величин.

### 3. Другой подход к определению системы физических величин

Другой подход заключается в том, что вышеприведенное стандартное определение системы физических величин должно быть заменено другим определением:

*"Система физических величин (система величин) – совокупность независимых физических величин, набор которых соответствует законам природы, и других физических величин, которые являются функциями независимых величин".*

Слова *"соответствует законам природы"*, заменяющие слова *"в соответствии с принятыми принципами"*, в корне меняют ситуацию. На место диктуемого практикой измерений априорного подхода к выбору комплекта основных величин приходит строго научный подход, базирующийся на последних достижениях физики. Именно при предлагаемом определении системы величин устраняются указанные выше недостатки существующих систем величин.

В настоящее время уже имеются опубликованные в литературе системы величин, которые соответствуют предлагаемому определению. В частности, такой системой величин является ЭСВП (энергодинамическая система физических величин и понятий) [2-4], у которой свой собственный комплект основных физических величин (**базис системы**), лишь частично базирующийся на основных величинах СИ.

ЭСВП основывается на признании абсолютности движения материи в пространстве и времени, что характеризуется законами сохранения энергии, импульса и момента импульса. В основе сохранения движения, количественно характеризуемого энергией (символ размерности  $E$ ), лежит однородность времени, характеризуемого длительностью процесса движения системы (символ размерности  $T$ ). В основе сохранения импульса лежит однородность пространства, характеризуемого протяженностью (символ размерности  $L$ ). В основе сохранения момента импульса лежит изотропия пространства, понимаемая в том смысле, что поворот системы, характеризуемый углом поворота (символ размерности  $A$ ), не отражается на свойствах системы. Поэтому эти четыре физические величины являются естественными основными величинами.

Для включения в ЭСВП характеристики вещества, как составной части материи, рассматривается концепция уровневого строения материи [4,5]. Каждый уровень характеризуется минимальными (граничными) значениями характеристик вещества, воспринимаемыми как фундаментальные физические константы. Материальный объект с такими граничными значениями воспринимается как неделимый структурный элемент данного уровня. Все остальные материальные объекты данного уровня состоят из целого числа структурных элементов (символ размерности  $N$ ) этого уровня.

Таким образом, система ЭСВП с точки зрения размерностей – это система ELANT, содержащая **пять** естественных основных величин: энергию с размерностью  $E$ , протяженность с размерностью  $L$ , длительность с размерностью  $T$ , угол поворота с размерностью  $A$  и число структурных элементов с размерностью  $N$ .

Тенденция развития современной теоретической физики в сторону признания базиса системы величин именно из этих пяти основных величин подтверждается в работе [6], анализирующей исторический процесс развития естественных систем единиц.

### 4. В чем заключается различие между процессами систематизации физических величин и их единиц

Из целого ряда различных определений термина **"систематизация"**, приведенных в литературе, автор выбрал следующее [7]:

*"Систематизация – процесс упорядоченного расположения каких-либо объектов (элементов, предметов, знаков и т.п.), осуществляемый по сходству или различию присущих им признаков, выделяемый на основе заранее установленных причинно-следственных связей"*.

В физике есть немало примеров систематизации, отвечающих этому определению. Наиболее известны Периодическая система Д.И.Менделеева и система элементарных

частиц М.Гелл-Манна. С учетом этого отсутствие систематизации физических величин выглядит уже анахронизмом. На этом обстоятельстве обычно не акцентируют внимание, так как систематизацию физических величин обычно путают с унификацией единиц, считая, что создание СИ уже решило проблему систематизации физических величин.

Но унификация и систематизация – понятия, различные по содержанию. В Большой Советской Энциклопедии дано такое определение **унификации**: "приведение к единообразию, к единой форме или системе". Именно такой процесс и происходит при создании любой системы единиц. Основной задачей унификации единиц измерений как раз и является приведение их к единообразию в международном масштабе. Это задача огромной практической и экономической важности.

Но унификация единиц не соответствует определению систематизации. Ибо между единицами основных величин подчас отсутствуют "причинно-следственные связи", так как единицы основных величин устанавливаются **условно**, исходя из практических соображений, в которых не всегда соблюдаются причинно-следственные связи.

### **5. Что объективно препятствует введению предложенного определения системы физических величин**

Читатели, знакомящиеся с любыми предлагаемыми новыми системами физических величин, сравнивают их мысленно с Международной системой единиц СИ, и первый вопрос, который приходит в голову, бывает таков: "Зачем нужны новые системы величин, если уже есть СИ?". При этом понятно, что ответ содержится в самом вопросе.

Некоторые читатели даже полагают, что им предлагается расстаться с самой СИ. Это вызывает у них естественное противостояние, так как у многих существует иллюзия того, что СИ – наилучшая и чуть ли не единственно возможная система единиц. СИ действительно хорошая система единиц, но лишь для того, для чего создана. А у систем величин, как можно увидеть из Таблицы сравнения, другие цели и задачи, которые при этом не препятствуют функционированию СИ.

Комплект основных величин ЭСВП действительно неприемлем для унификации единиц потому, что пришлось бы создавать чрезвычайно сложный измерительный эталон энергии. Но при решении проблемы систематизации физических величин проблема создания измерительных эталонов не возникает. Эталоны нужны лишь для единиц.

Следует признать, что решение проблемы систематизации физических величин ни теоретически, ни практически не помешает применению единиц СИ и не мешает дальнейшему развитию самой СИ. Но зато такое решение позволит воспользоваться теми преимуществами систем величин, которые указаны в вышеприведенной Таблице сравнения. Более того, системы физических величин, базирующиеся на законах Природы, могут помочь в деле устранения недостатков, присутствующих в самой СИ.

Жизнь покажет, будет ли воспринято предложение о новом подходе к определению понятия "система физических величин". И если будет, то когда.

### **Литература**

1. Юдин М.Ф., Селиванов М.Н, Тищенко О.Ф., Скороходов А.И., Основные термины в области метрологии. – М.: Изд. Стандартов. – 1989.
2. Коган И.Ш., Природа размерностей и классификация физических величин. – Законодательная и прикладная метрология, 2011, **4**, с.с 40-50.
3. Коган И.Ш., О возможном принципе систематизации физических величин. – Законодательная и прикладная метрология, 1998, **5**, с.с 30-43.
4. Коган И.Ш., Физические величины (Обобщение и систематизация) . – 2008. – <http://physicalsystems.narod.ru/index.html>.
5. Пакулин В.Н., Развитие материи (Вихревая модель микромира). – СПб.: НПО "Стратегия будущего". – 2011. – 121 с.

6. Томилин К.А. Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах. – М.: Физматлит. – 2006. – 368 с.

7. Бахмутский А., Доминант понятия «система». – Сб. «Системные исследования и управление открытыми системами». вып. 3, – Хайфа, Центр "Источник информации". – 2007. – с.с. 9-19.