

Системы физических величин и системы единиц измерений – принципиально различные понятия

АННОТАЦИЯ

Подробно анализируется различие, которое должно существовать между системами физических величин и системами их единиц и которое в современной метрологии не рассматривается. Предлагается иное определение понятия "система физических величин". Приводятся достоинства и недостатки систем физических величин и систем единиц измерений, вытекающие из этого нового определения.

Как сейчас понимается система физических величин

Все читатели, знакомящиеся с описываемой на этом сайте энергодинамической системой физических величин и понятий **ЭСВП**, сразу же сравнивают ее мысленно с Международной системой единиц **СИ**, и их первый вопрос таков: "Зачем нужна ЭСВП, если уже есть СИ?".

Ответ на этот вопрос обычно не выслушивают, будучи убежденными в том, что ответ кроется в самом вопросе. А настоящий ответ уже давно дал великий поэт Владимир Маяковский, хотя и по другому поводу:

И знал только бог седобородый,
что это животные разной породы.

Согласно метрологическому справочнику М.Юдина и др. (1989) "*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*". Согласно тому же справочнику "*Система единиц физических величин (система единиц) – совокупность основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами для заданной системы физических величин*".

Из этих определений следует, что любая система единиц базируется на комплекте основных единиц (единиц основных физических величин), **принятых условно** на Международной конференции. Следовательно, система единиц является следствием **принятой условно** системы величин. И только в этом на сегодняшний день состоит отличие систем единиц от систем величин. На деле же при принятии набора основных физических величин господствуют соображения практической метрологии, когда отбираются такие основные единицы, которые удобны для измерения и создания измерительных эталонов, и по ним устанавливаются якобы независимые основные физические величины. Так что фактически системы величин оказываются следствиями систем единиц, а не наоборот, как следовало бы при соблюдении принципа причинности.

Как следует понимать систему физических величин

Новый подход заключается в том, что вышеприведенное 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**" в корне меняют ситуацию. На место волюнтаристского априорного подхода приходит строго научный подход, базирующийся на последних достижениях физики. И системы физических величин, составляемые согласно этому новому определению, уже не соответствуют системам единиц, базирующимся на существующем определении. В дальнейшем будем понимать определение системы физических величин только с учетом добавленных трех слов.

На сегодняшний день **ЭСВП** является единственной из известных систем физических величин, которая разорвала противоречащую принципу причинности зависимость системы величин от априорно принятой системы единиц. Все известные автору другие системы величин базируются на основных величинах **СИ** или **СГС**. А у **ЭСВП** свой собственный набор основных физических величин (**базис системы**), обоснование которого приведено в статье, посвященной естественным основным физическим величинам.

Поэтому сравнивать **ЭСВП** резонно только с системами физических величин других авторов, а не с существующими системами единиц. Это и сделано в обзоре, посвященном истории развития проблемы систематизации физических величин.

Более развернутый ответ все на тот же сакраментальный вопрос "Зачем нужна **ЭСВП**, если уже есть **СИ**?" или на более конкретный вопрос: "Зачем сопоставлять системы единиц с системами величин?" приведен в таблице.

Таблица сравнения систем физических величин и систем единиц измерений

	СИСТЕМЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН (ниже СФВ)	СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЙ (ниже СЕИ)
Зачем нужны эти системы?	Для систематизации физических закономерностей, представляющих собой уравнения связи между физическими величинами.	Для унификации единиц измерений в международном масштабе.
Какая польза от этих систем?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установление обобщенных закономерностей в природе и на их основе частных закономерностей в различных научных направлениях. 2. Устранение разобщенности разных разделов физики и различных технических дисциплин. 3. Облегчение процесса преподавания физики и технических дисциплин и процесса усвоения учебного материала. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обеспечение единства измерений. 2. Устранение возможных препон для общения ученых и инженеров различных специальностей. 3. Возможность легкого сравнения результатов научных экспериментов. 4. Облегчение торговли изделиями и, как следствие, создание условий для роста экономики.
Влияют ли СФВ и СЕИ друг на друга?	<ol style="list-style-type: none"> 1. СФВ предлагают изменение отдельных терминов, символов и индексов в СЕИ. 2. СФВ указывают на желательность корректировки отдельных единиц в СЕИ. 	СЕИ в принципе не должны влиять на СФВ , но по чисто психологическим причинам мешают их внедрению в науку и педагогику.

Препятствуют ли СФВ и СЕИ друг другу?	СФВ не препятствуют развитию СЕИ , у них другие цели и задачи.	СЕИ не должны препятствовать развитию СФВ , но по чисто психологическим причинам препятствуют.
Наличие размерностей	Обязательно, размерность – это подчас скрытая закономерность, основа анализа закономерностей.	Обязательны для основных и производных величин, обычно применяются при анализе размерностей уравнений.
Наличие единиц измерений	В СФВ не обязательны, разве что в качестве справочного материала.	Обязательны, именно для их унификации и создаются СЕИ .
Основные физические величины	Существуют в природе объективно, задача науки – выявить их. Комплект основных физических величин (базис системы) в СФВ не обязан совпадать с комплектом основных величин в СЕИ .	Комплект основных величин принимается условно и утверждается на международных конференциях, отвечает требованиям практической целесообразности и существует только на Земле.
Независимость основных физических величин	В СФВ должна быть абсолютной. Для предотвращения записи дробных показателей степеней размерностей к базису основных величин может быть добавлена обобщенная производная величина.	Одни основные единицы СЕИ могут определяться через другие основные единицы.
Эталоны единиц измерений	В СФВ в них нет необходимости.	Краеугольный камень в любых процессах измерения, следовательно, в любых СЕИ .
Расположение величин в перечнях величин	Строго определенное, построенное на базе принципа причинности в последовательности, вытекающей из этого принципа.	Априорное, в разных разделах физики и в разных технических дисциплинах зависит от предпочтений составителя перечня величин.
Формула размерности	Формула размерности величины определяется только по уравнению, определяющему эту величину и составленному в соответствии с принципом причинности. Словесные формулировки при определении формулы размерности недопустимы.	Формулы размерности определяются обычно по определяющим уравнениям, но сами эти уравнения не всегда подчиняются принципу причинности. В стандартах допускается определение формулы размерности согласно словесной формулировке.
Возможность предсказания новых закономерностей	1. СФВ могут и обязаны предсказывать новые закономерности. 2. СФВ могут и обязаны корректировать форму записи уравнений для существующих в науке закономерностей.	Возможность предсказания новых закономерностей в современных СЕИ отсутствует.
Удобство при измерениях	В качестве одной из задач СФВ не рассматривается.	Определяет предпочтительность применения той или иной СЕИ .
Удобство при преподавании	Наличие СФВ , отвечающей законам природы, существенно облегчает	В качестве одной из главных задач СЕИ не рассматривается.

	процесс преподавания.	
Удобство при научных исследованиях	Наличие СФВ , отвечающей законам природы, способствует успешным исследованиям в любом разделе физики.	Ученые при исследованиях стремятся использовать ту из СЕИ , которая наилучшим образом соответствует конкретному разделу физики.

Разъясняющие дополнения к таблице сравнения

Исторически в связи с развитием учения об электричестве (электродинамики) физики вводили последовательно 9 (девять!) систем единиц измерений, а всего в работе Л.Брянского (2002) их перечислено 16 (шестнадцать!!), не считая естественных и неметрических систем единиц. Желая проследить процесс формирования современных систем единиц можно посоветовать заглянуть в монографии А.Власова и Б.Мурина (1990) и Г.Трунова (2006).

Всё это следствие того, что наука до сих пор не знает достоверно, что такое электрический и гравитационный заряды и какова их размерность по отношению к размерностям длины, времени и массы. Чтобы увязать одно с другим, используют законы Кулона и Ньютона, вводя в них размерные коэффициенты и неправомерно называя эти размерные коэффициенты фундаментальными постоянными. Вводили их по-разному, отсюда возникло такое количество систем единиц.

Несложно представить муки профессионалов (не говоря уже о студентах), которые вынуждены были разбираться в этом нагромождении систем единиц до создания единой **СИ**. Но и система **СИ** тоже многих и во многом не устраивает. Автор популярного учебника по физике Д.Сивухин (1979) указывает на то, что **СИ** навязана физиками метрологам, что **СИ** неоправданно усложняет и научные исследования, и преподавание физики.

Чем конкретно отличается система величин ЭСВП от системы единиц СИ.

1. Процесс измерений не является задачей систематизации физических величин. Правда, в таблицы ЭСВП единицы включены, но исключительно для расширения функций таблиц, как возможных справочных пособий. А также для того, чтобы людям, привыкшим к единицам **СИ**, было легче понять замысел, который привел к созданию ЭСВП. Напоминаем, что в **СИ** нет никаких признаков систематизации физических величин.

2. В ЭСВП и в СИ различен комплект основных величин (базис системы). В **СИ** имеется семь основных единиц физических величин, но все основные величины **СИ** легко сводятся к пяти основным величинам ЭСВП.

3. В СИ в качестве основных величин приняты производные величины некоторых форм движения. Они приняты только на планете Земля (например, сила электрического тока, термодинамическая температура, количество вещества, сила света). При систематизации физических величин подобная априорность недопустима.

4. Комплект основных величин ЭСВП неприемлем для унификации единиц измерений 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 измерений.

5. В таблицах ЭСВП все физические величины расположены в строгом соответствии с принципом последовательности. Этот принцип требует, чтобы в перечнях физических величин производные величины следовали после тех физических величин, которые их определяют. А во всех системах единиц, включая СИ, этот принцип не учитывается. В расположении физических величин в перечнях величин СИ не заметна какая-либо закономерность, всё зависит от порядка предпочтения составителя перечня. Это свидетельствует о том, что СИ не соответствует определению понятия “физическая система”.
6. Размерности физических величин в ЭСВП устанавливаются только по определяющим уравнениям, а не по словесным формулировкам, изложенным в учебных и справочных пособиях. Как остроумно заметил Р.Фейнман (1965, т.1), *“...из одного определения никогда ничего никто не выводил...”*. Определяющие уравнения в ЭСВП иногда не совпадают со словесными формулировками или определяющими уравнениями, принятыми в современной физике и, соответственно, в СИ. Но вопрос о том, что вернее, это вопрос для научной дискуссии.
7. В ЭСВП для каждой физической величины может существовать только одно определяющее уравнение. Соответственно, размерность одной физической величины может соответствовать размерности другой физической величины той же самой природы, поскольку у них аналогичны определяющие уравнения. В СИ этот принцип соблюдается не всегда (например, размерности энергии и момента силы оказались одинаковыми). В таблицах ЭСВП устранены, по возможности, те нарушения принципа причинности при составлении определяющих уравнений, которые имеют место в СИ.
8. По поводу того, как и в каком порядке следует составлять определяющие уравнения, пока нет установившегося мнения. Первоначальным шагом к построению системы единиц является выбор уравнений связи между физическими величинами. А при построении систем физических величин первоначальным шагом является, по нашему мнению, выявление комплекта основных физических величин. Системный подход, положенный в основу построения ЭСВП, может указать на то, чья точка зрения в каждом конкретном спорном случае базируется на обобщенных законах природы, а потому более корректна.
9. При построении систем единиц, по мнению Н.Студенцова (1997), необходимо *“руководствоваться одним единственным принципом – практической целесообразностью”*. При построении систем физических величин практическая целесообразность уступает по своему значению принципу причинности.
10. В ЭСВП наличие единиц измерений не обязательно. Но если их записывать, то выглядят они подчас не так, как в СИ, поскольку перечни основных физических величин различны. И не только по этой причине. В СИ очень много именованных единиц измерения. Конечно, можно приветствовать благородное желание физиков увековечить имена великих предшественников, но это желание приводит к мучениям студентов и инженеров, когда необходимо переходить от одних единиц измерений к другим.
11. Системы физических величин, в том числе ЭСВП, указывают на упущения, допущенные при составлении СИ, и на необходимость корректировки некоторых единиц измерений СИ. Впрочем, и это очень важно, решение проблемы обобщения и систематизации физических величин ни теоретически, ни практически не мешает применению единиц СИ в том виде, в каком они есть, и дальнейшему развитию самой

СИ. На практике применяются и еще долго будут применяться единицы **СИ**. Никто на них не посягает, но прислушаться к доводам систематизаторов тоже не мешает.

Небольшое лирическое отступление автора

По своему базовому образованию и опыту практической деятельности автору приходилось быть тесно связанным с метрологией (конструирование измерительных приборов, сочинение инструкций к ним, метрологические испытания, исследования погрешностей измерений). Поэтому основы современной метрологии и священный трепет перед необходимостью соблюдать стандарты и тщательно следить за стандартной терминологией, как говорится, вошли в плоть и в кровь.

Но, с другой стороны, 35-летний педагогический стаж, в течение которого автор внимательно наблюдал за тем, что именно наиболее тяжело усваивается студентами, показывал порой несовершенство этой самой терминологии, этих самых стандартов и, главное, принятой методологии преподавания. И это входило в противоречие с практическим инженерным опытом автора.

Обратите внимание на любопытный момент: подавляющее большинство инженеров и физиков при анализе размерностей на практике производят не анализ размерностей, а анализ единиц **СИ**. И это можно понять. Например, единица объёмной плотности энергии в **СИ** равна Дж/м³, и такая единица выглядит понятно и естественно. А размерность той же объёмной плотности энергии в **СИ** равна МЛ⁻¹Т⁻², что в переводе на единицы означает кг/(м·с²). Хотя это то же самое, что Дж/м³. Такое раздвоение у практиков кроме раздражения ничего вызвать не может. В **ЭСВП** подобных ситуаций быть не может в принципе.

Создавая систему **ЭСВП**, автор постоянно боролся со своими привитыми употреблением **СИ** привычками, и конца этой борьбе пока не видно. Так что автор хорошо понимает чувства тех читателей, которым предлагается расстаться с иллюзией того, что **СИ** – наилучшая и чуть ли не единственно возможная система единиц. Она действительно хороша, но лишь для того, для чего создана. И не более того.

Литература

1. Брянский Л.Н., 2002, Непричесанная метрология. - М.: ПОТОК-ТЕСТ, 160 с.
2. Власов А.Д., Мурин Б.П., 1990, Единицы физических величин в науке и технике. – М., Энергоатомиздат, 176 с.
3. Сивухин Д.В., 1979, О Международной системе физических величин. – “Успехи физических наук”, **129**, вып. 2, с.с. 335-338.
4. Студенцов Н.В., 1997, Системы единиц и фундаментальные константы. – “Измерительная техника”, **3**, с.3
5. Трунов Г.М., 2006, Уравнения электромагнетизма и системы единиц электрических и магнитных величин. – Пермь, ПГТУ, 130 с.
6. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М., 1965 - 1977, Фейнмановские лекции по физике, в 9 томах. М.; “Мир”.
7. Юдин М.Ф., Селиванов М.Н, Тищенко О.Ф., Скороходов А.И., 1989, Основные термины в области метрологии. – М.: Изд. Стандартов, 113 с.

Опубликовано ранее:

1. Коган И.Ш., 2007, Системы физических величин и системы их единиц – независимые друг от друга понятия. – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/8792.html>

2. Коган И.Ш., 2008, Системы физических величин и системы их единиц – принципиально не сравнимые понятия. – <http://www.physicalsystems.narod.ru/index05.02.1.html>
3. Коган И.Ш., 2012, Системы величин не должны зависеть от систем единиц. – *“Мир измерений”*, 7, с.с. 46-50.