

ОБОБЩЕНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

АННОТАЦИЯ. За прошедшие несколько лет с момента публикации краткого обзора работ по данной теме (И.Коган, 2003) интерес к ней возрос, и появились новые серьезные публикации. Появилась необходимость обновить и расширить обзор, выявить сформировавшиеся тенденции, привести некоторые обобщения и прогнозы. Настоящий обзор составлен по состоянию на 31.12. 2007.

1. Сначала была унификация мер и весов.

Унификация мер и весов началась еще в глубокой древности, когда физика, как наука, делала свои первые шаги, и систематизировать-то было, по сути дела, нечего. Этот процесс диктовался практическими требованиями развивающейся международной торговли. Естественно, что теми физическими величинами, единицы измерений которых нуждались в унификации в первую очередь, были длина, время, угол и вес. Подробный обзор этого процесса унификации в историческом разрезе дан в монографии Власова и Мурина (1990).

Процесс унификации постепенно распространялся и на такие производные физические величины, как площадь, скорость, давление, момент силы. По мере становления крупных государств в них вводились эталоны длины, времени и веса, а развитие международной торговли требовало стыковки этих эталонов. Того же требовало и быстрое развитие науки и техники. Возникла новая наука метрология – наука об измерениях. Все это привело к тому, что в конце XVIII века были созданы международные эталоны единиц измерений основных физических величин. С тех пор новые открытия в физике неперестанно обновляли и метрологию.

По мере совершенствования методов измерений создавались эталоны единиц измерений длины и времени, связанные с природными явлениями. Что касается эталона единицы измерений веса, то он стал трактоваться иначе. В связи с тем, что в XVI веке И.Ньютон ввел понятия об инертной и гравитационной массах и провозгласил принцип эквивалентности этих масс, за эталон массы приняли гравитационную массу эталона веса, считая инертную массу равной гравитационной.

XX век поставил на повестку дня помимо унификации единиц измерений систематизацию самих физических величин.

2. “Принцип виртуальной работы” Ж.Лагранжа.

Первые попытки систематизации физических величин восходят еще к XVII веку, когда голландским физиком С.Стевином был установлен *принцип возможных перемещений*, а великий Г.Галилей на основе этого принципа дал формулировку “золотого правила” механики. Дальнейшее развитие науки привело к появлению *принципа виртуальной работы*, который, по-видимому, явился первым принципом обобщения физических величин. Он позволил обобщить физические величины в разных механических формах движения. Со временем это указало на принципиальную возможность обобщения и систематизации физических величин и в других формах движения.

Впервые принцип виртуальной работы был сформулирован без доказательства швейцарским механиком Д.Бернулли в начале XVIII века, а затем был четко изложен и доказан в 1788 г. французским физиком Ж.Лагранжем. Приводим уравнение Ж.Лагранжа:

$$\sum_k \delta A_k^a = \sum_k (F_k^a \delta s_k) = 0, \quad (1)$$

где δA_k^a – виртуальная элементарная работа активной силы F_k^a , действующей на k -ую материальную точку на виртуальном перемещении δs_k . Форма записи этого уравнения взята из монографии С.Тарга (1995) по теоретической механике. Уравнение (1) является, по-видимому, первой обобщенной записью закона сохранения энергии в механике.

Доказательства Ж.Лагранжа базировались на механических формах движения, соответственно звучали и введенные им понятия: “**обобщенная сила**” для обозначения F_k^a , “**обобщенная координата состояния**” для обозначения δs_k и “**обобщенная работа**” для обозначения δA_k^a . Русский физик М.Остроградский распространил в 1838-1842г.г. уравнение Ж.Лагранжа на немеханические формы движения.

Гениальное предвидение Г.Галилея, Д.Бернулли и Ж.Лагранжа давно могло бы послужить основой для обобщения и систематизации в физике. Но этому помешало то, что так называемый “здоровый смысл” сделал силу причиной в причинно-следственной цепочке “работа – сила“. Хотя пояснение физического содержания понятия “сила“ продолжает вызывать споры до сих пор. Впрочем, принцип виртуальной работы имеет и сейчас практическое применение при решении ряда задач в механике. Да и сейчас, 250 лет спустя, идея Г.Галилея, Д.Бернулли и Ж.Лагранжа лежит в основе решения проблемы обобщения и систематизации физических величин.

В XIX веке при создании теории автоматического регулирования был введен **принцип малых отклонений** координат состояния, позволивший распространить принцип виртуальной работы на любые формы движения независимо от их физического содержания. Это, в свою очередь, позволило линеаризовать дифференциальное уравнение динамики и решить с его помощью и с использованием теории комплексного переменного многие практические задачи, возникшие при автоматизации производственных процессов.

3. Создание систем единиц измерений физических величин.

Быстрое развитие науки и техники и промышленная революция XIX века настоятельно требовали создания единой международной системы единиц измерений, способной объединить несколько существующих систем единиц. Проблема создания системы физических величин на повестке дня не стояла.

В 1832 году К.Гаусс сформулировал научные основы построения систем единиц измерений физических величин. В качестве единиц основных физических величин для систем единиц он выбрал единицы массы, длины и времени, размерностям которых были присвоены символы M, L и T. На основе этих единиц К.Гаусс образовал единицы магнитных величин. В 1851 г. гауссову систему единиц (систему MLT) К.Вебер дополнил единицами электрических величин.

За различными вариантами системы MLT закрепилось на целый век название “абсолютных систем единиц”. С тех пор проблема унификации единиц не выходила за рамки системы MLT. Попытка заменить в середине XX века единицу массы единицей силы (с единицей измерений килограмм-сила) успеха не принесла.

В середине XX века была создана Международная система единиц (СИ), которая дополнила систему MLT еще 4 единицами основных физических величин: единицами электрического тока, термодинамической температуры, силы света и количества вещества. Введение единицы электрического тока, в частности, позволило избавиться от единиц производных величин с дробными степенями. С учетом вновь введенных символов размерностей основных величин СИ стала системой MLTI θ JN.

О необходимости обобщения и систематизации самих физических величин до последнего времени вообще перестали вспоминать, считая, видимо, проблему решенной. Дело дошло до того, что даже в современных поисковых системах Интернета при поиске по ключевым словам “система физических величин“ выдаются источники со словосочетанием “система единиц физических величин“. Между тем, в работе И.Когана (2007б) доказано, что системы физических величин и системы их единиц – независимые друг от друга понятия.

4. Естественная система единиц М.Планка.

В начале XX века развитие квантовой физики привело к идее включения в состав основных единиц физических величин единицы энергии. Эта идея принадлежит М.Планку, который в 1906 г. предложил естественную систему единиц, выбрав в качестве единиц основных физических величин единицы фундаментальных физических констант: постоянной Планка h , электродинамической постоянной c , гравитационной постоянной G и постоянной Больцмана k .

Постоянная Планка h представляет собой элементарный квант физической величины, которую Р.Фейнман назвал впоследствии “действием“. Единицей измерений действия в СИ является Дж с. Постоянная Больцмана k , единицей измерений которой в СИ является Дж/К, также содержит в качестве множителя единицу энергии. Таким образом, в естественной системе единиц М.Планка единица энергии оказалась единицей основной физической величины. Идея включить в состав основных физических величин энергию с точки зрения решения проблемы обобщения и систематизации физических величин оказалась весьма плодотворной, но претворяться в жизнь она стала лишь с середины XX века.

Интересной является и другая особенность системы единиц М.Планка. Поскольку основными единицами стали единица постоянной Планка Дж с и единица электродинамической постоянной м/с, так единица инертной массы $\text{кг} = \text{Дж с}^2/\text{м}^2$ стала единицей производной, а не основной физической величины. Метрологи не заострили внимание на этой особенности системы единиц М.Планка. Если принять предложение И.Когана (1993) присвоить размерности энергии (как размерности основной физической величины) символ E , то систему единиц М.Планка можно записать как систему ELT Θ .

В других предложенных естественных системах единиц (а их еще две) постоянная Планка также оказалась единицей основной физической величины.

5. Создание и развитие теории динамических аналогий.

Впервые проблема обобщения и систематизации физических величин оказалась актуальной в 30-х годах XX века в связи с успехами прикладной акустики. В излучателях и приемниках звука “на узком пятчке” сошлись проблемы механики, электротехники, аэродинамики, акустики и теории колебаний. Они не могли быть успешно разрешены без создания обобщенной теории, исследующей колебания и волновое движение в различных средах и в различных устройствах и перенос энергии волнового движения из одного устройства в другое.

Поэтому быстрое развитие получила **теория физических (динамических) аналогий** (далее – ТФА), которая систематизировала именно физические величины, а не единицы их измерений. В основу ТФА было положено **уравнение динамики**. Отсюда, к слову, и появился термин “динамические аналогии”. Это уравнение выглядит так:

$$a_0 y + a_1 (dy/dt) + a_2 (d^2y/dt^2) = x, (2)$$

где a_0 , a_1 и a_2 – внутренние параметры исследуемой системы;

y – отклонение координаты состояния системы от ее значения при равновесном состоянии;

x – отклонение внешнего воздействия на систему от его значения при равновесном состоянии системы.

При использовании принципа малых отклонений параметры a_0 , a_1 и a_2 считаются величинами постоянными, что линеаризует уравнение (2). Эти параметры имеют общепринятые названия и обозначения: a_0 называют жесткостью, обозначая буквой D , a_1 называют сопротивлением, обозначая буквой R , a_2 называют инертностью, обозначая буквой i .

По ТФА опубликовано очень большое количество статей и монографий, и интерес к этой теории не угасает. Наиболее известна по этой теме монография американского акустика Г.Ольсона (1943, 1966), а сама таблица физических аналогий показана в Табл. 1. Единицами основных физических величин у Г.Ольсона являются единицы массы, длины и времени, они соответствовали существовавшим в то время системам единиц СГСЕ и СГСМ.

Таблица 1 Таблица динамических аналогий Г.Ольсона

Элементарные формы движения											
Электрическая			Механическая линейная			Механическая вращательная			Акустическая		
Величина		Размерность	Величина		Размерность	Величина		Размерность	Величина		Размерность
Индуктивность	L	L	Масса	m	M	Момент инерции	I	$M L^2$	Акустич. инертность	M	$M L^{-4}$
Электрический заряд	q	$M^{1/2} L^{1/2} T^{-1}$	Линейное перемещение	x	L	Угловое перемещение	φ	1	Объемное перемещение	X	L^3
Время	t	T	Время	t	T	Время	t	T	Время	t	T
Ток	i	$M^{1/2} L^{1/2} T^{-1}$	Линейная скорость	v	$L T^{-1}$	Угловая скорость	θ	T^{-1}	Объемный ток	U	$L^3 T^{-1}$
Электродвижущая сила	e	$M^{1/2} L^{3/2} T^{-2}$	Сила	f_M	$M L T^{-2}$	Вращающий момент	f_R	$M L^2 T^{-2}$	Звуковое давление	p	$M L^{-1} T^{-2}$
Электрич. сопротивление	r_e	$L T^{-1}$	Механич. сопротивление	r_M	$M T^{-1}$	Угловое сопротивление	r_R	$M L^2 T^{-1}$	Акустич. сопротивление	r_A	$M L^{-4} T^{-1}$
Электрич. ёмкость	C_e	$L^{-1} T^2$	Податливость	C_M	$M^{-1} T^2$	Угловая податливость	C_R	$M^{-1} L^{-2} T^2$	Акустич. ёмкость	C_A	$M^{-1} L^4 T^2$
Энергия	W_e	$M L^2 T^{-2}$	Энергия	W_M	$M L^2 T^{-2}$	Энергия	W_R	$M L^2 T^{-2}$	Энергия	W_A	$M L^2 T^{-2}$
Мощность	P_e	$M L^2 T^{-3}$	Мощность	P_M	$M L^2 T^{-3}$	Мощность	P_R	$M L^2 T^{-3}$	Мощность	P_A	$M L^2 T^{-3}$

За основу Г.Ольсон взял электрическую форму движения и записал 9 наиболее применяемых в ней физических величин. В остальных трех формах движения (механической прямолинейной, механической вращательной и акустической) показаны аналоги вышеперечисленных физических величин. Как можно заметить из таблицы, в последовательности записи величин не видна какая-либо закономерность.

Г.Ольсон применял вместо термина “форма движения” термин “степень свободы системы”. Термин “форма движения” появился позже. Г.Ольсону осталось сделать один шаг до использования, подобно Ж.Лагранжу, обобщенных физических величин, но этот шаг им сделан не был. Возможно, потому что сам он не считал аналогии какой-либо закономерностью. Он так и писал “Аналогии могут быть полезны, когда необходимо сравнить неизученную систему с системой более изученной”.

Но сравнить – это еще не значит отождествить. Между тем, при взгляде на таблицу 1 бросается в глаза идентичность размерностей энергии и мощности во всех четырех формах движения. При том, что размерности всех остальных физических величин зависят от выбора формы движения.

В монографии Г.Ольсона особо следует отметить высокую степень наглядности таблиц и иллюстраций, не в последнюю очередь обеспечившую им популярность. ТФА по-прежнему остается популярным и распространенным инструментом для расчета и моделирования многих инженерных систем.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что ТФА, пользуясь обобщающей в масштабах всей физики методологией, вошла в жизнь сугубо утилитарно и продолжает жить, обслуживая конкретные запросы конкретных отраслей техники. За пределами этих отраслей она остается мало применяемой. Возможно, поэтому ТФА занимает скромное место в школьных и вузовских учебниках по физике. Так что нет ничего удивительного в том, что и преподаватели физики уделяют ей пропорциональное внимание, считая ТФА подчас не более чем “красивой игрушкой” для иллюстрации отдельных тем при изучении физики.

Их можно понять, любая аналогия не может служить доказательством истины, пока под нее не подведено строгое теоретическое обоснование. Даже такой популярный в физике и технике инструмент, как анализ размерностей, может служить лишь необходимым условием признания физического равенства, но никак не достаточным его доказательством.

6. Электротепловые аналогии А.Эйнштейна и Л.Инфельда и электрогидродинамические аналогии В.Фёрнера.

Имеются различные варианты распространения теории физических аналогий на тепловую и гидродинамическую формы движения. Особенно хочется выделить подробные рассуждения об электротепловых аналогиях А.Эйнштейна и Л.Инфельда (1965), хотя о практическом применении этих аналогий сведений почти нет. Эти авторы провели прямую аналогию между такими ключевыми электрическими и тепловыми понятиями, как электрический потенциал и температура, электрический заряд и количество теплоты, электрическая емкость и теплоемкость.

Помогли физические аналогии и в гидроаэромеханике, в которой в начале 60-х годов XX века сложилась непростая ситуация. Исторически в гидроаэромеханике сложились три разные системы единиц физических величин. В гидродинамике это единицы перепада давлений, объема и объемного расхода, в практической гидравлике – единицы напора, веса и весового расхода, в аэродинамике – единицы удельной потенциальной энергии, массы и массового расхода. Каждая из этих систем единиц сама по себе давала непротиворечивые результаты, но во многих первоисточниках бытовало смешение этих трех систем единиц, что приводило к появлению в формулах большого количества пересчетных коэффициентов, затуманивавших физическую природу явлений. Эта путаница нередко приводила к несопоставимости научных и технических данных, приводимых в разных публикациях.

Электрогидродинамические аналогии, разработанные в монографии В.Фёрнера (1965), помогли преодолеть этот серьезный недостаток. Благодаря этому ТФА была распространена на гидродинамику несжимаемой жидкости и на аэродинамику при малых давлениях и малых скоростях, что способствовало быстрому развитию струйной техники (она же флюидика, пневмоника), пневмогидропривода и пневмоакустики. Развитие ТФА в пневмоавтоматике привело к созданию пневматической аналоговой вычислительной техники. Однако последняя, несмотря на ее экономичность и пожаро- и взрывобезопасность, не смогла из-за своего низкого быстродействия выиграть конкуренцию с быстро развивающейся электрической аналоговой вычислительной техникой. Впрочем, та, в свою очередь, уступила лидерство дискретной электронно-вычислительной технике.

7. К вопросу о применении к системам единиц измерения термина “абсолютная”.

Постепенно метрологам стало ясно, что применение термина “абсолютная” по отношению к существующим системам единиц измерений не имеет достаточных оснований. Если длина и время действительно являются общими и основополагающими физическими величинами для всех разделов физики, и в этом смысле они могут быть абсолютизированы, то масса является координатой состояния лишь в нескольких формах движения. В ряде форм движения масса является либо производной физической величиной, либо вообще может не присутствовать в определяющих уравнениях. Развитие атомной физики показало также, что масса является производной физической величиной по отношению к энергии.

Масса как физическая величина (а не как сомножитель в формуле размерности), применяется не повсеместно. Более того, не стихает полемика относительно того, при любых ли условиях справедлив принцип эквивалентности инертной и гравитационной

масс. Появляется все больше работ, в том числе, экспериментальных, приводящих доказательства ограниченности условий применения этого принципа. А это означает, что метрологам необходимо дать четкие и однозначные определения инертной или гравитационной массы и уточнить, какая именно масса положена в основу унификации единиц измерения.

Как видим, для абсолютизации тех систем единиц, в которых единицей одной из основных физических величин является единица массы, нет достаточных оснований. Отметим также, что термин “абсолютная” в применении к системам единиц измерений был долгое время связан с системой единиц СГСМ. Сейчас, в связи с созданием СИ, термин “абсолютная” постепенно выходит из употребления в метрологии. По-видимому, приходит пора отказаться и от обязательности считать единицу массы единицей основной физической величины. Тем более, что появляются различные системы физических величин, в которых среди основных физических величин нет массы.

Это, впрочем, не означает категорический отказ от возможности включения единицы массы в состав единиц основных физических величин. В работах И.Когана (2003, 2007б) показано, что системы физических величин и системы единиц физических величин – понятия разные. Так что единица массы может продолжать оставаться единицей основной физической величины в СИ. Но при систематизации физических величин массу уже не обязательно вводить в систему в качестве основной величины.

По нашему мнению, именно несоответствие между систематизацией физических величин и унификацией единиц измерений, не дало возможности ТФА охватить обобщением и систематизацией как можно большее число физических величин. Правда, похоже, что такая задача в ТФА и не ставилась.

8. “Единая математическая формула законов природы” М.Вудынского.

В середине 60-х годов XX века была опубликована новая идея в области систематизации определяющих уравнений классической физики, а размерности физических величин в определяющих уравнениях как раз и создают основу для систематизации физических величин.

Один из авторов квантовой оптики, видный советский физик М.Вудынский, предложил “единую математическую формулу законов природы”, названную им **законом взаимосвязи степенных законов и соотношений классической физики**, а также размерной части квантовых соотношений. М.Вудынский (1971) установил взаимосвязь между фундаментальными физическими константами и физическими законами на основании предложенной им теории размерностей. В этих формулах М.Вудынский опирался на “абсолютную” систему единиц измерений, но при этом не приравнивал скорости распространения электромагнитных и гравитационных волн. Формулы законов М.Вудынского приведены также в работе И.Когана (2003).

Совместно со своим сыном М.Вудынский запатентовал две конструкции прогнозатора в механическом и электронном вариантах, которые, используя вышеупомянутый закон, не только подтверждают, как утверждают авторы, известные законы природы, но и, предсказывают еще не открытые законы.

9. “Общая теория” А.Вейника (энергодинамика).

Важнейший вклад в решение проблемы обобщения и систематизации физических величин внес советский физик и инженер А.Вейник. Он разработал в трудах 1956–1968г.г. теорию, названную им **“общей теорией”** и опубликованную в завершённом виде в монографии 1968 г. В “общей теории” А.Вейника показано, что многие основные законы классической физики являются частными случаями предложенных им пяти постулатов. Его “общая теория” дает обоснование существованию обобщенной физической системы.

А.Вейник пришел к выводу о существовании **элементарных форм движения**, понятие о которых положено в основу его “общей теории”. Пропитируем основной

постулат этой теории: “Для каждой элементарной формы движения материи существует (и может быть найден) характерный параметр, который с качественной и количественной стороны однозначно определяет эту форму движения, а, следовательно, и все (макроскопические и микроскопические) свойства (состояния) материи в той мере, в какой они связаны с этой формой движения”.

Количество форм движения в системе равно количеству внутренних степеней свободы системы. А.Вейник высказал утверждение, что число форм движения в произвольно взятой системе неограниченно. А если оно и ограничивается, то только априорно.

Основной физической величиной в “общей теории“ А.Вейника является энергия, а не масса. Этот шаг оказался революционным, предсказавшим, в том числе, и последующие варианты решения проблемы обобщения и систематизации физических величин другими авторами. К этому времени уже было ясно, что масса пропорциональна энергии, а коэффициентом пропорциональности является квадрат физической константы – электромагнитной постоянной.

Основное свойство формы движения А.Вейник назвал **зарядом** (это аналог координаты состояния по Ж.Лагранжу).

В основу систематизации форм движения А.Вейник положил **закон сохранения энергии**, математическая запись которого была сделана им в виде уравнения, названного им **калорическим уравнением состояния**

$$dU = \sum_i (\partial U / \partial E_i)_{E_{in}} dE_i, \quad (3)$$

где dU – элементарное приращение внутренней энергии системы; dE_i – элементарное приращение заряда i -ой формы движения; n – количество форм движения, в которых происходят приращения при изменении внутренней энергии системы.

E_{in} в виде нижнего индекса означает неизменность (инвариантность) остальных зарядов форм движения при приращениях в i -ой форме движения.

Уравнение (3) приведено с символикой автора. А.Вейник сделал заряд E_i основной физической величиной, поэтому $\partial U / \partial E_i$ является у него производной физической величиной. Это еще один важный шаг, отрицающий одну из основ теории физических аналогий, согласно которой допускается, что частная производная $\partial U / \partial E_i$ может быть основной физической величиной. Наконец, и это очень важно, закон сохранения энергии у А.Вейника связывает приращения физических величин, а не их абсолютные значения.

“Общая теория“ А.Вейника, по сути дела, распространила принцип виртуальной работы Ж.Лагранжа на любую форму движения.

А.Вейник предложил всю совокупность наук, базирующихся на применении закона сохранения энергии и уравнении динамики назвать **энергодинамикой**. Он обосновал вывод о том, что физика, химия, биология и другие естественные науки являются составными частями энергодинамики. Именно А.Вейник четко обозначил наличие многоуровневости физики, о чем заговорили в полный голос лишь в конце XX века. Он, в частности, ввел классификацию систем по признаку уровня, на котором они исследуются, рассматривая поведение систем в субмикром мире, микромире, макромире и субмакромире порознь.

А.Вейник ввел понятие “термический заряд”, благодаря чему стало возможным включить в процесс систематизации физических величин тепловую форму движения и отказаться от терминологии, присущей теории теплорода. Это позволило модифицировать уравнение теплопроводности Фурье, предложить изменение единиц измерений теплоёмкости, термического сопротивления и показать на многочисленных примерах, что все эти нововведения приводят к естественной и понятной трактовке целого ряда явлений в термодинамике. А.Вейник резко выступил против той роли, какую играет в современной

термодинамике понятие “энтропия“, что, по его мнению, тормозит развитие не только термодинамики, но и всей физики.

А.Вейник отделил упорядоченную тепловую форму движения, являющуюся такой же элементарной формой движения, как и все прочие (механическая, гидравлическая, электрическая и т.д.), от неупорядоченной тепловой формы движения диссипации, в которую переходят все формы движения в реальных процессах вследствие наличия сопротивления трения. Трудно даже перечислить то огромное количество новых плодотворных идей, которые предложил внести этот ученый в современную физику и которые еще ждут своего признания и использования.

По поводу оригинальных работ А.Вейника в СССР с 1969 по 1983 г.г. велась оживленная дискуссия, но, к сожалению, примерно в том же стиле, в каком она велась в тот же период вокруг генетики и кибернетики. Это была скорее не дискуссия, а травля ученого. Она привела к остракизму этого выдающегося ученого со стороны официальных академических кругов примерно на 15 лет, в течение которых он практически не имел возможности публиковать свои научные труды. А к тем трудам, что уже были опубликованы, доступ был фактически закрыт для массового читателя. И это оказалось одной из причин того, что сейчас появляются новые исследования, авторы которых высказывают идеи, аналогичные идеям А.Вейника, но не ссылаются на него.

В работах А.Вейника, особенно в тех, которые появились в последние годы его жизни (конец XX века), действительно много необычных высказываний и спорных моментов, но ведь это еще не повод для того, чтобы “вместе с водой выплескивать из ванны ребенка”. Не вдаваясь в подробности, автор обзора считает, что многие идеи А.Вейника, в том числе, идеи, связанные с решением проблем обобщения и систематизации физических свойств, просто опередили свое время. Они и до сих пор сохраняют большое значение.

При всей логической стройности “общей теории“ А.Вейника его монографии не обладали той высокой степенью наглядности и доступности, которая характерна, например, для монографий Г.Ольсона, особенно для людей, воспитанных на иных традициях. Да и название его основной монографии “Термодинамика“, возможно, ограничило круг интересующихся специалистами по термодинамике, хотя речь в монографии шла обо всей физике и даже шире.

А.Вейник в своей “общей теории“ не использовал для обобщений уравнение динамики, и это, на наш взгляд, несколько снизило возможности использования его теории для систематизации физических величин. Не разделил А.Вейник и две такие важные, но разные модели, как физическая система и силовое поле. Поэтому в его теории оказались равнозначными такие понятия, как координата состояния и заряд, воздействие на систему и разность потенциалов.

От противников теории А.Вейника приходилось слышать, что признание им энергии в качестве одной из основных физических величин не практично, так как невозможно создать метрологический эталон единицы энергии. Однако, как отмечается в работе В.Эткина (2006), единицу энергии вполне можно рассчитать по международному прототипу единицы килограмм.

Впрочем, при унификации единиц измерений энергия может и не фигурировать в качестве единицы основной физической величины. Но это не означает, что энергия не может быть принята в качестве основной физической величины при систематизации физических величин, ведь для решения проблемы систематизации физических величин нет необходимости создавать эталоны.

С точки зрения решения проблемы обобщения и систематизации физических величин главной заслугой А.Вейника является то, что он показал вариант обобщения определяющих уравнений физики. Поэтому его “общая теория“ и стала научным обоснованием для решения проблемы обобщения и систематизации физических величин. Именно А.Вейник привел убедительные доказательства того, что методы, положенные в

основу систематизации определяющих уравнений физики, имеют под собой глубокие общенаучные основы, что они не только формализуют законы материального мира, но могут дать и весомый выход на практику. Последнее было доказано им и его учениками путем проведения многочисленных экспериментов.

10. Геометризация системы физических величин Р. О. ди Бартини.

В середине 60-х годов XX века появились теоретические работы видного советского авиаконструктора Роберта Ороса ди Бартини (1965, 1966), в которых автор представил свой оригинальный взгляд на проблему систематизации физических величин. Он провел эту систематизацию в сетке координат, названной им “кинематической системой размерностей LT ” (длина-время), исключив, таким образом, единицу массы из перечня единиц основных физических величин.

Основываясь на теории множеств, Р. ди Бартини показал возможность существования “(3+3)-мерного комплексного образования, состоящего из произведения трехмерной пространствоподобной и ортогональной к ней трехмерной времяподобной протяженности”. Ключевыми для его теории являются следующие три фразы:

“Уравнения физики принимают простой вид, если в качестве системы измерений принять кинематическую систему LT , единицами которой являются два аспекта радиуса инверсии областей пространства R^n : l – элемент пространствоподобной протяженности подпространства L и t – элемент времяподобной протяженности подпространства T . “

“Элементарный (3+3)-мерный образ A можно рассматривать как волну и как вращающийся осциллятор, попеременно являющийся стоком и источником...” “

“Элементарный осциллятор является зарядом, создающим вокруг себя и внутри себя поле...” “

Время в системе Р. ди Бартини перестает быть скалярной величиной, оно не равно в “продольном” и “поперечном” направлениях.

На основании трех приведенных предположений Р. ди Бартини выстроил систему размерностей в сетке координат LT . Основной ее особенностью является то, что размерность заряда (как гравитационного, так и электрического) одинакова и равна

$$\dim m = \dim e = L^3 T^{-2}. \quad (4)$$

Р. ди Бартини (1966) построил таблицу, в которой физические величины, имеющие в его системе величин размерности от L^{-3} до L^6 и от T^{-6} до T^3 , расположены в последовательности, связанной с показателями этих размерностей. При этом в формулах размерности не пропускаются символы размерностей с показателем степени, равным 0, как это делается в существующих системах единиц измерений.

В дальнейшем в совместной работе с П.Г.Кузнецовым (1974, 1978) таблица Р.ди Бартини была усовершенствована и стала более наглядной, она приведена в виде табл. 2. Главная ее особенность состоит в том, что алгебраическая сумма показателей степеней при L и T не превышает числа 6.

Рабочее пространство таблицы составляет 58 ячеек, оно выделено жирными пунктирными линиями. Р.ди Бартини подбирал (подчеркнуто нами. **И.К.**) под каждую размерность рабочего пространства физическую величину и помещал ее в соответствующую ячейку таблицы. Но, как видим, для 13 ячеек не были обнаружены физические величины с соответствующими этим ячейкам размерностями. В 12 ячеек таблицы Р.ди Бартини поместил первые производные по времени от физических величин, расположенных одной строкой ниже, даже если в физике эти производные и не применяются. В 5 ячейках таблицы расположены физические величины, физическое содержание которых не пояснено (например, поверхность времени, объём времени, поверхностная мощность, обильность двумерная, момент действия).

Таблица 2 СИСТЕМА ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН Р.ди БАРТИНИ

	L^{-3}	L^{-2}	L^{-1}	L^0	L^1	L^2	L^3	L^4	L^5	L^6
T^{-6}									Изменение мощности	Скорость передачи мощности
T^{-5}						Изменение давления	Поверхностная мощность	Скорость изменения силы	Мощность	Скорость передачи энергии
T^{-4}					Изменение плотности тока	Давление	Угловое ускорение системы	Сила	Момент силы. Энергия	Скорость передачи действия
T^{-3}				Изменение углового ускорения	Плотность потока	Напряженность ЭМ поля. Градиент	Ток. Массовый расход	Скорость смещения заряда. Импульс	Момент количества движения. Действие	Момент действия
T^{-2}			Изменение объёмной плотности	Массовая плотность. Угловое ускорение	Ускорение	Разность потенциалов	Масса. Кол.магнетизма. Кол.электрич.	Магнитный момент	Момент инерции	
T^{-1}			Объёмная плотность электрическая	Частота	Скорость	Обильность 2-мерная	Расход объёмный	Скорость смещения объёма		
T^0			Изменение проводимости	Безразмерные константы	Длина. Ёмкость. Самоиндукция	Поверхность	Объём пространственный			
T^1		Изменение магнитной проницаемости	Проводимость	Период	Длительность расстояния					
T^2		Магнитная проницаемость		Поверхность времени						
T^3				Объём времени						

Таким образом, в таблице Р.ди Бартини содержательными оказались лишь 28 ячеек из 58, то есть, только половина. Зато в эти 28 ячеек помещены 36 физических величин, так как в отдельных случаях одной и той же размерности соответствуют две или даже три физические величины разной природы. Например, размерности L^0T^{-2} соответствуют массовая плотность и угловое ускорение, размерности L^5T^{-4} – момент силы и энергия, размерности L^1T^0 – длина, ёмкость и самоиндукция. В текстовой части работы Р.ди Бартини и П.Кузнецова (1974) количество магнетизма идентифицируется с магнитным зарядом (магнитной массой). Заметим, к слову, что факт равенства размерностей у разных по природе физических величин имеет место во всех системах единиц измерений.

Хотя в своих работах Р.ди Бартини о единицах измерений не упоминает, но размерности основных физических величин, подобранных им для своей таблицы, соответствуют размерностям этих величин в СИ.

В таблице Р.ди Бартини не ощущается какая-либо иная последовательность расположения физических величин, кроме как их соответствие той или иной размерности в системе размерностей LT . Таким образом, размерность физической величины превращается в своего рода ключ к разгадке всего принципа обобщения физических величин. К чему это приводит, как раз и показало помещение в одну и ту же ячейку физических величин разной природы.

Р. ди Бартини (1966) предпринял также попытку систематизации физических констант. В его работе предложена единая формула для определения всех физических констант, состоящая из четырех сомножителей, возведенных в различные целые степени (первые два сомножителя – это число 2 и величина π). Он представил таблицу, содержащую 21 физическую константу (в современной физике их насчитывается гораздо больше). В своей таблице констант Р. ди Бартини сравнивает значения констант, вычисленные по его формуле, со значениями этих же констант в системе СГС. Совпадение численных значений наблюдается только в 4 случаях.

В работы Р.ди Бартини и П.Кузнецова (1974, 1978) включено также методологическое осмысление предложенной системы физических величин. Авторы ставят вопрос:

“...превратится ли современная математическая физика в одну из разновидностей геометрии или развитие науки приведет к пониманию физики, как м н о ж е с т в а р а з н ы х ф и з и к ?”

И приходят к выводу *“...физика завтрашнего дня будет вынуждена в большей мере считаться с методологическими принципами потенциального единства физического знания, симметрией процессов природы, самодвижения и ее уровневого строения, которое раскрывается через исторически ограниченную общественную практику”*.

Вопреки приведенному выше утверждению о потенциальном единстве, авторы включили в заголовок статьи понятие *“множественность физик”*. По мнению автора обзора, в статье речь идет скорее о многовариантности, чем о множественности.

Настораживает применение Р. ди Бартини термина *“кинематическая”* к предложенной им системе физических величин. Как будто возможно рассматривать движение без учета причин, его вызывающих. Появление этого термина у Р. ди Бартини можно, видимо, объяснить наличием в его системе размерностей только двух физических величин: длины и времени.

По подобному поводу интересно выразился Д.Игнатъев (2005): *“поиск систематизации законов природы в пространственно-временных координатах производился ... без учета математического анализа поля и возможности применения одной модели для нескольких физических процессов различной природы”*.

По мнению автора данного обзора, анализ движения не может привести к всеобъемлющим результатам без учета такой физической величины, как угол поворота, так как прямолинейное движение, обслуживаемое размерностью L , является частным случаем движения по криволинейной траектории. Этот вопрос обойден вниманием Р.ди Бартини полностью.

11. “Система физических величин” Н.Плотникова.

В 2005 г. широкому кругу читателей Интернета была предоставлена возможность благодаря публикации Д.Игнатъева (2005) познакомиться с небольшой брошюрой Н.Плотникова (1978) *“Система физических величин”* (далее – СФВ). В этой брошюре ее автор представил в виде большой таблицы аналитические взаимосвязи многих физических величин всех основных разделов классической физики. К сожалению, нет возможности привести эту таблицу в данном обзоре ввиду ее громоздкости.

Хронологически работа Н.Плотникова впервые, как представляется автору данного обзора, отошла от того, чтобы положить в основу систематизации физических величин *“физические аналогии”* и размерности величин. Единицы измерений используются Н.Плотниковым в СФВ только в качестве иллюстрации, взяты они из СИ. В СФВ систематизируются именно физические величины, а не их размерности или их единицы измерений. Работа Н.Плотникова вызывает большой интерес с точки зрения истории процесса обобщения и систематизации физических величин, но считать, подобно Д.Игнатъеву, что она открывает горизонты нового направления физики, было бы, по мнению автора данного обзора, преувеличением.

В предисловии к своей работе Н.Плотников указывает в качестве основной задачи созданной им системы на возможность *“с минимальными затратами времени эффективно и качественно овладеть основами физики в учебных программах при поступлении в вузы”*. Тем самым он, и это делается впервые, подчеркивает педагогическую значимость систематизации физических величин. Однако знакомство с его системой физических величин показывает, что для практического ее использования необходимы знания, которые могут быть приобретены уже в процессе изучения физики в вузе. Да и сам автор СФВ пишет, что *“изучение системы ведется одновременно с*

учебниками физики“, можно добавить к этому, – с вузовскими учебниками. Таким образом, основная задача, декларированная Н.Плотниковым, оказывается невыполнимой.

Н.Плотников вводит новую систему физических величин в виде таблицы, включающей горизонтально и вертикально направленные стрелки, условно подменяющие такие математические действия, как умножение и деление на физические константы, на длину и на время, интегрирование и дифференцирование по длине и по времени. В систему также вводятся значки, подменяющие условные обозначения векторного анализа. С помощью этих значков автору системы удалось графически изобразить многие определяющие уравнения, содержащие векторные величины и не содержащие операции сложения, вычитания и деления.

Благодаря введению физических констант в таблицу Н.Плотникову удалось поместить в одни и те же ячейки системы аналогичные физические величины из разных разделов классической физики (механики, электродинамики, термодинамики, гравитации и др.) в соответствии с их определяющими уравнениями.

Таблица СФВ наглядна, хотя и велика по размерам. Она показывает общность основных физических величин из разных разделов физики. Ее можно заполнять не сразу, а по мере изучения этих разделов. Таблица может служить хорошим учебно-методическим пособием при изучении физики в вузе. Однако следует признать, что новая оригинальная система графических условных обозначений требует дополнительного освоения, целесообразность которого еще следует оценить. К тому же, текст работы Н.Плотникова трудно читать из-за стилистических погрешностей. Это не слишком мешает специалисту, но вряд ли приемлемо для студента.

Введение Н.Плотниковым некоторых новых терминов вряд ли целесообразно. Например, “однородные законы с одинаковой размерностью“ – это то же самое, что “обобщенные определяющие отношения“. Под “неоднородными законами“ Н.Плотников понимает методы аналогий и подобия, но при этом считает, что применение этих методов “приводят к тупиковому положению“. С этим высказыванием не всегда можно согласиться, например, критериальные уравнения, базирующиеся на теории подобия, помогают решить многие практические задачи в тех случаях, когда методы математической физики помочь не могут. Утверждение Н.Плотникова о том, что он вводит в СФВ показатели среды путем добавления оси физических констант, не совсем точно, на самом деле он вводит показатели формы силового поля.

В таблицу СФВ необходимо ввести ряд уточнений. Можно привести такие примеры. Н.Плотников не учел терминологическое несоответствие друг другу понятий “электрическая индукция **D**” и “магнитная индукция **B**”, хотя об этом несоответствии пишут в современных учебниках по физике (И.Савельев, 2005, кн.2). В своей таблице Н.Плотников поставил величины **B** и **D** в одну и ту же вертикальную графу. Правда, разное направление стрелок в его таблице между напряженностью электростатического поля **E** в вакууме и электрической индукцией **D** в веществе, с одной стороны, и между напряженностью магнитного поля в веществе **H** и магнитной индукцией **B** в вакууме, с другой стороны, указывает на то, что принципа причинности он не нарушил. Но Н.Плотников нарушил его тогда, когда посчитал потенциал поля функцией от напряженности поля, а не наоборот. А помещение разных по содержанию величин в одну и ту же вертикальную графу вынуждает его то умножать их на пространственную координату, то делить на нее.

Несмотря на указанные недостатки, работа Н.Плотникова представляет собой хронологически первое глубокое исследование по проблеме обобщения и систематизации физических величин, основанное только на определяющих уравнениях, а не на подобии или равенстве размерностей или на формальных аналогиях.

12. “Таблица аналогий” И.Когана.

Новый вариант системы физических величин появился в составе небольшого учебного пособия И.Когана (1993). Не будучи еще знакомым с “общей теорией” А.Вейника (1968), И.Коган положил в основу таблицы **обобщенных физических величин** принцип виртуальной работы Ж.Лагранжа и уравнение динамики. Объединив их, автор предложил обобщенную систему физических величин, названную им *Таблицей аналогий* (далее – ТА). Как потом стало ясно, это название оказалось неверным.

В качестве основной физической величины И.Коган впервые ввел в систему физических величин **обобщенную работу**, которая получила свою размерность и свой символ *E*. Но обобщенная работа – это количество энергии, а энергия была включена в качестве производной величины во вторую половину таблицы обобщенных величин. Другими двумя обобщенными физическими величинами стали **обобщенная координата состояния** и **обобщенная сила**. В работе И. Когана (1993) рассматриваются только равновесные физические системы, длина в качестве основной величины не фигурирует, она включена лишь в качестве координаты состояния в механические формы движения. Всего в систему физических величин включены 10 отдельных частных таблиц, посвященных различным конкретным формам движения.

Принципиально новым шагом явилось включение в систему таблицы, посвященной обобщенным величинам теории автоматического регулирования: **воздействию на систему** (аналогу обобщенной силы) и **отклонению системы** (аналогу обобщенной координаты состояния). Для отклонения системы И.Коган предложил ввести новую внесистемную единицу измерений – **долю**, равную одной десятой от диапазона приращения рассматриваемой физической величины, полагая, что такая единица имеет не меньше прав на существование, чем такие внесистемные единицы СИ, как сотая доля (процент) или тысячная доля (промилле).

В своей работе И.Коган пришел к некоторым практическим выводам. В частности:

1. Угловое перемещение во вращательной форме движения должно быть основной физической величиной. Его единица измерений **рад** должна быть единицей основной физической величины и должна участвовать в образовании единиц измерений всех производных физических величин в этой форме движения (включая вращающий момент, момент импульса, момент инерции тела, угловую жесткость и угловое сопротивление). Был сделан вывод о необходимости корректировки в СИ единиц измерений во вращательной форме движения.

2. В качестве координаты состояния при теплопередаче принято приращение физической величины, названной температурным зарядом. Однако за единицу измерений температурного заряда был принят Дж, в результате чего у температурного напора оказалась единица измерений, равная 1. Это поменяло единицы измерений у всех физических величин процесса теплопередачи. Поэтому желание разделить в тепловой форме движения две основные величины – теплообмен и приращение координаты состояния – оказалась в данной работе не реализованным.

3. Приведены методические рекомендации по применению системы ТА при изучении физики и техники в школе и вузе.

Через несколько лет после ознакомления с “общей теорией” А.Вейника И.Коган приводит **ТА** в соответствие с принципами энергодинамики, публикуя усовершенствованный вариант **ТА** в метрологическом журнале (1998). В таком виде она и приведена в таблице 3.

Понятие “обобщенная координата”, символом размерности которого становится *K*, приведено в 4-ой строке наряду с понятием “**обобщенный заряд**”. В таблицу обобщенных физических величин вводится уравнение переноса, в результате чего в этой таблице появляется группа *iV*. В ней появляется четвертая основная физическая величина – длина.

Таблица 3. Таблица обобщенных величин И.Когана

Группы величин		Строка	ОБОБЩЕННЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	Символ	Определяющие соотношения	Размерность
I	Основные физические величины	1	Обобщенная работа	A		E
		2	Протяженность	l		L
		3	Время	t		T
II	Внешние параметры системы	4	Обобщенный заряд (Обобщенная координата)	q		K
		5	Обобщенная разность потенциалов	Q	dA/dq	EK ⁻¹
III	Внутренние параметры системы	6	Жесткость системы	D	Q/q	EK ⁻²
		7	Сопротивление системы	R	Q/\dot{q}	ETK ⁻²
		8	Инертность системы	I	Q/\ddot{q}	ET ² K ⁻²
	(обратные им величины)	9	Емкость системы	C	q/Q	E ⁻¹ K ²
		10	Проводимость системы	Y	\dot{q}/Q	E ⁻¹ T ⁻¹ K ²
		11	Подвижность системы		\ddot{q}/Q	E ⁻¹ T ⁻² K ²
IV	Параметры движения системы	12	Обобщенная скорость (Поток обобщен. зарядов)	\dot{q} Φ	dq/dt	T ⁻¹ K
		13	Плотность потока зарядов	i	Φ/S	L ⁻² T ⁻¹ K
		14	Коэффициент переноса	k	Y/S	E ⁻¹ L ⁻¹ T ⁻¹ K ²
		15	Импульс разн. потенциалов	dp	$\int Qdt$	ETK ⁻¹
		16	Частота свободных колебаний	ν_0	$\sqrt{ D/I }/2\pi$	T ⁻¹
		17	Свободное движение	$R=0$		
18	Заторможенное движение	$R \rightarrow \infty$				
V	Параметры поля	19	Напряженность поля	H	$\partial\phi/\partial l$	EL ⁻¹ K ⁻¹
		20	Линейная плотн. зарядов	τ	$\partial q/\partial l$	KL ⁻¹
		21	Поверхн. плотн. зарядов	σ	$\partial q/\partial S$	KL ⁻²
VI	Энергетические параметры	22	Энергия положения в поле	Π	$Qq/2$	E
		23	Энергия деформации поля		$Dq^2/2; CQ^2/2$	E
		24	Энергия движения	T	$l\dot{q}^2/2$	E
		25	Энергия рассеяния	W	$R\dot{q}^2 t$	E
		26	Обобщенная мощность	P	$Q\dot{q}$	ET ⁻¹
		27	Принцип малых отклонений		$Q_1/Q_2 = \dot{q}_2/\dot{q}_1$	

Таблица обобщенных величин дополняется группой V “Параметры поля“, но в эту группу введены всего две обобщенные физические величины: напряженность поля и плотность зарядов.

Обобщенное уравнение закона сохранения энергии в работе (1998) дано в такой записи:

$$dW = \sum_{in} [\sum_{km} a_k(d^k q_i/dt^k)] dq_i, \quad (5)$$

где dW – приращение полной энергии системы; i – номер элементарной формы движения; n – количество элементарных форм движения в системе; k – порядок производной по времени; m – наивысший порядок производной по времени; q – обобщенный заряд (обобщенная координата).

Для каждой обобщенной физической величины в таблице указано **обобщенное определяющее уравнение**. По нему составлена **обобщенная размерность**. Размерностям в системе ГА отведена подчиненная роль по сравнению с определяющими уравнениями.

Впервые физические величины стали располагаться в таблицах системы не априорно, а в определенной последовательности, характерной для системного подхода. Она заключается в том, что каждая физическая величина определяется только теми физическими величинами, которые расположены выше ее в таблице.

Таблицы приобрели ту наглядность, которая ранее была присуща таблице Г.Ольсона (1966). В таблице обобщенных величин увеличено число строк (27 против 9 в системе ТФА). В состав системы физических величин включены 9 таблиц различных конкретных форм движения.

В работе И.Когана (1998) приведено подтверждение необходимости пересмотра уравнения теплопроводности Фурье, указанной А.Вейником (1968), и изменения важных терминов в тепловой форме движения. Показано, что отождествление теплоты с обобщенным зарядом, широко применяемое до сих пор при практических расчетах, приводит к тому, что в тепловой форме движения исчезает физическая величина, соответствующая обобщенной работе.

В заново составленной для тепловой формы движения таблице теплота стала эквивалентом обобщенной работы, а эквивалентом обобщенного заряда стал предложенный А.Вейником термический заряд. У целого ряда производных величин в тепловой форме движения оказались новые единицы измерений, отличающиеся от тех, что имеются в СИ, тем, что единица теплового заряда находится в составе этих единиц не в первой, а во второй степени.

После анализа магнитной формы движения И.Коганом сделан вывод о необходимости уточнения двух терминов в этой форме движения. В частности, показано, что магнитное сопротивление и магнитная проводимость магнитной цепи на самом деле следует называть магнитной жесткостью и магнитной ёмкостью магнитной цепи.

Наконец, показана необходимость корректировки единиц измерений физических величин во вращательной форме движения.

13. Развитие энергодинамики В.Эткиным.

Значительное влияние на развитие идей обобщения и систематизации физических величин оказывают работы в области обобщения и систематизации физических закономерностей, это хорошо заметно на примере работ А.Вейника. С конца XX века энергодинамику, как обобщающую науку о природных закономерностях, стал развивать В.Эткин (1992).

Указывая на преимущества термодинамического метода исследования, применяемого в энергодинамике, В.Эткин (2005) пишет, что *”одной из наиболее привлекательных термодинамического метода всегда была его универсальность и возможность сведения огромного множества явлений к нескольким основным идеям. ...К достоинствам этого метода следует отнести также непреложную справедливость следствий, вытекающих из закона сохранения энергии”*.

В созданном в начале XXI века сайте http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a В.Эткин публикует несколько десятков статей, анализирующих основные закономерности всех разделов современной физики. Он показывает, что все эти разделы составляют предмет энергодинамики, науки, находящейся на более высоком иерархическом уровне, чем физика. Содержание этих статей он сгруппировал в книги *”Основы энергодинамики”* и *”Энергодинамика”*.

В.Эткин дает следующее определение энергодинамики: *“Энергодинамика – наука об общих закономерностях процессов переноса и преобразования энергии безотносительно к принадлежности этих процессов к той или иной области знаний”*.

В.Эткин расширил форму записи закона сохранения энергии, что позволило распространить этот закон на неоднородные системы, в которых происходит процесс перераспределения координат состояния в одной или нескольких формах движения.

Особенно важным, по мнению автора данного обзора, является включение В.Эткиным в уравнение, описывающее закон сохранения энергии, векторных величин.

В своих работах В.Эткин не касается проблемы обобщения и систематизации физических величин, но его работы создают основу для использования выведенных им уравнений для продвижения вперед решения проблемы систематизации физических величин.

В работе В.Эткина (2005) закон сохранения энергии представлен полным дифференциалом энергии системы

$$dE \equiv \sum_i (\partial E / \partial \mathbf{Z}_i) d\mathbf{Z}_i, \quad (6)$$

где dE – элементарное приращение энергии системы $E = E(\mathbf{Z}_i)$, а векторная физическая величина

$$\mathbf{Z}_i = \theta_i \mathbf{R}_i \quad (7)$$

является экстенсивным параметром i -ой формы движения, в которой величина θ_i названа термостатическим параметром, понимаемым как количественная мера энергоносителя i -ой формы движения (материального носителя энергии, присущей i -ой форме движения). Под \mathbf{R}_i понимается радиус-вектор центра экстенсивной величины θ_i . Таким образом, векторная величина \mathbf{Z}_i приобретает смысл “момента распределения” параметра θ_i в неоднородной системе.

Заметим, что частный дифференциал $\partial \mathbf{Z}_i$ является векторной величиной, а векторная алгебра не допускает операции деления на вектор. Поэтому в уравнении (6) вместо частной производной $(\partial E / \partial \mathbf{Z}_i)$ должно, по-видимому, стоять произведение $(\partial E / \partial |\mathbf{Z}_i|) \mathbf{e}$, где \mathbf{e} – орт вектора частной производной $(\partial E / \partial |\mathbf{Z}_i|)$. В принципе орт \mathbf{e} может быть и не коллинеарен орту \mathbf{e}_z .

Уравнение (6) В.Эткин раскрывает в виде

$$dE \equiv \sum_i \Psi_i d\theta_i - \sum_i \mathbf{F}_i d\mathbf{R}_i, \quad (8)$$

где $\Psi_i \equiv (\partial E / \partial \theta_i)$ – обобщенный потенциал i -ой формы движения; $d\mathbf{R}_i$ – приращение радиуса \mathbf{R}_i в процессе перераспределения параметра θ_i внутри системы;

$$\mathbf{F}_i \equiv (\partial E / \partial \mathbf{R}_i), \quad (9)$$

где \mathbf{F}_i – сила, действующая на систему при перераспределении параметра θ_i .

К выражению $\mathbf{F}_i \equiv (\partial E / \partial \mathbf{R}_i)$ относится то же замечание, которое было сделано выше по отношению к выражению $(\partial E / \partial \mathbf{Z}_i)$.

Первая сумма правой части уравнения (8) характеризует поведение системы в отсутствие процессов переноса и перераспределения внутри системы. Вторая сумма учитывает пространственную неоднородность системы и характеризует направленные процессы энергообмена внутри системы, в том числе, процессы диссипации. Следовательно, уравнение (8) применимо также и к изолированным (замкнутым) системам.

Остальные сведения о частных свойствах системы привлекаются В.Эткиным в качестве условий однозначности, к которым он относит уравнения баланса координат при внешнем и внутреннем энергообменах, уравнения состояния системы и уравнения процесса переноса.

Уравнение переноса В.Эткин записывает в виде суммы линейных зависимостей

$$\mathbf{J}_j = \sum_i L_{ji} \mathbf{X}_i, \quad (10)$$

где $\mathbf{X}_i = \mathbf{F}_i / \theta_i$ – удельные движущие силы; L_{ji} – коэффициенты пропорциональности; $\mathbf{J}_j = \theta_j \mathbf{v}_j$ – потоки j -го энергоносителя; $\mathbf{v}_j = d\mathbf{R}_j / dt$ – скорости j -го процесса переноса.

К условиям однозначности, то есть к частным свойствам систем, В.Эткин относит также законы сохранения массы, заряда, импульса и момента импульса.

Комплекс вышеприведенных уравнений обобщает поведение всех термодинамически неравновесных систем. Это, по убеждению В.Эткина, служит альтернативой поиска решения проблемы “Великого объединения” (под которым в физике понимается создание теории единого силового поля взаимодействия).

В работе (2006а) В.Эткин расширяет форму записи закона сохранения энергии (8). Он представляет второе слагаемое правой части уравнения (8) в виде суммы двух слагаемых. В.Эткин рассматривает перемещение центра сосредоточения параметра θ в шестимерном пространстве, состоящем из трех линейных и трех вращательных измерений. При этом уравнение (8) приобретает вид

$$dE \equiv \sum_i \Psi_i d\theta_i - \sum_i \mathbf{F}_i d\mathbf{R}_i - \sum_i \mathbf{M}_i d\varphi_i, \quad (11)$$

где $d\varphi_i$ – угловое перемещение радиус-вектора \mathbf{R}_i в процессе переориентации параметра θ_i внутри системы; $\mathbf{M}_i \equiv (\partial E / \partial \varphi_i)$ – крутящий момент, переориентирующий систему.

Таким образом, В.Эткин оставляет за силой \mathbf{F}_i роль воздействия, побуждающего только к линейному перераспределению, а для воздействия, побуждающего к вращательной переориентации, вводит понятие крутящего момента \mathbf{M}_i .

Как видим, В.Эткин детализирует понимание обобщения физических закономерностей по сравнению с предыдущими работами А.Вейника и И.Когана, у которых в правой части уравнения, описывающего закон сохранения энергии, была только одна сумма, а у векторных величин рассматривались только их модули.

Наконец, В.Эткин при рассмотрении постоянно протекающих процессов дифференцирует уравнение (10) по времени, приходя к уравнению

$$dE/dt \equiv \sum_i \Psi_i (d\theta_i/dt) - \sum_i \mathbf{F}_i \mathbf{v}_i - \sum_i \mathbf{M}_i \boldsymbol{\omega}_i. \quad (12)$$

Из этого уравнения, по мнению В.Эткина, следует, что для изолированной или замкнутой системы, у которой энергия остается неизменной и, следовательно, левая часть уравнения обращается в нуль, непосредственно вытекают законы сохранения импульса и момента импульса системы. Это обобщает 1-ый закон Ньютона, распространяя его на вращающиеся системы.

В.Эткин (2006а) показывает, что именно выражение (9) следует считать аналитическим выражением 2-го закона Ньютона, вследствие чего он предлагает обобщенную формулировку этого закона в виде “*движущая сила какого-либо процесса равна производной от энергии системы по координате этого процесса*”.

Отметим также, что уравнения (11) и (12) очень удобны для анализа закономерностей во всех разделах физики.

13. “Естественная кинематическая система размерностей” А. Чуева.

Сторонником и продолжателем идеи систематизации физических величин в геометрической сетке координат “пространство-время” стал А.Чуев (1999). Он предложил свой принцип построения системы физических величин, названный им “естественной кинематической системой размерностей” (ЕКСП). В систему размерностей Р. ди Бартини (1966, 1978) А.Чуев внес существенное изменение, присвоив электрическому заряду иную размерность, нежели массе.

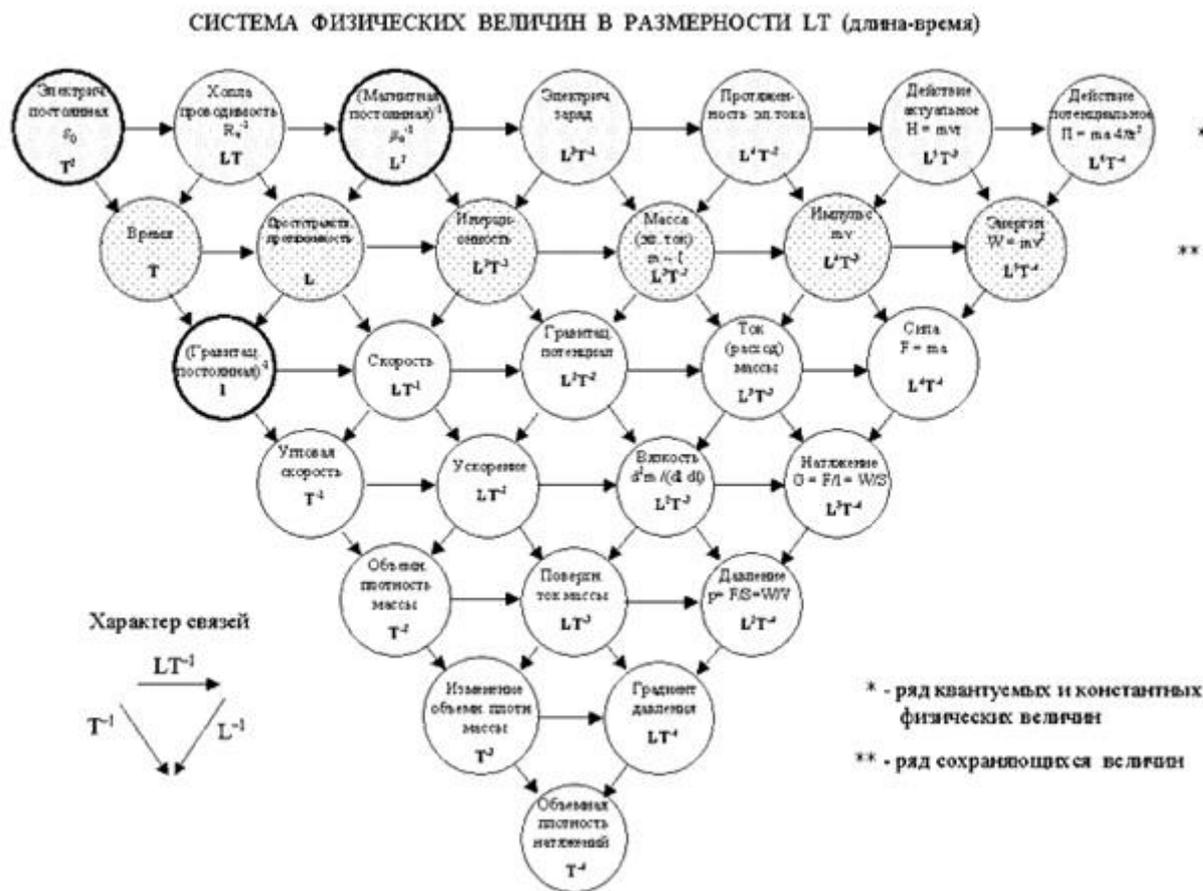
В своих последующих работах А.Чуев (2003, 2004) утверждает, что существует возможность “*постижения системности во взаимосвязях физических величин, исходя из их размерностей, характеристик и обнаруженных закономерных соотношений этих*

величин". Таким образом, размерностям физических величин А.Чуев, как и Р. ди Бартини, приписывает системообразующие качества. Поэтому ЕКСР и названа им системой размерностей, а не системой физических величин.

А.Чуев, например, пишет, что "размерность и единица электрического заряда должны быть выбраны (подчеркнуто нами, И.К.) так, чтобы свои размерности и определенные значения имели бы и диэлектрическая и магнитная проницаемость вакуума". Тем самым размерность заряда электрического поля становится зависимой от размерности физических констант. Не ограничиваясь этим, А.Чуев вводит понятие "константная физическая величина".

Согласно стандартному метрологическому определению физическая величина "...в количественном отношении индивидуальна для каждого объекта". Физические константы не укладываются в это определение, поскольку они одинаковы для всех объектов. Поэтому либо введенный А.Чуевым термин "константная физическая величина" должен быть поставлен под сомнение, либо следует пересмотреть важное определение современной метрологии. Пока неясно, насколько последнее целесообразно.

В своих первых работах А.Чуев представляет ЕКСР как геометрическую схему в виде трапеции, состоящую из ячеек. Один из примеров ЕКСР представлен на рисунке.



В каждую из ячеек вписана физическая величина, в том числе, и физические константы. Конфигурация схемы у А.Чуева меняется от статьи к статье. Неизменным остается ключ ко всем этим схемам. Он показан на рисунке и заключается в том, что размерность физической величины в каждой ячейке может быть получена тремя способами:

- в результате умножения на размерность скорости размерности той физической величины, которая находится в том же ряду в соседней ячейке слева;
- в результате деления на размерность времени размерности той физической величины, которая находится в более высоком ряду в соседней ячейке слева;

в) в результате деления на размерность длины размерности той физической величины, которая находится в более высоком ряду в соседней ячейке справа.

Для получившихся таким образом размерностей подобраны (подчеркнуто нами. И.К.) соответствующие этим размерностям физические величины и константы. В результате этого в некоторых ячейках появились физические величины, редко применяемые или введенные А.Чуевым заново, тогда как ряд популярных физических величин в системе отсутствует.

В работе А.Чуева (1999) показано, что указанная геометрическая схема с теми же самыми физическими величинами и в тех же самых ячейках инвариантна относительно выбранной системы размерностей, то есть она остается точно такой же в системах размерностей LT, ML, MT и MLT. Меняются только размерности величин в ячейках. Поскольку далее делаются важные выводы относительно соотношений физических величин, находящихся в ячейках, следует, что эти соотношения также не зависят от выбранной системы размерностей. И все же выбор сделан А.Чуевым в пользу системы LT. Видимо, поэтому в названии системы присутствует термин “кинематическая“, ведь в остальных трех системах (ML, MT и MLT) присутствует размерность массы.

Как и у Р. ди Бартини (1966), размерность массы в ЕКСР равна L^3T^{-2} . А.Чуев не указывает, о какой массе идет речь, но по расположению ячейки массы относительно ячейки гравитационного потенциала можно сделать вывод о том, что речь идет о гравитационной массе. В то же время формула, расшифровывающая силу, свидетельствует о том, что речь идет также и об инертной массе. Тем самым А.Чуев на основании принципа эквивалентности масс исключает массу из числа основных физических величин, что позволяет систематизировать физические величины только на основе длины и времени. Он приравнивает два закона И.Ньютона – основной закон динамики и закон всемирного тяготения:

$$m_1 a = m_1 m_2 / r^2 . \quad (13)$$

Инертная масса m_1 , находящаяся в левой части уравнения (13), имеет то же самое обозначение, что и гравитационная масса m_1 в правой части уравнения. Из анализа размерностей уравнения (13) следует, что размерность массы

$$\dim (m) = L^3 T^{-2}, \quad (14)$$

что соответствует равенству (4) Р. ди Бартини (1966).

Одновременно с этим в работах (1999, 2004) А.Чуев говорит о неполном тождестве инертной и гравитационной масс. Но если это тождество неполно, то ставится под сомнение правомерность записи равенства (13), справедливость размерности массы L^3T^{-2} и обоснованность самой ЕКСР.

А.Чуев (1999) измеряет инертную массу в кг, а гравитационную массу в m^3/c^2 . Это не совсем понятно, так как единица массы кг определяется в метрологии по международному прототипу веса, следовательно, единица кг должна быть, по идее, единицей гравитационной массы. А единица m^3/c^2 выводится на основании принципа эквивалентности масс и поэтому может быть единицей как гравитационной, так и инертной массы.

С целью присоединения к механическим величинам электромагнитных величин, А.Чуев на основании анализа нескольких систем размерностей по принципу квантуемости физических величин выбрал ту систему, в которой электрическому заряду приписывается (подчеркнуто нами. И.К.) размерность

$$\dim (e) = L^3 T^{-1}. \quad (15)$$

Это приравнило размерности массы и электрического тока. А.Чуев (2003) считает, что основанием для выбора размерности L^3T^{-1} для электрического заряда является то обстоятельство, что при этом “*достигается выявление физической сущности массы и ... обнаруживается отражение ЕКСП большинства существующих природных закономерностей...*”.

В свою систему А.Чуев ввел новую физическую квантуемую величину – **действие потенциальное**. Оно отличается от того действия, квантом которого является постоянная Планка и которое названо А.Чуевым **действием актуальным**. Размерность действия потенциального получается при умножении размерности действия актуального на размерность скорости. В СИ единица измерений действия потенциального равна Дж м.

А.Чуев пишет о том, что в ЕКСП выполняется одно из основных системных свойств – “*месторасположение элементов определяет их свойства*”, и в качестве примера он приводит Периодическую систему элементов Д.Менделеева. Но в Периодической системе месторасположение химических элементов и конфигурацию самой системы определили свойства химических элементов, известных на момент создания системы, а уж потом месторасположение отсутствовавших на тот период элементов подсказало их свойства. Да и история развития Периодической системы в XX веке показала, что месторасположение ряда химических элементов менялось по мере того, как появлялась новая научная информация.

В работе А.Чуева (2004) наблюдается возврат к системе размерностей MLT, то есть, к СИ, и уже нет упоминания о ЕКСП. Но многие выводы из работы (1999), тем не менее, остаются в силе, речь по-прежнему идет о системах размерностей, а не о системах физических величин, хотя приоритет размерности перед самой физической величиной уже не так ощущается. В частности, в работе (2004) уже указывается на то, что в ячейках с одной и той же размерностью иногда расположены несколько разных по природе физических величин.

Как и все исследователи, работавшие и работающие в области обобщения и систематизации физических величин, А.Чуев убежден в том, что предложенная им система расположения физических величин предсказывает существование новых неизвестных закономерностей. К числу таких неизвестных закономерностей он относит внепространственные силовые взаимодействия (термин, введенный А.Чуевым), не поясняя, правда, каким образом силовые взаимодействия могут происходить вне пространства.

А.Чуев оперирует соотношениями размерностей физических величин, находящихся в ячейках. Эти соотношения отражают такие математические операции с величинами, как составление пропорций, дифференцирование и интегрирование по времени и по длине, умножение или деление на скорость или на квадрат скорости. На основании анализа этих соотношений им делается вывод о том, что геометризация расположения физических величин в соответствии с их размерностями отражает закономерности природы. Связь между ячейками в виде отрезков или в виде правильных геометрических фигур также должна, по мнению А.Чуева, отражать закономерности природы.

Тщательный анализ соотношений между физическими величинами и физическими константами приводит А.Чуева (1999, 2003) к ряду интересных выводов. Не комментируя их, приводим таблицу 4. Нельзя не заметить, что вся содержательная часть этой таблицы не изменилась бы, если бы в колонке размерностей стояли размерности из любой другой системы размерностей (не из системы LT) или если бы этой колонки в таблице вообще не было.

Таблица 4 Описание силовых взаимодействий в ЕСКР

№ п/п	Взаимодействующие физические величины		Размерность взаимодействующих величин	Наименование взаимодействия	Уравнения связи
	по заряду	по току			
	Однородные величины				
1	q	It	l_0^3/t_0	Электростатическое	$F_K = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{4\pi r^2} = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{(It)_1 (It)_2}{4\pi r^2}$
2	qv	Il	l_0^4/t_0^2	Электромагнитное (токовых элементов), оно же, судя по всему, сильное взаимодействие в микромире	$F_A = \mu_0 \frac{(qv)_1 (qv)_2}{4\pi r^2} = \mu_0 \frac{(Il)_1 (Il)_2}{4\pi r l}$
3	q/t	I	l_0^3/t_0^2	Гравитационное, оно же токовое	$F_H = \frac{I_1 I_2}{4\pi r^2}$
4	qa	Iv	l_0^4/t_0^3	Предположительно: релятивистская составляющая гравитационного взаимодействия и слабое - в микромире	$dF = \frac{1}{C^2} \frac{(Iv)_1 (Iv)_2}{4\pi r^2} = \frac{1}{C^2} \frac{I_1 I_2 v_{отн}^{2*})}{4\pi r^2}$
	Смешанные величины				
5	$q_1 a$ и q	$I_1 v$ и $I_2 t$	l_0^4/t_0^3 и l_0^3/t_0	Электромагнитное радиационное	$F = \mu_0 \frac{q_1 a q_2}{2\pi r}$ *)
6	$q_1 v$ и q_2/t	$d(Il)_1$ и I_2	l_0^4/t_0^2 и l_0^3/t_0^2	Электромагнитное индукционное	$dF = \mu_0 \frac{d(Il)_1 I_2}{2\pi r}$ *)

*) - предполагаемые соотношения

14. “Физика для начинающих“ Д.Ермолаева.

“Обобщенные законы физики или физика для начинающих“ – так была названа появившаяся в 2003 г. в интернете работа Д.Ермолаева.

Д.Ермолаев нацеливает свою систему заголовком к работе на “начинающих“ изучать физику, то есть, подчеркивает ее педагогическое значение. Но физику изучают не самостоятельно, а под руководством педагогов, а необычные терминология и символика этой работы скорее могут оттолкнуть, чем привлечь традиционно воспитанных педагогов-физиков. Не говоря уже о том, что многие термины, введенные Д.Ермолаевым, не соответствуют метрологическим стандартам и, по мнению автора данного обзора, не всегда оправданно.

Д.Ермолаев вводит для основных физических величин по 3-4 разных названия, как бы предоставляя читателю возможность самому выбрать то, что ему больше понравится. Например, первая производная по времени от заряда имеет три названия: действие энергии, скорость перетока энергозаряда и энерготок. Еще примеры: одним и тем же символом φ обозначается то напряжение, то потенциал, то работа. Количество энергии имеет одновременно два символа: E и ΔE , хотя содержание при этом различно. Электроток, ёмкость и индуктивность оказались в колонке, названной “Электрофизика“ (по-видимому, имеется в виду “Электродинамика“), и одновременно с этим оказались в колонке “Электростатика“, хотя ток в электростатике не изучают.

В ячейки таблиц своей системы Д.Ермолаев наряду с формулами помещает также пояснения к формулам и научные прогнозы автора, вследствие чего таблицы лишены

необходимой краткости и четкости. Начинающих изучать физику все это может только запутать, если они вообще смогут разобраться в том, в чем и специалисту не просто разобраться.

В то время как его предшественники строили системы физических величин, в которых единицы измерений приводились лишь в качестве иллюстраций, Д.Ермолаев отводит единицам измерений более важную роль.

Если же абстрагироваться от вышесказанных замечаний, относящихся скорее к методике и стилю изложения, чем к содержанию, и сопоставить обобщенные физические величины, их единицы измерений и определяющие уравнения в системе физических величин Д.Ермолаева и в системах цитированных выше сторонников энергодинамического подхода, то можно констатировать почти полное совпадение в основополагающих идеях. В основу своей системы физических величин Д.Ермолаев закладывает такие величины, как энергия и заряд, а это – сердцевина всей идеи энергодинамики.

Особо следует отметить, что Д.Ермолаев (2003), как ранее А.Вейник (1968) и И.Коган (1998), вводит в тепловую форму движения понятие “тепложаряд“, аналогичное “термическому заряду“ в работах А.Вейника, и указывает на то, что единицы измерений параметров тепловой формы движения следует корректировать.

В своей следующей работе Д.Ермолаев (2004) приводит убедительные аргументы, доказывающие, что значения теплоёмкости с единицей Дж/К² и теплового сопротивления с единицей К²/Вт объективно отражают суть физических явлений. Тогда как значения теплоёмкости с единицей Дж/К и теплового сопротивления с единицей К/Вт, применяемые сейчас в классической физике, этой сути не отражают и приводят “к множеству дополнительных ненужных вычислений, формул, таблиц, поправочных коэффициентов и оговорок“.

Д.Ермолаев (2004) приводит также доказательства того, что расчет термического КПД по абсолютным значениям термодинамической температуры вместо расчета КПД по разности температур приводит к физическому абсурду, подтверждая этим вывод сторонников энергодинамики о необходимости рассматривать приращения основных физических величин вместо их абсолютных значений.

В работе Д.Ермолаева (2004) применительно к тепловой форме движения применяются законы неразрывности Кирхгофа.

15. “Энергодинамическая система величин и понятий” (ЭСВП) И.Когана.

В серии статей 2003-2004 г.г. на портале sciteclibrary.ru И.Коган предложил новый вариант системы физических величин под новым названием ЭСВП (энергодинамическая система величин и понятий). Прежнее название его системы – “Таблица аналогий” – И.Коганом было отвергнуто по причине того, что речь идет не о случайной схожести записи уравнений динамики в разных формах движения, отражаемой словом “анalogии”, а о следствиях, выведенных из известных в физике закономерностей. И.Коган поддержал идею А.Вейника (1968) о применении термина “энергодинамика”, что и послужило ему основанием для изменения названия системы величин.

В работе И.Когана (2003) впервые на основании системного подхода предложена **иерархия уровней обобщения и систематизации** физических величин и составлен краткий исторический обзор решений проблемы систематизации физических величин.

Основные сведения об ЭСВП изложены в работе (2004а). В сравнении с предыдущей системой из работы 1998 г. число групп физических величин увеличилось с 6 до 8, число строк в Таблице обобщенных величин увеличилось с 27 до 38. Понятия “формы энергообмена“ и “виды энергообмена“ разделены.

В таблицах конкретных форм движения единицы измерений, принятые в СИ, сравниваются с единицами измерений, вытекающими из размерностей, принятых в ЭСВП. В работе (2004г) И.Коган совершенствует изложенную им ранее в работе (1993) методику

использования ЭСВП в средней и высшей школах, представляет вниманию читателей разработанные им соответствующие наглядные методические пособия.

Следующим шагом в развитии ЭСВП стала изданная небольшим тиражом монография И.Когана (2006). ЭСВП вновь расширяется, в ней появляется новая группа физических величин – “Физические величины силового поля” – с 14 обобщенными физическими величинами. Число строк в Таблице обобщенных величин возрастает с 39 до 50. Это увеличило возможности ЭСВП при систематизации физических величин и позволило сделать ряд выводов в области механики, электродинамики и гравитации. Однако в новой группе физических величин рассмотрены лишь величины центрального силового поля, так что работа над этой группой физических величин следует считать незавершенной.

Расширение В.Эткиным (2006) записи закона сохранения энергии за счет вращательной формы движения позволило И.Когану теоретически обосновать свое предложение о необходимости ввода в качестве основной физической величины углового перемещения $d\varphi$.

В книге анализируются метрологические и педагогические последствия развития проблемы обобщения и систематизации физических величин.

16. Физическая система электромагнитных величин Г.Трунова.

В 2003 г. была опубликована работа Г.Трунова, предложившего Модернизированную систему электромагнитных единиц, названную им сокращенно СИ(М). В этой системе единиц Г.Трунов как бы возвращается к системе единиц СГС, в которой в законе Кулона имелся безразмерный коэффициент пропорциональности $k_o = 1$. В СИ(М) тоже имеется такой коэффициент, но размерный, $k_o = 9 \cdot 10^9 \text{ Н м}^2/\text{Кл}^2$. Зато в СИ(М), так же, как и в системе СГС, отсутствуют электрическая и магнитная постоянные, присутствующие в СИ. Как видим, все эти нововведения коснулись только модернизации системы единиц измерений.

Уже на следующий год Г.Трунов (2004в) предлагает не систему единиц измерений, а систему физических величин, назвав ее физической системой электромагнитных величин (сокращенно – СФ). В качестве основной физической величины Г.Трунов вводит вместо массы энергию с символом размерности W , а вместо электрического тока – электрический заряд с символом размерности Q . Этим он оправдывает свою цель: выбрать “основные единицы формулы размерности величин” так, чтобы они могли “отражать их физическую сущность”. Заметим, что в этих словах присутствует небольшая терминологическая неточность – в формуле размерности присутствуют не единицы, а символы физических величин.

Г.Трунов подчеркивает, что его система является четырехразмерной, имея в виду то, что она имеет четыре основные физические величины.

Основополагающая идея работы Г.Трунова подобна идее работ А.Вейника (1968), И.Когана (1998) и Д.Ермолаева (2003), только его система СФ ограничена лишь электромагнитными величинами и в ней отсутствуют обобщенные физические величины. Размерности некоторых физических величин в системе СФ совпадают с размерностями этих же величин в системе ЭСВП И.Когана (1998) в электрической и в магнитной формах движения. Но в СФ количество электрических и магнитных величин несколько больше, чем в соответствующих таблицах ЭСВП.

В таблице формул размерностей СФ отсутствует какая-либо логически оправданная последовательность расположения физических величин, характерная для таблиц в работах И.Когана и Д.Ермолаева. Возможно, поэтому для определения размерностей производных величин Г.Трунов использует произвольно назначенные определяющие уравнения. Например, для определения размерности энергии он использует формулу кинетической энергии в механической форме движения $W = mv^2/2$, а для определения размерности массы – ту же по физическому содержанию формулу, но в виде уравнения Эйнштейна

$W = mc^2$. В итоге у Г.Трунова получается, что единица энергии вначале определяется по единице массы, а потом единица массы определяется по единице энергии. Что здесь причина и что следствие – неясно.

Размерность силы Г.Трунов определяет с помощью градиента энергии, имея в виду энергию электромагнитного поля, тогда как в энергодинамических системах величин разность сил является частным случаем обобщенной разности потенциалов. Наконец, Г.Трунов приравнивает размерности зарядов электростатического и электромагнитного полей, что приводит его к неверным размерностям физических величин электромагнитного поля.

В работе 2006 г. Г.Трунов уже не упоминает о введении энергии в качестве основной физической величины, говоря только о замене электрического тока в качестве основной величины электрическим зарядом.

17. Развитие теории физических аналогий К. Гольбертом и П.Пирнатом.

Постоянно появляются новые работы, авторы которых стремятся расширить масштабы применения теории физических аналогий (ТФА) и решить с помощью этой теории проблему обобщения и систематизации физических величин. Остановимся на двух наиболее интересных работах.

В работе К.Гольберта (2003) приведена таблица, которую ее автор назвал таблицей “**междисциплинарных аналогий**”. В эту таблицу он ввел колонку обобщенных величин, что отличает ее от таблицы динамических аналогий Г.Ольсона (1966). В таблице К.Гольберта 8 строк отведено для обобщенных величин и 2 строки – для обобщенных закономерностей. По сравнению с таблицей Г.Ольсона в таблице К.Гольберта единицы СГСЕ заменены единицами СИ, акустические величины заменены гидравлическими величинами, а также добавлена тепловая форма движения.

За основу междисциплинарных аналогий К.Гольберт взял теорию электрических цепей, в связи с чем в его таблице появились законы неразрывности Кирхгофа, примененные и Д.Ермолаевым (2004) применительно к тепловой форме движения.

В 2005 г. появляется электронное учебное пособие П.Пирната, адресованное, по мнению его автора, тем, кто работает с физическими аналогиями. Но работа П.Пирната оказалась не очередной новой программой по работе с системами единиц измерений, какими Интернет изобилует, а серьезной научной публикацией с интересными новыми идеями. Хотя П.Пирнат говорит о том, что речь идет о физических аналогиях, но взгляд его на проблему шире. По сути дела, им представлена система физических величин со всеми признаками не только их систематизации, но и обобщения. П.Пирнат ввел в свою программу 19 обобщенных физических величин и 8 форм движения. Его смущает лишь то, что тепловая форма движения обобщенным уравнениям не поддается.

По сравнению с обычными физическими аналогиями у П.Пирната резко увеличено количество рассматриваемых (как он выражается – отобранных) физических величин. Их у него около сотни. Это явилось следствием того, что П.Пирнатом в уравнении динамики учтена (впервые в истории систематизации физических величин) третья производная от заряда по времени.

Жаль, что идея обобщения не доведена П.Пирнатом до своего логического завершения. Он пишет, например: “*Обобщенные уравнения – это объективная истина лишь на уровне единиц. Некоторые обобщенные уравнения верны во всех системах, а некоторые – нет*”. В последовательности расположения физических величин у П.Пирната также не просматривает какую-либо последовательность, связанную с принципом причинности.

В рассуждениях о количестве основных физических величин П.Пирнат входит в противоречие с самим собой. В начале описания своей программы он перечисляет 6 основных физических величин: массу, длину, время, силу, энергию и мощность, не замечая при этом, что мощность можно рассчитать по энергии и времени, а силу – по

энергии (работе) и длине. И тогда количество основных физических величин сокращается до 4.

В работе П.Пирната ни слова не сказано о размерностях физических величин, им использованы только единицы измерений СИ. Он отходит от них лишь в отношении единиц угла, угловой скорости и углового ускорения, заменяя единицу рад просто 1. При этом он уподобляет угол *“величине без единицы измерений”*.

П.Пирнат указывает на некоторые издержки СИ. В частности, на то, что с^{-1} является и единицей угловой скорости, и единицей частоты, и единицей расхода одновременно, а также на то, что Дж является и единицей энергии, и единицей теплоты, и единицей вращающего момента и единицей константы упругости при кручении. Но, указав на издержки СИ, П.Пирнат не предлагает ввести в эту систему единиц какие-либо коррекции. Он считает, что *“для правильной интерпретации результатов и обобщенных формул требуется хорошее знание физики”*. И просто советует *“...знать, какая физическая система и какая величина являются основными”*.

Исходя из этих слов, становится понятно, что программа П.Пирната рассчитана не на тех, кто только начинает изучать физику. Это мнение подтверждается и обилием новых терминов (34% терминов введены заново) и непривычной символикой. Последнее частично объясняется трудностями кодировки индексов и букв греческого алфавита в Интернете и непривычно лишь тем, кто слабо знаком с Интернетом. К недостаткам программы П.Пирната можно отнести и то, что количество названий физических величин у П.Пирната на 40% превышает количество приведенных им физических величин, то есть, многие физические величины имеют по два, а то и по три названия.

Ввод П.Пирнатов новых обобщенных физических величин подчас не подтверждается реальными примерами. Ничем не иллюстрируется появление таких физических величин с необычными названиями и с необычным сочетанием названия и единицы измерений, как *“момент”* с единицей кг м, *“линейная плотность”* с единицей кг/м, *“поверхностная плотность”* с единицей кг/м², *“поток энергии”* с единицей кг/с³, *“температурный поток”* с единицей К/с. Интересно, что у П.Пирната термодинамическая температура в четвертой степени становится самостоятельной физической величиной при рассмотрении теплового излучения.

Все приведенные замечания относятся, в основном, к механике и частично к термодинамике, среди электрических и магнитных величин подобные недостатки не отмечены.

В работах К.Гольберта и П.Пирната прослеживается тенденция, давно появившаяся в теории физических аналогий и считающаяся в ней само собой разумеющейся. Она сформулирована П.Пирнатов так:

“Существуют два возможных подхода к представлению аналогий между механической и электрической системами. Если аналогией потоку выбрана сила, то в механической цепи, например, момент инерции (масса) аналогичны емкости, (демпфирующий коэффициент)⁻¹ аналогичен сопротивлению и (упругость)⁻¹ аналогична индуктивности. Другой подход состоит в том, чтобы выбрать силу аналогией потенциалу. В этом случае момент инерции (масса) аналогичны индуктивности, (упругость)⁻¹ аналогична емкости, а демпфирующий коэффициент аналогичен сопротивлению”.

Подобная тенденция базируется на обобщенном уравнении для мощности $P = U i$. Само по себе это уравнение не вызывает никаких возражений. Но в нем только две величины могут быть выбраны в качестве основных, а третья автоматически становится производной величиной. Последователи указанной тенденции считают основной величиной мощность P и полагают, что имеется свобода выбора другой основной величины: выбрать можно либо разность потенциалов U , либо поток i . При этом разность потенциалов в электрической форме движения может стать аналогом как силы, так и

потока в механической форме движения. Ток в электрической форме движения может тоже стать аналогом как силы, так и потока в механической форме движения.

В теории физических аналогий возможность свободного выбора основной величины вытекает из практических наблюдений, а это еще нельзя считать доказательством. Ведь результаты одних и тех же экспериментов поддаются порою разным истолкованиям.

18. Электронное учебное пособие А. Чуева.

В 2006 г. в Интернете появляется электронное учебное пособие в виде расширенной системы физических величин (А.Легейда, А.Чуев, 2006), которой А.Чуевым дается новая аббревиатура (СФВ). Основа этой системы – система размерностей ЛТ – осталась той же, что и в предыдущих работах А.Чуева, но количество охваченных систематизацией физических величин существенно увеличено за счет включения в систему, кроме механики и электромагнетизма, еще двух разделов физики (теплота и квантовая механика). Квантовая механика в системе физических величин появляется впервые. При этом все четыре раздела физики представлены не одной, а четырьмя разными схемами с использованием нескольких системных уровней, с различной окраской различных групп физических величин.

Система А.Чуева СФВ представлена с помощью программиста А.Легейды в электронном варианте в 2006 г. А в 2007 г. А.Чуев публикует в Интернете текстовую часть этого учебного пособия, поясняющую систему в табличной форме и дающую возможность пользователю более подробно разобраться с основными принципами построения системы СФВ. Принципы представления физических величин на всех четырех системных уровнях аналогичны тому, что показан на рис. 1.

Для присоединения к СФВ тепловой формы движения А.Чуев провел анализ вариантов представления размерности термодинамической температуры и на основании этого анализа предложил для температуры такую размерность в системе размерностей ЛТ:

$$\dim(T) = T^{-1} . \quad (16)$$

Табличное представление системы дает возможность сравнить принципы построения системы А.Чуева (2007) и системы Р.ди Бартини (1966, 1974), представленной в данном обзоре таблицей 2. Последовательность расположения физических величин в таблице Р.ди Бартини (1966, 1978) соответствовала последовательности увеличения степеней, в которые возводились размерности L и T. В таблицах А.Чуева (2007) какая-либо закономерная последовательность расположения физических величин не наблюдается.

В новой работе А.Чуева (2007) систематизируются не только физические величины, но и физические закономерности. При этом важным достоинством электронной программы является то, что с ее помощью появляется возможность легко выводить физические закономерности в виде взаимосвязи физических величин, выбранных для этой цели априорно. Это придает работе А.Легейды и А.Чуева (2006) характер не только обучающего пособия, но и прогнозатора при научных исследованиях.

19. Оценка влияния развития уровневой физики на систематизацию физических величин.

В 1996 г. С.Кадыров опубликовал свою версию единой теории гравитационного поля, с которой можно ознакомиться в Интернете (2001). Мы прокомментируем лишь те идеи С.Кадырова, которые способствуют успешному решению проблемы систематизации физических величин.

Прежде всего, это идея о существовании единого силового поля и приведенные в ее пользу доказательства. Из нее следует, что электромагнитное и ядерное взаимодействия являются частными случаями гравитационного взаимодействия. В итоге С.Кадыров

приходит к выводу о том, что природа по своей сути едина. Отсюда естественно следует вывод, относящийся к обсуждаемой в данном обзоре теме: коль скоро природа едина, то должны быть обобщены и определяющие уравнения. Следовательно, остается лишь найти подходящую форму систематизации физических величин, входящих в эти уравнения.

С.Кадыров доказывает, что существует только одна единая инерциальная система отсчета. Отсюда можно сделать вывод о том, что нет необходимости классифицировать системы отсчета на инерциальные и неинерциальные.

Благодаря энтузиазму и настойчивости философа и журналиста О.Бондаренко (2000, 2003) создан сайт newphysics.h1.ru под названием "Другая физика", на котором было опубликовано несколько десятков работ авторов, незнакомых между собой, но объединенных общим желанием взглянуть по-новому на физику конца XX века и осмыслить ее тоже по-новому. Общий знаменатель новой методологии физики, названной уровневой физикой, О.Бондаренко подвел в своей работе 2005 г. Много внимания уделяет уровневому подходу В.Пакулин (2007) в своей убедительной модели структуры материи.

Впрочем, следует напомнить о том, еще А.Вейник (1968) и Р.ди Бартини и П.Кузнецов (1978) говорили о том, что физика должна быть наукой уровневой.

Развитие уровневой физики показывает, насколько актуальны любые работы по систематизации в физике вообще и по систематизации физических величин, в частности. Так что резкое увеличение в последние годы числа публикаций на эту тему не представляется случайным событием. Остается лишь пожалеть, что почти все эти публикации распространяются, прежде всего, с помощью Интернета и пока что почти не затронули академические журналы. Впрочем, в эпоху расцвета Интернета последнее обстоятельство уже практически не влияет на темпы исследований в области систематизации физических величин.

20. Некоторые новые работы.

В последние годы стали появляться новые интересные работы в направлении решения проблемы обобщения и систематизации физических уравнений и физических величин. Ниже будут прокомментированы те публикации по этой тематике, которые стали известны автору данного обзора.

Обзор аналогий между основными физическими величинами в электродинамике, термодинамике, механике и гидравлике провел в серии статей в Интернете И.Львов (2003-2004). В частности, он подробно проанализировал электротепловые аналогии, приведенные в монографии А.Эйнштейна и Л.Инфельда (1965), указывая на некоторые логические неувязки в рассуждениях этих авторов. Центральное место в его работах, особенно в работе (2004), занимает понятие "заряд", в том числе, понятие "тепловой заряд". Это практически тот же самый "термический заряд", который ранее был введен А.Вейником (1968) и позднее использован И.Коганом (1998) и Д.Ермолаевым (2003). И.Львов делает справедливый вывод о том, что "тепловой заряд" является той физической величиной, которую сейчас называют "количеством теплоты", и эта физическая величина должна отличаться от физической величины "тепловая энергия". Последнюю И.Львов назвал "энергией С.Карно".

И.Львов не дает, к сожалению, никаких рекомендаций по поводу того, какую размерность и какую единицу измерений должна иметь физическая величина "тепловая энергия", а без ответа на этот вопрос нельзя считать выводы законченными.

Весьма отрицательно отзываясь И.Львов (2003б) о теории Р.Клаузиуса, положившего в основу термодинамики понятие "энтропия". Подобно А.Вейнику (1968) он считает, что теория Р.Клаузиуса ввергла термодинамику в затяжной кризис, из которого она до сих пор не может выбраться. В то же время И.Львов не отрицает важности применения физической величины "энтропия" как характеристики степени упорядоченности движения в любых формах движения.

Оригинальной по замыслу является работа А.Тереска (2006), предлагающего систематизировать физические уравнения и физические величины с помощью матриц. Интересное продолжение может иметь включение А.Тереском в систему физических величин таблицы экономических параметров и понятий. До него этим, по-видимому, еще никто не занимался.

Работа И.Когана (2007а) посвящена классификации определений и дополнений к понятию “энергия“, в ней показана разница между понятиями “формы энергия“ и “виды энергии“.

Работы по систематизации физических закономерностей тесно увязаны с проблемой систематизации фундаментальных физических констант. О том, что эта проблема является одной из важных нерешенных проблем физики, высказался еще в XIX веке выдающийся физик П.Дирак. Счет количеству физических констант сейчас идет уже на сотни, и проблемой их систематизации занимаются многие ученые. В последний период времени можно указать на работы П.Арутюнова (1995) и Н.Косинова (2001).

Н.Косинов считает, что все фундаментальные физические константы могут быть вычислены с помощью всего 5 ”универсальных суперконстант“: трех физических и двух геометрических. Две геометрические суперконстанты – это число π и постоянная тонкой структуры. Три физические суперконстанты – это фундаментальные кванты действия, длины и времени, причем фундаментальный квант действия имеет ту же единицу измерений, что и постоянная Планка (Дж с), но его значение на три порядка меньше.

То, что у Н.Косинова в тройке универсальных физических суперконстант первой оказалась константа, измеряемая единицей энергии, сближает его трактовку подхода к систематизации физических констант с энергодинамическим подходом.

Многие авторы указывают на аналогию гравитационного и электромагнитного полей, базируясь на аналогии законов Ньютона и Кулона. Математическую аналогию между электромагнитным полем и гравитационным полем приводит, например, Д.Бартлетт (2004). Сам Д.Бартлетт считает, что его работа находится в рамках теории физических аналогий, но, по мнению автора данного обзора, его работа выходит за рамки этой теории.

Свой вариант объяснения этой аналогии привел Н.Косинов (2001). Этот вариант ”основан на предположении, что и закон Кулона, и закон Ньютона являются фрагментами какого-то универсального фундаментального закона силы“. И эта ”универсальная формула силы“ выведена Н.Косиновым с помощью использования выявленных им же 5 универсальных суперконстант.

Эта универсальная формула выглядит так:

$$F = \frac{h_u}{l_u t_u} \cdot \frac{k_1 k_2}{k_3^2}, \quad (17)$$

где h_u – фундаментальный квант действия; l_u – фундаментальный квант длины; t_u – фундаментальный квант времени; k_1 и k_2 – отношения взаимодействующих зарядов к элементарному заряду; k_3 – отношение длины к фундаментальной длине.

Точка зрения, близкая по содержанию к точке зрения Н.Косинова, высказана в работе И.Когана (2006). Универсальная формула в этой работе выглядит так:

$$F = k_E \frac{E_1 E_2}{r^2} \frac{r}{r}, \quad (18)$$

где k_E – обобщенный размерный коэффициент пропорциональности; E_1 и E_2 – энергии двух взаимодействующих зарядов. В уравнении (18) под зарядом понимается заряд

любого силового поля (в том числе, гравитационного, электрического, магнитного). Под зарядом магнитного поля понимается токовый заряд.

А.Чуев (1999, 2003) также говорит об аналогии гравитационного и электромагнитного полей, базируясь на прямом соответствии взаимодействия гравитационных и электрических токовых зарядов (см. табл. 4). И Д.Ермолаев (2003) говорит об энергии магнитного поля, запасенной в гравитационном поле. С.Кадыров (2001) просто считает электромагнитное поле одной из форм гравитационного поля. Таким образом, все приведенные точки зрения сходятся в одном: все силовые поля – это разные модели единого силового поля.

21. Тенденции, обобщения и прогнозы.

В области обобщения и систематизации физических величин продолжают развиваться три основные тенденции:

- использование энергодинамического принципа (работы А.Вейника, В.Эткина, И.Когана),
- использование теории физических аналогий (работы Г.Ольсона, П.Пирната),
- геометризация систем физических величин (работы Р.ди Бартини, А.Чуева).

Указанные три тенденции развиваются параллельными, не всегда соприкасающимися курсами. Например, между энергодинамическими системами и геометризованными системами имеется одно четкое различие: в первом случае обобщенные физические величины имеются, во втором случае их нет.

При геометризации систем физических величин систематизация осуществляется только на основании сравнения их размерностей. В сетке ЛТ-координат имеются ячейки, в каждую из которых можно поместить только ту величину, размерность которой соответствует размерности этой ячейки, даже если таких величин несколько.

По поводу математизации процесса систематизации физических величин интересно процитировать мнение О.Зайцева (2001): *“Возникновение оригинальных интерпретаций очень часто оказывается результатом грубой проекции математического формализма на физическую почву”*.

Имеется и одна общая тревожная тенденция. Дело в том, что работы ученых в области обобщения и систематизации физических величин начинают приводить их к выводам, не всегда укладывающимся в рамки представлений, принятых в современной физике. Но, поскольку в редакциях академических журналов ведущую роль играют представители традиционных взглядов, то нетрадиционные веяния в области систематизации в физике на страницах академических журналов практически не рассматриваются и не обсуждаются.

Работы энтузиастов публикуются небольшими тиражами в периферийных издательствах в виде статей в малоизвестных сборниках и до массового читателя не доходят. Примером этого является работа Н.Плотникова (1978). Поэтому в этих работах нет ссылок друг на друга. Каждый, грубо выражаясь, “варится в собственном соку”, и установление приоритетности того или другого новшества по рассматриваемой теме теряет смысл.

В конце XX века Интернет произвел революционный переворот в области взаимной осведомленности о работах единомышленников. Особенно важную роль сыграли сайты sciteclibrary.ru (научно-техническая библиотека) и newphysics.h1.ru, а также быстрое развитие поисковых систем в Интернете. Идеи практически неизвестных авторов, работавших и работающих в России – в Москве, Вологде, Тольятти, Кирове, в Кыргызстане – в Бишкеке, в Израиле – в Хайфе, в Эстонии – в Таллинне, в США – в Аризоне, становятся сейчас известными для тех, кто хочет с ними познакомиться. Свободный доступ к информации позволяет количеству переходить в качество.

Автор данного обзора в монографии (2006) провел анализ динамики исследований в области систематизации физических величин. Этот анализ позволил сделать ряд любопытных обобщений:

1. Впервые обобщенные физические величины ввел в механику Ж.Лагранж еще в XVII веке, и в подобном виде они остаются в механике до сих пор. А.Вейник (1968) расширил количество обобщенных физических величин и охватил ими большинство разделов физики. В системах физических величин обобщенные величины впервые появились у Н.Плотникова (1978) и И.Когана (1993). В теории физических аналогий Г.Ольсона (1943) и в геометризованных системах физических величин Р.ди Бартини (1966, 1974) и А.Чуева (1999, 2003) они отсутствуют.

2. Систематизация именно физических величин (а не унификация их единиц измерений) начала проводиться лишь во второй половине XX века в работах Г.Ольсона (1943, 1966), Р.ди Бартини (1966, 1974) и Н.Плотникова (1978). Качественный скачок в этом направлении произошел в конце XX века и продолжается сейчас в работах И.Когана (1998, 2003-2004, 2006? 2007), А.Чуева (1999, 2003, 2007), Д.Ермолаева (2003), К.Гольберга (2003), П.Пирната (2005).

3. Любое обобщение и любая систематизация обладают своей внутренней логикой, которая не всегда совпадает с той логикой, которая существует в современной физике. Стремление обобщить и систематизировать физические величины и понятия неизбежно наталкивается на необходимость введения новых величин и понятий, процент которых в системах физических величин достаточно велик. В системах А.Чуева (2003) и П.Пирната (2005) он равен примерно 50%, а в работе Д.Ермолаева (2003) выходит за рамки целесообразности (почти 80%). Это является также косвенным свидетельством той “понятийной бессистемности”, которая существует в классической физике и о которой немало говорят (см., например работу О.Зайцева, 2001). Лишь Г.Ольсон (1943) и Н.Плотников (1978) не ввели в свои системы ни одной новой физической величины.

4. Значительный процент от общего количества охваченных систематизацией физических величин составляют производные величины, для которых нет соответствующих им обобщенных величин. Причиной этого является то обстоятельство, что в физику и в технические дисциплины вводятся все новые и новые величины, с которыми удобно работать, а о том, как они соотносятся с природой физического явления и легко ли их обобщить, никто особенно не задумывается. Чем больше становится подобных производных величин, тем дальше отдаляются друг от друга разделы физики и технические дисциплины.

Больше всего таких величин оказалось в механике (около 50%) и в электричестве и магнетизме (около 40%). Может быть, это обстоятельство может как-то объяснить, почему так непохожи при преподавании прикладные механические и электротехнические дисциплины.

5. То же самое касается и вновь вводимых символов. Любой исследователь в области обобщения и систематизации физических величин неизбежно сталкивается с тем, что стремление обобщить физические величины из разных разделов физики сдерживается ограниченным количеством букв латинского и греческого алфавитов. Сама логика систематизации заставляет всех авторов уделить большое внимание системе индексации. Но упорядочение символики наталкивается на сопротивление метрологов и тех физиков, которые уже стали “узкими специалистами“. Но это, видимо, неизбежный процесс. Упорядочение символики важно, между прочим, и с точки зрения педагогики, так как зрительная память – наиболее распространенный и наиболее весомый вид памяти.

22. Вероятные причины отставания в решении проблем обобщения и систематизации физических величин.

Отсутствие на сегодняшний день всеобъемлющей систематизации физических величин имеет, на наш взгляд, исторические причины. Мышление людей отражает, в

первую очередь, то, что они воспринимают через свои органы чувств, через созданные ими же теории и измерительные приборы. В некоторых научных работах даже существует ссылка на “здравый смысл“, к которой следует относиться с большим подозрением, потому что за ней подчас скрывается указание на необходимость следовать мнению большинства. Напомним, именно здравый смысл породил геоцентризм, люди тысячелетиями утверждали, что Солнце вращается вокруг Земли, потому что это было очевидно.

На основе впечатлений от органов чувств человека развивалась и классическая физика. В результате подобного развития между физическими величинами иногда устанавливались такие взаимосвязи, которые не соответствовали истинному положению вещей, и, прежде всего, принципу причинности. Подчас не основные, а производные физические величины оказывались более наглядными и понятными или более надежно и точно измеряемыми, они-то и ложились в основу составления систем единиц измерений.

Подобная судьба оказалась у такой физической величины, как электрический ток, которая и до сих пор является основной физической величиной в СИ. Открытие магнитного поля раньше электрического поля до сих пор мешает установить естественную очередность составления определяющих уравнений в электродинамике, несмотря на наличие уравнений Д.Максвелла. Физики признают путаницу в терминологии, касающуюся понятий “напряженность“ и “индукция“ (И.Савельев, 2005, кн.2), но ничего не меняют, ссылаясь на исторические причины. Введение в термодинамику энтропии ввергло ее в состояние логической незавершенности на целых два столетия, да и само это понятие приобрело уже второй смысл, независимый от термодинамики.

Но сейчас создается впечатление, что интерес к проблеме обобщения и систематизации физических величин растет. Об этом говорит факт резкого увеличения числа публикаций по этой тематике в начале этого века. Содержание этих публикаций уже начинает выходить за рамки классической физики (А.Чуев, 2007). Впрочем, и в этих рамках имеется еще достаточно большое поле деятельности.

Анализ работ некоторых авторов систем физических величин показывает, что они время от времени исправляют свои собственные выводы, оказавшиеся ошибочными. Автору данного обзора представляется, что главной причиной совершения ошибок является инерция подсознания, в которое прочно вошли заученные с молодости представления современной физики, как верные, так и устаревшие. Психологи не случайно утверждают, что самой трудной работой сознания является работа против собственного подсознания.

23. Инженерный аспект проблемы обобщения и систематизации физических величин.

Настоящий обзор позволяет сделать вывод о том, что к проблеме обобщения и систематизации физических величин чаще обращаются в тех случаях, когда она может дать непосредственный выход на практику (примером служит развитие электромеханических аналогий). Не случайно то обстоятельство, что из авторов, занимавшихся систематизацией физических величин, примерно две трети являются инженерами по базовому образованию. Повышенный интерес инженеров к системному анализу стал проявляться давно. Сама инженерная практика убеждает в необходимости этого.

Ярким примером служит автоматизация производственных процессов и создание теории автоматического управления, которая в принципе не может развиваться вне системного подхода. Специалисты в этой области уже давно создали блок-схему системы “управляемый объект – управляющие устройства”. В этой схеме они абстрагировались от физического содержания процессов в управляемом объекте (управляемый объект – это аналог физической системы). Инженеры руководствуются тем, что все процессы в любой

системе строго детерминированы, а анализ изменения состояния системы производится с учетом принципа малых отклонений регулируемого параметра системы, позволяющего линеаризовать изменения этого параметра.

Теория автоматического управления возникла еще в XIX веке, но никакие новшества в физике и технике не застали и не могут заставить эту теорию врасплох, ибо она оперирует не физическими величинами, а безразмерными изменениями регулируемого параметра и внешнего воздействия на управляемую систему. Усложнение системы может, конечно, усложнить блок-схему управления, но тогда она просто пополнится новыми элементами типа дифференцирующих и интегрирующих устройств, аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей, программирующих и вычислительных устройств. А по своей сути блок-схема не меняется, меняться могут лишь средства для реализации существующих и вводимых заново технических устройств.

24. Педагогический аспект проблемы обобщения и систематизации физических величин.

Веским стимулом для исследования этой проблемы является желание вузовских педагогов усовершенствовать не только методику преподавания физики и техники, но и саму методологию. Многие из процитированных в библиографии авторов имеют большой педагогический стаж работы в вузе, а половина из них прямо указывали в своих работах на то, что их цель – улучшить преподавание физики.

“Общая теория“ А.Вейника (1968), первые монографии В.Эткина и первая работа по систематизации физических величин И.Когана (1993) были выпущены в виде учебных пособий для вузов. Методике дедуктивного обучения физике в средней и высшей школах посвящена глава в монографии И.Когана (2006). Целенаправленно для помощи студентам при изучении физики опубликованы работы Н.Плотникова (1978), Д.Ермолаева (2003), К.Гольберта (2003). Две работы по систематизации физических величин (П.Пирнат, 2005 и А.Легейда, А.Чуев, 2006) являются электронными учебными пособиями для студентов.

Причины этого раскрыты в фразе видного специалиста по вузовской педагогике К.Гомоюнова (1983): *“Порой создается впечатление, что каждая наука отгородилась от других непреодолимой стеной, и студент изучает ее как нечто совершенно самостоятельное, само на себя замкнутое“*. Еще более убедительна цитата В.Вайскопфа (1977), взятая у К.Гомоюнова: *“В преподавании науки надо вернуться к принципам, подчеркивающим единство и универсальность науки, оно должно стать более широким, чем простое старание выпустить знающего ремесленника со специализированной профессией. Конечно, мы должны обучать компетентных специалистов, но мы также должны обобщать и указывать связи между разными областями науки“*.

И действительно, почему механика, гидравлика, теплотехника, электротехника предстают перед студентом, как дисциплины, слабо связанные друг с другом, поскольку у них различный набор терминов, различная символика, непохожие друг на друга в записи законы и уравнения? Почему физические величины и их единицы измерений в этих науках так не похожи друг на друга? Хорошо прокомментировал это Д.Ермолаев (2004): *“Путаница в головах студентов происходит уже тогда, когда два одинаково звучащих слова описывают две близкие сути и вводятся в одном параграфе или главе“*. Но речь идет не только о студентах.

Чтобы один физик или инженер мог понять статью коллеги, он иногда должен потратить немало времени на освоение его понятийного аппарата и принятой им символики. Конечно, все это преодолимо, но, сколько это забирает всегда дефицитного времени. Сколько интереснейших и полезнейших статей не прочитывается только по этой причине.

Умножающиеся год от года достижения теоретической и прикладной физики постоянно увеличивают объем учебного материала и сложность его восприятия, но ведь сроки обучения измениться не могут. Следовательно, увеличение объема и сложности

учебного материала, изучаемого в остающиеся прежними сроки, может быть скомпенсировано только новыми подходами в методике преподавания.

Одним из таких новых подходов является смещение центра тяжести в преподавании физики и технических дисциплин от индуктивного метода обучения к дедуктивному (И.Коган, 2004г, 2006). А примером того, что в вузах имеет место обратный процесс, является тот факт, что курс “Автоматизация производственных процессов“, обобщающий научно-техническое мировоззрение студентов технических вузов, отнесен в учебных планах вузов на последние годы обучения? То есть, одержал верх индуктивный метод: сначала изучаем отдельные общеобразовательные и общетехнические дисциплины и лишь в конце курса обучения – то, что их обобщает.

Примечателен огромный интерес к известным лекциям Р.Фейнмана, преподававшего физику не тривиально. Однако, что-то не заметно, чтобы из-за этого существенно изменились учебные программы и учебные пособия по физике. И это несмотря на то, что имеются педагогические исследования, убедительно доказывающие необходимость пересмотра концепций преподавания (К.Гомоюнов, 1983). Если и существуют перемены в учебных программах, то лишь с точки зрения включения в них новых достижений физики и техники, но не с точки зрения такого пересмотра. Методика преподавания физики своими корнями уходит в методологию самой физики, и именно последняя нуждается в серьезном переосмыслении.

Литература

1. Арутюнов П.А., 1995, Актуальные вопросы развития теоретической метрологии. – *Законодательная и прикладная метрология*, **1**.
2. ди Бартини, Роберт Орос, 1965, Некоторые соотношения между физическими константами. – *Доклады АН СССР*, т. **163**, № **4**.
3. ди Бартини, Роберт Орос, 1966, Соотношение между физическими величинами. *Сб. “Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. “*, вып. *1*, М.:Атомиздат.
4. ди Бартини Р. О., Кузнецов П. Г., 1974, Множественность геометрий и множественность физик. – *Брянск, Сб.: “Моделирование динамических систем”*, с. 18-29.
5. ди Бартини Р. О., Кузнецов П. Г., 1978, О множественности геометрий и множественности физик. – *Свердловск, Уральский научный центр АН СССР, Сб.: “Проблемы и особенности современной научной методологии”*, с. 55-65, см. также <http://pobisk-memory.narod.ru>
6. Бондаренко О.Я., Кадыров С.К., 2000, Сравнительная характеристика некоторых положений традиционной физики и альтернативной физики. *Сб. “Другая физика”*, - <http://www.newphysics.h1.ru>.
7. Бондаренко О.Я., 2003, Картина мира в свете теории единого поля. – *Сб. “Другая физика”*, <http://www.newphysics.h1.ru>.
8. Бондаренко О.Я., 2005, Уровневая физика. Что это? – *Сборник статей, Бишкек*, 96 с.
9. Вейник А.И., 1968, Термодинамика. 3-е изд. – *Минск, Высшая школа*, 464 с.
10. Власов А.Д., Мурин Б.П., 1990, Единицы физических величин в науке и технике. – *М., Энергоатомиздат*, 176 с.
11. Вудынский М.М., 1971, Законы физики и электроника. – *ВИНИТИ, Итоги науки и техники, Серия “Автоматика и радиоэлектроника”*.
12. Гомоюнов К.К., 1983, Совершенствование преподавания технических дисциплин. – *Л.: Изд. Ленинградского ун-та*, 206 с.
13. Вайскопф В. 1977, Физика в двадцатом столетии. М., 272 с.
14. Ермолаев Д.С., 2003, Обобщенные законы физики или физика для начинающих. – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/4959.html>
15. Ермолаев Д.С., 2004, Обобщенные законы физики применительно к теплофизике. – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/7442.html>

16. Зайцев О.В., 2001, С какими проблемами физическая наука вступила в 21 век. – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/2356.html>
17. Игнатъев Д., 2005, Система Физических величин Плотникова Н.А. – <http://groups.google.com/group/ignat>
18. Кадыров С.К., 1996, Анализ некоторых фундаментальных вопросов естествознания в свете теории единого поля. – Бишкек: Илим, 128 с.
19. Кадыров С.К., 2001, Всеобщая физическая теория единого поля. – Бишкек: “Кыргыз Жер”, №1, также <http://www.newphysics.h1.ru/Kadyrov/Kadyrov-contents.htm>.
20. Коган И.Ш., 1993, Основы техники. Киров, КГПИ, 231 с.
21. Коган И.Ш., 1998, О возможном принципе систематизации физических величин. – “Законодательная и прикладная метрология”, 5, с.с. 30-43.
22. Коган И.Ш., 2003, Пути решения проблемы систематизации физических величин. – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/7073.html>
23. Коган И.Ш., 2004а, “Физические аналогии” – не аналогии, а закон природы. – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/7438.html>
24. Коган И.Ш., 2004б, Пора устранить непоследовательность в описании физических величин, характеризующих вращательное движение. – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/7528.html>
25. Коган И.Ш., 2004в, Не пришло ли время отказаться от применения терминологии и уравнений теории теплорода? – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/7646.html>
26. Коган И.Ш., 2004г, Как можно одновременно интенсифицировать и упростить процесс преподавания физики и технических дисциплин. – <http://www.sciteclibrary.ru/an-ris/1522.pdf>
27. Коган И.Ш., 2006, Обобщение и систематизация физических величин и понятий. – Хайфа, 207 с.
28. Коган И.Ш., 2007, Системы физических величин и системы их единиц – независимые друг от друга понятия. – <http://www.sciteclibrary.ru/an-ris/8792.html>
29. Косинов Н.В., 2001, Причина поразительного сходства формул закона Кулона и закона всемирного тяготения Ньютона. Универсальная формула силы. <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/2265.html>
30. Косинов Н.В., 2001, Универсальные физические суперконстанты. <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/2131.html>
31. Легейда А.Н., Чуев А.С., 2006, СИСТЕМА ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН А.С.Чуева. – <http://www.chuev.narod.ru/>
32. Львов И.Г., 2003а, Что такое энергия? – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/6652.html>
33. Львов И.Г., 2003б, Что такое энтропия? – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/6653.html>
34. Львов И.Г., 2004, Что такое тепловой заряд? – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/7339.html>
35. Плотников Н.А., 1978, Система физических величин. – Вологда, Областной Совет ВОИР, 34 с., также <http://plotnikovna.narod.ru>
36. Савельев И.В., 2005, Курс общей физики (в 5 книгах). – М.: АСТ: Астрель
37. Тарг С.М., 1995, Краткий курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 334 с.
38. Тереск А.А., 2005, Матричная периодическая система физических формул и законов. – Таллинн, <http://www.hot.ee/teresk>.
39. Трунов Г.М., 2003, Коррекция электромагнитных единиц СИ. – “Законодательная и прикладная метрология”, 6.
40. Трунов Г.М., 2004, О физическом смысле формул размерностей электрических и магнитных величин. – “Законодательная и прикладная метрология”, 6.
41. Трунов Г.М., 2006, О переопределении ампера – четвертой основной единицы СИ. – “Законодательная и прикладная метрология”, 6.

42. Чертов А.Г., 1990, Физические величины. – М.: Высшая школа, 336 с.
43. Чуев А.С., 1999, Физическая картина мира в размерности “длина-время”. Серия Информатизация России на пороге XXI века”. – М., СИНТЕГ, 96 с., также Естественная кинематическая система размерностей. <http://www.chuev.narod.ru/> .
44. Чуев А.С., 2003, О существующих и теоретически возможных силовых законах, обнаруживаемых в системе физических величин. – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/5811.html>
45. Чуев А.С., 2004, О многоуровневой системе физических величин, выражающей законы природы, в частности, структуру и взаимосвязи электромагнитных величин. – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/7335.html>
46. Чуев А.С., 2007, Система физических величин. Текстовая часть электронного учебного пособия. <http://www.chuev.narod.ru/> .
47. Эйнштейн А., Инфельд Л., 1965, Эволюция физики. М.: Наука.
48. Эткин В.А., 1992, Основы энергодинамики. – Тольятти, ТПИ.
49. Эткин В.А., 2005, Альтернатива “Великому объединению”. – http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/oputjahvelikogoobiedinenija.shtml.
50. Эткин В.А., 2006а, Коррекция механики с позиций энергодинамики. – http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/korrecziamechanikispoziziyenergodinamiki.shtml.
51. Эткин В.А., 2006б, Энергия и анергия. – http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/energijaianergija.shtml.
52. Bartlett D.F., 2004, Analogies between electricity and gravity. – *Metrologia*, **41**, S115-S124.
53. Foerner V., 1965, Analogien zwischen Electrotechnik und Niederdruckpneumatik. – “Feingeraetetechnik”, v. **14**, No. 1, 24-30.
54. Holbert, K.E., 2003, interdisciplinary Electrical Analogies. – http://www.eas.asu.edu/~holbert/images/math_integ.gif
55. Olson H.F., 1943, Dynamical analogies. – *New York, D. Van Nostrand Co.* (Русский перевод: Ольсон Г., 1947, Динамические аналогии. – М.: ИЛ.)
56. Olson H.F., 1966, Solution of Engineering Problems by Dynamical Analogies. – *New York, D. Van Nostrand Co.*
57. Pirnat P., 2005, Physical Analogies. – <http://www.ticalc.org/cgi-bin/zipview?89/basic/science/physanal.zip;physanal.txt>