

А.Г.Бутковский

К методологии и философии кибернетики

Краткие тезисы

УДК 007

Бутковский А.Г. К методологии и философии кибернетики. Краткие тезисы.

– М., ИПУ РАН. г. - с.

В работе изложены краткие тезисы, выражающие основные философские и методологические принципы кибернетики, отражающие взгляды автора на эту тему.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф.Кротов

ISBN

Предисловие

Предлагаемая читателю книга «К методологии и философии кибернетики» является дальнейшим развитием предыдущего издания «К философии кибернетики» (ИПУ РАН, 2009) и представляет собой результат более полувекового опыта работы автора на поприще науки и её приложений. Здесь очень кратко сформулированы его философские и методологические взгляды на науку и на то, что с ней связано, но, конечно, далеко не полностью, ибо «всякая сущность непостижимо сложна».

От читателей желательно получить обратную связь, положительно развивающую и дополняющую изложенные здесь взгляды. Однако, противоположное тоже не запретишь, да и не надо. Автору интересно всё. Большое спасибо В.Афанасьеву, который прислал 6 страниц замечаний по тексту предыдущего издания. Искренне благодарен В.Г.Лебедеву, который внимательно прочитал рукопись нового издания и внес целый ряд необходимых исправлений.

Автор выражает благодарность старшему научному сотруднику лаб. №63 Института проблем управления РАН, к.т.н. В.И.Финягиной за действенную помощь в работе.

А.Г.Бугковский

e-mail: butkovsk@ipu.ru

Об авторе на русском языке: www.ipu.ru/stran/butk/rusmain.htm,

на английском: www.ipu.ru/stran/butk/engmain.htm

«Нельзя объять необъятное».

К.Пругков

Краткие тезисы

- Всякая реальность (сущность) в большом и малом **непостижимо** сложна. Это, пожалуй, самый фундаментальный тезис нашего бытия. «На свете много есть такого, о чем не помышляют наши мудрецы». В.Шекспир.

В мире **нет** даже двух **абсолютно** одинаковых реальностей, каждая из них индивидуальна. В принципе при наличии достаточно точных инструментов измерения и наблюдения любые две реальности окажутся различимы. Иногда две (или более) реальности выглядят тождественными, неотличимыми, но это является результатом в принципе всегда ограниченной, конечной точности средств наблюдений и измерений, а не объективного положения дел, как, например, шарики для подшипников и звезды в космосе. Увеличение точности измерений и наблюдений с необходимостью приведет к различению любых двух и более реальностей, изначально представлявшихся неразличимыми. Нередко вещи оказываются не такими, какими они нам представляются.

Любой конечный текст может описать лишь **конечное** число отдельных свойств всякой реальности, которая всегда остается непостижимо сложной.

В свое время я был озадачен известным высказыванием древнего философа: «Всякая высказанная мысль есть ложь». По-видимому, уже древние понимали, что «всякая реальность непостижимо сложна».

Тезис о непостижимой сложности любой реальности, несмотря на простоту его формулировки, является, на мой взгляд, **абсолютно фундаментальным**. Его никогда не надо забывать, всегда иметь в виду.

Всякое человеческое знание о реальности всегда лишь относительно, условно, приближенно. Можно только **постепенно** двигаться **в направлении** к Абсолюту, не приближаясь к нему ни на какое **конечное** расстояние. Это принципиально бесконечный процесс. Однако, всегда должен сохраняться **вектор** движения большей или меньшей ненулевой интенсивности, направленный к Абсолюту.

- Наука – важнейшая сфера человеческой деятельности, в которой разрабатываются методы **постепенного, последовательного познания** непостижимо сложных реальностей.

Непосредственные цели науки – **описание, объяснение и предсказание** явлений действительности (реальности).

Великий Ньютон писал: «Наука есть движение мысли человеческой вслед за мыслью Творца».

Всякая наука должна состоять из **теории** и **опыта**, наблюдения. Развитие науки определяется тем, что теория и опыт все время **взаимодействуют** друг с другом, образуя петлю обратной связи (см. Рис.1).



Рис.1

Всякая **теория** должна быть **математической** или стремиться к таковой.

Людвиг Больцман говорил: «Нет более практичной вещи, чем теория», «Теория без практики – мертва, практика без теории – слепа».

- **Философия** – наука о **смысле** всякой реальности (сущности).

В переводе с греческого слово «философия» означает любознательность, любовь к мудрости. Она поистине является **царем** всех наук.

Логика – наука о **формах** смысла и **языках**, на которых выражается, представляется смысл всякой реальности.

Математика – наука о **структурах** и их **симметриях**, определяющих **движения** в данных структурах. Такие движения в данной структуре назовем допустимыми.

Совместимость (или несовместимость) различных структур означает существование в них общих допустимых движений (или отсутствие таких общих допустимых движений). «Математика – царица наук», - гласит поговорка.

Кибернетика – синтетическая наука об **управлении**, **информации** и **системах**.

Эти три категории образуют фундаментальный треугольник, фундаментальную триаду (Рис.2).

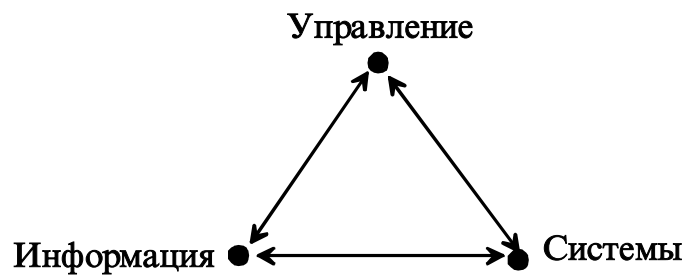


Рис.2

Кибернетика – механика математики, изучающая и показывающая механизмы реализации структур и их **симметрий (движений)**. Кибернетика – синтетическая наука, в которой **синтез** реализуется в понятии система. **Проблема синтеза систем – главная** проблема кибернетики.

Кибернетика **связывает** математику с множеством других наук, которые непосредственно изучают те или иные конкретные реальности. Кибернетику можно определить как теорию и технику **синтеза** реальных систем, включая человеко-машинные системы.

Существует очень общее содержательное (не формализованное) определение понятия **система**. Например: «**Система** – это множество (или множества) вместе с **взаимодействиями** (связями) между его элементами».

Аналогично неформально общее определение понятия управление: «**Управление** – это целенаправленное, специально организованное входное воздействие **на объект** для удержания его в заданном **состояния или** в заданном режиме, несмотря на действие различных помех, возмущений и заданий». О математически точной формализации понятия «управления» смотрите далее.

- Между математиками бытует мнение, которое разделяет и автор, что на языке **теории графов** можно выразить **почти** всё в математике. Это почти универсальный и точный математический язык. Например, блочно-структурные схемы, широко применяемые в кибернетике и конкретных науках – это разновидность графов; фейнмановские диаграммы в физике элементарных частиц – графы; в химии структура молекул и взаимодействие между её атомами описывается графами и т.д.

Одно из **замечательных** достоинств графов состоит в том, что они наглядны, геометричны. Они могут давать **картины** систем, почти в прямом смысле этого слова, как в большом, так и в деталях. Это важнейший способ точного научного **представления** систем.

- Философия, логика, математика и кибернетика представляют собой **основу** для всех остальных наук, как показано на следующей ниже схеме (Рис.3).

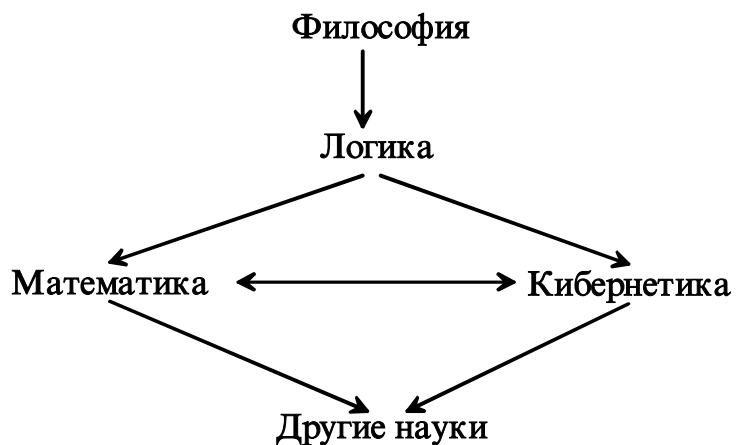


Рис.3

За надписью «Другие науки» на рис.3, по-видимому, в первую очередь надо понимать **физику**, включая теоретическую физику и механику.

- Если математика – это древнейшая наука, развивающаяся несколько тысячелетий, то кибернетика – очень молодая наука, насчитывающая всего несколько десятилетий своего развития.

Важнейшей, характеристической чертой кибернетических систем является присущее им понятие **обратной связи**. Кибернетику определяют также как науку об **обратной связи**. Вообще, всякая сущность в силу её «непостижимой сложности» может иметь много определений, отражающих те или иные её свойства.

Предтечей современных кибернетических систем как систем с обратной связью является регулятор хода паровой машины Уатта.

Алгоритмы и их **программирование** стали важнейшими атрибутами кибернетики и систем автоматического управления (регулирования).

Принципиальная схема **системы автоматического регулирования**, т.е. **системы с обратной связью**, изображена на рис.4.

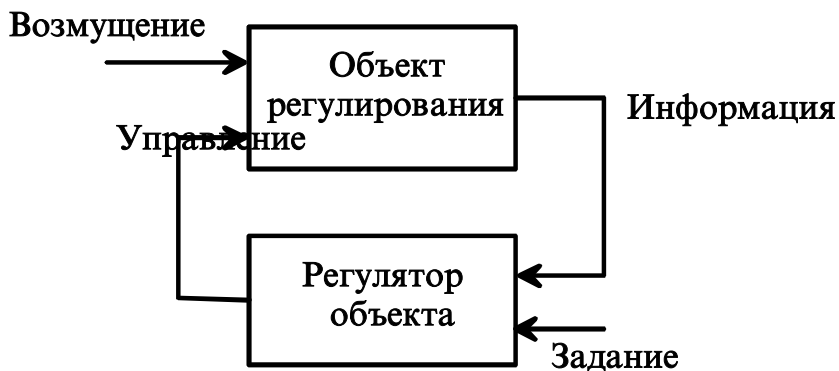


Рис. 4

Обратите внимание на симметрию этой схемы.

Здесь симметрия конкретно проявляется как двойственность-дополнительность основных понятий этой схемы. Важно отметить, что управление и информация, возмущение и задание в реальности представляют собой **сигналы**, т.е. физические процессы (см., например, замечательную книгу И.А.Полетаева. «Сигнал». Советское радио. 1956).

Часто систему можно **детривиализовать**, т.е. представить как **замкнутую** систему с обратной связью, т.е. как систему автоматического регулирования-управления в виде **замкнутой петли обратной связи**, как это изображено на рис.4.

Один из самых распространенных и фундаментальных способов **детривиализации**, доставляемых математикой, является способ составления, вывода **уравнений** для описания и исследования данной реальности. Существует огромное количество видов уравнений, а большая часть математики развивается с целью исследования этих уравнений и разработки методов их решений, в том числе и на вычислительных машинах.

Полезно, например, при моделировании систем, представить данную замкнутую систему как систему с **обратной связью**. Например, дифференциальное уравнение $\frac{dx}{dt} = f(x)$ с начальными условиями $x(0) = x_0, t \geq 0$, можно представить в виде следующей замкнутой структурной схемы обратной связи, изображенной на рис. 5.

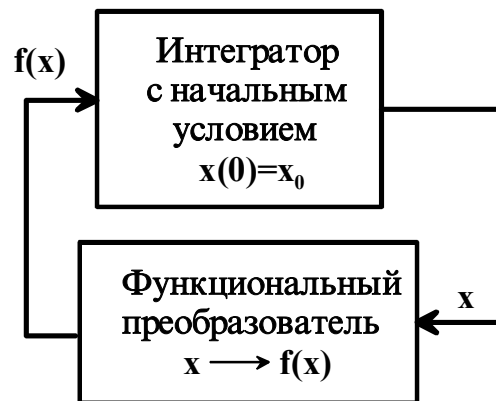


Рис.5

Это представление основано на том, что дифференциальное уравнение представляется в виде соответствующего **интегрального уравнения**

$$x(t) = \int_0^t f(x(\tau))d\tau + x_0, \quad t \geq 0.$$

На таком принципе работают, например, электронные моделирующие установки аналогового типа, т.е. вычислительные машины непрерывного действия, в свое время сыгравшие ключевую роль в развитии науки и техники.

Прямое вычисление производной $\dot{x}(t)$, как правило, очень затруднительно из-за наличия внутренних, даже небольших, шумов и помех в аналоговой аппаратуре. В интегральной форме схемы рис.5 происходит определенная фильтрация посторонних шумов и помех, осуществляемая присутствующим здесь интегралом и соответствующим интегратором, что делает данную замкнутую структурную схему эффективно работоспособной.

- В связи с **принципом обратной связи** уместно высказать гипотезу о сути явления гипноза, которая родилась у меня во время наблюдения за работой гипнотизера во время его сеанса в большом зале Института проблем управления несколько лет назад. Гипнотизер вызвал на сцену около десяти человек, желающих из числа зрителей, и одним движением руки перед их лицами вводил их в состояние гипноза. Далее он каждому отдавал индивидуальные распоряжения выделять разные нелепые и довольно смешные вещи. Например, одной девушке, сотруднице нашего Института, он предложил собирать цветы, которых на сцене, естественно, не было и в помине. После сеанса я коротко побеседовал с ней, спросив о её ощущениях во время гипноза. Она мне рассказала: - «Я чувствовала себя совершеннейшей душой. Я **ясно понимала**, что никаких цветов на сцене нет. Но я была **полностью** под **командой** гипнотизера, который дал мне **установку** собирать цветы. И я делала это, осознавая нелепость моих действий».

Вероятно, дело здесь в том, подумал я, что, когда мы ставим себе некоторую цель, то включается система автоматического регулирования с **обратной связью** нашего нервно-мышечно-двигательного аппарата. Обратная связь здесь играет роль нашей **воли**, если говорить на языке психологии. Каким-то образом гипнотизеру удается «перерезать» этот канал обратной связи естественной системы регулирования, т.е. **подавить нашу волю**. В результате система регулирования из замкнутой превращается в **разомкнутую!** Лишившись обратной связи, человек полностью теряет свою «силу воли», становясь **безвольным**. А, как известно, безвольные люди легко поддаются под чужое влияние. Так как обратная связь каким-то образом парализована гипнотизером, то наша система начинает работать **только** под действием внешних **возмущений** или «установок», идущих от гипнотизера.

- Понятие **математической структуры** можно отождествить с понятием **логического предиката и математического понятия отношения:**

Структуры ≡ Предикаты ≡ Отношения

Эта цепь может быть продолжена:

Пространства ≡ Модели ≡ Системы ≡ Уравнения ≡ Тожества

Например, тригонометрия (на плоскости) базируется на тождестве $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1, \forall \alpha \in R$, вытекающем из теоремы Пифагора.

Математический анализ базируется на фундаментальном тождестве

$$\int_a^b F'(x) dx = F(b) - F(a),$$

где F - дифференцируемая функция.

Тожества, определяющие те или иные математические теории (структуры), можно продолжать долго.

Всякая модель любой данной реальности будет **условной, относительной**. Она всегда будет описывать принципиально с **конечной** точностью только **ограниченную** часть данной реальности, которая в целом останется непостижимо сложной.

- Первым, основополагающим отношением в математике является **отношение множества** и его элементов.

Есть попытки положить другие структуры в основу, но здесь их не будем комментировать.

Это отношение можно назвать **отношением принадлежности**. Под принадлежностью понимается принадлежность данного элемента данному множеству, что обозначается знаком \in . Отрицанием этого свойства (отношения) является понятие **не принадлежности** данного элемента данному множеству, что обозначается знаком \notin .

Основатель теории множеств Г. Кантор «определил» понятие множества «наивным» образом как определенную «совокупность» определенных элементов. Но «совокупность» как и другие синонимические слова, ничем не лучше и не хуже термина и понятия «множество».

Сейчас в математике разработано и продолжает совершенствоваться точное аксиоматическое определение понятия множество.

Выдающийся математик **Paul Halmos** утверждал:

“Set theory provides a foundation of mathematics, because every object of study in mathematics can be interpreted as a set; almost all mathematics is done in the language of elementary set theory”.

Непосредственно за отношением множество следует несколько важнейших отношений, на которых стоит вся математика. Это, прежде всего, отношение эквивалентности, отношение порядка (частичного и полного) и отношение функции или

отображения. Все они точно определяются аксиоматически на основе понятия множества. Огромное количество математических структур определяется с помощью различного рода тождеств или уравнений от самых элементарных до самых нетривиальных.

- Почти все теории современной математики являются **аксиоматическими** теориями. К системе аксиом каждой теории предъявляются три главных требования. Эта система должна быть 1) **непротиворечивой**, 2) **независимой** и 3) **полной**. Все дальнейшие истинные утверждения данной теории выводятся точными логическими и математическими методами из данной системы аксиом.

Здесь нужно всегда помнить, что из лжи может следовать всё что угодно. Вслед за математикой и все другие точные науки стремятся построить свою аксиоматическую базу.

- Коротко обсудим фундаментальную математическую концепцию «**Симметрия**». Симметрия структуры – её важнейшая характеристика, ибо она описывает все допустимые движения в данной структуре, показывает механизмы движения в ней.

В механике каждой симметрии соответствует **закон сохранения** определенной системной величины, и, наоборот, закон сохранения означает определенную симметрию в системе.

В физике одной из важнейших составляющих «Единой теории всех фундаментальных взаимодействий» является «Принцип спонтанного нарушения симметрии». Нам представляется неудачными слова «нарушения симметрии», ибо «нарушение» может ассоциироваться со словом разрушение, когда на самом деле подразумевается **усложнение**, развитие симметрии. Может быть здесь лучше говорить о «Принципе усложнения симметрии»?

Развитие, усложнение мы называем «детривиализацией», а противоположный процесс, ассоциируемый с упрощением и деградацией структур, называем «тривиализацией».

Принцип усложнения симметрии - это ведущий принцип на пути получения новых знаний и обнаружения новых «степеней свободы» при изучении объектов. Рассмотрим, например, понятие «элементарные частицы» в физике. Прилагательное «элементарные» здесь условно, оно лишь характеризует предел наших знаний об объекте на данном уровне развития науки. По мере развития научных средств наблюдения и увеличения точности приборов этот предел неизведанного, в конце концов, преодолевается, отодвигается, и мы обнаруживаем новые, ранее невиданные, неизвестные структуры и подструктуры, движения в них и их новые степени свободы. Таким образом, происходит детривиализация - усложнение симметрии, описывающее новые обнаруженные структуры.

Классический пример ситуации такого рода доставляет квантовая механика. На определенном уровне точности наблюдений и измерений неожиданно было обнаружено, что электрон, ранее считавшийся лишь точечной массивной заряженной частицей, обладает еще и волновыми свойствами, наподобие света: электроны диффрагируют и интерферируют.

Более того, со времен его открытия электрон считался элементарной частицей. Однако, недавно в физике уже появились указания на то, что электрон обладает **внутренними степенями свободы**, не считая спина. Классические статистики в физике, такие как Максвелла-Больцмана, Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака, как раз и основаны на **принципе неразличимости** соответствующих частиц, т.е. на их симметрии. Такая детривиализация как открытие новых внутренних степеней свободы потребует уточнений классических статистик, учитывающих новые степени свободы.

- Другой замечательный пример творческого использования идеи симметрии доставляет нам система уравнений Максвелла классической электродинамики. Красивой симметричной системой Максвеллу удалось сделать эти уравнения за счет введения, а можно сказать, и **открытия** дополнительного аддитивного члена, названного током смещения, который является частной производной электрической индукции по времени.

Вообще, определение данного понятия желательно иметь **инвариантным**, т.е. неизменным, независимым, например, от систем координат, сохраняющимся под действием наиболее широкого вида **преобразований**, образующих **группу инвариантности**, группу симметрий. Например, в физике в качестве такой группы часто рассматривают довольно широкую группу всех ковариантных преобразований.

Вообще, в физике, например, в теории элементарных частиц, в задачах их классификации сейчас наблюдается генеральная тенденция перехода к симметричному способу описания материи как наиболее общему и действенному.

- Рассмотрим наглядный элементарный пример, иллюстрирующий явление «нарушения симметрии» (а лучше сказать, «усложнения симметрии»).

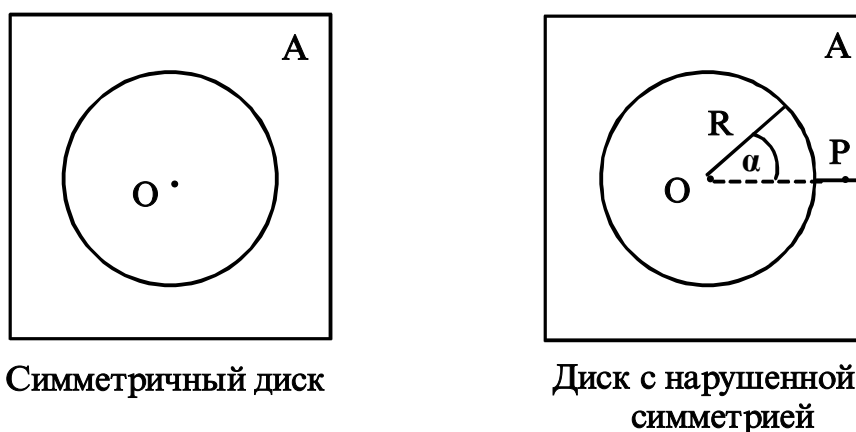


Рис.6

На рис.6 слева изображен геометрически правильный диск-окружность, который может вращаться вокруг центра O в некоторой неподвижной плоскости A . В такой ситуации, когда имеется непрерывная круговая симметрия, нет возможности наблюдать и измерять угловое положение диска. Чтобы такая возможность возникла, нужно **нарушить его симметрию**, произвести **детривиализацию**. Для этого проведем на диске его радиус R (см. правый диск на рис.6). Он будет жестко скреплен с исходным диском. В неподвижной плоскости A выберем произвольную точку P , отличную от точки O центра диска, и проведем в плоскости A ось OP . Этим построением мы нарушили исходную симметрию, что дало возможность измерять (наблюдать) угол α поворота диска. Таким образом обнаружена степень свободы диска, которая ранее не могла наблюдаться.

Если удалить (стереть) проведенный на диске радиус R , то это будет соответствовать процессу **тривиализации**.

- Само **творчество** можно рассматривать как «спонтанное нарушение симметрии» («возмутитель спокойствия», «вызов»), как последовательность чередующихся вопросов (задач) и ответов (решений). Человечество научилось явно на определенном языке формулировать определенные вопросы, ставить задачи и искать ответы и решения, в том числе с помощью вычислительных машин. Творчество – это **детривиализация** вакуума в какой-то области знаний, деградация – это обратный процесс **тривиализации**.

Сможет ли человек научить машину **ставить** нетривиальные научные вопросы? Некоторые ученые говорят, что нет, не сможет.

- Можно дать следующее неформализованное определение **симметрии** данного объекта:

«**Симметрия** – это такое преобразование данного объекта, при котором, благодаря **конечной точности любого реального наблюдения или измерения**, невозможно

отличить данный объект до преобразования от преобразованного объекта». В этом определении объект является **инвариантом** преобразования.

Здесь под объектом нужно понимать **обозримый набор определенных его свойств**, которые **сохраняются** при преобразовании симметрии данного объекта.

Понятие симметрии можно формулировать в некотором смысле шире: вместо понятия «объект» можно рассматривать какое-то определенное **свойство** (или несколько свойств) **объекта**, которое **сохраняется** при преобразовании объекта. Оно и называется **инвариантом** при **данном** преобразовании **данного** объекта, а такое преобразование называется симметрией.

Более формально можно дать следующее определение симметрии S в терминах **предиката**, описывающего данную структуру: симметрия S предиката $P(x)$, $x \in A$, - это сюръективное преобразование

$$S: A \rightarrow A, \quad (S(A) = A),$$

такое, что

$$P(Sx) = P(x), \quad x \in A.$$

Очевидно, что множество $\{S\}$ всех преобразований симметрии данного предиката (структуры), по крайней мере, образует как минимум полугруппу и далее моноид, группу симметрий. Именно поэтому теория полугрупп и групп имеет такое большое значение в современной математике и теоретической физике.

Заметим, что симметрия структуры имеет свою собственную структуру, которая, в свою очередь, имеет свою собственную симметрию, которая имеет свою собственную структуру и т.д. Эта цепочка может продолжаться сколь угодно далеко или оборваться в зависимости от сложности исходной структуры.

Симметрия имеет множество проявлений: инвариантность, постоянство, независимость, устойчивость и т.д.

Важно отметить, что симметрия – это математическое (абстрактное) понятие, в реальности оно не существует, ибо каждая реальность сугубо индивидуальна и «непостижимо сложна». Симметрия является продуктом абстракции (идеализации) реальности. Существование симметрии – это прямое следствие конечной точности приборов измерения и наблюдения. Математическая структура и ее симметрия – это результат упрощения данной непостижимо сложной реальности с целью ее **математического** описания. Таким образом, симметрия и ее сложность зависят от уровня развития науки и технологии, от точности средств измерения и разрешающей способности средств наблюдения.

Самая первая и важная способность человека, заложенная от рождения – это способность **различать, дифференцировать** и т.д.

Прогресс науки (детривиализация) обеспечивается все возрастающей точностью измерений и наблюдений. Однако, понятие и теория симметрий эффективна только потому, что мы всегда имеем в распоряжении **только конечную**, хотя и возрастающую с прогрессом точность, при наличии всегда **ненулевой** ошибки измерений или наблюдений.

Более того, с ростом точности измерения какого-то данного параметра случается так, что изначальный объект измерения или наблюдения (данная исследуемая реальность) начинает «расплываться», исчезать, а вместо него вырисовывается нечто новое и еще непонятое. Возникает, как говорят, новая парадигма, новый барьер, требующий нового осмысления, новых структур и их симметрий. Фундаментальные примеры такой ситуации доставляет нам квантовая физика.

Раньше говорили: - «Материя исчезает, остаются одни уравнения». Теперь можно сказать: «И уравнения исчезают, остаются одни симметрии».

Приведем слова Анри Пуанкаре.

“All a matter of balance. What is it indeed that gives us the feeling of elegance in a solution, in a demonstration? It is a harmony of the diverse part, their symmetry, their happy balance; in a word it is all that introduced order, all that gives unity, that permits us to see clearly and to comprehend at once both the ensemble and the details”. Цитируется по книге John Bryant, Chris Sanguie. How Round is your circle? Princeton Univ. Press, 2008.

Для кибернетики отсюда вытекают задачи идентификации, наблюдения и управления **симметриями**. По сути дела здесь речь идет об идентификации, наблюдении и управлении математическими структурами в терминах их симметрий как в сторону их развития, усложнения (детривиализации), так и в сторону их упрощения (тривиализации).

- **«Закон (Принцип) 100% эффективности математики».** Этот закон имеет две части – прямую и обратную.

Прямая часть. «Для любой реальности существует математическая структура, которая **описывает** данную реальность с любой, но **конечной**, точностью измерения и/или наблюдения».

Обратная часть. «Для любой математической структуры существует реальность, которая **описывается** данной структурой с любой, но **конечной**, точностью измерения и/или наблюдения».

Точность приборов измерения и наблюдения, научных формулировок – это **главное мерило** уровня развития науки, её непреходящих достижений.

Прямая часть этого принципа высказывалась рядом выдающихся физиков в начале XX века. Они восхищались «непостижимой эффективностью математики».

Обратная часть этого принципа автору представлялась высказанной впервые. Однако, совсем недавно, читая замечательного русского мыслителя XIX века, друга **А.С.Пушкина** и декабристов, **Петра Яковлевича Чаадаева** «Избранные сочинения и письма», издательства «Правда», 1991, на странице 280, я с восхищением увидел следующее поразительное его высказывание: «Каждая математическая теорема осуществляется где-нибудь в природе, в какой-либо комбинации молекул или элементов. Математика кажется нам отвлеченной только потому, что мы не замечаем применения её принципов в природе».

Воистину, новое часто оказывается хорошо забытым старым.

- Иногда математиков и теоретиков конкретных дисциплин **недальновидно** упрекают в том, что они занимаются **абстрактными** проблемами, не имеющими очевидных связей с «насущными» потребностями. Обратная часть «Закона (Принципа) 100% эффективности математики» как раз утверждает, что «абстрактных» проблем не существует, а мы только еще не столкнулись с ними в реальности, ещё их не поняли, не научились использовать.

Кто знает: «Что актуально, а что нет?»; сегодня не актуально, а завтра окажется очень актуальным.

Вспомните, например, «неактуальную» абстрактную работу **Л.В.Канторовича**, посвященную «Линейному программированию» и выполненную еще в 30-х годах XX века. Эта работа актуализировалась всего через два-три десятилетия. За эти работы автор удостоен **Нобелевской премии**. Таких примеров немало.

Возьмите замечательные литературные научно-фантастические произведения, начиная от книг Жюль Верна. Прошло совсем немного времени, а почти все фантазии, описанные в этих произведениях, стали повседневной реальностью.

Здесь надо руководствоваться «**Принципом дуальности**» - грамотно распределять усилия и ресурсы для решения актуальных проблем и создания научного потенциала для будущего: «Опыт поставяет интуицию будущего», «Эрудиция – мать интуиции». Именно в этом смысле ученые, способные наиболее точно мыслить абстрактно и владеющие теоретическим аппаратом, представляют собой непреходящую ценность нации, ее золотой фонд, без преувеличения.

Хотя сказанное выше выглядит почти очевидным, однако, в реальности мы нередко сталкиваемся с актами вопиющей недальновидности и бесхозяйственности на всех уровнях общества, особенно людей далеких от науки, но обличенных влиянием и властью.

Таким образом, неважно как выглядит данная **абстрактная** проблема: актуально или не очень. Важно то, что постановка задачи и/или результат ее решения представляет интерес для ученых, и все **выполнено на высоком научном уровне**.

Недаром говорят, что хорошая **постановка** задачи содержит 50% ее решения. Хорошая постановка задачи требует достаточных знаний, опыта и творческой интуиции.

В нашей лаборатории при работе с аспирантами и сотрудниками мной был выработан тезис: «В начале работы надо поставить **точную** математическую задачу, имеющую отношение к данной проблеме, но **на $\varepsilon > 0$ выше тривиальной**, и **чем «меньше» $\varepsilon > 0$, тем лучше**». Это далеко не формальная работа, а воистину мучительно трудное творчество, практически **не** алгоритмизируемое. «Задача на ε выше тривиальной» играет роль «плодотворной дебютной идеи». После нахождения **базовой** структуры, определяющей саму суть дела, построение её надстроек и вспомогательных структур становится лишь «делом техники». Более того, неожиданная, красивая постановка задачи, ее решение доставляют эстетическое наслаждение, удовольствие и радость, конечно, для понимающих людей. Поэтому для прогресса желательно иметь больше таких понимающих людей, способных дать правильные дальновидные оценки сути дел. К сожалению, нередко побеждает некомпетентность и недальновидность.

- Когда начиналась работа по созданию «**Единой геометрической теории управления (ЕГТУ) – Теории структур управления (ТСУ)**», то я невольно спрашивал своих коллег, теоретиков управления, среди которых были и выдающиеся, «Что такое управление в точном математическом смысле?» К сожалению, это фундаментальное понятие в их ответах оказывалось, в лучшем случае, неформализованным, в «содержательных» **нематематических** терминах.

Работа по выработке математического определения понятия управления шла с двух сторон: 1) со стороны физики – «Единой теории всех фундаментальных взаимодействий» и 2) со стороны аксиоматических основ самой математики.

Из всех обозначенных на рис.3, надписью «другие науки», по-видимому, наиболее структурированной наукой является теоретическая физика.

Современная теоретическая физика ясно демонстрирует, как с её развитием теряется «привычная» наглядность описания. «Материя» из теории воистину исчезает, а остаются лишь математические структуры и их симметрии, от которых требуется их согласованность и интерпретируемость измерений и наблюдений при исследовании той или иной реальности. Возникает потребность в создании новых наглядных образов, однако, больше похожих на картины абстракционистов, снабженных соответствующими правилами их истолкования.

Как говорилось выше, в настоящее время в физике развивается «Единая теория всех фундаментальных взаимодействий».

В соответствии с ней существуют четыре разных вида таких взаимодействий, которые также называют фундаментальными силами. Два из этих взаимодействий являются гравитацией и электромагнетизмом. Они являются макро и длинно дистанционными взаимодействиями. Два других фундаментальных взаимодействия, называемых слабым и сильным взаимодействиями, играют существенную роль на микро (квантовом) уровне.

Современной основой этой теории становится математическая **теория расслоений**. В этой теории взаимодействия описываются математическим понятием связности в расслоении. **Связности** – это определенные правила, описывающие переходы от одного слоя расслоения к другому слою того же расслоения. Симметрия здесь играет фундаментальную роль. Здесь именно связности ассоциируются с понятием **управление**.

При этом **синтез** системы управления ассоциируется с понятием **сечения расслоения**. Каждый слой из множества слоёв расслоения идентифицируется с множеством допустимых **значений** управления, жестко связанных с конкретной точкой **базы** расслоения, которая, в свою очередь, идентифицируется с пространством состояний данной системы с управлением.

Таким образом, мы осуществляем **выбор** в каждом слое расслоения, чтобы определить конкретное значение управления, связанное с соответствующим состоянием системы. Но понятие выбора – основное понятие **фундаментальной аксиомы выбора Э.Цермело**, служащей основой для всей математики. В результате приходим к точному, строгому и довольно общему математическому определению понятия управление. **Управление – это функция выбора Цермело**, в аксиоме Выбора Цермело. **График** этой функции можно истолковывать как **сечение в расслоении**. Выбор значений управления осуществляется в каждом слое расслоения, а само **управление** – это **связность в расслоении**.

Такой подход к определению понятия управления дает аргумент в пользу постановки кибернетики на один уровень с математикой (см. рис.3).

«Единая теория всех фундаментальных взаимодействий» в физике, основанная на теории симметрии, может служить замечательным образцом для подражания в других науках.

В книге А.В.Бабичева, А.Г.Бугковского, С.Похйолаинена «К единой геометрической теории управления» («К ЕГТУ») Москва, «Наука», 2001 г. была сделана

попытка провести распространение идей указанной выше физической теории на теорию управления и кибернетику в целом, в виде некоторой «Программы развития ЕГТУ».

Другим замечательным источником идей и методов для развития этой Программы может служить знаменитая Эрлангенская программа **Ф.Клейна** развития математики, созданная в конце XIX века, которая оказала плодотворное влияние на дальнейшее её развитие. Это – идеи и методы симметрии на основе математической теории групп.

- Иногда спрашивают: «Почему в названии ЕГТУ фигурирует слово «геометрическая»? На этот вопрос, пожалуй, лучше всего ответить словами классиков науки. **Никола Бурбаки** (это псевдоним группы известных математиков) сказал: «Таким образом, классическая геометрия переросла себя и из живой независимой науки превратилась в универсальный язык **всей** современной математики, исключительно гибкий и удобный».

Генри Помбертон, близкий друг **Исаака Ньютона**, вспоминал, что «Ньютон всегда выражал глубокое восхищение геометрами Древней Греции и корил себя за то, что в своих работах не достиг того же уровня».

- Сформулируем **«Управленческую парадигму Мира»**.

«**Все** структуры, которые мы наблюдаем в мире (естественные, искусственные, социальные и другие) поддерживаются за счет работы соответствующих **регуляторов**, образующих вместе с поддерживаемыми структурами **взаимосвязанные** системы управления с **обратной связью**. Мир существует благодаря работе этих **регуляторов** и **систем управления с обратной связью**, которые обеспечивают устойчивость и целенаправленную работу этих структур и охраняют их от действия возмущений, идущих извне, от других структур».

Мир буквально стоит на регуляторах. Наблюдаемые структуры теряют свою устойчивость и разрушаются, если по каким-то причинам поддерживающие их регуляторы перестают работать надлежащим образом. При этом мир начинает ввергаться в хаос. **Наш Мир – это сложнейшая система взаимосвязанного регулирования и управления, работающая на принципе обратной связи.**

Замечательным примером, где «Управленческая парадигма» находит конкретное воплощение, являются воинские уставы, впитавшие в себя часто «жестокий опыт» прошлого и написанные почти буквально кровью. Так, невозможно управлять ни отдельным боем, ни вести войну в целом без получения информации по каналам обратной связи, без донесений от разведки и подчиненных подразделений.

- В природе основными регуляторами являются фундаментальные взаимодействия, играющие роль управлений (связностей), описанные физиками в «Единой теории всех фундаментальных взаимодействий».

Порядок и активность человеческих сообществ также поддерживается регуляторами, образующими подчас сложную взаимосвязанную систему управления, включая властные структуры разных уровней. Основную роль регуляторов здесь играют формальные и неформальные правила, выработанные в сообществах людей: мораль, этика, религии, конституции, законы и правила разных уровней. Серьезную роль регуляторов в обществе играют силовые структуры, суды, милиция, полиция, армия и другие органы охраны закона и поддержания порядка. Однако, исторический опыт показывает, что **главным** регулятором стабильности и развития общества являются **мораль и этика**. И, если эти главные, стабилизирующие общество регуляторы начинают отказывать, то общество подвергается эрозии и разрушению. Это является причиной многих беспорядков, революций и войн, включая гражданские.

- Здесь имеет смысл упомянуть **блочно-структурный математический метод** или метод блочно-структурных схем (графов) для описания и представления систем, особенно важный для представления, изучения и проектирования сложных систем большой размерности.

Блочно-структурный способ описания и представления систем имеет **основное** преимущество, состоящее в том, что **каждый отдельный блок** в таком представлении данной системы связан с другими блоками системы **только** посредством **входных и выходных сигналов**, а поэтому может изучаться **независимо** от всех остальных блоков системы, что называется **декомпозицией** системы. Можно иметь ряд **независимых** групп исследователей системы, каждая из которых изучает и создает **лишь отдельные** блоки, более-менее независимо от остальных блоков и всей системы в целом.

Между этими группами происходит **согласование только** по виду **входных и выходных сигналов**.

Такого рода декомпозиция (детривиализация) дает **большие** преимущества перед другими подходами при проектировании, разработке, наладке и эксплуатации системы в целом, особенно в больших и сложных системах. При этом можно создавать фундаментальные **базы знаний**. Например, была проведена большая работа по созданию основ такой базы знаний в теории управления системами с распределенными параметрами. (см. А.Г.Бутковский. Характеристики систем с распределенными параметрами. М.: Наука, 1979. А.Г.Бутковский, Л.М.Пустыльников. Характеристики

распределенных систем. Kluwer, 1993. А.Г.Бутковский. Структурная теория распределенных систем. М.: Наука, 1977. Все эти книги переизданы на Западе).

- Из «Управленческой парадигмы Мира» следует, что всякая, в частности, человеческая деятельность сопровождается ошибками. Избежать их **принципиально** невозможно. Но задача человека и общества состоит в том, чтобы **минимизировать** эти ошибки, постоянно их отслеживая, не давая им сильно разрастаться путем «**включения**» **обратной связи**. «На ошибках учатся!»

В физике повсеместно сталкиваются с явлением **флуктуаций** всех без исключения наблюдаемых величин, которые четко регистрируются приборами достаточно высокой точности. Насколько нам известно, **сейчас не существует** какого-то единого принципиального объяснения этого вездесущего явления. Сформулированная выше «Управленческая парадигма Мира», как нам представляется, дает ответ на вопрос о природе **повсеместно** наблюдаемых флуктуаций. Более того, можно сформулировать следующий **Общий принцип**:

«Наблюдаемые в природе и обществе **флуктуации** есть ни что иное, как **ошибки регулирования** тех регуляторов, которые призваны поддерживать сохранность тех или иных наблюдаемых структур в соответствии с «Управленческой парадигмой мира»».

Таким образом, предлагается **отождествить** флуктуации с ошибками регулирования:

Флуктуации ≡ Ошибки регулирования.

Когда флуктуации нарастают, то физические величины теряют свою определенность. При нарастании ошибок регулирования, когда регуляторы по тем или иным причинам (помехи, возмущения) перестают справляться со своей работой, системы (структуры) начинают разваливаться. Известна поговорка: «Не ошибается тот, кто ничего не делает», но можно добавить: «Тот, кто ничего не делает, тоже ошибается и, возможно, сильно».

- Одна из **главнейших** проблем, целей в науке состоит в выработке все более мощных, емких **понятий** все более высокого уровня. Они должны становиться всё более общими, более универсальными и более абстрактными (метафизическими). Мощные концепции делают законы и принципы и проще, и шире. Но простота эта только кажущаяся на поверхностный взгляд. Например, почему закон Ньютона $F = ma$ выглядит так просто? Он включает только три буквы и один знак равенства. Но эта простота обманчива. Закон выглядит просто потому, что понятия силы F , массы m и ускорения a являются очень мощными понятиями, но вместе с этим они довольно сложны. Ньютон посвятил большую часть жизни, чтоб

выработать их. В частности, для этого ему пришлось развить новый фундаментальный раздел математики: дифференциальное и интегральное исчисление.

Сложность и абстрактность понятий являются той ценой, которую должно платить за простоту формулировок законов. Чем сложнее и абстрактнее понятие, тем проще формулируется закон в терминах этих понятий.

«Самое простое и экономное выражение фактов – это их выражение через **понятия**», - говорил **Эрнст Мах**.

Формулы, теоремы, законы и другие утверждения, сформулированные в терминах определенных понятий, определяют далее только **отношения** между понятиями.

Однако, и **сами понятия в определенном смысле** также могут рассматриваться как отношения, как **свойства**, присущие данному объекту.

Почти вся современная математика в **точно определенном смысле** стоит на **отношениях**. Здесь далее не будем обсуждать эту очень глубокую проблему основ математики, на эту тему написаны многие тысячи страниц.

Известный британский ученый **Стив Хоукинг** (S.Hawking), выступая в США перед собранием элиты, включая Президента, членов Сената и Конгресса, сказал, что, если какая-то страна хочет выжить и развиваться, то ей **необходимо** развивать науку и абстрактное мышление высокого уровня. Это дает **надежду** на выживание и развитие. В противном случае общество обречено на застой и деградацию. Абстракция, идеализация, формализация, идентификация – важнейшие приемы мышления.

- Одним из важнейших способов «борьбы» с «непостижимо сложной реальностью» является **иерархия**, иерархический способ описания и построения систем, в частности, управляющих систем. Человечество уже давно использует иерархии для повышения эффективности управления.

Одним из проявлений непостижимой сложности реальности часто является **высокая размерность** задач. Такую ситуацию иначе называют «проклятием размерности». Вспоминается забавный случай, произошедший на одном Всесоюзном совещании. В одном из докладов обсуждалась проблема высокой размерности. Во время обсуждения доклада один из присутствующих поднялся и произнес фразу: «Мы уже давно решили эту проблему, мы используем безразмерные величины». В зале раздался гомерический хохот.

Примерами систем иерархического управления и наблюдения являются системы управления государством (государственные органы управления), управление армией, армейскими подразделениями с иерархическим способом подчинения снизу доверху,

производственные отрасли (министерства и комитеты), автоматизированное и автоматическое управление сложными производственными объектами, как например, прокатные станы, цепочки химических реакторов и другие, в которых регуляторы высоких уровней иерархии управляют заданием и другими параметрами регуляторов нижних уровней иерархии. Характерной чертой здесь является **многоуровневость** иерархии сложной управляющей системы.

Декомпозиция и иерархия – важные способы «борьбы» с «непостижимо сложной реальностью».

Развитие науки представляется как серия **растущих концентрических областей**, из которых вырываются отдельные «протуберанцы», которые далее могут сливаться, пересекаться, порождая развитие нового концентрического слоя, захватывающего новую часть пространства и т.д.

- Выдающийся ученый XX века **Н.Бор** в ходе обсуждения новых принципов квантовой физики высказал замечательный по своей глубине и общности философский принцип, суть которого состоит в том, что **истинное утверждение представляется наиболее глубоким, если противоположное утверждение к нему тоже является истиной.**

Примером такого рода утверждений служит пара следующих истинных, но противоположных в обычном смысле утверждений: «электрон – это частица» и «электрон – это волна».

Осмысление такого рода ситуаций, в частности, дало толчок к дальнейшему развитию логики, к поиску в математике новых логических и математических структур, описывающих «парадоксальные» ситуации, с которыми сталкиваются при изучении тех или иных реальностей.

Абстракция, обобщение, идеализация, формализация, математизация – важнейшие приемы человеческого мышления. Они даны человеку, чтобы постепенно преодолевать непостижимые в целом сложности любой реальности, двигаясь тем самым по **направлению** к абсолютной истине.

Иметь наиболее общие мощные понятия и соответствующие общие законы и уравнения для них, конечно, хорошо. Это, как известно, глобальная цель любой науки. Но, когда нам требуется их применить, использовать для решения той или иной **конкретной** задачи, то тут надо провести разукрупнение общих понятий, детализировать их специально для данной частной задачи. Подчас – это далеко нетривиальная работа, она требует многих специальных знаний, помимо общих. «Дьявол, как известно, кроется в деталях», - гласит пословица.

Таким образом, надо иметь в виду, что имеется дополнительная (сопряженная) пара: «обобщение - детализация», прямой и обратный процессы восхождения и спуска.

- Всякая наука успешно развивается до тех пор, пока не столкнется со своими собственными противоречиями или входит в противоречие с утверждениями других наук. Это – объективная ситуация любого развития. Тогда возникает задача преодоления обнаруженных противоречий. Самое интересное происходит на стыке наук, на стыке различных теорий, при их синтезе, при объединении их в одну более общую теорию, систему. Есть пословица: «Лучший способ «опровергнуть» какую-нибудь теорию – включить эту теорию в более общую теорию как частный случай». При этом важно, чтобы выполнялся, как говорил **Н.Бор**, «**Принцип соответствия**» (Принцип согласованности) между «старой» и «новой» (частной и общей) теориями.

Этот принцип состоит в формулировке определенных условий связи между этими теориями. Есть примеры, когда старые теории становятся лишь **предельным** случаем новых теорий. Например, механика специальной теории относительности Эйнштейна переходит в механику Ньютона при стремлении параметра c , скорости света, к бесконечности, а квантовая механика **де Бройля, Шредингера, Гейзенберга** переходит в классическую механику **Гамильтона** при стремлении параметра h , постоянной **Планка**, к нулю.

Итак, повторим, что самый лучший способ «опровергнуть» какую-нибудь теорию – включить её в более общую как частный случай. В этом смысле **диалектику** можно определить как науку о **согласовании** противоречивых, противоположных смыслов, структур и форм. Это – один из важнейших способов творческого познания реальностей.

- Выше была подчеркнута роль абстрактных понятий, используемых в формулировке точных научных законов. Однако, авторы научных текстов нередко совершенно не заботятся о том, чтобы понятия, которые они используют, были явно выделены и предельно точно сформулированы, не говоря о том, что, кроме этого, очень желательно их обсуждение, разъяснение и иллюстрации. Даже в сугубо математических текстах, как правило, четко и специально выделяются лишь теоремы (утверждения) – пишется слово «Теорема» и дается точная ее формулировка в некоторых терминах (понятиях). Однако, сами эти термины часто специально не выделяются, не приводятся в тексте после слова «**Определение**», излагаются где-то выше и «между прочим». Получается, что на первом месте находится - эта теорема, а ее термины, в которых собственно она сформулирована, - на втором месте. Нам представляется, что на самом деле, как раз должно быть

наоборот: на первом месте должны стоять понятия (термины), точно сформулированные в специально выделенном абзаце, начинающимся со слова «Определение». Желательно обсудить данное определение перед тем, как использовать его в формулировке теоремы. Привести не только примеры, но и контрпримеры. Почему это важно? А дело в том, что, как было сказано выше, развитие науки идет по пути выработки все более общих и, следовательно, более сложных понятий. В идеале определяемые термины, скажем, величина A , должна быть настолько мощной, что собственно теорема или закон выражаются просто: $A = 0$, и вся **суть закона сконцентрирована в понятии величины A** .

Пренебрежение выше сказанным в этом пункте суждениями можно найти в текстах на всех уровнях: от школьных учебников до оригинальных научных работ. Часто наблюдается такая картина: ученики школ и студенты университетов стараются **запомнить**, а то и зазубрить формулы, выражающие те или иные закономерности, упуская при этом из виду, что основой здесь являются **понятия**, входящие в «формулу», и, прежде всего, надо хорошо усвоить их, овладеть ими, ибо это самое трудное. А собственно «формулу», если ее забыл, легко найти в литературе, но если знать, что и где надо искать.

Нет ничего удивительного, когда одна и та же сущность имеет несколько различных определений. Ведь каждое определение данной сущности отражает лишь какую-то одну сторону, одно или несколько свойств, но сама сущность остается **непостижимо сложной**.

Действенное владение понятиями данной дисциплины – это **ценнейшее высокоинтеллектуальное** качество специалиста. Недаром «машинизация», алгоритмизация теоретических исследований, например, доказательств математических теорем, продвигается довольно медленно.

- Имеет смысл высказать суждения о постановке учебных процессов в классических высших учебных заведениях. Учебный процесс состоит в основном из следующих главных составляющих: курсы лекций, семинары, контрольные работы, практические лабораторные работы, консультации, обзорные лекции, экзамены, включая зачеты.

Представляется, что регулярные лекции по **стандартным** курсам, по которым написаны учебники, занимающим солидную часть учебных часов, надо **устранить совсем**. В высвободившееся время студенты должны изучить курсы **самостоятельно**, используя **стандартную** литературу, которую теперь можно получить в библиотеках или, например, из Интернета. Это касается, в частности, общих курсов, например, по

математике, когда аудитории составляют десятки, а то и сотни слушателей. Опыт показывает низкую эффективность такого мероприятия. Гораздо эффективнее вместо лекций периодически устраивать аудиторские и домашние контрольные работы, включающие **решения больших** серий конкретных задач. Самостоятельное решение множества разнообразных задач, даже из стандартных «задачников» - это **самый** эффективный способ обучения. Недаром многие выдающиеся ученые проходили через «горнило» школьных и вузовских олимпиад. Из лекций надо оставить лишь обзорные лекции и консультации: несколько в семестр.

Такой метод лишь усилит ответственность студентов и выработает у них вкус и навыки к **самостоятельному** обучению, что безусловно важно для их дальнейшей жизни.

- Как было сказано выше, важнейшим элементом всякого обучения является **понимание** изучаемого предмета. Понимание – это гармония разума, веры и надежды. Проблема понимания – глубокая и трудная философская проблема. **Научить** пониманию чего-либо и владению чем-либо невозможно, этому можно только **научиться** в процессе методичного упорного труда. В точных науках (математике, физике, химии и др.) лучшим путем для достижения этих целей является **путь решения** как можно **большого** количества конкретных и разнообразных задач, например, взятых из задачников. В мою бытность в школе наши учителя математики и физики почти к каждому уроку задавали нам от 20 (для «лириков») до 40 (для «физиков») задач разного уровня сложности. Ведь без школьного («среднего», как его называли) высшее образование, по сути, просто **невозможно**. О плохом инженере говорили: - «Он с высшим образованием, но без среднего».

В мои школьные годы до 5-го класса включительно математика во многом изучалась как «Арифметика». В ней школьники **учились последовательному логическому мышлению** путем решения задач методом «чередования вопросов и ответов». Решение задачи представлялось как **последовательность четко и точно** сформулированных вопросов вместе с их разрешением и нахождением ответа на каждый данный вопрос. **Последний** ответ этой череды вопросов и ответов, иногда довольно длинной для сложных задач, и был окончательным ответом на вопрос (или вопросы) изначальной исходной задачи. Таким методом мы решали **большое** количество задач и не только по математике, но и по физике и химии. «Применение – мать учения».

Трудно переоценить роль такого метода обучения **логическому мышлению**. Эта роль выходила далеко за рамки её узкого применения в арифметике и математике в целом. Такой метод «вопросов и ответов» вообще учил правильно мыслить и грамотно

формулировать мысли во всех жизненных ситуациях, учил анализу и синтезу вместе, выстраиванию точных логических цепочек утверждений. Поэтому желательно **вернуть** этот метод в современную школу. Только после этого дальнейшее изучение конкретных математических структур (например, алгебры, геометрии, тригонометрии) и других предметов будет эффективным.

Более того, от специалистов высшего уровня, например, кандидатов и докторов наук, требуется не только решать кем-то другим поставленные задачи, но ставить и выдвигать новые научные задачи, обеспечивающие развитие науки. Постановка новой, важной и, вместе с тем, **«решабельной»** задачи – далеко нетривиальное искусство и высоко творческое дело, требующее эрудиции и определенной культуры. Собственно всякая теория состоит из последовательности (серии) точно поставленных задач с их решением. Так что критерием понимания может стать способность предельно точно **ставить** и **решать** вопросы и задачи, вырабатывать такие последовательности. Это один из важнейших способов научить человека **думать**.

Как-то Резерфорд заметил своему аспиранту: «Вы все время что-то делаете, когда же вы думаете?»

Такой подход к обучению, начиная с общеобразовательной школы, создавал прочную базу для роста специалистов самого высокого уровня, без которых никакой истинный прогресс не реален. Например, по Положению ВАК (не знаю, как сейчас) от **докторской** диссертации требовалось создание **нового научного направления**. Требовались **точные математические постановки** этих **новых** задач и **создание теоретических** (т.е. математических) **основ** для решения проблем этого направления. Для не чисто математических наук, например, технических, требовалось еще создание **новых** экспериментальных, исследовательских методов.

- Очень важна культура **дискуссий**, лучшие традиции которых заложены еще древними. Дискуссия – это обмен утверждениями и вопросами к собеседнику или собеседникам с **аргументированными** ответами. Дискуссия может быть и **внутренняя**, когда вопросы и ответы создаются одним и тем же лицом. Научные проблемы и задачи часто решаются именно таким **плодотворным** дискуссионным способом.

Не надо путать дискуссию со **спором**, когда собеседники не слушают, не слышат и даже не хотят слушать друг друга. Спор – это худший и бесплодный способ обмена высказываниями.

В этом смысле поговорку «Истина рождается в споре» надо заменить на «Истина рождается в дискуссии».

Нельзя спорить с учителями, что подчас наблюдается в школах, когда заносчивый и малообразованный (по определению) ученик вступает в спор и пререкания с учителем, который поставил не «ту отметку».

Недаром древние индусы говорили «Учитель – следующий за Богом». Заметьте, что даже не родители, а именно Учитель с большой буквы. Конечно, и это счастливый вариант, когда Учителем является родитель или родители. Ведь учитель, так или иначе, передает ученику свой бесценный **опыт**. «Начало всех начал – жестокий опыт. Нет дороже клада!», - сказал поэт Евгений Винокуров. Оценивать и «спорить» будешь **потом**, когда **окончишь** надлежащие курсы, когда будешь набираться собственного опыта.

Замечательным образцом научных дискуссий высочайшего уровня могут служить дискуссии между выдающимися физиками первой половины XX века, возглавляемые **Н.Бором** и **А.Эйнштейном**, и посвященные философии, логике, методологии квантовой физики.

Наилучшие учителя это те, ученики которых хоть в чем-то и дальше успешно развивают науку. Без таких учителей нигде и никогда не будет никакого прогресса. К сожалению, таких учителей не много.

- Учитель, научный руководитель помогает нам в точках «бифуркации», на развилках научных и жизненных дорог правильно выбрать дальнейший твой путь. Это - **очень** дорогого стоит! К сожалению, есть такие недалекие ученики, сотрудники, аспиранты, докторанты, которые не понимают и не ценят это. **И не важно, сколько раз и как долго вы беседовали со своим руководителем!** Надо просто хорошо подумать, осмыслить то, что он вам сказал. Вот где надо проявлять свое внимание и внимательность.

Вспоминаю, как, будучи совсем молодым специалистом, только что пришедшим в Институт автоматики и телемеханики, я шел по коридору, а навстречу мне быстрой походкой, куда-то торопясь, шел Александр Борисович Челосткин, мировая величина в области прокатки и автоматизации прокатных станков, человек высочайшей научной эрудиции и общей культуры. В то время он был в должности заместителя директора ИАТ по науке. Я поздоровался, а он неожиданно остановился и обратился ко мне: «Толя, ты же изучал в Институте стали металлургические печи. Подумай, как улучшить режимы нагрева в методической печи, чтобы заготовки стало легче катать на станах?» И всё! Вся «беседа» длилась несколько десятков секунд! Кто бы мог в тот самый момент знать, что из этой «мимолетной», случайной встречи выйдет новое научное направление «Оптимальное управление нагревом», которое сильно изменило традиционные подходы, взгляды на процессы такого рода, и не только в металлургии.

Более того, развитие и обобщение этих новых идей, задач и результатов привело к созданию гораздо более широкого научного направления, названного «**Оптимальное управление системами с распределенными параметрами**».

Проблему управления системами с распределенными параметрами можно сравнить с безбрежным океаном.

- Скажем несколько слов о термине «прикладная математика». Из-за своей краткости он выглядит двусмысленно. Дело в том, что прикладной математики, в строгом смысле, не существует, а речь идет о применении или приложении математики к исследованию и решению конкретных проблем реальности.

На рис.7 изображена принципиальная схема применения (приложения) математики к описанию, творческому и экспериментальному исследованию и решению реальных задач. «Науки сокращают нам опыты быстротекущей жизни», - писал А.С.Пушкин.

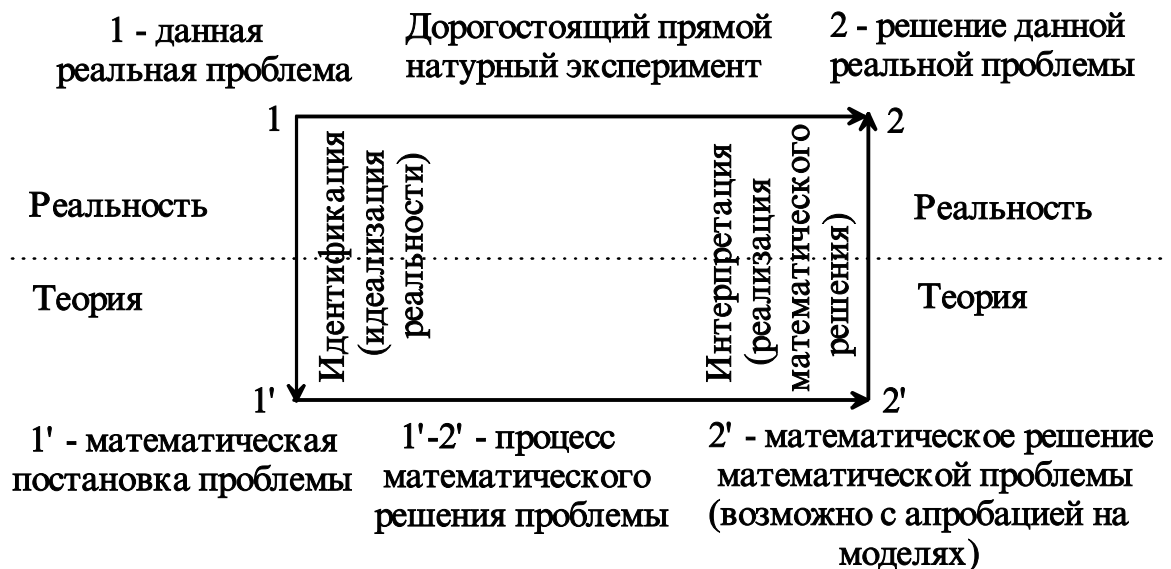


Рис. 7

Существенными элементами этой схемы являются два фундаментальных дополнительных (дуальных) математических понятия: **идентификация – интерпретация (идеализации - реализации)**.

Идентификация – это задача и процесс выработки **математического** описания (представления) данной реальной проблемы с определенной точностью. Идентификация – это некий «морфизм», т.е. «отображение» данной реальности для **сохранения** некоторых её свойств в определенную математическую структуру.

Сложность идентификации объекта должна **согласовываться** с той **задачей**, которую нужно решить для данного объекта, с вопросами, которые ставятся в данной конкретной задаче.

Здесь мы должны «преодолеть» непостижимую сложность данного реального объекта, аппроксимировав его подходящей точной математической структурой, **адекватной** поставленной задаче и целям.

Интерпретация – задача и процесс, обратный идентификации. Процессы идентификации – интерпретации являются довольно трудными, деликатными и сложными, они **плохо алгоритмируются**. В большей мере эти процессы представляют собой **искусство** и для достижения успеха требуют от ученого высокого уровня знаний и опыта не только в математике, но и в конкретных науках.

Вспоминаются слова замечательного поэта Е.Винокурова:

«Я знаю жизнь. Её я изучал,
Сжав крепко зубы. Горькая отрада –
Познать её! Начало всех начал –
Жестокий опыт. Нет дорожке клада,
Чем знание жизни.»

Очень нравится словосочетание «горькая отрада».

При идентификации-интерпретации имеют дело с большей или меньшей неопределенностью задач. **Теория вероятностей, математическая статистика** и другие теории неопределенностей как раз и предназначены для того, чтобы описывать неопределенности «непостижимо сложной» реальности. Поэтому их понятия и методы нередко используются для решения такого рода задач вместе с другими разделами математики, а в научных библиотеках издания, посвященные в широком смысле теории вероятностей и статистике, занимают, как правило, преобладающий объем по сравнению с другими дисциплинами.

Процесс идентификации – интерпретации требует от исследователя (инженера, биолога, экономиста и т.д.) высокий уровень знаний, эрудиции, культуры и владения математикой и конкретной наукой, опыта и таланта.

К сожалению, жизнь, реальность, как непостижимая до конца сущность, нередко выходит за рамки любой точной формализации и математизации. В реальности **всегда** могут и часто реально возникают насущные ситуации, вопросы, задачи, которые не охватываются имеющимися законами, формами и правилами, опытом и, вообще, могут быть беспрецедентными. Для их разрешения и нужна, прежде всего, большая общая культура, мудрость, воспитанность и широкая образованность.

«Обходной», научный путь познания через математические модели, где подчас очень большие материальные затраты на реальные опыты заменяются информационными процессами, стал **главным** путем получения знаний и развития цивилизации.

Законы Природы и математика позволяют измерения (наблюдения) и опыты во многом **заменять вычислениями**, что и обуславливает наблюдаемый бурный научно-технический прогресс.

Сейчас в учебных заведениях для лабораторных работ, скажем, по физике набирает силу тенденция **к замене** реальных опытных стендов на их виртуальное компьютерное представление на дисплеях, основанное на чисто **математических** представлениях реальных объектов исследования. Имеются и **смешанные**, реально-виртуальные (полунатурные) стенды, в частности, тренажеры, например, для летчиков, водителей автомобилей, операторов различных технологических установок и т.д. Конечно, лучше обучаться и тренироваться в реальных условиях, но создание таких условий требует массу хлопот, времени, довольно больших материально-финансовых затрат и, возможно, связано со значительными рисками. Поэтому разумно иметь гораздо более дешевые, удобные и безопасные **промежуточные** этапы обучения.

Всегда надо иметь в виду, что если модель какого-то процесса (in vitro) работает безукоризненно на все 100%, то это только дает хорошую надежду, что она будет удовлетворительно работать и в реальности.

Но если модель работает не надежно, то это почти 100% гарантия того, что на практике она и вовсе работать не будет.

В последнее время появилась новая научная дисциплина – **вычислительный эксперимент**.

Сейчас в мире решается задача подъема на существенно более высокий теоретический и опытный уровень таких сложных дисциплин как биология, медицина, экономика, история, юриспруденция и другие, где трудно переоценить роль математических моделей и вычислительных экспериментов.

- «Мы стоим на плечах гигантов», говорил Эйнштейн.

А наука обладает тем уникальным свойством, что «старые» знания в ней никогда не уничтожаются, они могут только уточняться, включаться как «частный случай» в более общие концепции и теории по мере их развития.

- Кратко упомянем только три главные научные и технологические проблемы, которые стоят перед наукой и техникой в начале XXI века.

1. Стабилизация и управление горячей (ядерной) и холодной (например, подвеска в вакууме расплавленного жидкого металла) плазмы. Плазма – это четвертое состояние вещества помимо твердого, жидкого и газообразного. Решение этих проблем очень важно в связи с удовлетворением бурного

роста энергопотребления в мире и требованием получения сверхчистых материалов.

2. Конструирование и получение новых композитных материалов и изделий, обладающих рекордными физико-химическими характеристиками (сверхлегкие, сверхпрочные, сверхпроводящие и т.д.).
3. Управление на квантовом уровне молекулами, атомами и элементарными частицами посредством новых когерентных средств воздействия на них с помощью высокоорганизованного когерентного лазерного излучения. Книга А.Г.Бутковского, Ю.И.Самойленко «Управление квантово-механическими процессами», изданная в Москве издательством «Наука» в 1984 году, впоследствии переизданная на Западе, общепризнанно в мире является пионерской в этой области. Сейчас такой подход становится научной основой для нанотехнологий.

- «Лазер – динамо XXI века», - сказал один выдающийся ученый. Лазер- это **высокоорганизованное** (когерентное) излучение. Естественно, за счет своей высокой организации он может создавать **необычайно высокоточные и тонкие управляющие** воздействия на объекты, в том числе на микро и квантовом уровне. Лазеру обязан бурный рост новых технологий, в том числе и нанотехнологий с размерами объекта порядка одного нанометра.
- Кратко упомянем три типичные и фундаментальные структуры собственно управления, т.е. **собственные структуры управления**.

1. **Управляемость**. Проблема этой структуры состоит в ответе на вопрос **существования**: существует ли допустимое управление (допустимое движение) в данной системе, переводящее её из одного **заданного начального состояния** в другое, **требуемое конечное состояние**? Здесь требуется ответ типа «да» или «нет».

Впервые такого рода задача была поставлена и решена Р.Калманом в его докладе на 1-м Международном конгрессе по автоматическому управлению (ИФАК) в Москве, в 1960 году для линейных конечно-мерных систем с управлением (без дополнительных ограничений), описываемых обыкновенными линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами, для которых Р.Калман нашел необходимые и достаточные условия управляемости-наблюдаемости.

Имеет смысл подчеркнуть совершенно фундаментальную роль в теории систем понятия **состояние**. Недаром великий физик **Поль Дирак** свою замечательную книгу

«Квантовая механика» с первых строк начинается с введения и глубокого обсуждения понятия состояние.

2. **Финитное управление.** Здесь требуется **конструктивно** и явно описать **всю** совокупность управлений, решающих задачу управляемости, составляющих центральную и трудную часть общей проблемы **синтеза** нелинейных систем. Для **линейных** систем, которыми занимался Р.Калман, эта задача финитного управления была решена в **явном замкнутом** виде в серии статей и книг автора этой работы во второй половине 60-х и начала 70-х годов.

Общая проблема финитного управления для **нелинейных** систем, например, n – го порядка с управлением, описываемых **дифференциальными включениями** была **принципиально** решена автором уже в начале 80-х годов путем введения нового понятия, а именно, понятия глобальных **фазовых портретов дифференциальных включений** , что отражено в соответствующей книге автора, переизданной на Западе.

Конечно, остаются задачи разработки алгоритмов и программ для конкретных, особенно нелинейных систем высокого порядка, на основе введенных понятий.

Для систем на **двумерных** многообразиях (плоскость, сфера, цилиндр и др.) эти задачи решаются относительно легко. Финитное управление в определенном смысле напоминает фундаментальные **логические цепочки** (графы) вывода следствий из посылок: $A \rightarrow C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow \dots \rightarrow C_n \rightarrow B$.

3. **Оптимальное управление.** Эта проблема состоит в **выборе** для данного объекта (из множества всех допустимых финитных управлений) наилучших управлений с точки зрения фиксированного критерия оптимальности. Она является **центральной** для всей кибернетики, ибо **всякая реализованная система** управления должна быть **оптимальной** в том или ином смысле в рамках принятой **модели** объекта управления.

Теория оптимального управления (вариационное исчисление) занимает одно из главных мест во всей математике, ибо трудно найти математическую дисциплину, которая не имеет отношения к теории оптимального управления. Многие идеи, методы и результаты математики как в фокусе концентрируются в этой теории. В свою очередь, теория оптимального управления ставит существенно новые математические задачи, которые обогащают многие конкретные дисциплины, которые на первый взгляд выглядят далёкими от задач управления. Например, в теории финитного оптимального управления распределенными системами нашли применение результаты теории чисел (диофантовы приближения и другие).

В качестве **фундаментальных** результатов теории оптимального управления здесь отметим «Принцип оптимальности Беллмана» и «Принцип максимума Понтрягина». Работы сотрудников Института проблем управления РАН (тогда Института автоматики и телемеханики АН СССР) **Александра Ароновича Фельдбаума** и **Александра Яковлевича Лернера** были **предтечей** этих результатов. **А.А.Фельдбаум** сформулировал и доказал свою знаменитую «Теорему об n – интервалах», а для решения трудной задачи **синтеза** оптимальной системы предложил действенный «Метод попятного времени», который впервые в мире с успехом технически явно реализовал для системы 3-его порядка в своей кандидатской диссертации необычайно талантливый аспирант **Сун Цзянь** из КНР, обучавшийся в СССР в конце 50-х годов. Значительно позже **Сун Цзяню** за развитие идей этой работы была присуждена в Москве ученая степень доктора технических наук. **Сун Цзянь** до самого последнего времени был министром ключевого «Министерства Науки и Технологии КНР».

В Математическом институте АН СССР перед группой **Л.С.Понтрягина** и его талантливых учеников: **В.Г.Болтянским**, **Р.В.Гамкредидзе**, **Е.Ф.Мищенко** и других, **А.А.Фельдбаум** в серии семинаров мастерски изложил суть новой проблемы оптимального управления, существенно обогащая классические вариационные задачи.

А.Я.Лернер был предтечей идеи динамического программирования, когда ввел свои знаменитые изохроны, имеющие прямое отношение к методу динамического программирования Р.Беллмана.

Эти мощные импульсы принесли свои замечательные плоды. «Принцип максимума Л.С.Понтрягина» дал **необходимые** условия существования оптимальной траектории (оптимального управления). «Метод динамического программирования Р.Беллмана» фактически дал **достаточные** условия существования оптимального управления и соответствующей оптимальной траектории в предположении существования и дифференцируемости **функции Беллмана** (аналог функции действия Якоби в механике).

Задача оптимального управления получила свое решение с двух сторон: 1) со стороны **необходимых** условий оптимальности и 2) со стороны **достаточных** условий того же.

Получилась красивая фундаментальная смычка классической механики и современной теории оптимального управления: **Понтрягин-Гамильтон**, **Беллман-Якоби**. Конечно, до получения вместе необходимых и достаточных условий оптимальности «дотянуть» не удалось, но это – отдельная очень непростая и принципиальная задача с неясным ответом.

Отметим также, что **А.А.Фельдбаум** впервые дал замечательную **геометрическую** интерпретацию оптимального управления на основе «Принципа максимума Понтрягина» и «Динамического программирования Беллмана», откуда ясно была видна связь оптимального управления и аналитической механики, принципа максимума и динамического программирования.

Оптимальное управление имеет прямое отношение к Законам Природы, например, в виде вариационных принципов в описании реальностей.

В теории оптимального управления аккумулируются фундаментальные методы и результаты вариационного исчисления и экстремальные принципы физики, включая механику и другие дисциплины. Важно отметить, что все законы природы носят ограничительный характер и тем самым они показывают, чего можно добиться, по крайней мере, в идеале, а чего в принципе достичь невозможно в данных условиях.

Великий **Леонард Эйлер** писал: - «Бог так устроил Природу, что в ней нет ничего такого, в чём бы не был виден смысл какого-нибудь максимума или минимума». Вариационные принципы и оптимальное управление становятся главными принципами, а симметрия становится ведущим понятием. В современной теоретической физике элементарных частиц симметрия остается почти единственным **действенным понятием** и «путеводной звездой», позволяющей продвигаться в направлении осмысления непостижимо сложной реальности.

Нужно отметить важную особенность теории оптимального управления, состоящую в том, что она впитала и продолжает впитывать в себя, как губка жидкость, огромное число самых разнообразных математических понятий, представлений и результатов самых различных математических дисциплин (анализ, алгебра, геометрия, топология, теория чисел, теории вероятностей, статистики и т.д., и т.п.). Трудно назвать математическую дисциплину, которая не имеет никакого отношения к теории оптимального управления.

В этом смысле теорию оптимального управления можно назвать крайне **синтетической** научной дисциплиной.

Теория оптимального управления имеет ясный и широкий прикладной смысл, ибо любая система должна работать высоко эффективно с технологической, экономической и социальной точек зрения.

Вспоминается замечательное выступление выдающегося ученого и организатора **А.И.Берга**, академика и полного адмирала, на одном из заседаний общего собрания Академии наук СССР, посвященном проблемам управления народным хозяйством, где он

говорил: «Кто сказал, что себестоимость должна быть минимальной? Это – бред собачий! Себестоимость должна быть **оптимальной!**»

Он был всегда крайне нетерпим ко всякого рода малограмотности и безобразиям в народном хозяйстве, в науке и выражал мысли с военной прямоотой и недвусмысленностью. Он и саму кибернетику определял как «науку об оптимальном управлении».

- Понятие оптимальности – широкое философское и **жизненно** важное понятие. В идеале **Всё** должно быть оптимально, Всякие **крайности** – плохи. В повседневной жизни оптимальности соответствует **чувство меры, чувство точности**: не больше и не меньше, а **в точности** то, что нужно.

Отметим важную принципиальную особенность **оптимального** управления, заключающуюся в том, что часто оно **невозможно** без правильного **предвидения** и **прогноза**.

Как предельно коротко формулировал в свое время профессор А.А.Фельдбаум: «Помехи на входе системы надо отфильтровывать, помехи на выходе - отслеживать».

Здесь как раз и нужно предвидение (оценка, прогноз) условий **будущего** управления. Чем лучше предвидишь, учиываешь и согласовываешь больше факторов, тем лучше управляешь. Это совершенно общее философское утверждение, применимое и в целом, и в частях, и к отдельному человеку, и к обществу.

А.А.Фельдбаум в 60-х годах XX века, помимо многого другого и важного, создал начала основополагающей теории, названной им «Теория дуального управления». Болезнь и ранняя смерть в возрасте 55 лет, не дала ему развить ее. Смысл этой теории, которая развивается и сейчас, спустя более 40 лет, состоит в том, чтобы вырабатывать такие воздействия на объект, чтобы они были **одновременно и управляющими , и изучающими**. Такой подход можно рассматривать как теоретико-игровой подход с обратной связью в сложной «игре» с непостижимо сложной реальностью.

Имеет смысл сделать несколько замечаний о **личности** А.А.Фельдбаума. Он был и остается непревзойденным образцом **уникальной** личности, отличающейся своей необыкновенной цельностью, недвусмысленностью и индивидуальностью. К сожалению, только на последнем этапе его жизни я был с ним тесно связан, когда он перешел работать в наш Институт.

Он был не только гениальным ученым, признанным во всем мире, по книгам и учебникам которого учились и учатся поколения специалистов во всем мире, но, что не менее поразительно – он был гениальным, если так можно сказать, и в смысле **всех чисто человеческих**, душевных качеств и не на словах, а на деле – доброты, щедрости духовной

и материальной, высочайшей порядочности, доброжелательности, честности, высочайшей принципиальности, **открытой** непримиримости ко всякого рода несправедливости и безобразиям в повседневной жизни.

Его внутренняя организация и трудолюбие были фантастическими – **никогда** я не видел его расслабленным или ведущим какие-то «легкие» разговоры, он всегда упорно и интенсивно работал в полную силу, учился сам и учил других. Он всегда понимал важнейшую роль математики в науке. По окончании МЭИ он еще кончил мехмат МГУ. Если он выступал на каких-то собраниях с докладами и в дискуссиях, и если на выступление отводилось, например, 7 минут, то можно было засекают время по часам с секундной стрелкой: точность этого интервала у него составляла малую долю минуты, несколько секунд. Мы специально проверяли это по часам. Если он критиковал, то критика была исключительно точна и исключительно корректна, а подчас и остроумна. Помню одну его образную фразу с юмором, когда он критиковал докладчика на одном из семинаров: «Нельзя классифицировать вычислительные машины на аналоговые и с панелями, выкрашенными в зеленый цвет».

Его книги и статьи отличаются высочайшей ясностью, точностью, краткостью и огромным охватом важнейших тем предмета. Его замечательная личность может служить непревзойденным образцом для подражания во все времена.

Вспоминаю, как я заходил к нему в кабинет, чтобы услышать критику какого-то своего результата или идеи, и **всегда** заставал его за рабочим столом, делающим математические вычисления, чертящего принципиальные и электронные схемы, пишущим параграфы своих замечательных монографий или учебников. И, как правило, сразу слышал указание: «Толя! Писать надо!» Воистину правильно! Именно это заставляло меня упорно трудиться с тем, чтобы научный текст приобретал точность, ясность и краткость, т.е. стиль самого Учителя, насколько мне позволяли мои способности.

- После окончания с отличием почти одновременно Московского института стали и мехмата МГУ трудами и заботами Александра Яковлевича Лернера, который преподавал в институте стали, мне посчастливилось сразу попасть в Институт автоматики и телемеханики, который сейчас известен как Институт проблем управления РАН. И еще посчастливилось в том, что это была эпоха становления и бурного развития теории оптимального управления.

Уже первый синтетический (металлургическое производство и математика) взгляд на проблемы управления тепло-химическими производственными процессами позволил увидеть **новый** и очень широкий класс задач – **класс задач оптимального управления**

системами с распределенными параметрами (СРП), которые оказались столь яркими и характерными для металлургической промышленности.

В отличие от систем с сосредоточенными параметрами, которые описываются **конечным** набором числовых параметров или, в механических терминах, **конечным** числом степеней свободы, СРП описываются **бесконечным** набором числовых величин или **функциями** одной или нескольких переменных. Соответствующие уравнения для этих функций являются уравнения с частными производными, интегральные, интегродифференциальные и другие возможно более сложные функциональные уравнения.

Более того, задачи управления СРП ставятся для управления множествами, операторами (например, их спектрами), дисперсионными соотношениями и вообще самими математическими структурами в самом широком смысле этого понятия.

Таким образом, мы видим, что проблема управления СРП ставится довольно широко и глубоко.

Очень быстро стало ясно, что важные процессы во многих других отраслях промышленности и вообще техники **нужно** при управлении ими рассматривать как процессы с распределенными параметрами, происходящими вместе и во времени, и в пространстве.

Более того, выяснилось, что распределенные процессы важны и характерны для других, не физических объектов, например, в экономике.

Однако, эти обобщения делались далеко не ради самих обобщений. Обобщение без цели, чисто формальное и прямолинейное часто не приносит никаких значительных результатов. На мехмате в МГУ для такого рода работ придумали нелестное слово – **обобщательство**. Нужно было создавать действенные основы нового направления.

Дело в том, что теория оптимального управления СРП в своем приложении ставила себе целью создание действенных принципов и методов для построения систем управления **конкретными** объектами, работающими **наиболее эффективно** в том или ином смысле этого слова.

Поэтому всегда надо помнить Принцип: Математическое описание конкретных объектов **должно зависеть** от тех **задач**, которые мы ставим при рассмотрении данных реальных объектов.

Например, если мы создаем или управляем пропеллером самолета или колесом движущегося экипажа, то для одних задач нам будет вполне достаточно описать их уравнениями Ньютона, как вполне **сосредоточенную** систему вида $J\dot{\omega} = M$, где J - момент механической инерции колеса относительно оси вращения колеса, ω - его угловая скорость и M - общий момент сил, действующих на колесо.

Однако, если мы ставим для этого колеса или пропеллера другие задачи, например, задачу подбора материала и конструкции, то «простыми» уравнениями и теориями уже не обойдешься. Здесь понадобятся, как минимум, уравнения с частными производными теории прочности, упругости или пластичности, а то и более сложные уравнения, например, интегро-дифференциальные.

К счастью, работы по теории управления СРП нашли широкий отклик в мире. В Институте проблем управления были написаны сотни статей и дюжина оригинальных почти не пересекающихся по результатам монографий на тему управления СРП, восемь из которых переизданы на Западе.

Начальная реализация технической идеи создания, конструирования **сплошных активных искусственных сред**, изложенная в книге А.Г.Бутковского и Ю.И.Самойленко «Управление квантово-механическими системами», можно рассматривать как первую попытку создания новых пространственно-временных, активных сплошных сред, в которых действуют ещё и принципиально другие, отличные от естественных, синтезированные законы. Здесь речь идет о создании принципиально нового типа **пространственно-временных распределенных регуляторов** (систем управления).

Здесь ни в коем случае речь не идет об «отмене» естественных Законов Природы, а речь идет об их дополнении за счет создания качественно новых, рукотворных активных сплошных сред. Такие среды играют роль **распределенных регуляторов**, которые могут, например, использоваться в установках ядерного синтеза для устойчивого удержания высокотемпературной плазмы.

В последнее время появились новые интересные и важные аспекты теории **управления СРП**, а именно, **фрактальные управления** («детерминированный хаос», включая **всюду разрывные** на положительной мере, как, например, в «Теории подвижного управления») и процессы, описываемые уравнениями с интегралами **дробной кратности** и частными производными **дробного порядка**.

Возникла интересная и практически важная задача «интегрирования классически неинтегрируемых» систем уравнений с частными производными, где в качестве их решений (интегралов) рассматриваются «многомерные скользящие («шероховатые») поверхности», как обобщения известных одномерных скользящих режимов. Один математик сказал: «Всё должно быть проинтегрировано».

Когда мы практически сталкиваемся с подобными задачами, то возникает серьезная математическая проблема точной математической **постановки** этих задач, не говоря об их решениях: аналитических или вычислительных. С какими достаточно широкими **классами** решений (функциями) здесь надо иметь дело? В каком **смысле** эти функции

должны удовлетворять тем или иным классическим линейным и нелинейным интегральным уравнениям и, например, ещё с частными производными?

Вот уж здесь точно только сама **постановка** этих задач составляет добрую половину всех трудностей, если не больше.

Эти новые нетривиальные проблемные задачи управления, в том числе и оптимального, появились не «от хорошей жизни», а как самая насущная потребность развития техники и технологий, в которых протекают более сложные, по сравнению с ранее известными, и более тонкие процессы, которыми нужно **управлять** для получения новых, ранее невиданных эффектов. Вспоминаются и слова замечательного математика Клиффорда: «...actually there are not only any smooth and even continuous spaces».

- Невозможно не упомянуть, хотя бы кратко, об одной новой парадигме в кибернетике. Речь идет о проблеме **совместного** проектирования объектов **вместе** с системами управления и регулирования с обратными связями. Такое проектирование еще в 60-х годах прошлого века в нашей лаборатории было названо «**Интегрированным проектированием**». Ведь в самой природе, в какой-нибудь её сущности бывает очень трудно разобраться, где у нее объект регулирования, а где регулятор. Идею совместного (интегрированного) проектирования мы пытались осознать и развить на примере создания Интегрированного (совместного) проекта АТК (автоматизированного технологического комплекса) печи-прокатные станы. В то время в металлургии существовали довольно мощные отраслевые институты и проектно-конструкторские организации, **совместная работа** с которыми **обеспечила** нам внедрение этой новой предложенной нами идеи на ряде вновь строящихся комбинатов, в том числе и за рубежом.

Впоследствии, в этой фундаментальной цепи: **академические институты – отраслевые институты – производство**, было разрушено совершенно необходимое **среднее** звено, в результате чего цепь распалась, и достижения научной мысли уже не могли оказывать постоянное влияние на развитие производства.

Если говорить общее, то, по сути, мы опирались на фундаментальную идею, на которой стоит вся природа, на идею «локальной (детальной, распределенной) калибровочной компенсации (инвариантности, симметрии)».

Эту новую парадигму, открытую физиками в природе, надо продвигать дальше, в том числе, и в технику. Дело, по крайней мере, надо довести до того, чтобы, например, летящий самолет, ракету мы рассматривали как «летающий распределенный регулятор».

Надо добиться того, чтобы такой термин, шокирующий и непонятный, стал бы вполне осмысленным и научным.

- В кибернетике изучаются следующие основные «чистые» виды систем, классифицируемые по виду их описания:
распределенные – сосредоточенные,
непрерывные – дискретные,
стохастические – детерминированные,
нелинейные – линейные,
динамические – статические - кинематические.

Существует еще много видов «смешанного» описания систем, например, дискретно-непрерывные, распределенные-статические, стохастические динамические линейные и т.д.

В механике системы классифицируются в зависимости от вида **связей**: голономные, реономные, склерономные, интегрируемые, неинтегрируемые и другие.

- Важнейшим атрибутом человеческого сознания является **внимание**. Внимание является первым шагом нашего сознания, совершенно необходимым для успешного осуществления любой деятельности. Внимание особенно важно в труде и учебе. Невнимательность – крупный недостаток в характере человека, от нее надо избавляться с детства, со школьных лет. Родители школьников часто слышат упреки учителей: - «Ваш ребенок - невнимательный». Надо научиться **управлять** своим вниманием: избавляться от рассеянности, научиться **концентрировать** и **удерживать** свое внимание на важном и главном, что подчас требует недюжинной силы воли, которую нужно воспитывать в себе.

Феномен внимания – рефлексивный феномен в том смысле, что для управления вниманием снова нужно внимание. Детривиализация этой рефлексии – далеко нетривиальное дело. Феномен «внимания» составляет трудную проблему психологии, а психология – пожалуй, самая трудная и, как иногда говорят, самая «темная» из всех наук. Недаром говорят: - «Чужая душа - потемки», да и в собственной душе подчас трудно разобраться и навести там порядок.

- Рассмотрим коротко фундаментальные концепции - категории нашего бытия.



К сожалению, иногда люди не разделяют эти понятия: **культуру смешивают с цивилизацией, а воспитание – с образованием**, в то время, как это **принципиально** разные категории, которые надо четко различать.

Цивилизация означает производство, технологии, **знания, науки, искусства, религии, литература** и еще массу конкретных предметов этой цивилизации: книги, театры, кинофильмы и т.д. и т.п.

Культура должна определять **смысл** цивилизации и её цели, мысли, идеи, чувства, желания, эмоции, этику, эстетику, веру, надежду, любовь, честность, ненависть, вражду и т.д.

К сожалению, часто **культуру путают еще и с искусством**.

Культура и цивилизация должны быть **неразрывны** как две стороны одной и той же медали, а образование без надлежащего воспитания подчас опасно. Более того, в идеале культура должна опережать цивилизацию и образование.

Сейчас мировое сообщество вступает в Постиндустриальную эпоху, и в некоторых сообществах наблюдается высокий уровень цивилизации, но, к сожалению, довольно низкий уровень культуры. Наблюдается высокая скорость роста цивилизации (включая, скажем, производительность труда) вместе с довольно медленным ростом культуры, а то и её падением, деградацией. Со временем нарушается соответствие (баланс) между цивилизацией и культурой. Нарастает существенный **разрыв** между уровнями развития того и другого (рис.8).

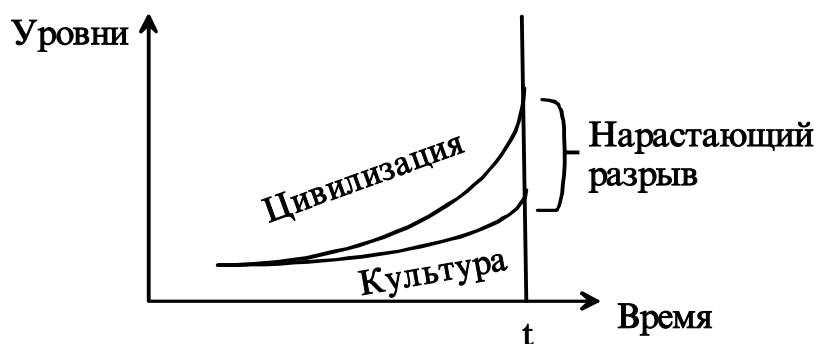


Рис. 8

Думается, что такое положение вещей чревато катастрофами. Наблюдается большой рост преступности и, как следствие, падение уровня культуры и воспитания (начиная с детства).

Одна из величайших идей Природы – это идея **иммунитета**, защиты от болезнетворных внешних воздействий. Кроме защиты **физиологической** у человека

должна быть еще защита **психологическая**, как говорят, должен быть **характер**. Она доставляется культурой, которая с детства доставляется воспитанием на основе жизненного опыта в обществе людей. **Это защита Разума Разумом**.

Дело, по-видимому, в том, что высокий уровень и скорость роста цивилизации создают невиданные доселе очень мощные усилители с большими и все увеличивающимися коэффициентами усиления, $K \gg 1$.

Из теории управления известно, что высокие коэффициенты усиления часто ведут систему к неустойчивости, если не принять соответствующих мер.

Например, небольшие группы людей могут терроризировать отдельные сообщества, а то и весь мир, что достигается благодаря очень высокому уровню развития очень мощного оружия разных видов.

Это очень опасная ситуация, но мы ее наблюдаем в мире все чаще.

Назрел, пожалуй, самый трудный и фундаментальный вопрос: как противостоять такому развитию событий? Ведь образование без воспитания тормозит развитие культуры, а то и разрушает ее. Культура придает смысл цивилизации. **Необходим приоритет культуры над цивилизацией**.

Сейчас в обществе имеются огромные **производительные** силы, сообщающие огромные ускорения за счет **невиданного** развития науки и автоматизации всех уровней, включая самые высокие уровни, почти во всех отраслях хозяйства той или иной страны. Сейчас в принципе **не надо** много работать, чтобы произвести много, с лихвой, самых разнообразных товаров и продуктов, чтобы достичь **материального** изобилия.

Возникает или уже возникла труднейшая проблема **занятости** населения, и не локальная, условная, относительная, а самая настоящая **фундаментальная** и **всеобщая**. Если не надо много работать на производстве, чтобы **все** жили в достатке, то спрашивается, каким трудом занять высвободившееся немалое количество времени для основной (огромной) массы населения?

Я специально употребляю слова **труд** и **трудиться**, вместо **работа** и **работать**. Не происходят ли последние два слова от слова раб? Ведь человека создал и создает труд, **творческий** труд на благо людей.

Ведь вынужденное безделье порождает множество психологических, социальных, а то и политических проблем. Конечно, можно сказать: «Пусть население занимается **самодетельностью**: учится, растит детей, ухаживает за престарелыми, занимается спортом..., да мало ли еще благородных дел!» Вот здесь-то как раз и необходима **культура** во **всех** слоях населения. А вот её, как отмечалось выше, **подчас** как раз и не достаёт: наблюдается рост пьянства, наркомании и преступности на **всех** уровнях. Таким

образом, производство культуры, если так можно сказать, в достатке для всех и каждого в выше упомянутом смысле, является **самой** трудной и **самой** фундаментальной проблемой человечества. Именно этой проблеме общества и государство, и наука должны уделять самое большое внимание: ставить эти проблемы и разрабатывать методы и методики их решения. Ведь все это происходит так быстро и интенсивно, что даже наука (философия, обществоведение, социология и др.) заметно отстает в разработке этой самой важной проблемы – проблемы жизни и смерти человечества.

Порядок надо не наводить время от времени, как часто говорят, а **все время поддерживать!** Последнее делать значительно труднее, нежели «время от времени» что-то восстанавливать с огромными издержками, а основное время жить в разрухе и беспорядке.

- Тысячелетия назад человечеством были выработаны и сформулированы фундаментальные, основополагающие, истинно **человеческие** принципы культуры. Их не так уж много: не убей, не кради, не лжесвидетельствуй, не лицемерь, чти отца и мать и некоторые другие. **Грехом** считаются, например, такие душевные проявления как зависть, гнев, гордыня (не путайте с гордостью), лень (мать многих пороков), безделье, нелюбовь к целенаправленному благородному труду, уныние, скупость, стяжательство, блуд, похоть, чревоугодие и др. Эти немногочисленные, но основные культурные принципы должны **знать** и **применять, как таблицу умножения, все люди**, начиная с самого **раннего детства**. Они должны стать **фундаментом** культуры и всего процесса воспитания и обучения, и всей жизни человека на **всем** ее протяжении. Теоретически с этим соглашаются почти все, независимо от религиозных конфессий (теорий), и атеисты. Без господства этих культурных принципов в жизни людей человечество обречено на неизбежную гибель, несмотря на фантастически высокий уровень развития цивилизации.
- Совершенно порочна и бесперспективна устремленность на деньги. Особенно это пагубно для молодых людей, только вступающих в жизнь, тем более, когда на деньги науськивают недалекие родители.

Такие люди забывают или вовсе не понимают, что деньги у них должны появиться как следствие, как **приложение**, как плата за их полезный или творческий труд, как результат их упорной и долгой учебы.

Ориентация на деньги любой ценой ведет только к переполнению тюрем и кладбищ молодыми плохо воспитанными людьми, которые хотели получить «все и сразу».

Невольно вспоминаются слова арии Германа из оперы П.И.Чайковского «Пиковая дама» на сюжет А.С.Пушкина:

«Что наша жизнь? Игра!
Так бросьте же борьбу,
Ловите миг удачи,
Пусть неудачник плачет,
Кляня, кляня свою судьбу!»

В каждой семье и школе **настольными книгами** должны быть «Уголовный кодекс РФ» и «Закон Божий», где ясно и недвусмысленно сказано, что можно делать, а чего делать нельзя в принципе!

Поэтому главенствующую роль в обществе должен играть принцип **воспитания и культуры**, без чего общество обречено на деградацию, несчастья и, в конечном итоге, на гибель. Без культуры и Божеского воспитания цивилизация просто опасна.

Безусловно, совсем без денег в современном обществе прожить невозможно, но, как сказал один наш крупный драматург в выступлении перед молодежью, денег должно быть лишь **достаточное** количество для обеспечения нормальной жизни.

Конечно, есть профессии, скажем, финансисты, банкиры, для которых деньги – это суть их профессии, и они, по большому счету, приносят определенную пользу обществу. Но надо помнить, что, как и во всякой специальности, к этому нужно иметь определенный талант, а общее количество таких «денежных» талантов составляет только малую долю процента.

«Миром правят интересы и страсти» - гласит известное высказывание. Но важно и нужно, чтобы «интересы и страсти» несли добрый, Божеский смысл.

- Приблизительно рост знаний и технологий можно описать экспонентой $\exp(t/T)$, где t - время, а T - постоянная времени развития, которая, в перспективе тоже зависит от времени t и стремительно уменьшается с прогрессом. В XX веке параметр T приблизительно был равен времени одного поколения людей, около 25 лет. Сейчас, в XXI веке наблюдается значительное уменьшение величины T .

Если раньше технический прогресс реализовывался за несколько лет, а то и десятилетия, то сейчас характерное время модернизации сильно сократилось и фактически наблюдается почти **непрерывная** (перманентная) модернизация, обновление, как в малом, так и в большом. Реализация такого процесса **невозможна** без владения именно фундаментальными научными знаниями и умением их применять в различных комбинациях. Вот чему надо учить молодежь! Конечно, как и во всяком деле, крайности (экстремизм) плохи, всё надо делать и рассчитывать **оптимально**, с умом. «Не ломай

старого, пока не сделал и не проверил новое», а то можно «наломать дров». «Лучшее – враг хорошего» - бытует и такая поговорка.

Ясно, что такое положение дел в развитии производства и науки порождает соответствующие крупные проблемы в образовании (если не сказать **кризис**): чему и как учить поколения, причем в **ограниченное** время?

Одна из компонент стратегии выхода из этого трудного положения состоит, на мой взгляд, в преподавании и изучении самых **общих** и **фундаментальных** (базовых), как говорят, продвинутых принципов математики, физики, химии, биологии и т.д. Конечно, это не легко, ибо, как правило, такие принципы формулируются в абстрактных и общих понятиях, усвоить и применить которые далеко не тривиальная задача, требующая способности и упорного умственного труда. **Но другого пути не видно**. Если и можно на что-то надеяться для выхода из этой серьезной **критической** ситуации, то **необходимым** инструментом здесь является фундаментальная наука. Конечно, при этом нельзя забывать другую, не менее фундаментальную **необходимость** – огромные морально-этические проблемы воспитания, порождающие политические, социальные, экономические и многие другие труднейшие и насущные проблемы повседневной жизни.

Золотое время молодости надо **максимально** полно использовать для изучения именно **фундаментальных наук** для получения знаний **самого** высокого уровня, достигнутого к тому времени. У немцев есть замечательная поговорка: «То, что Гансик не выучил, то Ганс не выучит». Молодой мозг наиболее восприимчив к ним. К сожалению, в некоторых школах и высших учебных заведениях существуют преподаватели и профессора, которые этого не понимают. Тратится много бесценного времени на «изучение» ряда чисто описательных технологических (технических) дисциплин и «производственных практик», которые устаревают еще до окончания учебного заведения школьниками и студентами.

На самих производственных предприятиях находились люди, даже из инженерного и руководящего состава, которые возмущались и негодовали по поводу того, что студент или молодой специалист приходит из вуза и не умеет работать на данном производстве. На такие обвинения я отвечал: «И не надо молодым специалистам это уметь и знать». Такой ответ часто вызывало бурю негодований. Но ведь действительно, хорошо теоретически подготовленный молодой специалист с передовым научным кругозором и знаниями уже через несколько месяцев прекрасно осваивался с данным производством и ясно видел, что нужно в нем менять и модернизировать, т.е. по существу и быстро осуществлять технический прогресс. Мне представляется, что непонимание этого способствует застою и отставанию в развитии.

Ученый в науке живет как на эскалаторе, который идет навстречу его ходу: чтобы продвигаться вперед надо все время без остановок бежать, даже остановиться передохнуть нельзя, - сразу сносит назад. Ужас и в том, что движение эскалатора навстречу еще и **ускоряется** со временем. («Эффект эскалатора»).

Невольно вспоминается строка: «... и вечный бой, покой нам только снится».

- Совершенно фундаментальную роль в человеческих обществах играют **языки**. Язык служит для **описания** смыслов, их **хранения, накопления и передачи** от одного человека другому, из одного места в другое. Он служит для установления связей между людьми, обмена мыслями, идеями, знаниями и др. Язык должен быть развит и гибок для отображения подчас очень сложных смыслов реалий.

Существует много языков: человеческих, животных, птиц, рыб, музыки, танцев, жестов, мимики и т.д. Сейчас создаются искусственные языки, например, языки программирования.

По-видимому, именно языки и их развитие сделали человека человеком, человечеством. Они являются основой не только цивилизации, но и культуры.

Существует очень трудная **фундаментальная**, но трудно формализуемая **проблема перевода** с одного языка на другой. Этими проблемами занимаются лингвистика и математическая лингвистика, между которыми существует отношение, примерно такое, как между логикой и математической логикой.

Разрешение проблемы языка и, в частности, перевода, включая **автоматический**, важно еще и потому, что человечество, состоящее из многих больших и малых народов, для того, чтобы выжить и развиваться, очень нуждается в **едином общечеловеческом** языке, который бы был достаточно развит и гибок для точного выражения на нем всех мыслей, понятных каждому народу. Но эта фундаментальная задача связана и обусловлена общим развитием цивилизации и культуры.

Представляется уместным вновь процитировать П.Я. Чаадаева.

«Неудовлетворительность философских приемов особенно ясно обнаруживается при этнографическом изучении языков. Разве не очевидно, что ни наблюдение, ни анализ, ни индукция нисколько не участвовали в создании этих великих орудий человеческого разума? **Никто не может сказать, при помощи каких приемов народ создал свой язык.** Но несомненно, что это не был ни один из тех приемов, к которым мы прибегаем при наших логических построениях. Это был лишь синтез от начала до конца. Нельзя себе представить ничего остроумнее, ничего глубже различных сочетаний, которые народ применяет на заре своей жизни для выражения тех идей, которые его занимают и которые ему нужно бросить в жизнь, и вместе с тем нет ничего более таинственного. Сверх того,

первобытный человеческий язык, несомненно, явился на свет разом, и это по той простой причине, что **без слов нельзя мыслить**. Но вот как образовались эти группы, эти семьи наречий, на которые распадается ныне мир, наши философы-лингвисты никогда не смогут этого объяснить. А именно в этих поразительных явлениях таинственно заключены самые **творческие** приемы человеческого разума, т.е. именно те, которые было бы всего важнее изучить».

Таким образом, мы видим, что человеческие языки доставляют нам блестящие и фундаментальные примеры самоорганизации и самосовершенствования.

- Существуют четыре уровня приобретенных научных знаний в ходе образования:
 1. **зубрежка** и механическое запоминание с последующим их воспроизводством;
 2. **понимание** концепций и связей между ними. Понимание означает установление связей данного с чем-то уже ранее понятым;
 3. **применение** полученных знаний для решения теоретических и прикладных задач в той или иной науке;
 4. высший уровень развития науки, **создание новых** научных теорий и методов с достаточно широким диапазоном применения.

Примерно этому по восходящей соответствуют ученые степени: 1) бакалавр – 2) магистр – 3) PhD, кандидат наук – 4) доктор наук.

- Рекурсии, итерации, повторения – важнейшие приемы обучения и запоминания: «Повторение – мать учения».

Трудность образования состоит и в том, что в науке, а, следовательно, и в образовании происходит быстрая смена **языков науки** с появлением новых понятий и парадигм всё более высокого и абстрактного уровня, сама жизнь с техническим прогрессом стала меняться очень быстро.

До сих пор в среднем время переходного процесса в смене научного языка происходило за 20-30 лет, т.е. в среднем за 25 лет, что равно времени одного поколения. Но сейчас, вследствие почти экспоненциального роста научных знаний, это обновление, по-видимому, будет идти еще быстрее. Более того, идет быстрая **дифференциация** наук, которая естественно сразу порождает проблему **интеграции** или, как говорят, **системного** подхода. Возникает очень насущная потребность перманентного обучения, «Век живи, век учись», - гласит мудрая народная пословица. Конечно, специалисты высшего научного уровня, если не хотят «отстать от жизни», так и делают, в основном, за счет постоянного самообучения. Но более широкие категории специалистов, для которых собственно наука не является основной специальностью, должны чаще проходить периоды интенсивного

обучения. У нас такое происходило на «курсах повышения квалификации». Всё это представляет одну из важнейших проблем общества. Пренебрежение этими реалиями ведет к деградации.

- К сожалению, мы часто видим плохо написанные научные тексты, например, статьи, представленные для опубликования в научных журналах. Как рецензент я часто сталкиваюсь с такими статьями. (см. замечательную статью Халмоша: «Как писать математические тексты»).

Я уже не говорю о чисто русском языке таких текстов, их грамматике и особенно синтаксисе. Я еще не говорю о стиле, а стиль подобного рода статей бывает просто удручающим. Статья пишется невероятно длинными фразами, занимающими подчас половину, а то и более страницы. Пока дойдешь до её конца, забываешь, что было в начале. Ведь это пишет не граф Л.Н.Толстой.

Такие фразы, конечно, отражают сумбур в голове по поводу темы статьи. Для одного понятия используют разные термины и случайным образом в разных местах текста. Пишут **сразу** на нескольких языках: математическом, физическом, техническом и еще, Бог знает на каком.

Такая же картина случалась у меня с моими новыми аспирантами. Для борьбы с этим ужасом пришлось к упомянутой выше статье Халмоша написать свое дополнение, учитывающее нашу специфику. Когда-нибудь может удасться её опубликовать.

Но **первыми** упражнениями для таких «новобранцев» у меня было задание такого типа: «Перепишите, пожалуйста, Ваш текст, но так, чтобы в нем были исключительно только **простые предложения**, т.е. никаких сложносочиненных и подчиненных предложений и других оборотов, и вообще, чтобы не было необходимости (за редким исключением при перечислениях) применять какие-либо знаки препинания кроме точки». Ведь, как нас учили в школе: предложение – это законченная мысль. А если мысли нет? Нередко её отсутствие и прячут (сознательно или нет) за ужасно длинными и неудобоваримыми фразами и словами. «Как же мучительно трудно было выполнить Ваше задание!» - говорили мне потом мои ученики. Но зато, как полезно! Сразу появляется **осознание** того, **что** ты пишешь, **о чем, что** хочешь сказать читателю.

- Назначение науки – добывать объективные знания в форме общих и частных теорий. Это – главное предназначение науки. Кроме этого, наука должна выдвигать гипотезы, разрабатывать методологию экспериментов и наблюдений, создавать приборы измерения и наблюдения, вычислительные устройства и машины, выявлять и устранять неточности и ошибки в ходе научной работы, разрабатывать учебные курсы, учебники, справочники, энциклопедии, воспитывать и обучать

молодежь, проводить периодические курсы повышения квалификации всех уровней, разрабатывать философию, методологию и терминологию науки, развивать принципы и методы моделирования и вычислений, наконец, широко пропагандировать науку за счет создания высококачественных научно-популярных произведений, особенно для школьников и студентов. Последнее является далеко не простым делом, которое могут сделать действительно хорошо только выдающиеся ученые, популяризаторы науки. Вспоминаются слова Нобелевского лауреата по физике Р.Фейнмана: «Если вы на пальцах не можете объяснить своей бабушке суть своей теории, то это значит, что вы сами её не понимаете».

Для общества в целом очень важна связь поколений: старшего, среднего и молодого, чтобы, как писал В.Шекспир, не «Распалась связь времен».

Наука – один из важнейших институтов общества. Застой и деградация науки отражает застой и деградацию общества, застой в обществе переносится и на науку.

- Есть примерно три большие категории сил, движущих производительность труда в обществе: 1) рабочие, 2) инженеры и 3) ученые.

Можно предложить конкретные математические формулы (статические, кинематические и динамические) для выражения влияния этих категорий на общий рост и интенсивность производительного труда в обществе.

Однако, и без точных, в той или иной мере, формул **качественно** ясно, что, например, если «бросят работу» рабочие, то общество узнает об этом очень быстро – уже через несколько часов или дней; если бросят работу инженеры, то общество почувствует это, скажем, через несколько месяцев, а, если бросят работу ученые (но рабочие и инженеры по инерции будут продолжать её), то общество ощутит это только через несколько лет, а то и более. Таким образом, самое большое **запаздывание** в развитии производительных сил общества имеет место по **каналу науки**. В этом- то и таится главная **опасность**: ведь только наука дает **ускорение развития в самом высоком порядке**. Поэтому науку стали называть **главной производительной силой общества**. Отсутствие главного ускорения, идущего от науки, **однозначно гарантирует** (раньше или позже) **отставание, застой и деградацию** общества по сравнению с теми обществами, в которых наука находится на достаточно высоком уровне.

Если даже руководители спохватятся и начнут всячески (экономически, морально и т.д.) науку стимулировать, то, в силу упомянутого выше запаздывания и большой инерционности, выправить печальное положение удастся далеко не сразу.

Более того, сама по себе наука это не та система, которая **сразу** начинает давать значительную отдачу после вложения денег (капитала). Ведь ученых надо ещё **вырастить**

(недаром здесь употребляют этот биологический термин). Будущие ученые должны пройти хорошую среднюю и высшую школу, а еще с большим трудом и упорством проучиться некоторое немалое количество лет в аспирантурах и докторантурах, чтобы стать **истинными**, а не «дутыми» учеными. Но и это не всё! Чтобы вырастить настоящих ученых, нужны педагогические кадры **высшей** квалификации. А где их сразу взять, если и они надлежало не воспроизводились? Это опять загадка и тяжелейшая общественная проблема.

Развитие науки и рост качественных научных кадров – это **перманентный, непрерывный** процесс. Всякое его нарушение означает **разрыв, провал**. Для его преодоления снова приходится начинать **всё с начала**, с огромными временными, экономическими и моральными затратами.

Таким образом, видно, что наука – это очень сложная и тонкая **системная проблема**, требующая к себе постоянного внимания, совершенствования и очень высокого уровня истинной культуры, образованности и деликатности.

Почему, например, деликатности? А всё дело в том, что **катализатором** науки, как правило, являются не широкие «массы» ученых, а **отдельные** очень талантливые и, если повезет, гениальные личности со всеми их достоинствами и недостатками. Именно они являются машинистами и локомотивами этого очень не простого состава, который и называется наукой.

- **Электронная структурная энциклопедия.** Согласно “2000 Mathematics Subject Classification”, приведенной в 2000 году в журналах “Mathematical Review” и “Zentrblatt Mathematics”, современная математика включает около сотни наименований очень крупных её разделов и около шести тысяч наименований подразделов.

Идею и методологию электронной структурированной энциклопедии (ЭСЭ) мы попытаемся описать на примере математики. По-видимому, математика из всех наук представляет собой наиболее структурированную науку. Да и сама математика определяется нами как наука **о структурах и их симметриях**. Конечно, ЭСЭ могут и должны создаваться и для других отраслей науки.

Перечислим её некоторые характерные черты.

1. Наибольшая эффективность ЭСЭ должна достигаться при высоком уровне **автоматизации** при ее использовании для широкого круга пользователей. Сегодня высокий уровень этой автоматизации может быть достигнут на базе интерактивных **гипертекстовых** компьютерных средств и сред, в которые ЭСЭ должна быть помещена.

2. ЭСЭ может иметь несколько концентров, уровней и объемов того или иного раздела. Она может быть ориентирована на **разные** группы пользователей. Например, можно выделить три их большие группы: 1) школьники, студенты, любители; 2) аспиранты, преподаватели, специалисты различных отраслей знаний; 3) профессионалы.
3. ЭСЭ может быть использована для различных целей: 1) как справочник, 2) как учебник, задачник, учебное пособие, 3) как источник получения детальных или беглых представлений о тех или иных, больших или меньших разделах и понятиях.
4. ЭСЭ должна обладать способностью быть легко перестраиваемой и корректируемой. Она должна представлять собой живой и развивающийся организм. Эта способность может обеспечиваться самим принципом построения ЭСЭ, а именно, **блочно-структурным принципом (БСП)**, который дает возможность корректировать вплоть до полной смены **содержание** любого блока ЭСЭ и **связи** между разными блоками ЭСЭ.
5. Поскольку, например, математика изучает структуры, то в основе ЭСЭ математики лежат блоки, соответствующие тем или иным математическим структурам (отношениям, пространствам, системам, моделям). Среди них должны быть выделены блоки, соответствующие “элементарным” математическим структурам (простейшим, основным, исходным, например, метрическое пространство, отношение порядка, отношение эквивалентности и др.). Другие блоки соответствуют “сложным” математическим структурам, получающимся “комбинациями” элементарных структур, например, сначала бинарным, потом тернарным и другим с указаниями способа их *согласования* (взаимодействия). При этом под **элементарным** блоком можно понимать не только простейший (далее неделимый), но и любой блок, структура которого **достаточно хорошо** изучена.
6. При изучении каждого блока, соответствующего некоторой простой или сложной структуре, большое внимание должно уделяться **симметриям** данной структуры, т.е. её преобразованиям и отображениям, которые что-то в этой структуре **сохраняют**. Другими словами, внимание уделяется проблеме инвариантности данной структуры под действием тех или иных преобразований.
7. В ЭСЭ математики может быть полезен **аксиоматический** метод построения и изложения математических теорий и дисциплин с определенным (возможно, разным для разных групп пользователей) уровнем строгости формулировок и доказательств в соответствии с уровнем требований той или иной категории пользователей - от школьников и любителей до профессионалов.

8. В ЭСЭ математики при изложении той или иной дисциплины или описании математической структуры используются “неделимые единицы знаний” или по-другому, **атомы, гранулы** знаний, информации, данных.

Их небольшое количество - это **определения, аксиомы, теоремы** и их доказательства. Из этого набора “атомов” в виде **графа** логических связей, создается **канонический** остов или скелет любой дисциплины или теории. Он составляет “суть дела”, но не может служить привлекательной базой для **широкого** круга пользователей из-за его “сухости”.

“Канонический скелет” дисциплины или теории должен сопровождаться целым набором атрибутов для его оживления. Перечислим некоторые. Прежде всего, это:

конкретные примеры различного уровня, что составляет “душу” того или иного вопроса и результата;

контрпримеры - экзотические, неожиданные, неочевидные, показывающие **особенности** и “подводные камни”, предупреждающие о возможных недоразумениях и ошибках;

упражнения, позволяющие уяснить суть общих формулировок;

задачи (разного уровня сложности), позволяющие понять суть дела и овладеть результатами теории, чтобы далее их применять;

проблемные задачи, решение которых позволяет развивать данную теорию;

формальные и неформальные замечания;

мотивацию, неформальные комментарии к тому или иному “атому” информации, в частности, с указанием связей с другими математическими дисциплинами, а также возможностей и примеров применения данного результата в других разделах данной науки или других науках;

перспективные и исторические обзоры, справки, методологические замечания и другие приложения, например, графические, вычислительные, алгоритмические и программно-компьютерные средства, библиография;

литературные ссылки с комментариями, **именные** и **предметные** указатели простых и сложных терминов.

Все это может и должно в любой мере сопровождать каждый формальный элемент, например, аксиому, определение, теорему, доказательство.

Этим обеспечивается оптимальное сочетание формальной строгости и точности с неформальным содержанием, включая “популярные” объяснения.

Подчеркнем, что смысл ЭСЭ состоит именно в четкой структуризации знаний, представляемых отдельными структурами (блоками). Структуры (блоки) могут быть

простыми и сложными. При описании сложного блока надо 1) четко перечислить **все** более простые структуры, составляющие его описание и 2) четко описать способы **взаимодействия** между собой всех простых составляющих.

Что касается программно-компьютерного обеспечения, реализующего создание ЭСЭ, то здесь можно использовать большие достижения в построении **реляционных** баз данных.

Еще раз подчеркнем, что создание таких энциклопедий или справочников в **доэлектронную** эру было практически **невозможно**.

Только современные машинные возможности делают такого рода издания **живыми организмами**, постоянно развивающимися и обновляющимися.

- Более десяти лет тому назад, когда стали ясными новые фантастические, революционные возможности **Интернета**, я предложил (были соответствующие «Записки» институтскому начальству) создать, как я его тогда назвал, «**Открытый** электронный научный журнал (ОЭНЖ)» или «Инверсный электронный журнал (ИЭЖ)».

Основная идея этого журнала состояла в том, что **ОЭНЖ** должен носить **инверсный характер** по отношению ко всем имеющимся научным изданиям, как бумажным, так и электронным, которые неукоснительно следовали основному принципу: **сначала рецензии** (причем, положительные), **а затем публикации**, т.е. **рецензия → публикация**. Я предложил **инвертировать** эту парадигму, заменить её **обратной: публикация → рецензии**, т.е. **сначала публикация, а затем рецензирование**, включая замечания, обсуждения и прочее. Причем дискуссия и **всевозможные** отклики на неё по уже помещенной статье должна помещаться **рядом** с текстом статьи, т.е. открыто и общедоступно.

Для начала я предложил создать **такой** ОЭНЖ в нашем Институте для апробирования новой идеи.

Когда я начал обсуждать предложение такого ОЭНЖ, то наиболее «веское» и, пожалуй, наиболее частое возражение состояло в том, что «будут печатать всякую чушь и бред». На это я им отвечал: «Так это замечательно! Мы почти бесплатно будем **знать**, кто пишет всякую чушь, бред, занимается графоманством и т.д.».

Я также вспомнил метод Российского царя Петра Великого, который **заставлял** всех своих вельмож **открыто** выступать по тем или иным вопросам и говорил: «Пусть **дурь** каждого видна будет!»

Были и другие возражения, но их можно было отнести на счет еще **неосознания** факта появления фантастических новых возможностей.

Преимущества такого **инверсного** подхода к проблеме публикаций можно перечислять долго, например, быстрота публикации, существенно большее число потенциальных, свободных и открытых рецензентов и дискуссий (а не «келейных», одного-двух, как в обычном журнале), исчезающе малая стоимость публикации (необычайная дешевизна), широкая мировая доступность текстов, легкость и быстрота их получения и т.д. и т.п.

К сожалению, редакционные коллегии и Издательства не заинтересованы (ни по престижным, ни по финансовым соображениям) в свободных публикациях и Инверсных журналах. Но думается, что их позиции под действием Интернета будут со временем ослабевать.

- Наука – важное творение Бога, данное Им человечеству, чтобы отдельный человек и человечество в целом лучше понимало Его замыслы и идеи.

Самого Бога, по-видимому, надо понимать как **непостижимо сложную сущность**. Он **всё** создает, **всё** наблюдает и всем управляет, определяет начало и конец всему и вся, включая Вселенные. Бог – единственный Абсолют, всё остальное – условно, относительно.

С помощью науки нельзя ни доказать, ни опровергнуть существование Бога, ибо сама наука есть творение Бога.

Почти все великие ученые во все времена верили в Бога.

Наука служит для добычи **Знаний** о природе и жизни, используемых для **блага** или **зла**, а **Вера** – главная путеводная звезда, свет которой идет на людей от Бога.

Знание и Вера – это дополнительные категории, усиливающие друг друга при их взаимодействии. Они – **Ум и Разум** соответственно.

У преступников подчас есть недюжинный Ум, но нет Разума.

Великий М.Ю.Лермонтов писал: «... и мысли, и дела Он знает наперед».

Поэтому тщетны попытки некоторой части людей обмануть Бога, что-то от него утаить. Это смешно, нелепо, грешно.

Человек и человечество созданы Богом для **счастья, радости** и полноценной жизни **в постоянной учебе, труде и развитии** (а не деградации), для постепенного лучшего понимания Его замысла.

В этом смысле различные **религии** – это различные «теории Бога», а так как Бог – это непостижимо сложная сущность, то их (религий) может быть много, каждая из них отражает только часть этой сущности.

Во времена гонений на Бога само слово Бог было под строжайшим запретом. Верующие люди, чтобы обойти запрет, стали использовать другой термин – **Природа**.

«Без Бога нация - толпа» писал поэт.

Самое большое благо, которое Бог дал человеку – это большая степень свободы в его мыслях, помыслах, замыслах, планах и делах, сформированных в его нервной системе и мозге. Такой дар свободы накладывает на отдельного человека и на все человечество **огромную ответственность**, которая выражается часто в таких понятиях как **мораль** и **этика**.

От рождения до смерти человек проходит ряд **испытаний**. За праведность Господь поощряет человека, а за грехи и неправедность наказывает так или иначе, рано или поздно.

Не буду перечислять Заповеди Божьи и «смертные грехи», они **должны** быть общеизвестны. Здесь только отмечу, что **лень, безделье** – тягчайший грех, **источник** почти всех остальных грехов.

Для испытаний и наказаний служит такое творение Бога, слуга Бога, как дьявол. Дьявол служит для двух целей: 1) **испытывать** (соблазнять), **тестировать** людей на их праведность, преданность делу Бога и 2) **наказывать** людей, а то и целые их сообщества, за грехи, неправедное, нечестное поведение и низменные поступки.

Материальное тело человека – **смертно**.

Душа человека – **бессмертна**.

Душа человека – это **самоощущения своего «Я»**, это **обратная связь, регулятор наивысшего** порядка, дающий такое **самоощущение**.

Такой регулятор воплощается в фундаментальном понятии **Воля, Сила Воли**. Недаром говорят, что безвольный человек – игрушка в руках дьявола.

Воля концентрирует все жизненные и духовные силы человека для Богоугодных дел. Она помогает не поддаться дьявольским искусам.

Нужно всегда помнить, что человек постоянно находится под наблюдением Бога. «... Есть, есть Божий Суд...», писал М.Ю.Лермонтов.

У Бога предельно точная «бухгалтерия», учет всех праведных и греховных дел, поступков и помыслов всех людей вместе и каждого человека в отдельности.

В соответствии с этой оценкой Бог назначает человеку его дальнейшую материальную жизнь. Эта жизнь будет **счастливой** и **радостной** или **несчастной** и **безрадостной** в зависимости от итога Суда Божьего, Его Приговора.

Возможно, что по Воле Бога реализация каждой **последующей** жизни человека будет происходить в разных условиях и разных местах Вселенной.

Таким образом, счастье человека в его собственных руках.

И никакого рая или ада в «загробном мире» после смерти человека не существует. В них нет смысла. **У Бога всё делается со смыслом и значением.**

Рай или ад Господь создает для человека непосредственно во время его очередной материальной жизни, в соответствии с Его Приговором.

Бог снабдил нас **Умом и Разумом вместе** – этими важнейшими инструментами жизни. И, наверное, не зря! Большой грех пренебречь ими! Известна народная поговорка: «Если Бог хочет кого-то наказать, то лишает его Разума».

Бог – величайшая **стабилизирующая, упорядочивающая** и облагораживающая идея и сущность. Выше этого нет ничего. Один ученый говорил, что даже если на мгновение предположить, что Бога нет, то Его надо было бы сотворить. Ведь отсутствие Бога в душах людей часто ведет к **вседозволенности**, ничем и никем неограниченной, которая нередко ведет к несчастьям, к разгулу преступности и, в конечном итоге, гибели людей и целых сообществ. Недаром гордыня (не путайте с гордостью) считается тягчайшим «смертным грехом».

- В реальности, в обычной жизни идеальных объектов не существует: «Всё имеет свои преимущества и недостатки». Терпите недостатки за преимущества и отвергайте их, если нет сил терпеть недостатки, которые перекрыли все преимущества и достоинства. Но всё это очень индивидуально.

Заголовки тезисов

- Всякая реальность непостижимо сложна, нет даже двух абсолютно одинаковых реальностей.
- Наука – метод постепенного познания реальностей, это взаимодействие теории и опыта, а теории должны быть математическими.
- Философия – наука о смысле всего сущего.
- Логика – наука о формах смысла и языках.
- Математика – наука о структурах и их симметриях.
- Кибернетика – наука об управлении, информации и системах.
- Кибернетика – наука об обратных связях и оптимальном управлении.
- С помощью графов можно выразить почти всё.
- Кибернетика – механика математики.
- Гипноз – это прерывание обратной связи в мозге.
- Структура – это отношение, предикат. Исходные структуры в математике.
- Почти вся математика стоит на тождествах.

- Симметрия – математическая абстракция.
- Усложнение идет по пути усложнения симметрий.
- И уравнения исчезают – остаются одни симметрии.
- «Закон 100% эффективности математики». Прямое и обратное утверждения.
- П.Я.Чаадаев: «Каждая теорема осуществляется в природе».
- «На $\varepsilon > 0$ выше тривиальной, и чем меньше ε , тем лучше».
- «К единой геометрической теории управления».
- Управление – это функция выбора в аксиоме Э.Цермело.
- Управление – это связность в расслоении.
- «Управленческая парадигма Мира» - мир стоит на регуляторах.
- Блочно-структурный способ представления систем.
- Флуктуации = ошибки регулирования.
- Понятия – основа мышления и науки.
- Иерархия – способ борьбы с большой размерностью и сложностью.
- Истинное утверждение – глубоко, если противоположное ему – тоже истина.
- Диалектика – наука о согласовании противоположностей.
- Сначала – понятия, а затем – формулы и уравнения.
- Не надо лекций для стандартных курсов
- Пониманию научить нельзя, ему можно только научиться
- «Применение – мать учения».
- Решайте как можно больше задач – это способ научиться думать.
- Не спорить, а дискутировать.
- Нельзя спорить с учителем. «Учитель – следующий за Богом».
- «Науки сокращают нам опыты быстротекущей жизни». А.С.Пушкин.
- Идентификация – интерпретация.
- Науки помогают заменить опыты и наблюдения вычислениями.
- Три главные научно-технические проблемы XXI века.
- Управляемость, финитное и оптимальное управления.
- Наши корифеи оптимального управления.
- Оптимальное управление распределенными системами.
- Описание объекта должно быть адекватно задаче, и обратно.
- Интегрированное проектирование.
- Какие системы изучают в кибернетике.
- Надо научиться управлять своим вниманием.

- Культура и воспитание, с одной стороны и цивилизация и образование с другой — совершенно разные понятия, но сильно связанные. Не путать культуру с искусством.
- Необходим приоритет культуры перед цивилизацией.
- Порядок надо не наводить, а поддерживать все время.
- Уголовный кодекс и Закон Божий – настольные книги школьника.
- Не роскошь и богатство, а разумный, хороший достаток.
- Деньги не цель, а средство, и не в том смысле, как думают некоторые.
- Опять: главное – Божеское воспитание, чем образование.
- В школе и вузе надо изучать фундаментальные науки.
- Язык – фундамент жизни людей. П.Я.Чаадаев о языке.
- 4 уровня приобретения знаний.
- Учиться наукам надо всю жизнь.
- Как писать научные тексты.
- Три категории сил, движущих производство.
- Электронная структурная энциклопедия (ЭСЭ).
- Инверсный электронный журнал (ИЭЖ).
- Одно религиозное представление.
- Всё имеет свои преимущества и недостатки.