**Московская Государственная Академия Приборостроения и Информатики**

 **(МГАПИ)**

**РЕФЕРАТ**

|  |  |
| --- | --- |
| На тему: | **Инженерный труд России.** **Повышение квалификации инженера.**  |
| Выполнил: |  |
| Проверил: |  |

**Москва**

**2001 год**

**Оглавление**

1. Зарождение в России отдельной сферы деятельности – «Инженерное дело» 3

2. Понятие «Инженер» в настоящее время 8

3. Инженерное дело 12

4. Инженерная задача - законченная единица инженерной деятельности. 15

5. Повышение квалификации инженера. 16

6. Список используемой литературы. 18

***«Греческое слово      и латинское techna употреблялось и в промышленности и в торговле, в ремесле и в искусствах, в риторике, медицине, науке и литературе. Везде оно обозначало умение и средства, необходимые для достижения какой-либо цели, для приведения в исполнение какого-нибудь плана. По латыни technikus чаще всего означало учителя искусств, а наравне с этим и практического дельца». «Не смотря на то, что техника сделала огромные шаги, радикально изменившие ее внешность, тем не менее, - и это может показаться странным, - слова "техника", "техник", "инженер", "механика" и "машина", в своей сущности, означают то же, что в******классические времена Греков и Римлян».***

П.К. Энгельмейер

# Зарождение в России отдельной сферы деятельности – «Инженерное дело»

"Со временем техника будет возведена в главный признак человека, чему не следует удивляться, так как к технике ведь принадлежат такие основные человеческие проявления как язык, письменность, счёт, логика и т.п."

П.К.Энгельмейер: Из доклада на IV Международном конгрессе по философии (Болонья, 1911).

В конце ХIХ - начале ХХ века российский инженер Петр Климентьевич Энгельмейер, соединив богатые традиции немецкой инженерной школы и русского инженерного опыта, выдвинул и обосновал тезис о независимости инженерного дела, или еще шире - "техники" как отдельной сферы деятельности. В начале 20-го века в России благодаря работам П.К. Энгельмейера техника оформилась в отдельную сферу деятельности. Была осознана её относительная независимость от науки, были сформулированы собственные приемы техники. Работы П.К. Энгельмейера были высоко оценены выдающимися умами того времени - физиком Э. Махом и философом А. Бергсоном и получили международное признание. Затем наступила пауза. Длинная пауза, и даже имя зачинателя этих работ, П.К. Энгельмейера, крупнейшего инженера-мыслителя России рубежа XIX-XX веков, не попало в энциклопедии. Тому были причины - и внешние, и внутренние. Главное - отсутствовали наработанные процедуры, технологии работы; инженерная деятельность была искусством, индивидуальным мастерством.

В развитие традиций начала века и с использованием этих высоких технологий инженерного дела - умений, методик, процедур, здесь, в центре Сибири сделан следующий шаг к оформлению инженерного дела как отдельной сферы деятельности - предложен единый взгляд на инженерное дело как совокупность умений, навыков, которым можно обучать. Инженером и изобретателем И. В. Иловайским, человеком, имеющим богатый производственный и преподавательский опыт, обозрена и систематизирована предметная область инженерного дела, включающая в себя обзор объектов техники, объектов инженерного дела, методов инженерного дела, предложения по структуре программ обучения инженерному делу и профессиональный портрет инженера.

Традиционно инженерное дело имеет своим стержнем проектирование. Из него в вузе осваивают конструирование и расчеты, а остается за бортом собственно разработка и постановка продукции на производство, включающая в себя работы по созданию, обеспечению производства продукции и обеспечению его применения. Еще менее подготовлен выпускник к эксплуатационным, ремонтным и ликвидационным работам и работам по элиминации факторов расплаты, которыми приходится “платить” за полезную функцию разработки. В последнее время значимость работ по снижению издержек производства и т.п., и шире - по допроектному и проектно-производственному снижению факторов расплаты (брак, аварии, загрязнение окружающей среды) стала превалировать над значимостью собственно проектирования. В настоящее время появилась возможность рассматривать методы инженерного дела на базе концепции преимущественно допроектного или доэксплуатационного исключения побочных и нежелательных последствий воздействия создаваемой техники на окружающую среду на всех стадиях жизненного цикла технической системы (создания, эксплуатации, ликвидации и постликвидации), и соответственно, обучать.

Эта работа является одновременно и продолжением работ, начатых П. К. Энгельмейером и сделанного в 60-е - 80-е годы в нашей стране, в особенности в области изобретательства. Данная работа опирается на прочный фундамент общеинженерных знаний, даваемых в технических ВУЗах и на богатый производственный опыт составителя и его коллег еще во времена СССР. Предложенная система подготовки инженеров получила одобрение на II Международной конференции "Качество образования. Проблемы оценки. Управление. Опыт", (НГТУ, 20 - 22 апреля 1999 г.) и рекомендована к изучению и возможному применению. В работах составителя, опирающихся на опыт методики изобретательства - ТРИЗ, нашли свое место как новейшие высокие технологии инженерной деятельности, так и традиционные умения инженера.

Именно этой связи времен и посвящена предлагаемая серия "Живое духовное наследие России. От философии техники - к инженерному делу. Предтечи и свершители." Серия открывается избранными работами П.К. Энгельмейера, зачинателя как комплексного рассмотрения инженерного дела-техники, так и одного из создателей направления "философии техники", и работами составителя впервые дающего систематизированный обзор предметной области. Составитель - практик производства, инженер-консультант, изобретатель, имеющий совместные изобретения с Нобелевским лауреатом Л. Канторовичем.

В серию входят отечественные работы по комплексным вопросам инженерного дела и по философии техники. Они призваны напомнить профессорскому корпусу нашей страны, нашим инженерам, что в начале века Россия была в передовых рядах не только в области науки, философии, но и техники, и что традиции еще не утеряны, и нам есть что продемонстрировать миру, несмотря на обозначившееся крупное качественное отставание по философским вопросам техники.

    В последние десятилетия в нашей стране были изобретены и апробированы высокие технологии инженерной работы:

* умение по заказу найти сильное техническое решение производственной или организационной задачи ("теория изобретательства", - ТРИЗ);
* умение систематично снижать факторы расплаты за созданную и создаваемую технику;
* умение систематично выявлять еще не свершившиеся аварии и скрытый брак производства ("диверсионный анализ");
* умение составлять "карту" движения в будущее фирмы, организации, отрасли техники с описанием возможных путей, препятствий, опасностей, и тем самым повысить устойчивость этого будущего.

    В развитие традиций начала века и с использованием этих высоких технологий инженерного дела - умений, методик, процедур, автором предложен единый взгляд на инженерное дело как совокупность умений, навыков, которым можно обучать. Создана (впервые) книга-раскрутка для постановки обучения инженерному делу на основе высоких интеллектуальных технологий. В книге дан обзор объектов техники, объектов и методов инженерного дела, даны предложения по структуре программ обучения инженерному делу и профессиональный портрет инженера. Данная работа опирается на прочный фундамент общеинженерных знаний, даваемых в технических ВУЗах и на богатый производственный опыт автора и его коллег еще во времена СССР. Предложенная система подготовки инженеров получила одобрение на II Международной конференции "Качество образования. Проблемы оценки. Управление. Опыт", (НГТУ, 20 - 22 апреля 1999 г.) и Решением конференции рекомендована к изучению и возможному применению.

    Современное высшее техническое образование обеспечивает будущего инженера знанием фундаментальных и технических наук (а в последнее время - и гуманитарных), и если мы его дополним научением методам и практике инженерного дела, молодой специалист во всеоружии знаний и умений будет желанным приобретением для проектных организаций и производства. Традиционно инженерное дело имеет своим стержнем проектирование. Из него в вузе осваивают конструирование и расчеты, а остается за бортом собственно разработка и постановка продукции на производство, включающая в себя работы по созданию, обеспечению производства продукции и обеспечению его применения. Еще менее подготовлен выпускник к эксплуатационным, ремонтным и ликвидационным работам и работам по элиминации факторов расплаты, которыми приходится «платить» за полезную функцию разработки. В последнее время значимость работ по снижению издержек производства и т.п., и шире - по допроектному и проектно-производственному снижению факторов расплаты (брак, аварии, загрязнение окружающей среды) стала превалировать над значимостью собственно проектирования. Поэтому методы инженерного дела должны рассматриваться и преподаваться на базе концепции преимущественно допроектного или доэксплуатационного исключения побочных и нежелательных последствий воздействия создаваемой техники на окружающую среду на стадиях создания, эксплуатации, ликвидации и постликвидации.

    Система инженерного образования, базирующаяся на преподавании установившегося в вузах корпуса наук с включением в нее научения методам инженерного дела, оформилась до уровня, позволяющего передавать её другим лицам, и для практического применения в деловом консультировании.

# Понятие «Инженер» в настоящее время

Инженер - профессия гуманитарная. С одной стороны, это - лицо, создающее проекты будущих технических систем или  процессы их эксплуатации, ремонта, ликвидации, модернизации по воле заказчика. (Под заказчиком понимается субъект, инициировавший начало работы инженера в достижении какой-либо цели.) Заказчиком может быть организация, физическое лицо, общество в целом, сам инженер и т.п., и т.д. В своей деятельности инженер стремится к достижению пользы для заказчика. При этом он использует свои знания, умения и понимание для достижения этой цели.

С другой стороны, как отмечает крупный канадский инженер Э.Крик, «Многие полагают, что большинство решений инженер находит, стоя у чертёжной доски. Это далеко не так. Большую часть своего времени инженер наводит справки, знакомится с литературой, изучает требования, обменивается мнениями, подбирает сотрудников. Поэтому умение поддерживать хорошие отношения с людьми и успешно сотрудничать с ними играет большую роль в работе инженера».

«Важную часть работы инженера составляют определение и оценка новых технических задач. Инженер должен определить, как люди будут применять разработанные им приборы. Он обязан также предвидеть тот эффект, который вызовет появление в продаже, например, механической зубной щётки. Таким образом, деятельность инженера в большой степени зависит от нужд общества, признания полезности его изобретений и того, как эти изобретения помогают людям. Эта заинтересованность вместе с экономической стороной деятельности инженера делают его работу не столь уже сугубо технической, как предполагают непосвящённые».

Существует мнение, будто инженер большую часть своего времени делает то, чем обычно занимается техник или механик, или даже лаборант. Отнюдь нет! Инженеру чаще приходится мыслить абстрактно, обдумывать факты, вычислять и сопоставлять и реже иметь дело с конкретными приборами. Более того, макет разработанного инженером прибора собирают техники, поэтому даже в этом случае инженеру не всегда удаётся "поработать руками"".

Таким образом, инженер имеет дело не с техническими системами (устройствами и технологическими процессами), а с их описаниями. Он преобразует эти описания от неясных требований заказчика к чётким и однозначным, например, чертежам. При этом он использует наработанные в инженерном деле процедуры инженерной деятельности в соответствии с принятым регламентом.

Соответствующее понимание сложилось издавна. Недостатком вышеприведенного изложения является его расплывчатость, ссылка на личный опыт, типа "так делается". Повторные попытки анализа сущности инженера можно признать вторичными, так как за ними не стоит собственный опыт автора, как у Э.Крика. Поэтому для практических целей оценки качества инженера, оценки эффекта обучения студента целесообразно использовать концепцию портрета инженера, включающую в себя:

1. Профессиональный портрет, т.е. знания – умения - понимание, необходимые инженеру;
2. Деловые качества (воля, умение держать удар, чувство ответственности), вырабатываемые в процессе профессиональной деятельности инженера и ценности, определяющие в конечном счёте ориентацию инженера.

Профессиональный портрет инженера автоматически задаёт требования к системе обучения, на его базе составляется картина инженерного образования XXI века.

Согласно Э. Крику "определенный объём знаний, определённые умения, определённую точку зрения инженером используются для разработки способов превращения запасов Вселенной (материалов энергии и т.п.) с помощью физических приборов, устройств и процессов в формы, удовлетворяющие потребность людей".

Инженер (с точки зрения производства) должен уметь: эксплуатировать и ремонтировать, проектировать и ликвидировать технологические процессы и устройства. Для чего он должен уметь: ставить задачи и находить задачи, прогнозировать, изобретать и принимать решения по технике и по внедрению техники. Понимать место своей работы и её последствия, как проявляемые в полезных функциях, созданных им ТС, так и в нежелательных эффектах.

Предприятиям нужны профессионалы, способные примениться к смене профиля предприятия, воссоздать его заново, запустить или модернизировать изделие. Короче - необходим инженер умелый. А вузы выпускают инженера знающего. Инженер должен знать науки, уметь изобретать, конструировать, эксплуатировать, внедрять, понимать – ход событий в промышленности и на рынке, своё место, свою ответственность. А посему будущего инженера надо учить наукам и научать инженерному делу.

Традиционно основным смыслом инженерной деятельности считается проектирование, создание технических систем (ТС). Вузовская подготовка обеспечивает будущего инженера знанием необходимых дисциплин и исходными умениями конструирования и расчетов будущих устройств, техпроцессов ("технарство"). Принято считать, что становление инженера происходит на практике, на производстве, почему в ряде стран и считается, что вуз должен давать диплом специалиста, а звание инженера - присваивается по рекомендации коллег, по опыту работы. Тем не менее, эта, казалось бы, отработанная схема подготовки не удовлетворяет практику - предприятия, фирмы ждут специалистов с опытом работы, а опыт нарабатывается со временем... Дело в том, что остается за бортом собственно разработка и постановка продукции на производство, включающая в себя работы по созданию, обеспечению производства продукции и обеспечению его применения. Еще менее подготовлен выпускник к эксплуатационным, ремонтным и ликвидационным работам и работам по элиминации факторов расплаты, которыми приходится “платить” за полезную функцию разработки. В последнее время значимость работ по снижению издержек производства и т.п., и шире - по допроектному и проектно-производственному снижению факторов расплаты (брак, аварии, загрязнение окружающей среды) стала превалировать над значимостью собственно проектирования. За рубежом в квалификации инженера ценятся знания и навыки по обеспечению связей производства с рынком (экономика, маркетинг, психология, социология). И если в принципе пока ещё инженер может обойтись традиционными методами проектирования и создания техники (без способов снижения факторов расплаты, что доказывается наличным ходом научно-технического прогресса), то в будущем инженер без владения методами элиминации факторов расплаты будет беспомощен. Отсюда, способы элиминации факторов расплаты вкупе с изобретательством (ТРИЗ) оказываются ядром подготовки инженера XXI-го века, нацеленной на достижение полезного эффекта с неуклонно снижающимися факторами расплаты.

Вторым важным свойством инженера оказывается способность обеспечить своему изделию достойное место в обществе, на рынке. А это достигается отнюдь не "технарскими" способами.

В процессе своей деятельности инженер:

* взаимодействует с заказчиком с целью получения возможно более полной картины того, чем же является предлагаемая ему задача;
* контактирует с потенциальными пользователями будущего изделия, системы с целью выяснить как будет принята его работа обществом, каково её будущее и что можно сделать, чтобы оно было благоприятным;
* передаёт своим коллегам техдокументацию, необходимую им для разработки частей ТС;
* передаёт рабочим техдокументацию на изготовление;
* ведёт авторский надзор изготовления;
* передаёт заказчику (а по необходимости и потенциальному потребителю) эксплуатационную документацию.

Во всех этих ситуациях инженер в той или иной мере должен (а иногда вынужден) доказывать почему дело должно обстоять именно так, что изделие не принесёт ущерба и т.д.

Чтобы описать в конкретике, что такое инженер, надо описать что такое его деятельность - что такое инженерное дело, и каков его профессиональный портрет.

# Инженерное дело

Инженерное дело обычно понимают как деятельность по созданию техники. Инженерное дело - это деятельность инженера по принесению пользы "здесь и теперь" путём создания, использования (эксплуатации), модернизации и ликвидации техники средствами инженерного дела, в частности, методами изобретательства и конструирования.

Процедуры инженерной деятельности. К процедурам инженерной деятельности будем относить те разделы регламента инженерной деятельности, которые преимущественно имеют дело с описаниями технических систем (ТС), и практически мало имеют дело с человеческими взаимодействиями. Выделим среди них основные:

* Предпроектный анализ
* Принятие решений
* Предъявление результатов
* Поиск технических решений
* Изобретательство,
* Алгоритм изобретения (АРИЗ)
* Вепольный анализ
* Инженерное прогнозирование
* Способы элиминации факторов расплаты
* Инженерные исследования,
* Проектирование,
* Автоматизация проектирования
* Синтез ТС

Порядок примерно соответствует нарастанию степени автоматизации в ряду этих процедур, т.е. они расположены по степени возрастания вытеснения инженера из сферы инженерной деятельности согласно закону вытеснения человека из технических систем. Дадим краткое описание процедур с точки зрения их работы с описаниями ТС.

**Предпроектный анализ** завершается, как правило, составлением технического задания (ТЗ) и технико-экономического обоснования (ТЭО) разработки или бизнес-плана. А начинается - уяснением и формулировкой инженерной задачи.

**Принятие решений** применяется на различных стадиях разработки и постановки изделий на производство, и на стадиях эксплуатации, ремонта, ликвидации и т.д. Эта процедура заключается в получении как можно большего количества альтернатив будущего поведения и выбора из них одной.

**Предъявление результатов** состоит в том, что в конце каждой стадии разработки помимо регламентных документов (проектных, например), предъявляется пояснительная записка, выполненная так, чтобы она воспринималась оценивающей стороной как дружественно-понятная, а также пред- принимается ряд мер для достижения убеждения оценивающей стороны в правильности решения, принятого инженером.

**Поиск технических решений** начинается с составления регламента поиска в фондах научно-технической информации, а завершается отчетом о проведенном поиске. В большинстве случаев это отчет о патентных исследованиях - описание, регламентированное соответствующим ГОСТом.

**Изобретательство** - процедура выявления наличных в разработке (функционирующей ТС) изобретений, либо получения таковых по заказу. Исходной информацией является либо соответствующая техническая документация, либо сформулированная в виде противоречия потребность (надо то-то, а нельзя по тому-то).

**Алгоритм изобретения** - пошаговая процедура уточнения изобретательской ситуации от формы "надо, а нельзя" до выхода на соответствующие специализированные информфонды ТРИЗ. В процессе работы по этой процедуре происходит выявление технического, а затем физического противоречия и разрешение последнего.

**Вепольный анализ** позволяет по моделям технических систем путем выявления дефектности модели наличной системы и ее достройки или другого требуемого преобразования к нужной прийти к требованию на построение ТС соответствующего вида с определенной степенью конкретизации.

**Инженерное прогнозирование** предусматривает получение картины ожидаемого в будущем хода развития ТС выбранного вида либо (в ТРИЗ) построение реализационного прогноза путем получения спектра соответствующих технических решений.

**Способы элиминации факторов расплаты** применимы на любой стадии существования ТС, но наиболее выгодны на стадии выяснения задачи. Они приводят к перестройке технических решений с соответствующим вмешательством в ход взаимодействия инженера, заказчика и окружающей среды с ТС и корректировкой всей технической документации.

**Инженерные исследования** заключаются в построении модели будущей или существующей ТС и ее исследовании расчетным либо опытным путем.

**Проектирование** (как процедура, а не как стадия разработки) - это процесс составления описания, необходимого для создания еще не существующей технической системы (ТС). В ведение проектирования входит знание о структуре, логической организации и методах и средствах составления описания, необходимого для создания еще не существующей ТС. Описание составляется путем преобразования первичного описания, оптимизации (если это необходимо) заданных характеристик объекта (будущей ТС) или алгоритма его функционирования, устранения некорректности первичного описания и последовательного его представления (при необходимости) на разных языках.

**Автоматизация проектирования** основана на том обстоятельстве, что начиная со стадии ТЗ описания ТС носят достаточно формализованный характер чтобы значительную часть работы по их преобразованию препоручить ЭВМ во взаимодействии с инженером.

**Синтез ТС** представляет собой фактически либо подсистему системы автоматизации проектирования, либо полную систему автоматического синтеза для некоторых классов ТС.

# Инженерная задача - законченная единица инженерной деятельности.

Задача существует тогда, когда требуется перейти от одного состояния к другому, если существует более чем одно возможное решение, и если все возможные решения не очевидны. Мы привыкли (и так оно и есть) связывать образ инженера с созданием новых вещей здесь и теперь. Отсюда, инженерная задача имеет место, когда исходное состояние относится к действительному миру, а результирующее состояние - к возможному, будущему миру, т.е. инженер создает по словам Ст.Лема новую реальность.

Имеется, по крайней мере, два класса задач: поиска компромисса (оптимума) в рамках данных физических принципов действия и задач нахождения новых способов достижения результата - введение в рассмотрение новых вариантов путем изобретательства. Задачи конструкторские и изобретательские. Основная особенность этого различения - конструкторская задача исходит из имеющихся принципов, вариантов, а изобретательская нацелена на нахождение дотоле неизвестных вариантов.

1. Инженерная задача возникает всякий раз, когда требуется перейти от исходного состояния реальности **A** к желаемому состоянию реальности **B**, причём пути перехода заранее неочевидны, и их "цена" различна.
2. Конструкторская задача имеет место в том случае, если пути достижения состояния **B** в принципе ясны, и требуется  проектирование  изделия, технологии, системы мер.
3. Изобретательская задача имеет место в том случае, если конструкторская задача не имеет удовлетворительного решения, и требуется сотворить новый принцип достижения состояния В.
4. Задача проектирования - сложная комплексная задача, являющаяся совокупностью конструкторских задач, в которую могут иногда входить отдельные изобретательские задачи.
5. Задача изготовления - сложная комплексная задача, являющаяся совокупностью конструкторских задач, и, возможно, изобретательских.
6. Задача эксплуатации - является ли эта задача инженерной, или это задача техники?
7. Задача ликвидации - сложная комплексная задача, являющаяся совокупностью конструкторских задач, и, возможно, изобретательских.
8. Прямыми инженерными задачами являются конструкторские и изобретательские задачи стадий жизненного цикла изделия.
9. Обратные задачи - по элиминации нежелательных эффектов (НЭ) на разных стадиях жизненного цикла ТС делятся на четыре группы:
* конструкторские задачи по ремонту и предотвращению НЭ;
* выявление причин "брака функционирования" ТС в конкретном окружении (наблюденного НЭ) - инженерно-исследовательские задачи 1-го типа;
* нахождение технических решений (ТР), устраняющих выявленный НЭ, - изобретательские задачи;
* прогноз совокупности возможных НЭ (в особенности опасностей и аварий) - инженерно-исследовательские задачи 2-го типа.

# Повышение квалификации инженера.

    Естественно, простое вкрапление новых лекционных курсов в вуз устойчивого эффекта не даст. Вузовская система обучения совершенствовалась веками, и механические изменения могут её только ухудшить. Обучение умениям инженерного дела требует иного подхода:

1. Учить надо тех, кто имеет некоторый опыт собственной инженерной деятельности - студенты хорошо воспринимают знания, структурированные логически и доказательно, и будут сопротивляться ссылкам на чужой опыт. Опыт должен быть свой. Каждый учится ходить на своих ушибах.
2. Учить надо на базе уже имеющегося полного вузовского потенциала знаний по техническим наукам - они дают конкретный материал, с которым работает инженер в конкретных условиях.
3. Учить надо на реальных инженерных ситуациях с реальными вознаграждениями и шишками. Учебным материалом должны быть заказы от предприятий на (до)разработку техпроцессов и устройств, на снижение издержек производства (предприятия), устранение (снижение) прочих факторов расплаты, и т.п.

    Особые требования ставятся к «преподавателям-тренерам» инженерного дела и его фрагментов:

* + - 1. Умение не только разрешать производственные ситуации без длительной подготовки, но и "проводить за руку" обучаемого через эти ситуации, научать его самому находить выходы из проблемной ситуации.
			2. Ориентироваться в основных отраслях техники и понимать их связи друг с другом.
			3. Иметь профессиональные навыки работы с научно-технической, конъюнктурной и патентной информацией, уметь вести профессиональный поиск и обучать ему.
			4. Умение выявлять цели, ставить инженерные задачи, формулировать техническое задание на инженерные работы.
			5. Уметь создавать и научать создавать техническую и нормативно-техническую документацию.

    Ясно, что проведение такого обучения встретит серьезные трудности и поначалу не может быть во всем объеме массовым. Многое будет зависеть от личных качеств и преподавателей и обучаемых, от их собственной волевой и ценностной ориентации.

# Список используемой литературы.

1. П.К. Энгельмейер, «Технический итог XIX века». М.1898.с.41-42.
2. П.К.Энгельмейер, «Из доклада на IV Международном конгрессе по философии» Болонья, 1911.
3. В.Д. Михайлов, Т.М. Михайлова, «Инженерный труд в условиях постиндустриального общества» М., 2000.
4. Э. Крик, «Введение в инженерное дело», М., «Энергия», 1970, 176 с.
5. И.В.Иловайский «Техника. Инженерное дело, Инженер», 1998.
6. И.В.Иловайский «Инженерное дело: маленькая энциклопедия», Новосибирск, 1999.