

Лекции базовой части дисциплины
«Введение в инженерную деятельность»

Направление 230100

«Информатика и вычислительная техника»

*Руководитель ООП – В.И. Рейзлин,
доцент каф. ИПС, Институт кибернетики*

I. Особенности инженерной деятельности и роль инженера в современном мире

1.1. Зарождение инженерной деятельности, ее сущность и функции

В истории становления и развития производительных сил общества на различных этапах *проблема инженерной деятельности* занимает особое место. Инженерное дело прошло довольно непростой, исторически длительный путь становления. История материальной культуры человечества знает немало примеров удивительного решения уникальных инженерных задач еще на довольно ранних этапах развития человеческого общества. Если мы обратимся к истории создания знаменитых семи чудес света, то убедимся в наличии оригинального решения конкретных инженерных проблем.

Семь чудес света получили свое название во времена античности как сооружения, поражающие своим великолепием, размерами, красотой, техникой исполнения и оригинальностью решения инженерных проблем. «Профессия» инженера, «представителя инженерного цеха» по праву может отстаивать место на одной ступени пьедестала с Охотником, Врачом, Жрецом.

Вместе с тем история материальной культуры иногда отрицает наличие инженера в обществе древности, а в этой связи и наличия и целенаправленной инженерной деятельности так, как мы понимаем эту деятельность сегодня, как она наполнена в век электричества, электронно-вычислительных машин, спутников, межконтинентальных воздушных лайнеров и ракет. Но некоторое отрицание инженера и инженерной деятельности на ранних ступенях развития общества еще не означает отрицания инженерной деятельности вообще при решении конкретных задач. Она в различных формах существовала в человеческой истории и существовала вполне активно. В рамках данной лекции мы рассмотрим процесс зарождения и становления инженерной деятельности, ее эволюции, появление инженера в производительных силах как обязательной профессии на пути преобразования этих сил, а также внешние и внутренние функции инженерной деятельности в современных условиях.

Доинженерная деятельность

На заре становления общества *не существовало в явном виде инженерной специальности* (это результат позднейшего общественного разделения труда), ни тем более «инженерного цеха», «касты» или социально-профессиональной группы. Но за многие века, даже тысячелетия до того, как общественный способ производства сделал возможным и необходимым появление инженеров в полном смысле этого слова, перед людьми возникали инженерные задачи и находились индивиды, способные их решать. Ведь человеческая цивилизация основана на преобразовании природного мира с помощью орудий труда, то есть совокупности разнообразных технических средств. *История их создания – одновременно и история инженерной деятельности.*

История инженерной деятельности относительно самостоятельна; ее нельзя свести ни к истории техники, ни к истории науки. Корни ее теряются в глубине прошедших тысячелетий. Зачастую мы можем догадываться, какого упорства и таланта требовал каждый новый шаг в освоении и преобразовании мира, какие творческие коллизии, взлеты и крушения скрыты от нашего взгляда дымкой веков. Данные археологических раскопок позволяют лишь очень приблизительно реконструировать уровень знаний и умений, доступных творцам техники далекого прошлого. Судить об особенностях инженерной деятельности давно ушедших поколений приходится по ее результатам, сохранившимся в натуре или хотя бы в описании. И техника может рассказать о своих создателях очень многое.

По своему происхождению именно *техническая деятельность* стала одним из первых видов социальной деятельности. Чтобы выжить, добыть пищу, защитить себя от диких животных, первобытные люди вынуждены были прибегнуть к помощи орудий. Переход к труду, основанному на применении орудий, первых примитивных технических средств, был необходим. Все доступные нам факты борьбы рода человеческого за выживание подтверждают, что техническое (технологическое) направление и характер цивилизации являются не случайностью и не ошибкой общественного развития, а единственно возможным его путем.

Характер и содержание технической деятельности на ранних стадиях человеческой истории *менялись крайне медленно*: технические новинки сотни раз находились и сотни раз утрачивались, погибали вместе с их изобретателями.

Шли тысячелетия, и вместе с ними неуклонно шел дальше и дальше технический прогресс. На границе между верхним и нижним древнекаменным веком (палеолитом), примерно 40–30 тысяч лет назад, завершается предыстория человеческого общества и начинается его история. Этот переход совершился во многом благодаря накопленным техническим достижениям. В производственной деятельности человек освоил много новых пород камня, научился изготавливать свыше двадцати видов различных каменных орудий (резцов, сверл, скобелей и т. п.). Были созданы гарпун и копьеметалка. Апофеозом инженерной мысли каменного века стал лук. Человек, сообразивший, как использовать потенциальную энергию согнутой палки, натянувшей на нее тетиву из жил животных и заостривший тонкую стрелу, совершил эпохальное техническое открытие.

Широкомасштабное применение лука, вкладышевых орудий, шлифованных топоров, тесел, мотыг, долот и прочих технических достижений неолита подготовило производственную революцию. Сущность так называемой неолитической революции – в переходе от охоты к земледелию и скотоводству.

В период неолита достоянием человечества сделались новые приемы обработки материалов – пиление, шлифование, сверление, появились составные орудия, был приручен огонь. Невозможно представить, что эти элементы материально-технической культуры возникли без целенаправленной умственной работы их создателей. Можно согласиться, что познание, техническое проектирование и организация производства не были расчленены и не существовали вне повседневной рутинной деятельности. Поэтому уже применительно к первобытнообщинному способу производства мы вправе говорить о существовании инженерной деятельности в ее неявной форме. Обозначим ее как *доинженерную деятельность*.

Прединженерный период (с II-I тыс. до н.э. до XVII–XVIII вв. н.э.)

Возникли классы и государство. Ширилась специализация труда. При становлении рабовладельческого способа производства происходит обособление ремесел. Это второе крупное общественное разделение труда порождает ремесленника – человека, занятого главным образом технической деятельностью.

Центром технической (и инженерной) деятельности было строительное дело. Возникновение древних городов, которые становились центрами ремесленного производства, возведение культовых и ирригационных сооружений, мостов, плотин, дорог требовало кооперации труда огромного количества людей.

Очевидно, что «ни одно крупное и сложное сооружение древности не могло быть построено без детально разработанного проекта, требующего обособления целеполагающей деятельности. В процессе строительства технический замысел (проект) мог быть реализован только на основе совместного труда рабов. Для того чтобы организовать трудовые усилия больших масс низкоквалифицированных работников, подчинить их единой задаче, требовался инженер. *Архитектурное дело и строительство* стали исторически первой областью производства, где возникла потребность в людях специально занятых функциями *проектирования и управления* (инженера).

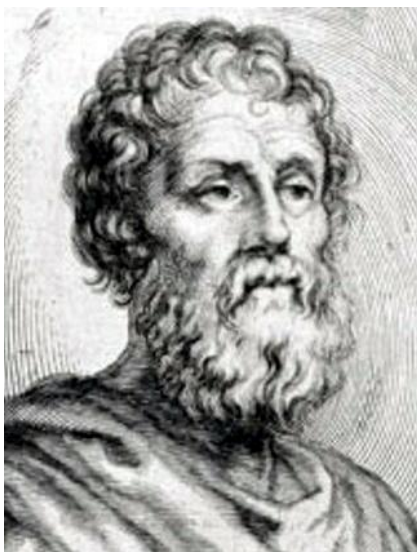
Материально-техническая и духовная культура человечества в эпоху рабовладения достигла такого уровня, что в отдельных ее сферах – строительстве и архитектуре – возникла потребность в профессиональном инженерном труде. Сквозь тысячелетия дошли до нас имена египетского жреца-архитектора Имхотепа (ок.2700 г. до н.э.),



китайского гидростроителя Великого Юя (ок.2300 г. до н.э.),



древнегреческого зодчего и скульптора Фидия – создателя афинского акрополя Парфенона (V в. до н.э.).



Были ли они инженерами? И да, и нет. Ответ на этот вопрос неоднозначен, и вот почему. Для производства периода поздних рабовладельческих государств характерно появление сложных технических задач нового класса, решение которых предполагало обособление инженерно-технических и инженерно-управленческих функций. Тех, кто эти функции выполнял, мы вправе назвать инженерами.

Вместе с тем, следует заметить:

- 1) функции инженерного труда не сводятся к двум названным выше, они гораздо шире;
- 2) деятельность первых инженеров опиралась главным образом на практические, опытные знания, а также на весьма примитивные технические средства; универсальным и малоэффективным технологическим приемом было массовое применение рабского труда;
- 3) умственный труд, отпочковавшись от физического, долгое время оставался нерасчлененным.

Так, в рабовладельческом обществе естествознание, не говоря уже о точных (тем более – о технических) науках, не успело выделиться в самостоятельную отрасль знания. Каждого инженера древности можно с не меньшим основанием именовать ученым, философом, писателем. Иначе говоря, любой инженер того времени заведомо «обязан» был быть мудрецом, любой мудрец одновременно владел инженерным делом.

Исходя из приведенных выше соображений, точнее можно обозначить этот период становления инженерии как **прединженерный**. Этот период неоднороден с точки зрения способа производства – рабовладение сменил феодализм, который в свою очередь, готовился уступить место капитализму. Менялось общественно-политическое устройство: возникали и гибли империи, возвышались и приходили в упадок нации, классы, религии. Развивалась техника и технология, рождались гениальные изобретения, создавались принципиально новые технические объекты, изделия, инструменты, приемы обработки материалов. Неизменным оставалось одно: *основным создателем технических нововведений, субъектом технической деятельности по-прежнему оставался ремесленник.*

Достижения ремесленной деятельности древности и средневековья поражают воображение. Военное дело, сельское хозяйство, мореплавание, металлургическое, текстильное, бумажное производство – вот далеко не полный перечень областей деятельности, где в прединженерный период развития техники произошли технические революции: «порох, компас, книгопечатание – три изобретения, предваряющие буржуазное общество».

Многие технологические приемы древнего ремесла настолько уникальны, что не могут быть воспроизведены даже на основании современных научно-технических знаний. Длинный и сложный путь к прогрессу прошел человек. От каменного топора – к меди и бронзе, к железу и металлам космической эры.

Большинство из великих изобретений человечества относится к *средствам передвижения* (колесо, повозка, велосипед, паровоз, автомобиль, самолет и др.), *орудиям труда* (гончарный круг, мельница, прялка, паровой молот, робот и др.), *материалам* (бронза, железо, бумага, пластмасса и др.), *энергетике* (паровая машина, электрическая машина, дизель и др.), *военному делу* (порох, винтовка, атомная бомба и др.), *сфере информации* (книга, интернет и др.), *связи* (телеграф, телефон, телевидение и др.), *приборам* (компас, телескоп и др.).

До конца XVI – начала XVII веков техническая деятельность человека осуществлялась практически вне связи с развитием естественных наук и математики. И только после того, как результаты научных исследований стали использоваться для создания новой техники и технологий возникла **инженерная деятельность**.

Первые **инженеры** формировались в среде ученых, обратившихся к технике, и ремесленников-самоучек, приобщившихся к науке. Первые инженеры – это одновременно художники и архитекторы, консультанты по фортификационным сооружениям, артиллерии и гражданскому строительству, алхимики и врачи, математики и естествоиспытатели. Их объединяло то, что они впервые стали использовать научные знания как вполне реальную производительную силу.

Так сформировалась **миссия инженера**, которая состоит в *создании искусственных технических объектов, сред и технологий*, необходимых для обеспечения жизнедеятельности и повы-

шения качества жизни человека и общества, с использованием природных ресурсов и применением естественнонаучных знаний и практического опыта.

Рождение инженерной профессии стало результатом переворота во всех без исключения слоях и сферах общественной жизнедеятельности. Техника, способ производства, общественно-экономические отношения, политические институты, общественное сознание и психология, наука – все это необходимо было изменить, причем изменить самым решительным образом, прежде чем работа по решению инженерных проблем приобрела статус профессионального занятия в общественно-значимых масштабах.

Факторы, способствовавшие вызреванию инженерного труда

1. Технологическая революция. Долгое время технологический способ производства, то есть основной тип связи между человеком и техническими средствами труда, оставался неизменным. Орудия совершенствовались, усложнялись, становились эффективнее, но в целом в системе «человек-техника» человек был представлен ручным трудом, техника – инструментами для этого труда. Однако наступил момент, когда ремесленник, вооруженный ручными инструментами, перестал быть эффективным, исчерпал свой потенциал. Ремесленное производство уже не поспевало за растущими потребностями общества.

Смысл перемен в системе «человек-техника», обусловленный становлением машинного производства, заключался в передаче технике ряда человеческих функций; машина возникает с того момента, когда орудия превращаются «из орудий человеческого организма в орудия механического аппарата». Перемещение функции непосредственного управления орудиями от человека к машине ознаменовало собой не просто техническую революцию – такие революции «местного значения» происходят в технике в связи с любым крупным изобретением. Нет, произошел полный переворот во всей технической системе, после которого она начала развиваться по-новому, на основании новых принципов, новых технических форм и структур. Иными словами, ***возникновение машин определило начало нового исторического этапа в развитии техники – механизации производства.***

Необходимость изобретать и применять в промышленных масштабах различного рода машины невольно породила потребность в специалистах, способных осуществлять эту деятельность не от случая к случаю, а постоянно. Таким образом, переворот в техническом компоненте производительных сил привел к видоизменению человеческого компонента – появились рабочие и инженеры, на которых возлагалась задача работать «преимущественно только головой».

2. Развитие общественно-экономических отношений. «Машинная революция», изменяя характер и содержание труда, его технологию, организацию и структуру, способствует изменению производственных отношений. Вместе с происшедшей революцией в производительных силах, совершается также революция в производственных отношениях. Укрепление капиталистической формы собственности и превращение ее в господствующую неразрывно связано с крупной машинной индустрией, преобразованием производства на новых, рациональных началах.

Место инженера в исторически определенной системе общественного производства – это одновременно его принадлежность и к определенной профессии, и к определенной социальной группе.

3. Переворот в мировоззрении, становление личности. Консерватизм средневекового мышления, усугубляемый догматическим религиозным мировоззрением, долгое время сдерживал развитие инженерной мысли. Изменять, «конструировать» мир в соответствии с заранее намеченными целями, личной волей вправе был только Бог. Посягательство на творческую функцию Бога, попытки усовершенствовать созданное им воспринимались с точки зрения религиозного фанатизма как ересь, грех. В христианском монотеизме беспредельно возносилась изобретательская деятельность Бога и бесконечно принижался человек, если он занимался этой деятельностью. Такое положение сохранялось довольно долго. Целый ряд изобретений (например, магнитная стрелка компаса) веками не использовался или использовался тайно, с опаской ввиду их «дьявольской природы». Господство средневековой парадигмы неприятия нового было низвергнуто лишь в эпо-

ху Ренессанса. Замена Бога-творца человеком-творцом, первоначально произошедшая в сфере художественного мышления, распространилась постепенно и на техническое творчество. Человек понемногу перестает воспринимать изобретательство как божественную прерогативу, становится, по выражению Леонардо да Винчи, «свободен в изобретениях».

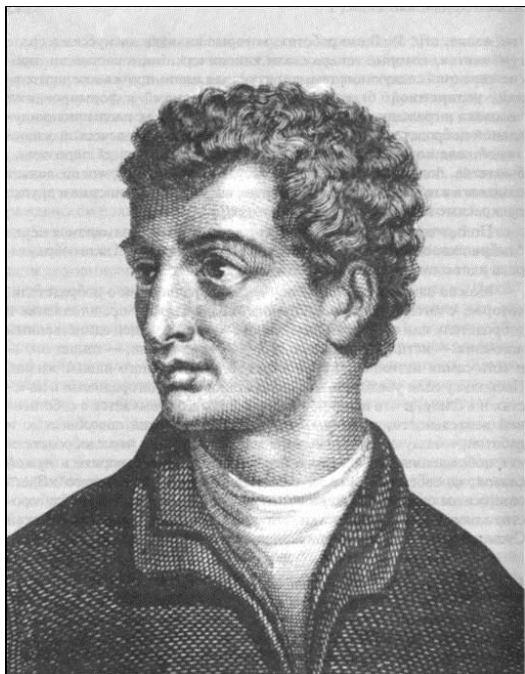
Становлению инженерного творчества предшествовало также становление личности как индивидуального субъекта этого творчества. В средние века личности инженера в современном смысле слова, собственно говоря, не существовало; не только в труде, но и во всех без исключения сферах жизнедеятельности ремесленник был неотделим от цеховой общины. Индивидуальное «Я» почти без остатка растворялось в коллективной психологии, и автором технического нововведения выступал не отдельный человек, а коллективная личность-мастерская, личность-цех. До тех пор пока человек не умел и не мог осмыслить грань, отделяющую от его товарищей по мастерской, цеховой корпорации, ремесле, он не в состоянии был нарушить технические традиции, целенаправленно создавать новое в технике. И лишь эпоха буржуазных отношений, освободившая сознание людей от многовекового груза феодальных, религиозных, цеховых традиций, рождает обособленного от других, суверенного индивида, способного стать творцом.

4. Перемены в науке. XVI-XVII вв. – это время, когда свежий ветер естественнонаучного познания врывается в затхлую атмосферу умозрительной науки.

Инженерная деятельность как профессия связана с регулярным применением научных знаний в технической практике. Она формируется, начиная с эпохи Возрождения. Первые импровизированные инженеры появляются именно в эпоху Возрождения. Они формируются в среде ученых, обратившихся к технике, или ремесленников-самоучек, приобщившихся к науке.

Первые инженеры – это одновременно художники-архитекторы, консультанты-инженеры по фортификационным сооружениям, артиллерии и гражданскому строительству, алхимики и врачи, математики, естествоиспытатели и изобретатели.

Таковы, например, Леон Баттиста Альберти, Леонардо да Винчи, Джироламо Кардано, Джон Непер и др.



Леон Альберти,
1404 – 1472

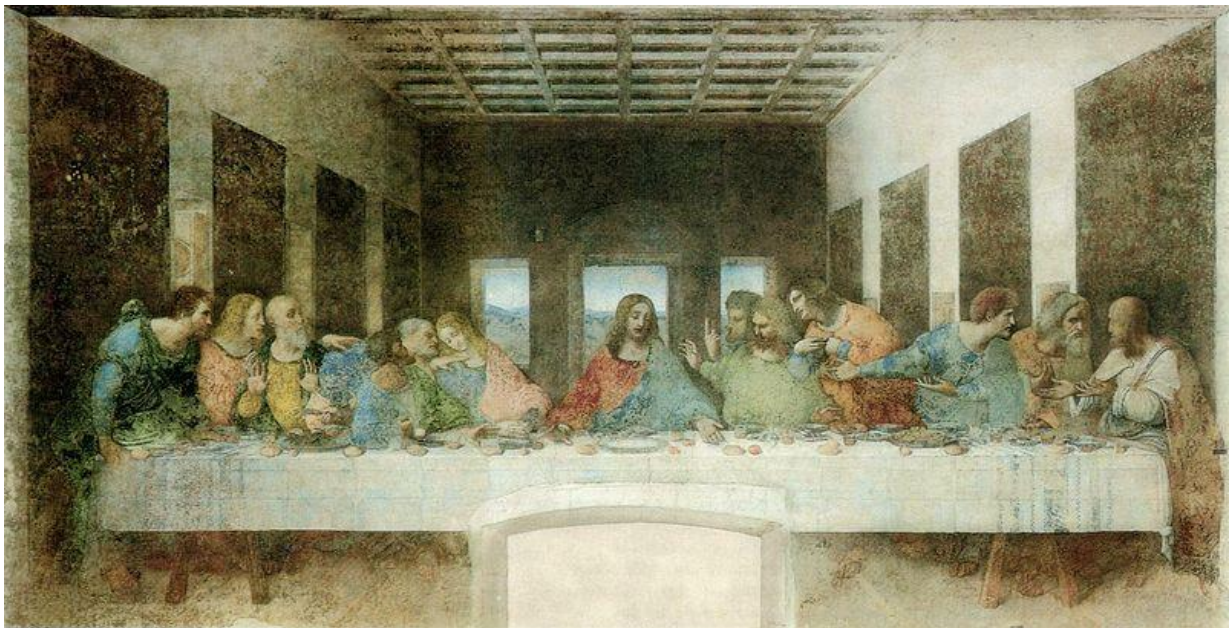


Палаццо Ручеллаи
во Флоренции

Леонардо да Винчи (1452–1519) – величайший деятель, многогранный гений эпохи Возрождения, основатель Высокого Возрождения. Известен как художник, ученый, инженер, изобретатель.



Леонардо да Винчи (1452-1519)



Тайная вечеря (1498)



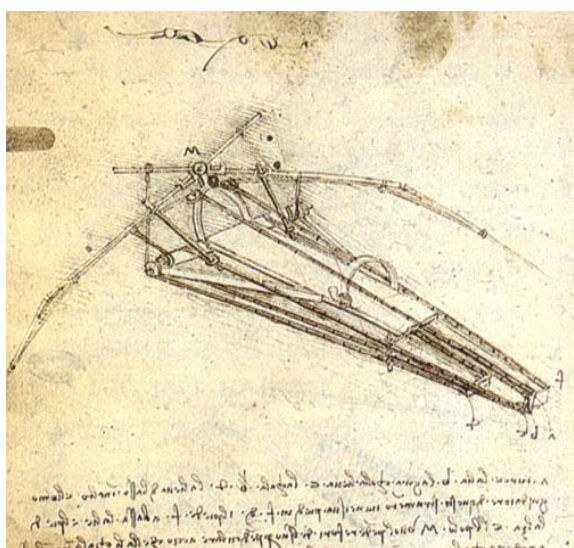
Мона Лиза (1503 – 1505/1506)

Список изобретений, как реальных, так и приписываемых Леонардо:

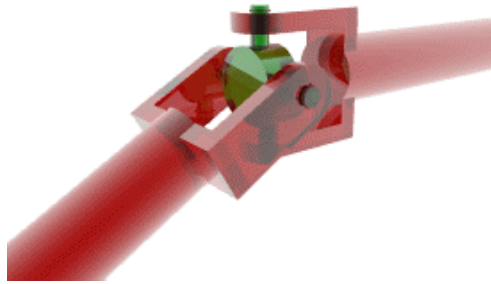
- Парашют
- Велосипед
- Танк
- Лёгкие переносные мосты для армии
- Проектор
- Двухлинзовый телескоп
- Подшипник качения.



Парашют



Чертеж летательной машины



Джероламо Кардано, математик, инженер, философ, медик (1501–1576)

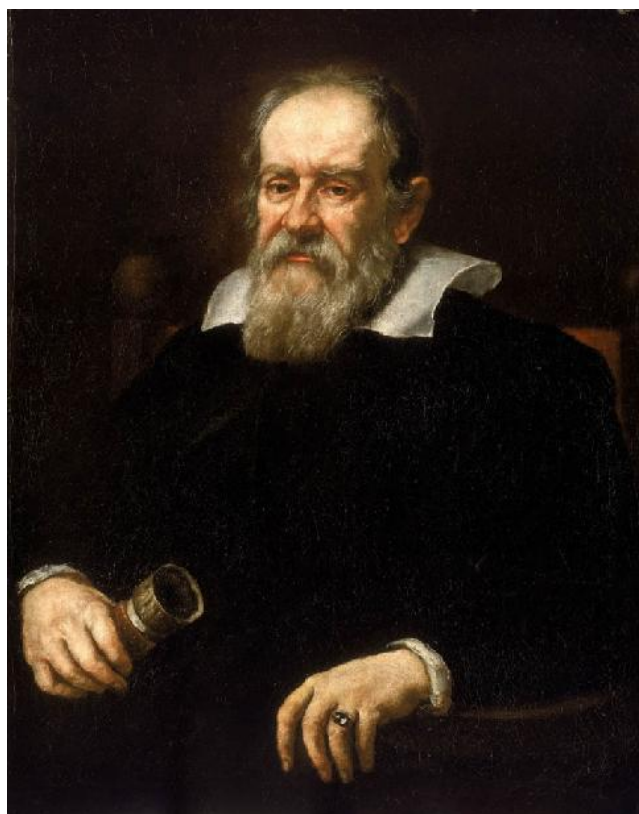


Джон Непер (1550 – 1617) – шотландский математик, изобретатель логарифмов.
Создал деревянную машину для выполнения простейших вычислений в 1617г.
Изобретательская деятельность Леонардо да Винчи, открытия Френсиса Бэкона



Фрэнсис Бэкон (1561–1626)

и Галилея



Галилео Галилей (1564–1642)

вооружают умы идеей грандиозных прикладных возможностей применения научного знания.

Нужды растущего машинного производства, мореплавания, торговли положили начало союзу научной и технической изобретательской деятельности. Динамичное развитие крупной про-

мышленности, формируя специальную потребность в решении сложных технических задач, создает условия для практического применения данных науки. *Изменение ориентации науки на производственные проблемы сказалось на ее развитии самым живительным образом.*

В XVII-XVIII вв. наука становится профессиональным занятием для достаточно многочисленной группы лиц; возникают первые академии и научные общества. Решающим фактором расцвета науки выступает именно связь с производством, технические потребности которого продвинули науку вперед больше, чем десяток университетов. *Слияние науки и техники как раз и определяет содержание инженерного труда, его основную функцию: создание средств и способов технической деятельности на основе научных достижений.*

5. Создание средств инженерного труда. В XVI-XVII вв. в техническом деле начинают широко использоваться наброски и рисунки для изображения деталей, узлов, конструкций. Период перехода от ремесленного производства к машинному характеризуется еще более бурным развитием графических методов передачи технической информации. Одновременно с искусством черчения создаются и точные чертежные приборы и инструменты, ведутся теоретические изыскания в этой области. В 1798 году Гаспар Монж опубликовал книгу «Начертательная геометрия», в которой систематизировал приемы изображения технического объекта в виде проекций на две взаимно перпендикулярные плоскости.



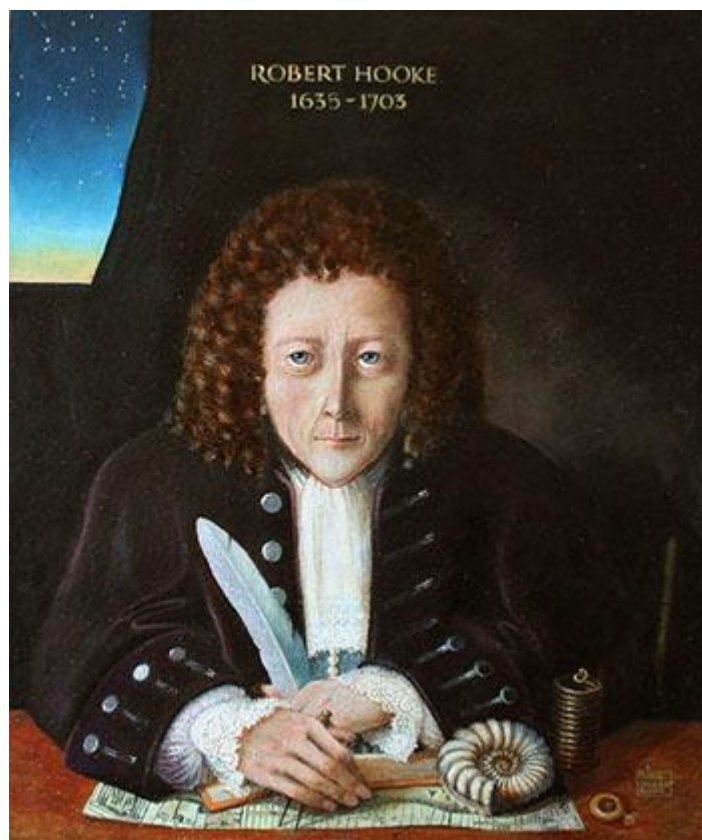
Гаспар Монж (1746–1818)

В результате «чертеж» прочно воцарился в технике. Инженерное дело получило свой особый язык – средство инженерного труда.

Сложности в изготовлении, конструировании и техническом обслуживании, а также необходимость создания технических систем, стимулируют производство особого продукта, объективированного в виде патентов, авторских свидетельств, изобретений и т.д.

Образцы такого рода деятельности продемонстрировали многие ученые-естествоиспытатели, совершенствуя конструкцию экспериментальной техники, разрабатывая и проводя новые эксперименты.

Например, Роберт Гук (1635 – 1705) изобрел микроскоп



Роберт Гук (1635 – 1703)

Генрих Герц (1857-1894) изобрел новую аппаратуру для регистрации и получения электромагнитных волн.



Генрих Герц (1857-1894)

Альберт Эйнштейн всю свою жизнь уделял большое внимание конструкторско-изобретательскому творчеству.



Альберт Эйнштейн (1879 – 1955)

Его можно считать одним из изобретателей магнитодинамического насоса для перекачки жидких металлов, холодильных машин, гигроскопических компасов, автоматической фотокамеры, электрометров, слухового аппарата и т.п.

На счету у Эйнштейна было около двадцати оригинальных патентов, в которых нашла свое отражение его способность умело комбинировать известные методы или физические эффекты для разрешения конкретных задач, выдвигаемых запросами промышленности или повседневной жизни.

Следует заметить, что историческая логика развертывания общественного разделения труда вкуче с целым набором технических, экономических, социальных и психологических факторов привели к обособлению инженерной деятельности от прочих видов умственного труда. Возникла новая профессия, смысл которой заключался (и заключается) в применении научных знаний при решении технических проблем производства.

Сущность инженерной деятельности находит свое отображение в функциях такой деятельности. Состав и последовательность выполнения функций инженерной деятельности незначительно изменились с той поры, как инженерный труд обрел статус профессии. Но содержание их многократно усложнились.

Первым внутривидовым разделением функций инженерного труда стало обособление друг от друга тех, кто придумывал и конструировал технику, и тех, кто налаживал ее выпуск на заводах. Но на этом процесс специализации в среде инженерно-технических работников не остановился, и два первоначальных крупных блока внешних и внутренних функций раздробились к настоящему времени на ряд более мелких. К *внешним функциям* (или социальным) относятся гуманисти-

ческая, социально-экономическая, управленческая, воспитательная и функция развития технического базиса общества.

К *внутренним или техническим функциям* относятся такие, как функции анализа и технического прогнозирования, исследовательских разработок, конструирования, проектирования, технологического обеспечения, регулирования производства, эксплуатации и ремонта оборудования, т.е. группа функций, обеспечивающих развитие производства и его функционирование. Для того чтобы представители разных инженерных специальностей сумели найти общий язык, потребовалось координировать их действия, плотно состыковать приобретшие автономию инженерные функции. В связи с этим возникает еще одна, особая функция – системное проектирование.

Функции инженера

Основные функции инженера достаточно жестко разграничены и закреплены за определенными специальностями.

1. *Функция анализа и технического прогнозирования.* Ее выполнение связано с выяснением технических противоречий и потребностей производства. Здесь определяются тенденции и перспективы технического развития, курс технической политики и соответственно намечаются основные параметры инженерной задачи. Короче говоря, формулируется в первом приближении ответ на вопрос, что нужно производству завтра. Осуществляют эту функцию инженерные «зубры» – руководители, ведущие специалисты научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, бюро, лабораторий.

2. *Исследовательская функция инженерной деятельности* состоит в поиске принципиальной схемы технического устройства или технологического процесса. Инженер-исследователь обязан по роду своей деятельности найти способ «вписать» намеченную к разработке задачу в рамки законов естественных и технических наук, т.е. определить направление, которое приведет к поставленной цели.

3. *Конструкторская функция* дополняет и развивает исследовательскую, а порой и сливается с ней. Особенное ее содержание заключается в том, что голый скелет принципиальной схемы прибора, механизма обрастает мышцами технических средств, технический замысел получает определенную форму. Инженер-конструктор берет за основу общий принцип работы прибора – результат усилий исследователя – и «переводит» его на язык чертежей, создавая технический, а затем и рабочий проект. Из совокупности известных технических элементов создается такая комбинация, которая обладает новыми функциональными свойствами, качественно отличается от всех прочих.

4. *Функция проектирования* – родная сестра двух предыдущих функций. Специфика ее содержания заключается, во-первых, в том, что инженер-проектировщик конструирует не отдельное устройство или прибор, а целую техническую систему, используя при этом в качестве «деталей» созданные конструкторами агрегаты и механизмы; во-вторых, в том, что при разработке проекта часто приходится учитывать не только технические, но и социальные, эргономические и другие параметры объекта, т.е. выходить за рамки сугубо инженерных проблем. Труд проектировщика завершает период инженерной подготовки производства; техническая идея приобретает свою окончательную форму в виде чертежей рабочего проекта.

5. *Технологическая функция* связана с выполнением второй части инженерной задачи: как изготовить то, что изобретено? Инженер-технолог должен соединить технические процессы с трудовыми и сделать это таким образом, чтобы в результате взаимодействия людей и техники затраты времени и материалов были минимальны, а техническая система работала продуктивно. Успех или неуспех технолога определяет ценность всего инженерного труда, затраченного перед этим на создание технического объекта и идеальной форме.

6. *Функция регулирования производства.* Проектировщик, конструктор и технолог совместными усилиями определили, что и как делать, осталось самое простое и одновременно самое сложное – сделать. Это задача рабочего, но направить его усилия, непосредственно на месте организо-

вать его труд с трудом других и подчинить совместную деятельность работников решению конкретной технической задачи – дело инженера-производственника, производителя работ.

7. *Функция эксплуатации и ремонта оборудования.* Здесь название говорит само за себя. Современная сверхсложная техника во многих случаях требует инженерной подготовки обслуживающего ее работника. На плечи инженера-эксплуатационника ложится отладка и техническое обслуживание машин, автоматов, технологических линий, контроль за режимом их работы. Все чаще инженер нужен за пультом оператора.

8. *Функция системного проектирования* сравнительно нова для инженерной деятельности, но по значимости превосходит многие другие функции. Смысл ее в том, чтобы всему циклу инженерных действий придать единую направленность, комплексный характер. Возникает новая профессия инженера-системотехника, призванного давать экспертные оценки в процессе создания сложных технических и особенно «человеко-машинных» систем, где необходим их постоянный диагностический анализ, направленный на раскрытие резервных и узких мест, выработку решений с целью устранения обнаруженных недостатков. Эксперты-универсалисты должны помочь руководителю достичь согласия по всей программе работ, включающей разные проекты.

Развитие инженерной деятельности после появления инженера протекало необычно стремительно. Союз науки и техники породил лавину технических и общественных перемен, которая по мере движения вперед захватывала все более широкие пласты жизни общества. В отношении инженерной профессии действие научно-технической революции оказалось воистину всеобъемлющим. Прогресс инженерии в XIX и особенно в XX столетии стал подобен разливу полноводной могучей реки, разветвляющейся к тому же на десятки и сотни новых потоков.

Самые общие, коренные изменения, произошедшие в инженерном деле и приведшие его к небывалому прежде расцвету: в технической сфере – это овладение новыми источниками энергии и создание новых материалов; в социальной области – превращение инженерной специальности в одну из самых массовых, а также те перемены в общественной сущности инженерного труда, которые связаны с установлением нового общественного способа производства; в области научной – прогресс инженерии опирается на становление и развитие технических наук.

Перечисленные явления относятся не только к прошлому, но и к настоящему инженерного дела; история здесь тесно переплетается с современностью.

1.2. Развитие инженерной деятельности, профессии инженера и профессионального образования

Еще в античном обществе инженерное дело впервые приобрело признаки профессии: регулярное воспроизводство, доход от занятия, определенную систему получения знаний. Чрезвычайно важное значение придавалось мастерству архитектора (так в Риме называли руководителей строительства). Считалось, что для получения этой профессии необходимы три вещи: врожденные способности, знания и опыт. Причем, кроме знаний прикладных, практических, архитектор должен был обладать философским складом ума. Несмотря на все эти условия, архитекторы (так же как и инженеры других специальностей относились) относились к «заурядным работягам», к людям второго сорта, находящимся ближе к ремесленникам, чем к ученым.

В период расцвета Римской империи инженеры становятся относительно многочисленной группой. Внутри профессии происходит разделение труда: наряду с военными, появляются гражданские инженеры, специализирующиеся в строительстве, коммунальном хозяйстве, мелиорации и ирригации. Формальных институтов инженерного образования не было. Обучение проходило на практике, что во многом напоминало цеховую систему подготовки – «ученик – подмастерье – мастер». Не сформировались еще общественные формы контроля уровня квалификации. Вместе с тем инженеры удовлетворяли общественную потребность в создании и эксплуатации техники, строительстве различных сооружений.

В феодальную эпоху оформилось разделение инженеров на гражданских и военных (хотя термин «гражданский инженер» стал широко употребляться несколько позже). Основной специ-

альностью *гражданских инженеров* средневековья оставалось строительное дело. Однако в связи с развитием металлургии, текстильной промышленности, кораблестроения и т.п. нарождается новый тип инженера-промышленника, который пока практически неотделим от высококвалифицированного мастера. Только с развитием машинной индустрии этот тип инженера вполне оформится и станет основной фигурой технического прогресса.

Основные технические достижения феодальной эпохи: *в строительном деле* – нахождение новых конструктивных принципов готического стиля построек, усовершенствование техники строительства замков и крепостей; *в металлургии* – открытие переделочного способа получения железа, начало чугунолитейного дела; *в морском транспорте* – изобретение компаса, усовершенствование кораблестроения; *в военном деле* – распространение огнестрельного оружия, а также изобретение книгопечатания.

Основным фактором, вызвавшим к жизни позже технические успехи, было *разложение рабовладельческого строя*, столь долгое время служившего тормозом внедрения новшеств в производственный процесс. Другим фактором, сыгравшим важную роль в ускорении технического прогресса, стало *развитие торговли*, служившей каналом распространения инноваций.

XVII век – переломный в профессии инженера. Наблюдается постоянный рост общественной потребности в инженерах. Перестает удовлетворять качество их подготовки, не базирующееся на специфическом фундаментальном образовании. В массовом сознании формируется понятие “*инженерное дело*” как совокупность знаний и умений в самых разных областях техники: в военном деле, в гражданских областях – в строительстве, кораблестроении. До XVII века мы не находим у инженеров еще многих признаков полного профессионализма: отсутствует развитая система специального технического образования, практическая специальная символика группы, инженеры не представляют сплоченной и социально однородной группы, не выработаны нормы поведения.

Появление машинной индустрии совершает поистине революционный переворот в инженерном деле, что позволяет заявить о вступлении профессии в институциональную стадию с распространением капиталистического способа производства. Именно *эпоха машинной индустрии порождает инженера в современном смысле слова*.

До XVII в. инженерное дело было главным образом сферой деятельности либо гениальных ученых, либо ремесленников – самоучек. Однако запас научных инженерных знаний и фактов становится настолько велик, что для его освоения требуется *специальное техническое образование*. С конца XVII в. развивается прикладная наука, которая “снисходит” к потребностям промышленности. Появляется обширная техническая литература. Создаются новые институты – школы прикладных наук, которые выпускают новый тип инженера – профессионала, обогащенного не только разнообразными знаниями, но и сознанием своей полезности.

Большое значение для инженерного дела имело учреждение в Лондоне Королевского научного общества (1660 г.) и Французской академии наук (1666 г.). С этого времени инженерное дело как профессия становится зависимым от формальных исследований и целенаправленного обучения. Школы прикладных наук, получавшее все большее распространение во Франции, также способствовали переходу профессии на институционально оформленную стадию: появились инженеры-профессионалы, имеющие формальные удостоверения своей компетентности и стремящиеся защищать свои профессиональные права и привилегии.

Профессиональная инженерная ассоциация возникла в Англии в 1771 г. и получила название “Общество гражданских инженеров”. Основной целью этой организации был провозглашен обмен мнениями в области инженерного дела. Однако это общество не удовлетворяло профессиональных потребностей молодых инженеров, которые в 1818 г. образовали свой институт гражданских инженеров, основной целью которого была помощь в приобретении профессиональных инженерных знаний. Но развитие и использование техники в то время шли настолько быстрыми темпами, что институт не успевал осуществлять взятую на себя задачу.

Дж. Стефенсон – известнейший в Англии изобретатель паровоза – основал в 1847 г. новый институт инженеров-механиков. Впоследствии возник еще ряд институтов: в 1860 г. – институт морских архитекторов, в 1871 г. – институт инженеров-электриков и т.п.



Джордж Стефенсон (1781 – 1848)

Во Франции нет упоминаний о каких-либо формальных инженерных организациях вплоть до 1716 г., когда был образован Корпус мостов и шоссе. Этот корпус осуществлял координацию всех строительных работ по сооружению мостов и дорог. А в 1747 г. была создана специальная школа для работников этого корпуса. В XVIII веке во Франции образовались еще несколько подобных учебных заведений: в 1778 г. – Высшая национальная школа минеров, в 1749 г. – публичная трудовая школа минеров, в 1794 г. – Публичная трудовая школа, которая впоследствии стала называться политехнической.

В Германии еще в XVIII веке впервые возникла система среднего специального технического образования. Ее появление было связано с острой потребностью развивающейся промышленности в квалифицированных инженерах, с одной стороны, и неспособностью традиционной академической системы образования удовлетворить эту потребность – с другой. Появилась новая форма учебного заведения – техникум, создающая сокращенный путь приобретения технических познаний. Курс обучения в техникумах продолжался от двух с половиной до четырех лет. Выпускникам присваивалось звание инженера в отличие от выпускников высшей политехнической школы. Первоначально техникумы готовили лишь техников-механиков и строителей. Но рост электротехнической промышленности вызвал необходимость подготовки специалистов электриков, что повлекло за собой открытие почти во всех техникумах специальных электротехнических отделений. В XIX веке в Англии и Америке инженерами называют техников высшего разряда, а научно-образованные техники именуется «Civil Engineer». Однако это звание часто не связано с получением высшего образования, которое вплоть до XX столетия не давало никаких привилегий при устройстве на работу. Многие из гражданских инженеров имели чисто практическое образование.

Кроме институтов гражданских инженеров, продолжало развиваться и военно-инженерное образование: в 1653 г. в Пруссии была учреждена первая кадетская школа. В 1620 г. во Франции основана артиллерийская школа, которая была единственной в мире в течение 50 лет. В XVII в. в Дании появилось первое особое училище для образования военных инженеров, а в начале XVIII в. такие училища были открыты в Англии, Саксонии, Австрии, Франции и Пруссии; 1742 г. – Дрезденское инженерное училище; 1747 г. – Австрийская инженерная академия; 1788 г. – Инженерная школа в Потсдаме.

Технический прогресс, развитие специального инженерного образования способствовали дальнейшему углублению внутри профессионального разделения труда. Осмысление технической задачи, определением способов ее решения стали заниматься инженеры – исследователи, проектировщики, технологи, труд которых стал почти неотличим от труда ученого-прикладника. Конструирование выделилось как исключительная функция инженеров-конструкторов.

Развитие технических наук привело не только к глубокой дифференциации инженеров – разработчиков новой техники, но и способствовало большему сближению с учеными. Производство

технических средств с каждым годом становилось все более и более связанным с научной деятельностью, а развитие техники – результатом укрепляющего взаимодействия науки и производства, продуктом совокупного труда, компонентами которого является научная и практическая деятельность. Этот процесс сближения породил группу специалистов, которую сегодня называют научно-технической интеллигенцией.

Таким образом, инженеры превращаются во вполне сформировавшуюся социально-профессиональную группу. Они обладали высоким общественным статусом: привлекательным выглядели и характер труда, и высокий заработок, их роль в создании и распространении культурных ценностей. Наиболее мощный всплеск престижа инженерного труда приходится на вторую половину XIX века.

1.3. Особенности становления и развития инженерной деятельности и профессии инженера в России

Как же зарождалось инженерное дело, как шел процесс становления профессии инженера на Руси?

Слово «инженер» в русских источниках впервые встречается в середине XVII века в «Актах московского государства». Массовая инженерная деятельность на Руси возникает и закрепляется лишь тогда, когда в ремесленном производстве намечается отделение умственного труда от физического. Как и везде, исключительной функцией инженера в Древней Руси следует считать интеллектуальное обеспечение процесса создания техники и различных сооружений.

Вместе с тем истоки инженерного искусства на Руси уходят в глубь веков. Еще до прихода на Русь первых инженеров-строителей имелись хорошо укрепленные города: Чернигов, Киев, Новгород и другие. Самобытно русское лицо запечатлено в мировых творениях Пскова, Ростова, Суздаля, Владимира и иных городов. В истории Руси есть немало имен русских мастеров, владевших собственными приемами в области строительной механики. Именно об этом говорят сооружения, возводившиеся такими зодчими, как новгородец Арефа и киевлянин Петр Милонег в XII веке, каменных дел мастер Авдей – в XIII веке, Кирилл и Василий Ермолины, Иван Кривцов, Прохор и Борис Третьяк и другие.

Уже в XI веке занятие строительством получает статус профессии. Строителей оборонительных сооружений именуют «городники», «мостники», «мастера порочные». «Городники» занимались строением городских стен, «мостники» выполняли работу, состоявшую в устройении различного рода переправ. «Порочными мастерами» назывались специалисты по постройке и эксплуатации осадных машин. Они всегда находились при войске, чинили старые и делали новые военные машины.

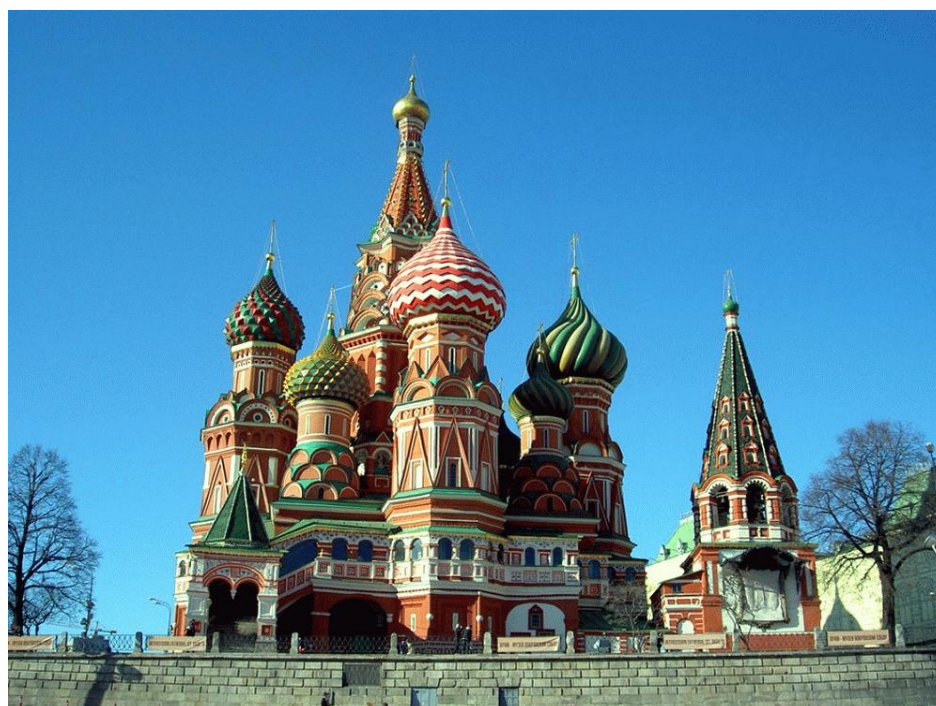
Влияние иностранных специалистов, в том числе на военно-инженерное дело, было крайне ничтожным. Но со второй половины XV века Иван III начал выписывать из-за границы искусных строителей. Так, в 1473 г. был послан в Италию Семен Толбузин для приискания там знающего зодчего. Он привез с собой знаменитого архитектора Аристотеля Фиораванти, который возвел несколько храмов, каменных палат, башен, а также участвовал в ряде военных действий русской армии. В 1490 г. из Италии приехали в Москву архитектор Петр Антоний с учеником, пушечный мастер Яков, в 1494 г. – знаменитый стеной мастер Алевиз и Петр-пушечник. В 1504–1505 гг. прибыло еще много итальянских зодчих и пушечных мастеров. Каждый из них обязывался отслужить определенный срок за известную плату.

Приглашенные инженеры и архитекторы сыграли заметную роль в истории русского инженерного дела, способствовали становлению на Руси инженерной профессии. Но свои, отечественные умельцы могли и делали свое дело мастерски с инженерным размахом. Современные инженеры, архитекторы приходят в изумление от точности практического расчета древних строителей церкви Вознесения в селе Коломенском под Москвой, достигающей в высоту 58 метров.



Церковь Вознесения в селе Коломенском

Как выдающийся памятник инженерной мысли у стен Кремля в Москве стоит храм Василия Блаженного, сооруженный великим псковским зодчим Бармой вместе с русским мастером И. Постником. Это поистине произведение искусства, архитектуры и инженерной мысли.



Храм Василия Блаженного (собор "что на рву")

В XV в. на территории российского государства производилась и отливка орудий. Это производство наладили русские колокольные мастера. Знаменитый Пушечный двор в Москве создан в 1478 году.

Особенно интенсивно идет этот процесс в Петровские времена. Сотни русских, в том числе, горнозаводских водных колес и плотин стояли столетия и действовали еще в первой половине XX в. в Екатеринбурге, Нижнем Тагиле и в иных местах.

Еще при Борисе Годунове русские мастера отлили в Москве колокол, диаметр нижней части которого составлял около пяти с половиной метров при общем весе свыше 35 тонн. Более двадцати человек требовалось для обслуживания его во время торжественного благовеста. Во время одного из пожаров он упал и разбился.

В 1654 году его успешно перелили, создав восьмитысячепудовый царь-колокол. После долгого хранения на земле (девять месяцев) его подняли и с 1668 по 1701 г. по Москве раздавался его благовестный звон. Для приведения в движение языка колокола требовалось, по свидетельству иностранцев, сто человек.

После пожара в Кремле (19 июня 1701г.), когда сгорели связи, на которых держался колокол, он опять падает и разбивается. В 1731 г. было решено воссоздать царь-колокол весом девять тысяч пудов. Пригласили мастеров из-за границы, в частности известного парижского мастера Жермена, но он принял за шутку предложение изготовить такой гигант.

То, что казалось невозможным зарубежным техникам, выполнили русские мастера – отец и сын Иван Федорович и Михаил Иванович Моторины, которые, после нескольких неудач, 23 ноября 1735 г. отливают колокол весом 12327 пудов 19 фунтов, то есть 200 тонн – самый большой в мире колокол.

При кремлевском пожаре 1737 года, когда колокол еще находился в яме, загорелось прикрывавшее его деревянное строение. Пламя падали в яму. Сбежавшийся народ, опасаясь, что колокол расплавится, начал заливать его водой.

Видимо из-за неравномерного охлаждения откололся кусок в его нижней части. Столетие колокол пролежал в земле, а в 1836 г. его установили на место, где он теперь и стоит в Кремле (в качестве памятника выдающемуся мастеру и его мастерству).



Царь-колокол



Царь-пушка

Официально «инженерами» стали называться специалисты по военному строительству при царе Алексее Михайловиче. Причем это звание давалось только иностранцам. Фактически русских инженеров в истинном смысле этого слова не существовало вплоть до XVIII в.

В период царствования Ивана Грозного военные строители начинают разделяться на разряды: 1) к высшему разряду принадлежали военные архитекторы – систематики, занимающиеся преимущественно усовершенствованием оборонительной части; 2) ко второму – собственно строители, руководившие сооружением укреплений; 3) к низшему разряду – все остальные строители: каменных, стенных, палатных дел мастера.

Коренные преобразования в инженерном деле произошли в связи нарастанием тенденций централизации и созданием единого Русского государства. С того времени все военное строительство и изготовление военной техники поступили в ведение *Пушкарского приказа*, основанного в царствование Ивана IV Грозного. В результате создания Пушкарского приказа постройка оборонительных сооружений сделалась менее произвольной, появились установленные стандарты: инструкции и чертежи, составленные в приказе. Начали распространяться и, так называемые, городские «строельные» книги, заключавшие в себе подробное описание оборонительных оград. При Пушкарском приказе числились: *инженеры*, или *иноземные строители*, которые выступали чаще всего экспертами или консультантами: они рассматривали проекты, присылавшиеся с места сооружения или сами их составляли; *городовые мастера* – большей частью русские строители, находящиеся постоянно в крупных городах: они рассматривали сметы, которые присылались строителями в Пушкарский приказ и непосредственно руководили строительными работами; *мастера и подмастерья* – низшие разряды строителей, помощники городских мастеров, осуществляли непосредственный надзор за производством работ; *чертежники*, осуществлявшие чертежные работы.

Пушкарский приказ был единственной организацией, регулировавшей осуществление инженерных функций. Хотя Иван Грозный сделал определенный шаг вперед в развитии инженерного дела, все же он, как и его предшественники, основным способом удовлетворения потребности в спе-

циалистах избрал их приглашение из европейских стран (в основном из Германии, Голландии и Англии).

При Василии Шуйском (1552–1612) было положено начало некоторому теоретическому образованию русских инженеров: в 1607 г. был переведен на русский язык «Устав дел ратных», в котором, кроме правил образования и разделения войска, действий пехоты, рассматривались и правила сооружения крепостей, их осады и обороны. Своеобразную роль учителей инженерного дела в русской армии взяли на себя шведские офицеры. Инженерные работы производились, как правило, наемными людьми, набираемыми из дворян, боярских детей и дьяков. Все они получали денежное и натуральное жалование.

Эпоха коренных преобразований в инженерном деле связана с именем Петра I. Почти непрерывные войны, сопровождавшие его царствование, сделали необходимым развитие как военного искусства вообще, так и инженерного, в частности. Основной целью преобразовательной деятельности Петра I было дать возможность России стать самостоятельной развитой державой и обходиться по возможности без иностранцев. Именно это и послужило причиной основания корпуса собственных русских инженеров.

Первым шагом в распространении инженерных знаний среди русских было направление молодых дворян за границу с целью изучения там архитектуры, корабельного искусства и инженерного дела. Петр I сразу по возвращении из своего первого путешествия по Европе приступил к учреждению учебного заведения, получившего название *Школы математических и навигацонных наук* (1708 г.). Среди преподававшихся в школе предметов значились: арифметика, геометрия, тригонометрия, а также их практическое применение в артиллерии, фортификации, геодезии, мореплавании.

В 1712 г. открывается первая, а в 1719 г. – вторая инженерные школы, куда начали поступать дети из знатных русских фамилий. Качество образования в этих первых инженерных школах не удовлетворяло даже тем скромным требованиям, которые предъявлял XVIII в. Юноши, посвятившие себя военно-инженерному делу, получали в основном теоретическую, математическую подготовку, дальнейшее же образование по инженерной части им приходилось получать практическим путем, в ходе службы в звании кондукторов. И все же эти первые шаги инженерного образования дали свои плоды: во-первых, повышался образовательный уровень людей военного звания, а во-вторых, постепенно складывался круг образованных инженеров русского происхождения. Кроме специализированной подготовки военных инженеров, Петр I в 1713 г. издал Указ о том, что все офицеры в свободное время должны обучаться инженерству. Таким образом, число русских технических специальностей мало-помалу росло, что привело впоследствии к образованию инженерного корпуса.

В 1724 г. Петр I приступил к формированию инженерного полка, в котором инженеры были разделены на два разряда: полевых и гарнизонных. Численность инженеров в то время была уже довольно значительной, а круг действий вполне определен. Именно с того времени можно считать, что военно-инженерная профессия перешла на свою институциональную стадию, опередив гражданскую специальность где-то на 100 лет. Однако развитие профессии инженера в военной сфере России отставало примерно на 60 лет от европейских темпов. А как же обстояло дело с применением инженерного труда в гражданских областях?

Вплоть до петровского времени Русь была страной кустарной промышленности. Наиболее крупными в то время являлись оружейные, литейные и суконные предприятия (отрасли, обслуживавшие армию). Если не считать единичных попыток иностранцев основать на Руси фабрики и заводы в XVI–XVII веках, до Петра I фабричной промышленности не было.

Инженерные функции на заводах и фабриках петровского времени вменялись в обязанности определенной категории работников. Гражданских инженеров в современном смысле слова не было. Основной рабочей массой были посессионные крестьяне, приписываемые к фабрике, кроме того, на заводах работали под караулом преступники, солдаты, военнопленные. Такой контингент рабочей силы характеризовался низкой производительностью труда, отсутствием навыков для тщательной и тонкой работы, незаинтересованностью в результатах своего труда. Но кроме этой, часто недисциплинированной и неквалифицированной массы, на фабриках имелись мастера,

знавшие технологию производства и, по существу дела, объединявшие в своем лице и инженера, и квалифицированного рабочего, и ремесленника.

В XVIII в. состоялось окончательное прикрепление мастеровых к фабрикам, что тормозило рост производительности труда и улучшение качества товаров. Отсутствие необходимой для развития капитализма свободы предпринимательской деятельности сказывалось и на инновационной активности.

При Екатерине II промышленная политика постепенно проникается духом предпринимательской свободы и поощрения частной инициативы. За годы царствования Екатерины II число фабрик и заводов увеличилось более чем вдвое. Все это обуславливало необходимость наличия людей, способных решать возникающие технические проблемы, знающих технологии, умеющих заниматься разработкой техники и создавать ее.

В петровское и послепетровское время инженерная профессия вступает в новую стадию своего развития с возрастающим ускорением. Но для огромной России этого было недостаточно. К тому же развитие промышленности отличалось большой неравномерностью. Текстильная промышленность развивалась довольно быстро, в отраслях тяжелой промышленности технический прогресс шел черепашьими шагами.

В XIX век Российская империя вступила со сложным багажом. Старые производственные отношения пришли в явное несоответствие с развитием экономики. Первая половина XIX века характеризуется тем, что многие отрасли промышленности Российской империи находились как бы еще в зачаточном точнее, «эмбриональном», состоянии или же совсем не прогрессировали, оставаясь на низком технологическом уровне, несмотря на то, что в Европе шла техническая революция, были созданы предпосылки для промышленного переворота, продвигались его начальные этапы.

Рабочие были закреплены за фабрикой, подобно крепостным крестьянам. Никакие льготы не могли заменить основного условия промышленного прогресса – свободы труда. В таких условиях потребность в инженерах почти отсутствовала. На фабриках машинный труд не был господствующей формой труда. Отсталая технология и использование подневольного труда посессионных и вотчинных мастеровых сводили функцию технологического контроля к минимуму. На многих фабриках инженеров не было вплоть до 1917 года.

Только с середины 30-х годов XIX в. стало наблюдаться одновременное и непрерывное внедрение машин в различные отрасли промышленности, в одних более быстро, в других – замедленное и менее эффективное. Крайняя неравномерность технического прогресса, быстрыми скачками передвигающегося в одних отраслях и медленно ползущего в других, создала ситуацию, когда на наиболее современных предприятиях инженерные кадры были многочисленны и неоднородны по своей специализации, в то время как в отсталых отраслях экономики «об инженерстве никто толком не знал».

Завершение промышленного переворота создало реальные условия для индустриализации страны. Россия переходила к ней позже других передовых стран. Уже завершилась индустриализация в Англии, близки были к этому в конце XIX в. Германия и США. Как и в других странах, индустриализация началась с легкой промышленности еще в середине XIX в. Из нее средства переливались в тяжелые отрасли.

Рост машиностроения, усиленный ввоз машин, техническое перевооружение заводов – все это потребовало подготовленных кадров. С 1860 по 1896 г. число машиностроительных заводов возросло с 99 до 544 (в 5,5 раза), а число рабочих на них с 11600 до 85445 (в 7,4 раза). Были построены такие крупные машиностроительные предприятия, как Обуховский сталелитейный и пушечный, механический завод Нобеля – в Петрограде, паровозостроительный завод в Коломне, пушечный и механический в Перми, машиностроительный – в Одессе и др.

Острая нехватка инженеров, мешавшая развитию производительных сил страны, тормозившая процесс концентрации труда, восполнялась несколькими способами:

- 1) импортом иностранных специалистов, продолжающимся вплоть до середины XIX в.;
- 2) вынужденным взятием фабрикантом на себя функций инженера;

3) слабым контролем за наличием формальных удостоверений квалификации специалиста, что позволяло использовать в качестве инженеров и техников лиц, не имеющих специального образования. В 1889 году 96,8 % на промышленных предприятиях были практиками.

Развитие капитализма в России, рост промышленности и концентрации труда делали необходимыми значительные увеличения численности инженеров и техников, занятых в гражданских отраслях. Однако в первой половине XIX в. этот род деятельности не пользовался особым уважением в высших сословиях. Несмотря на все старания правительства расширить сеть высших технических учебных заведений, в стране ощущался острый дефицит высококвалифицированных кадров. Это вынуждало снижать требования к сословной и национальной принадлежности соискателей на звание инженера. Так же как и в армии, командный состав промышленности претерпевал демократические изменения: многие втузы и политехникумы, прежде привилегированные, были объявлены формально не сословными. Это была одна из мер расширения количества инженеров в соответствии с растущими потребностями развивающейся промышленности. Другой мерой, направленной на удовлетворение растущей потребности в инженерах, по-прежнему оставался ввоз иностранных специалистов в Россию.

В 1875 г. станочный парк России на 90 % был иностранного происхождения. Такое положение практически сохранилось вплоть до начала первой мировой войны. Причины недостаточного развития станкостроения в стране крылись в слабой металлургической базе России, отсутствии поощрительных мер развития станкостроения, беспошлинном ввозе станков из-за границы, а также в дефиците инженеров и опытных рабочих-станкостроителей.

Это не значит, что станки в России вовсе не производились. Такие крупные заводы, как Киевский, Мотовилихинский (Пермь), Нобеля, братьев Бромлей и др., производили станки собственной конструкции: токарные, сверлильные, расточные и строгальные. В конце XIX – начала XX вв. на Харьковском паровозостроительном заводе были созданы универсальные радиально-сверлильный и долбежно-сверлильно-фрезерный станки оригинальной конструкции.

Отсутствие достаточного числа инженерных кадров тормозило развитие станкостроения. В европейской части России в 1885 г. из 20322 заведующих крупными и средними предприятиями специальное техническое образование имели лишь 3,5 %, в 1890 г. – 7 %, в 1895 – 8%. В 1890 г. директорами фабрик работали 1724 иностранца, из них 1119 не имели технического образования. Промышленность России делилась на два сектора: отечественный и концессионный. Предприниматели-иностранцы не брали на свои заводы русских специалистов, не доверяя их квалификации и стремясь сохранить секреты технологии. Инженеры на такие предприятия выписывались, как правило, из-за границы.

Во второй половине XIX в. стремление преодолеть сильную зависимость русской промышленности от иностранных специалистов побудило правительство обратить внимание на *развитие* в стране *системы высшего технического образования*.

Одним из старейших технических учебных заведений России был Горный институт, основанный еще в 1773 г. Екатериной II. В 1804 г. он был преобразован в Горный кадетский корпус. Сюда принимались дети горных офицеров и чиновников, знавшие арифметику, чтение, письмо по русскому, немецкому и французскому языкам. Кроме того, на собственный счет принимались дети дворян и фабрикантов. Горный кадетский корпус – одно из наиболее престижных учебных заведений; «наибольшая часть воспитанников поступала в корпус не с той целью, чтобы окончить полный курс и выйти офицерами по горной части, а главным образом для того, чтобы получить хорошее общее гимназическое образование. Горный корпус являлся наилучшим из петербургских «благородных пансионов», но как специальное высшее учебное заведение по горной части он мало выдавался. В 1891 г. в России было всего 603 дипломированных горных инженера.

В 1857 г. в России действовало шесть втузов: Николаевское главное инженерное училище, Михайловское артиллеристское училище, Морской Кадетский корпус, Институт корпуса инженеров путей сообщения, Институт корпуса горных инженеров, Строительное училище Главного управления путей сообщения и публичных зданий.

Во второй половине XIX века открывается целый ряд технических вузов в ответ на потребности развивающейся промышленности. Так, открывается Московское высшее техническое учи-

лице (1868), Петербургский технологический институт (1828), Томский университет (1888), Технологический институт в Харькове (1885 г.) и другие. Эти учебные заведения были более демократичными по своему положению и составу.

Несколько позднее, в 1906 году, в Петербурге открываются *женские политехнические курсы*. Их открытие явилось важным событием для развития инженерной профессии в России. Это было реакцией на растущую нехватку специалистов, с одной стороны, и на всплеск движения за эмансипацию женщин – с другой. Под натиском женского движения открывались возможности для участия женщин во все новых сферах деятельности.

Несмотря на открытие новых технических вузов, конкурс в них был довольно высоким и колебался от 4,2 человека на место в Петербургском политехническом институте до 6,6 человека – в Институте корпуса инженеров путей сообщения и до 5,9 человека – в Институте корпуса горных инженеров (данные 1894 г.).

В многомиллионной массе безграмотного населения инженеры представляли собой группу, по своему общему культурному уровню намного превосходящую тех, с кем ей приходилось интенсивно общаться. Дипломированные инженеры относились к интеллектуальной элите общества. Это были «сливки» интеллигенции. Такому положению способствовал характер технического образования тех лет, которое отличалось универсализмом и отличной общеобразовательной подготовкой.

Доходы инженеров также привлекали к ним взоры простых людей, рабочих, повышая престиж профессии в массовом сознании. Стремление стать инженером (об этом говорят результаты конкурсов), диктовалось не в последнюю очередь достаточно высоким материальным положением выпускника. Материальное положение российских инженеров в конце XIX века было таково, что приближало их по уровню доходов к наиболее обеспеченным слоям общества, по-видимому, их доходы были самыми большими по сравнению с доходами всех других наемных работников.

Развитие экономики требовало постоянного притока технических специалистов, создания действенной системы их подготовки. В то же время система технического образования XIX в. отличалась определенной консервативностью и не обеспечивала нужного стране количества инженеров, т.е. профессия «инженер» была не только уникальной, но и дефицитной, несмотря на развитие системы образования, профессиональных сообществ, клубов, атрибутики и символики.

XIX век, особенно его вторая половина, характеризуется бурным развитием промышленности и ростом темпов железнодорожного строительства, что дало толчок развитию инженерной профессии, формированию достаточно многочисленной группы заводских инженеров.

Неравномерность технического прогресса в России: быстрыми темпами развиваются отдельные отрасли, где концентрировались инженерные кадры, и также существовали отрасли, развивающиеся медленно, неравномерно, где явно не хватало инженеров. Их недостаток восполнялся за счет практиков, процент которых был достаточно высоким. Многие учебные заведения становятся всеобщими, претерпевают демократические изменения, что дает возможность в какой-то мере удовлетворять потребности развивающейся промышленности в инженерах.

К концу XIX века повышается престиж российских инженеров, по уровню доходов они относятся к наиболее обеспеченным слоям общества, складывается система льгот, наград и поощрений, что делает профессию инженера более привлекательной.

1.4. Инженерная деятельность в индустриальном и постиндустриальном обществе

Инженерная деятельность в индустриальном и постиндустриальном обществе имеет различный характер. *Индустриальное общество* — это общество, которое достигло определенного уровня общественно-экономического развития за счет добычи и промышленной переработки природных ресурсов. Для индустриального общества характерны разделение труда, развитие средств массовой коммуникации и высокий уровень урбанизации.

Индустриальное общество возникло в XIX веке и развилось в XX веке в результате четырех промышленных революций. Первая промышленная революция (1750-1850 гг.) была связана с развитием машинного текстильного производства, вторая (1850-1900 гг.) – с применением паровых

машин и развитием железнодорожного транспорта, третья (1875-1925 гг.) – с широким использованием электричества и созданием тяжелой промышленности, а четвертая (1900-1950 гг.) – с развитием автомобилестроения и массового производства.

Для **индустриального** общества характерным является:

- резкий рост промышленного и сельскохозяйственного производства,
- ускоренное развитие науки и техники, а также средств коммуникации,
- рост населения, увеличение продолжительности и значительное повышение уровня жизни,
- резкое возрастание мобильности населения,
- сложное разделение труда не только в рамках отдельных стран, но и в международном масштабе,
- снижение горизонтальной дифференциации населения (деление его на касты, сословия, классы),
- рост вертикальной дифференциации (деление общества на нации, «миры», регионы).

В индустриальном обществе определяющей является промышленность, а главными структурами – корпорации и фирмы. Инженеры в индустриальном обществе решают специализированные задачи, связанные с исследованиями, проектированием, конструированием, производством, эксплуатацией, обслуживанием, ремонтом и утилизацией технических объектов и систем. Разделение инженерного труда дает его наивысшую производительность в условиях индустриального общества.

В результате научно-технической революции индустриальное общество трансформируется в постиндустриальное общество. *Постиндустриальное общество* — это общество, в экономике которого в результате научно-технической революции и существенного роста доходов населения приоритет переходит от преимущественного производства товаров к производству услуг. К постиндустриальным странам относят те, в которых на производство в сфере услуг приходится более половины внутреннего валового продукта (ВВП).

Производственным ресурсом в постиндустриальном обществе становятся информация и знания. Научеёмкие разработки являются главной движущей силой экономики. Все больше ценятся такие качества работников как высокий уровень образования, профессионализм, обучаемость и креативность.

Постиндустриальный способ производства основан на:

- наукоёмких технических разработках и технологиях,
- информации и знаниях как основном производственном ресурсе,
- творческой деятельности человека, непрерывном обучении, самосовершенствовании и повышении квалификации в течение всей жизни.

В постиндустриальном обществе – *главным ресурсом* является **знание**, а *главной структурой* – **университет** как место, где его производят и накапливают. При этом основной производственный ресурс – квалификацию людей – невозможно повысить через рост инвестиций в производство. Этого можно добиться только путем увеличения инвестиций в человека и повышения потребления, в том числе образовательных услуг, вложений в здоровье человека и т. д.

Если в индустриальном обществе технологический прогресс достигается, в основном, благодаря работе изобретателей-практиков, часто не имеющих научной подготовки, то в постиндустриальном обществе резко возрастает прикладная роль научных исследований, в том числе фундаментальных. Основным двигателем технологических изменений становится **внедрение в производство научных достижений**.

В постиндустриальном обществе наибольшее развитие получают наукоёмкие, ресурсосберегающие и информационные технологии (высокие технологии). Это, в частности, микроэлектроника, программное обеспечение, телекоммуникации, робототехника, производство материалов с заранее заданными свойствами, биотехнологии и др. Информатизация пронизывает все сферы

жизни общества, не только производство товаров и услуг, но и домашнее хозяйство, а также культуру и искусство.

Главный тренд изменения технологических процессов в постиндустриальном обществе — автоматизация, постепенная замена неквалифицированного труда работой машин и компьютеров. **Постиндустриальное общество** — это **общество профессионалов**, где основным классом является класс интеллектуалов. В постиндустриальном обществе основным средством производства является квалификация сотрудников. То есть средства производства принадлежат самому работнику. Поэтому ценность сотрудников для компаний резко возрастает.

Инженерная деятельность в постиндустриальном обществе приобретает все более интегрированный, **комплексный** и **инновационный** характер. Инженер, вооруженный методологическими знаниями, безграничными информационными ресурсами и современными компьютерными системами, может комплексно решать исследовательские, проектные, конструкторские, технологические и другие задачи. **Комплексная инженерная деятельность** является сложной и многокомпонентной, она охватывает широкий спектр различных инженерно-технических и других вопросов, проектные решения основываются на фундаментальных принципах, используются методы моделирования и оптимизации.

Инновационная инженерная деятельность направлена на разработку и создание новой техники и технологий, доведенных до вида товарной продукции, обеспечивающей новый социальный и экономический эффект, а потому востребованной и конкурентоспособной. Инновационная инженерная деятельность является многоуровневой и междисциплинарной, основана на глубоких фундаментальных и прикладных знаниях, требует глубокого анализа и построения моделей высокого уровня.

Анализ мировой практики показывает, что инновационная способность нации связана не столько с наукой, сколько с состоянием инженерной системы страны, которая включает в себя разработку новой продукции, организацию ее производства и доведения до потребителей. В постиндустриальном обществе инженерное творчество и научные исследования взаимосвязаны между собой. Однако следует иметь в виду, что нововведения — это инженерная, а не научная деятельность. Последняя, как известно, предполагает изучение объективно существующих законов природы.

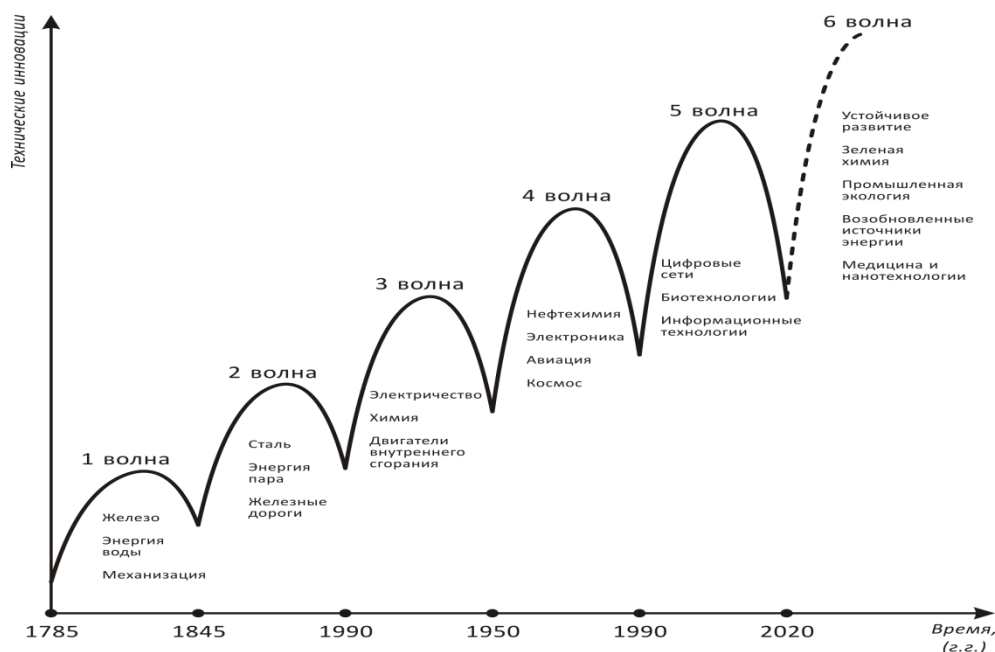


Рис.1. Волны технических инноваций

В постиндустриальную эпоху обществом уже накоплена масса фундаментальных и прикладных знаний, создан огромный информационный ресурс, и главной целью становится создание новой конкурентоспособной продукции и новых рынков за счет умелого управления знаниями. Инновации в технике и технологиях в настоящее время формируются на **междисциплинарной**

основе в результате передачи знаний из одной области в другую. Распределение и комбинация фундаментальных и прикладных знаний, развития а главное, их использование «неожиданным образом» в практических целях становится главной задачей инженера в его инновационной деятельности.

Иллюстрацией технологического индустриального и постиндустриального общества в результате инженерной деятельности являются известные волны технических инноваций Кондратьева (К-волны) с 50-летними жизненными циклами (рис. 1).

1.5. Вклад отечественных ученых в развитие инженерных наук

С глубокой древности Русь славилась своими умельцами – литейщиками, оружейниками, ювелирами, строителями ветряных и водяных мельниц. Средневековые русские мастера умели делать сложные механические устройства – часы, хитроумные замки, сверлильные и токарные станки, станки для чеканки монет, ткацкие станки, самопрялки, копры для забивания свай, подъемные сооружения, лесопильни. Опыт, накопленный русскими ремесленниками, создал благодатную почву для развития теории, накопления практических знаний.

Отечественные ученые внесли значительный вклад в разработку теории машин, механизмов, строительных конструкций. В отечественных древних книгах на эту тему излагались знания, накопленные русскими и иностранными мастерами в практической деятельности. Например, знаменитый «Устав ратных, пушечных и других дел, касающихся воинской науки» содержит много ученых сведений по технике. Автором книги – выдающийся деятель русской техники XVII века Онисим Михайлов. В книге изложение технических вопросов основано на данных математики.

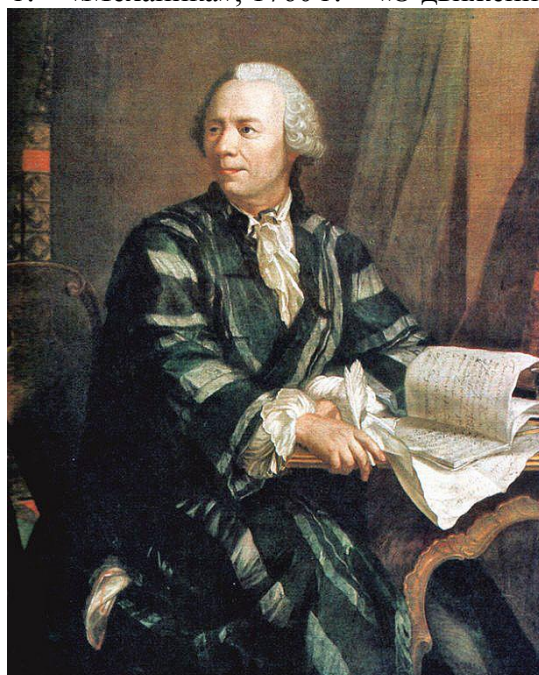
В начале XVIII века в России стали появляться сочинения, написанные уже специалистами-учеными:

1722 г. «*Наука статическая, или механика*» – первый русский труд, посвященный специально механике (автор Г.Г. Скорняков-Писарев);

1738 г. «*Краткое руководство к подписанию простых и сложных машин, сочинение для употребления российского юношества*» (перевод сочинений петербургского академика Крафта). Книга эта служила источником знаний для нескольких поколений русских механиков.

1764 г. «*Механические предложения для употребления обучающегося при Артиллерийском и Инженерном шляхетном кадетском корпусе благородного юношества*» (автор **Я. П. Козельский**).

Богатое наследие оставил после себя знаменитый ученый **Леонард Эйлер** – 865 трудов (много посвящено механике: 1727 г. – «Механика»; 1760 г. – «О движении твердого тела»).



Леонард Эйлер (1707 – 1783)

Эйлер занимался изучением трения, в течение многих лет продолжал исследования трения в машинах и механизмах.

Большой вклад в развитие и становление механики и инженерного дела внес **Михаил Васильевич Ломоносов**.



М.В. Ломоносов (1711 – 1765)

Он изобрел ряд специальных устройств и приборов: машины для испытания материалов на твердость, инструмент «для раздавливания и сжимания тел», с помощью которых он исследовал прочность различных материалов, прибор для определения вязкости жидкостей. Ломоносов оставил ряд интереснейших исследований часовых механизмов, высказал мысль об использовании в часах хрусталя и стекла для уменьшения трения. Ученый выступал не только как теоретик, но и как конструктор. Им были построены токарный и лобовые станки, созданы проекты коленчатых валов, водяных помп, лесопильных мельниц.

Заслуга Ломоносова перед механикой состоит и в том, что под его руководством работали мастерские Академии наук, ставшие одним из центров русской технической мысли. После его смерти они пришли в упадок и только после того как в 1769 г. во главе мастерских становится **Иван Петрович Кулибин**, они занимают то место, которое занимали при Ломоносове.



Иван Петрович Кулибин (1735 – 1818)

Многочисленные изобретения Кулибина свидетельствуют, что он был инженером в современном смысле слова. Он строил свои творческие замыслы на прочной основе строгих расчетов и тщательных исследований. Задумав мост через Неву, Кулибин воплотил его в точные и подробные чертежи. К 1776 г. изобретатель закончил проект, донныне удивляющий нас замечательной глубиной инженерного решения, красотой и изяществом конструкций.



Проект деревянного моста через р. Неву, составленный **И. П. Кулибиным** в 1776 г.

Интересен метод, при помощи которого Кулибин провел предварительную проверку возможностей сооружения. Натянув веревку и подвешивая к ней в определенных местах грузики, изобретатель воспроизвел как бы подобие своего моста и сил, действующих на мост. Построил Кулибин и специальную испытательную машину, с помощью которой он проверял свои расчеты.

Создав подобие моста и определив нагрузки, которые способна выдержать модель, Кулибин мог совершенно точно установить и наибольшую нагрузку, которую сможет вынести его мост-гигант. Таким образом, знаменитый российский механик внес важное решение: как в модели воспроизвести точное механическое, а не только геометрическое, внешнее подобие крупного сооружения. Эйлер тщательно проверил расчеты Кулибина и, убедившись в их абсолютной правильности, дал о них восторженный отзыв. Эйлер облек теоретическое открытие Кулибина в математическую форму. Метод подобия вошел в технику как одно из мощнейших ее средств. В практике ни одно ответственное сооружение не строится, прежде чем его маленькое подобие – модель – не пройдет всесторонних испытаний.

Неустанно работала отечественная мысль над развитием теории механики. Продолжая дело Ломоносова и Эйлера, академик **Семен Кириллович Котельников** в 1774 г. выпустил книгу, содержащую учение о равновесии и движении тел. В начале XIX века академик **Семен Емельянович Гурьев** опубликовал несколько работ по теории машин и механизмов, в том числе «Основы механики» и «Главные основания динамики». Вопросы механики занимают большое место в «Начальных основаниях общей физики», выпущенных в 1801 г. профессором Московского университета П. И. Страховым.

Трудно перечислить все имена выдающихся деятелей российской науки и техники. Имена многих из них стали гордостью всего передового человечества. Одним из таких людей был гениальный математик и механик **Михаил Васильевич Остроградский** (1801–1862).



Михаил Васильевич Остроградский (1801–1862)

Принцип Остроградского-Гамильтона – жемчужина теоретической механики. Все механические системы подчиняются этому принципу. Руководствуясь им, можно в математических уравнениях отобразить механические процессы. Остроградский занимался теорией волн, теорией теплоты, изучал упругие колебания тел, вопросы равновесия и движения твердых тел, вековые неравенства в движении планет. Большое внимание он уделял педагогической работе.

Прикладная механика была хорошо поставлена в петербургских высших школах. Отчасти это было заслугой **Августина Бетанкура**, который приехал в Россию в 1808 г.: принимал участие в организации службы путей сообщения; построил ряд заводов и зданий (по его проектам был построен Манеж в Москве и заложен фундамент Исаакиевского собора); руководил застройкой Петербурга; построил ансамбль ярмарочных зданий в Нижнем Новгороде. А. Бетанкур являлся одним из учредителей и руководителей первого в России высшего учебного заведения нового типа – Петербургского института путей сообщения, открытого в 1809 г.

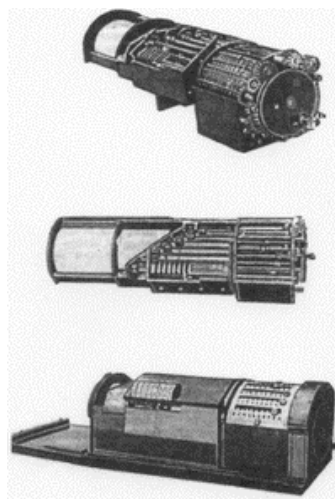
В связи с задачами строительства железных дорог в 30-х годах XIX в. активизируется работа над созданием строительной механики и теории сооружений. Важную работу в этом направлении выполнили воспитанники института путей сообщения. Многим обогатил механику замечательный мостостроитель **Дмитрий Иванович Журавский** (1821–1891). Достаточно сказать, что именно он спроектировал и построил большинство мостов железной дороги между Петербургом и Москвой, прокладка которой началась в 1843 г. Опыт предшественников – создателей мостов обычного назначения – мало годился для проектирования железнодорожных мостов, которые должны были выносить значительно большие динамические нагрузки. Его последователь **Николай Аполлонович Белелюбский** (1845–1922) вошел в историю техники как создатель большого числа замечательных мостов, пришедших на смену деревянным: он спроектировал более пятидесяти сооружений (Сызранский мост через Волгу, построенный им в 1875–1881 гг, долгое время не имел равных в Европе по величине и оригинальности конструкций (13 пролетов по 111 метров каждый)).

Богатейшее наследство оставили в механике **Пафнутий Львович Чебышев** и его ученики Александр Михайлович Ляпунов, Хаим Иегудович Гохман и др.



Пафнутий Львович Чебышёв (1821 – 1894)

В 1881 году П.Л. Чебышёв изобрел автомат для вычислений.



Общий вид арифмометра Чебышёва с умножающей приставкой

В отличие от других счетная машина Чебышёва могла работать в быстром темпе, превышающем 500 вычислений в час. К сожалению, данная модель распространения в России не получила и очутилась в Париже, в музее искусств и ремесел.

Во второй половине XIX в., когда в промышленности все шире и шире стали распространяться первые двигатели. Перед инженерами встал вопрос о создании надежно работающих регуляторов, способных точно и безотказно реагировать на малейшие изменения нагрузки на паровую машину. К плеяде выдающихся ученых-механиков принадлежит **Иван Алексеевич Вышнеградский** (1831–1895): он положил начало теории автоматического регулирования. Этот труд явился ответом русского ученого на настоятельные требования инженерной практики. От качества точности изготовления регулятора, его расчета и исполнения зависела работа машины. Неоднократные попытки создать методы предварительного расчета регулятора не давали результатов. Вышнеградскому удалось решить эту важнейшую научную и техническую задачу: в отличие от своих многочисленных предшественников он рассматривал движение регулятора не изолированно, а во взаимодействии с движением самой машины. Он вывел ряд математических уравнений и блестяще их проанализировав, создал знаменитые «неравенства Вышнеградского». «Неравенства» и «диаграммы Вышнеградского» стали основой расчета чувствительных, безотказно работавших в свое время регуляторов.

И сегодня теория, созданная Вышнеградским, помогает инженерам создавать различные автоматические устройства.

Крупные успехи были достигнуты российскими исследователями и в изучении трения в машинах. Борьба с трением, правильно разработанный режим смазки имеют огромное значение в технике. В конце XIX в., когда промышленность развивалась особенно бурно, от правильного решения этих проблем зависел дальнейший прогресс техники, успех борьбы за высокие скорости и большие мощности. Русский ученый **Николай Павлович Петров** (1836–1920) опубликовал в 1883 г. в «Инженерном журнале» работу о трении в машинах. Большое внимание ученый уделил проблеме смазывания трущихся поверхностей. Он доказал, что правильно смазанные твердые поверхности не приходят в соприкосновение: их разделяет жидкая пленка. Труд Петрова «Трение в машинах» положил начало классической гидродинамической теории трения. Формула Петрова, позволяющая определить силу трения в зависимости от качеств смазочной жидкости, скорость движения и давления на единицу трущейся поверхности, – одна из важнейших инженерных формул, которой пользуются механики.

Существенный вклад в науку в XIX в. внесла первая русская женщина-математик **Софья Васильевна Ковалевская** (1850–1891). В области механики особенно велик ее вклад в теорию гироскопов: в 1888 г. она опубликовала «Задачу о вращении твердого тела вокруг неподвижной точки», в которой указала на новый случай гироскопа. Впервые после Эйлера и ЛAGRANЖА было сказано новое слово в теории волны. Своим вкладом в эту область механики Ковалевская продвинула теорию далеко вперед, оставив блестящие исследования вращения твердого тела вокруг неподвижной точки.

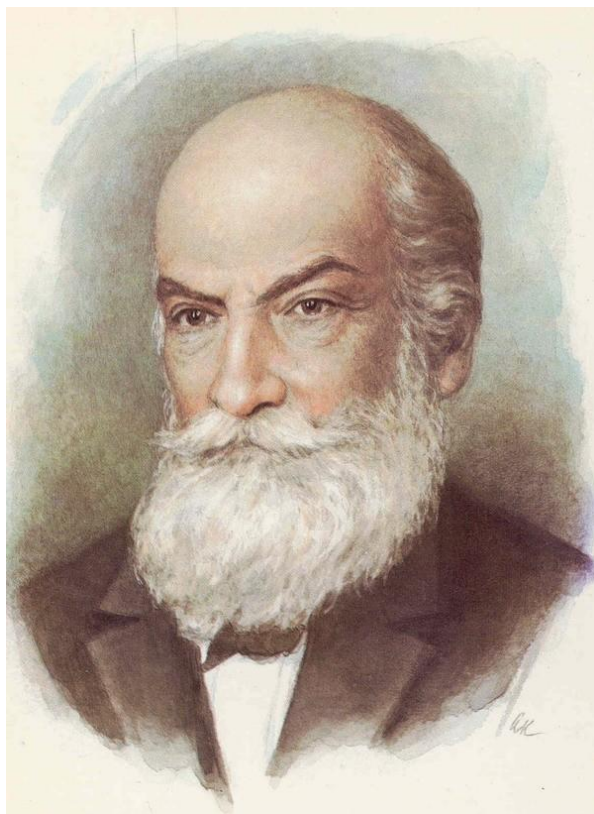
Говоря о развитии инженерных наук, нельзя не сказать о заслугах отечественных ученых в создании теоретических основ одного из важнейших производственных процессов – процесса резания. Резание – один из старейших способов придать изделию нужную форму. Но до середины XIX века, когда на заводах всего мира работали уже десятки тысяч металлорежущих станков, сущность процесса резания оставалась неизвестной. По-научному подошел к проблеме резания ученый **Иван Тиме**, опубликовавший в 1870 году труд «Сопrotивление металлов и дерева резанию». Русский ученый дал научно обоснованные таблицы резания и формулы, которые перешли затем во все руководства по металлообработке. Большое значение для продвижения вперед науки о резании металлов имели работы К. А. Зворыкина, А. А. Брикса, Я. Г. Усачева, А. М. Игнатьева.

Многим обогатил механику и «создатель кораблестроительной науки» **Алексей Николаевич Крылов** (1863–1945). Разрабатывая метод подобия, основы которого заложил еще Кулибин, он дал теорию моделирования кораблей. Крылов оставил глубокие исследования в труднейшей отрасли механики, изучающей гироскопы. Его труды по теории гироскопа, стали настольными книгами конструкторов навигационных приборов. Теория Крылова помогает строить морские и авиационные гироскопы и автопилоты.



Алексей Николаевич Крылов (1863–1945)

Создание аэродинамики в значительной степени связано с именем Николая Егоровича Жуковского (1847–1921). Он вел исследования турбин, ткацких машин, велосипедных колес, речных судов, мукомолен и т.д.



Николай Егорович Жуковский (1847-1921)

Он составил уравнения динамики для центра тяжести птицы и определил ее траекторию при различных условиях движения воздуха. Особенно плодотворны для Жуковского были 1894–1898 гг., когда он интенсивно работал над изучением полета тел тяжелее воздуха.

Еще накануне 1-ой мировой войны Н. Е. Жуковский, опираясь на свою вихревую теорию, разработал наиболее рациональные профили крыла самолета и предложил винт с большим коэффициентом полезного действия.

Новое слово в машиностроении сказал академик **Василий Прохорович Горячкин** (1868–1935). С его именем связано рождение науки о сельскохозяйственных машинах. Возраст плуга исчисляется многими тысячами лет, но и в конце XIX в. это важнейшее сельскохозяйственное орудие конструировали, основываясь только на одном опыте, не вводя теоретических расчетов. Так же обстояло дело и с машинами, появившимися позднее, – жатками, сеялками, молотилками. Науки о сельскохозяйственных машинах не существовало. Тем более не делалось попыток установить зависимость конструкции земледельческих машин от свойств зерна, почвы и особенностей растений. Горячкин создает теорию для сельскохозяйственного машиностроения – теорию построения плуга. В 1900 г. он печатает научные работы «Бороны», «Веялки», «Сортировки», «Жатвенные машины». Раскрывая законы механики, на которых основано действие машин, он впервые пытается теоретически решить, каким требованиям должно отвечать устройство земледельческой машины. Этими трудами и ознаменовалось рождение науки о сельскохозяйственных машинах.

Период конца XIX и первые десятилетия XX века – чрезвычайно плодотворный в истории развития теоретической и прикладной механики. В эти годы были высказаны многие идеи, развитые впоследствии в целые научные направления.

Активно велись математические исследования, возникали новые направления. Важную роль в развитии отечественного математического естествознания сыграла московская математическая школа, основанная А. Д. Егоровым и его учеником Н.Н. Лузиным. Лузин и его ученики развили

ряд важнейших направлений математики и создали математический аппарат для решения многих задач теоретической и прикладной механики.

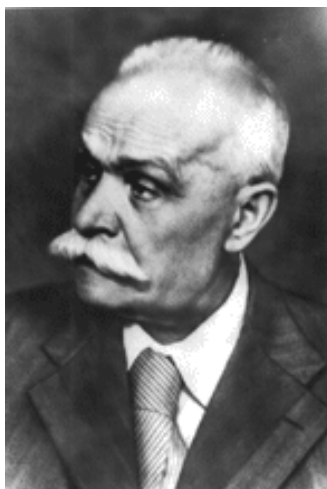
В 20-е гг. XX века развивалась кинематика механизмов в направлении решения задач теории пространственных механизмов, значение которых возросло в связи со становлением авиационного и сельскохозяйственного машиностроения. Бурное развитие машиностроения в довоенные пятилетки заставило обратить внимание на создание его теоретических основ. Сложность задач кинематики пространственных механизмов вызвало поиски общей методики решения. Первыми обратились к изучению пространственных механизмов Н. И. Мерцалов, И. И. Артоболевский, Н. Г. Бруевич и В. В. Добровольский.

С появлением и развитием автомобильного, а затем авиационного транспорта повысился интерес к нефти и ее транспортировке. Возникла практическая задача движения вязкой жидкости. Над ее решением работал один из учеников Жуковского – Л. С. Лейбензон. В 20-30-е годы самыми важными задачами в области аэрогидродинамики продолжали оставаться те, что были связаны с теорией самолета.

Огромные преобразования, происшедшие в народном хозяйстве СССР в 30-х годах, не могли не отразиться и на развитии не только механики, но и других инженерных наук. Проблемы, которые имели ранее только теоретическое значение, получили важное практическое применение. К ним относилась, в частности, проблема устойчивости. Она имеет важное значение для самых различных областей науки и техники, имевших дело с системами, состояниями и процессами. Исследования А.Н. Ляпунова, И. М. Крылова и Н. Н. Боголюбова привели к созданию нового научного направления, получившего название нелинейной механики. Методы нелинейной механики тогда же были применены к решению важнейших задач строительной механики, авиастроения, машиностроения, электротехники и радиотехники.

Во второй половине 30-х годов развиваются исследования по созданию машин автоматического действия. В США, Германии, Советском Союзе начинается интенсивная работа над теорией автоматов. Важную роль в этом отношении сыграли труды И. И. и С.И. Артоболевских. Одним из первых советских ученых, работавших в этом направлении, был А.П. Павлов («Методика построения механизмов-автоматов»).

В эти годы началась разработка механики материалов и теории их прочности. Большие объемы строительных работ, новые отрасли машиностроения (авто- и авиастроение и др.) требовали металла более высокого качества. Кроме того, новые требования на строительные и машиностроительные материалы определили поиски новых материалов с заданными свойствами. Возникают и новые методы обработки металлов. Важнейшим из них стала электросварка. Основателем сварки в Советском Союзе был выдающийся машиностроитель Е. А. Патон (1870–1953). Одной из первых задач, поставленных и решенных электросварочной лабораторией, созданной им, было определение надежности и прочности сварных соединений железных конструкций.



Е. А. Патон (1870–1953)

XIX и XX века в России полны примеров замечательных инженерных разработок. Достаточно вспомнить такие имена, как инженер В.Г. Шухов (автор, нефтеналивной баржи (1885г.), нефтепровода (1888г.), знаменитой шуховской башни в Москве, изобретатель крекинга).



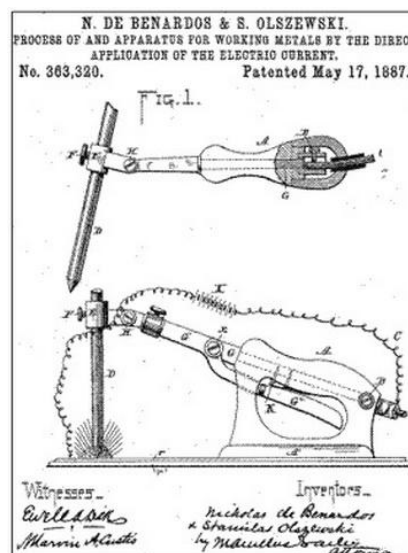
В.Г. Шухов. Шуховская башня в Москве. Установка термического крекинга, Баку, 1934



П. Н. Яблочков (1847 – 1894),
изобрел электрическую дуговую лампу



Н.Н. Бенардос (1842 – 1905),
изобрел электросварку



Вот славные имена советских авиаконструкторов:
А.Н. Туполев, С.В. Ильюшин, А.С. Яковлев, О.К. Антонов, П.О. Сухой, Н.Н. Поликарпов, В.М. Петляков, С.А. Лавочкин, А.И. Микоян, М.И. Гуревич;

Вертолетостроителей:
М.Л. Миль и Н.И. Камов (**окончил ГТИ**).

Ракетостроители: С.П. Королев, Б.Е. Черток.



С.П. Королев и Б.Е. Черток

Оружейники:
С.И. Мосин, Ф.В. Токарев, Г.С. Шпагин, Н.Ф. Макаров, М.Т. Калашников, И.Я. Стечкин, В.А. Дегтярев.

Велика роль наших ученых и инженеров в развитии ядерной физики и энергетики.



И.В. Курчагов (1903-1960)
Советский физик-ядерщик



И.К. Кикоин (1908-1984)
Советский физик, специалист в области
атомной и ядерной физики и техники

Архитектор **Никитин Николай Васильевич** (1907—1973)



В 1930 году с отличием окончил архитектурное отделение строительного факультета
Томского технологического института



Н.В. Никитин
(Останкинская телебашня)



Скульптура «Родина-мать зовёт!»
Скульптор **Е. В. Вучетич**, инженер
Н. В. Никитин

Примеров таких славных имен еще немало! Все эти инженеры – воспитанники русской и советской инженерной школы.

В середине 50-х гг. XX века начинается период современной научно-технической революции. Изменяются интересы исследователей, работавших в разных направлениях механики. Интересы эти были обусловлены практическими задачами, поэтому в аналитической механике большой интерес стали проявлять к динамике переменной массы, неголономной механике, теории гироскопов. Большое распространение получает нелинейная механика; идеи теории колебания пересеклись едва ли не во всех направлениях прикладной механики. Все большее значение получают исследования находящиеся на стыке различных направлений механики, а также на стыке механики и математики, геологии, метеорологии, биологии.

Одной из характерных особенностей научно-технической революции является то, что наука становится непосредственной производительной силой: она вызывает к жизни технические решения, определяет появление новых отраслей техники, новых видов производства. В ее развитии теперь преобладает интегральный путь, когда новое направление возникает на стыке других, зачастую разнородных.

На стыке наук постоянно появляются новые направления: теория атомов, молекулярная теория, теория спектров излучения, аэродинамика газовых потоков, некоторые направления авиационной техники, электродинамика и другие науки небесных туманностей, небесных тел, космических структур; зарождается новое научное направление – космическая аэродинамика. XX век расширил диапазон исследований. Но как показывает практика, опыт – не предел, ибо развитие человеческого знания идет по спирали, которая уходит в бесконечность. На этом пути вклад отечественных ученых безмерен, многогранен и актуален.

1.6. Актуальные инженерные проблемы XXI века

Благодаря активной инженерной деятельности за последние четверть века было создано многое, необходимое для обеспечения жизнедеятельности и повышения качества жизни человека и общества. В середине 80-х годов XX века еще не было мобильных телефонов. Люди получали информацию из книг, поскольку не была создана всемирная сеть *Internet*. Компьютер еще не вошел в нашу повседневную жизнь. Сегодня все это к нашим услугам, а также спутниковое телевидение и радио, гибридные автомобили, использующие различные источники энергии. Расшифрован генетический состав многих организмов, широко применяется на практике анализ ДНК человека, проводятся опыты по клонированию животных. Лазерные технологии используются в медицине, *CD* и *DVD* системах. Сверхмощный телескоп позволил рассмотреть далекие галактики, исследования на большом адронном коллайдере приблизили нас к разгадке возникновения нашей галактики. За прошедшие четверть века благодаря деятельности инженеров жизнь человеческого общества значительно изменилась и стала более комфортной. Однако существует еще достаточно проблем, которые стоят перед человечеством и требуют, в том числе, инженерных решений.

Национальная инженерная академия США организовала специальную комиссию экспертов, которые определили главные технологические задачи прикладного характера на XXI век. Это задачи из разных областей науки и техники, но все они крайне важны для развития человечества в целом.

Одной из приоритетных задач экспертами названо ***овладение технологией термоядерного синтеза***. Актуальность определяется тем, что энергетический вопрос стоит крайне остро. За источники энергии ведутся войны, возникают конфликты между государствами. Запасы углеводородов не бесконечны. Ограничены запасы уранового сырья для нужд ядерной энергетики. Идут разработки в области использования альтернативных, в том числе возобновляемых источников энергии (солнечные батареи, геотермальные, ветряные электростанции и др.). Но все они проигрывают перспективе термоядерной энергетики. Учёные уже научились запускать эту реакцию в водородных бомбах, но ещё не получается управлять ходом реакции, чтобы можно было безопасно использовать термоядерную энергию в промышленных целях.

Среди приоритетных задач XXI века экспертами было названо ***улучшение инфраструктуры городов***. К концу XX началу XXI века стало очевидно, что крупнейшие города мира задыхаются от потока людей, машин, товаров. А потому эта проблема требует незамедлительного решения. Необходимо создать такую систему жизнеобеспечения городов, включающую в себя водопровод,

канализацию, электросеть, газопровод, транспорт, чтобы сделать жизнь населения в городах более комфортной в экологическом, экономическом и социальном планах.

Не менее важной является **проблема использования новых информационных технологий в медицинской сфере**. Большинство болезней протекают на ранних стадиях незаметно для человека. Когда они выявляются, их лечение становится либо невозможным, либо к этому времени болезнь успевает нанести непоправимый вред здоровью человека. Ранняя и точная диагностика заболевания являются залогом успешного лечения. Перед учёными и инженерами стоит задача осуществить более глубокое внедрение информационных технологий в сферу здравоохранения. Важна разработка новых лекарств и методов лечения, в том числе с использованием нанотехнологий.

Технологическая задача – развивать виртуальную реальность. По мнению учёных, с помощью таких технологий станет возможным решать некоторые задачи в области образования и обучения личности тем или иным навыкам, их можно будет использовать при лечении психологических расстройств, восстанавливать память и т.д.

В числе первоочередных задач – **уменьшение или прекращение выброса углекислого газа в атмосферу**. Концентрация углекислого газа в воздухе растёт, и людям, особенно в городах, где промышленные и транспортные выбросы этого газа крайне велики, становится всё труднее дышать, учащаются случаи заболевания болезнями органов дыхания: астмой, раком лёгких. Кроме того, необходимо также уменьшить выбросы азотосодержащих соединений в атмосферу. Под их действием разрушается озоновый слой земли, и ультрафиолетовое солнечное излучение, не встречая сопротивления в атмосфере, доходит до самой земли, вызывая «парниковый эффект».

Американская ассоциация инженерного образования суммировала основные проблемы человечества, которые следует решить с участием инженеров в XXI веке, и разделила их на *четыре области*:

1. **Устойчивое развитие цивилизации**. Проблема устойчивого развития цивилизации связана с увеличением населения Земли и возрастанием его потребностей в источниках энергии, продуктах питания, пресной воде. Земля – планета с ограниченными ресурсами. Инженерам следует изобрести новые способы производства продуктов питания, новые технологии снабжения населения чистой питьевой водой.

2. **Здоровье человека**. Здоровью человека угрожают болезни. Нужны исследования и разработки в области биомедицинского инжиниринга, которые бы позволили создать «персонализированную медицину», реализующую индивидуальный подход к пациенту в вопросах диагностики, подборе лекарств, определении методов лечения с использованием компьютеризированных каталогов.

3. **Уязвимость человека**. Уязвимость человека связана как с естественными факторами (землетрясения, наводнения, ураганы, цунами), так и с возможными техногенными катастрофами, а также с проявлением терроризма. Необходима разработка новых технологий предсказания природных катаклизмов, быстрого обнаружения угроз и организаций контр мероприятий, обеспечивающих спасение людей.

4. **Удовлетворенность человека жизнью**. Удовлетворенность человека жизнью является высшей целью его пребывания на Земле. Важно использовать все технические и технологические возможности для того, чтобы сделать жизнь человека комфортной, интересной и радостной. Инженерам придется потрудиться!

Приоритетные области развития экономики и научных исследований:

Д.А. Медведев, президент РФ (в Послании Федеральному собранию РФ, 12.11.2009 г.)

1. Энергоэффективность и энергосбережение
2. Ядерные технологии
3. Космические технологии с уклоном в телекоммуникации
4. Медицинские технологии
5. Стратегические информационные технологии, включая создание суперкомпьютеров и программного обеспечения

Б. Обама, президент США (на ежегодном собрании американской Национальной академии наук, 27.04.2009 г.)

1. Энергоэффективность, энергосбережение, производство возобновляемых источников энергии
2. Разработки в области космических исследований (проблема глобального потепления)
3. Исследования в области медицины
4. Исследования в области физики, химии, биологии

Востребованные инженерные специальности ближайшего будущего:

1. На лидирующие позиции выйдут **инженерные специальности**, связанные с промышленным производством. Западный капитал еще только делает первые шаги по вхождению на российский рынок и присутствует в основном только в столицах и крупных городах, но уже сейчас возникает острая нехватка профессиональных инженеров, технических специалистов и руководителей среднего звена на производстве. Особенно будет цениться **сочетание технического и экономического или юридического образования, знание английского или любого другого европейского языка**. Востребованность инженеров - маркетологов и менеджеров растет во всех отраслях промышленности.

Сегодня востребован не просто инженер, а эффективный менеджер, знающий экономику и мировую конъюнктуру, не пасующий перед рынком и умеющий “пробивать” инженерные идеи.

2. Наиболее востребованные профессии ближайшего будущего связаны с **нанотехнологиями**. Нанотехнологии – это огромная сфера, которую можно разделить на три части: производство микросхем, роботов в наноразмерах, а также инженерия на атомном уровне. По прогнозам, будут востребованы все специальности, связанные с нанотехнологиями. Уже ясно, что нанотехнологии охватят все сферы: машиностроение, космические технологии, пищевую промышленность, медицину.

3. **Биотехнологии:** в настоящее время довольно широко применяются в сельском хозяйстве, где с помощью генной инженерии и методов микробиологии получают генномодифицированные продукты; в молекулярной медицине, в биофармацевтических производствах и в других отраслях. Специальности на стыке электроники и биотехнологий требуют от специалиста глубоких знаний как в электронике, так и в биоинженерии.

4. **Специалисты в области химии** будут особенно востребованы в сфере энергетики. Уже сейчас человечество работает над развитием альтернативных источников энергии. К 2016 г. **разработки и исследования в области альтернативных, экологически чистых** источников энергии достигнут своего пика - и без химиков здесь будет совсем не обойтись.

5. **Специалисты в сфере альтернативной энергетики.** Запасы углеводородов в мире велики, но не безграничны. Энергия, добываемая из возобновляемых источников, будет вытеснять «нефтяную» и «угольную». В ближайшее время **специалисты по альтернативной энергетике будут весьма востребованы**. Производство солнечных батарей, производство кремния, главным потребителем которого является солнечная энергетика, выпуск термоэлементов и другие проекты. Всем создаваемым предприятиям потребуются кадры — от управленцев и инженеров до рабочих.

6. **Специалисты в сфере энергетики.** Проблема дефицита квалифицированных кадров является чрезвычайно острой для современной российской энергетики. Нехватка специалистов ощущается на всех этапах – от проектирования до инжиниринга, строительства и эксплуатации энергетических объектов.

Причины нехватки специалистов в сфере энергетики:

– недостаточное количество специализированных учебных заведений в нашей стране, осуществляющих подготовку кадров в сфере энергетики;

- отток специалистов в другие отрасли российской промышленности (нефтяную, газовую, оборонную) по причине более высокого уровня заработной платы;
- общая демографическая ситуация в России.

7. **Специалисты авиационно-космического профиля.** Аэрокосмическое образование в России развивается успешно и создает кадровый фундамент для авиации и космонавтики - областей, в которых наша страна может серьезно конкурировать с другими мировыми державами. Но спрос на выпускников для аэрокосмической сферы пока больше, чем предложение на рынке, считают представители руководства ведущих профильных вузов страны.

1.7. Понятие «профессиональный инженер»: требования к профессиональным инженерам

Глобализация экономики и возрастающая конкуренция на рынке инженерного труда требуют выработки единых требований к качеству подготовки специалистов и обеспечения их международной мобильности. Решению этой задачи способствует создание международных регистров профессиональных инженеров. В настоящее время, в мире существует три международных организации, которые ведут регистрацию профессиональных инженеров и способствуют международному признанию их квалификаций, а именно: Форум мобильности инженеров (*Engineers Mobility Forum, EMF*), регистр инженеров стран АПЕС (*APEC Engineering Register*) и Европейская федерация национальных инженерных организаций (*Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs, FEANI*).

Звание «**профессиональный инженер**»: *Professional Engineer* (США, Япония, Южная Африка, Канада, Южная Корея, Сингапур) и *Chartered Engineer* (Великобритания, Новая Зеландия, Австралия, Ирландия) означает, что его обладатель способен вести самостоятельную профессиональную деятельность и имеет лицензию одного или более правительственных органов на оказание профессиональных инженерных услуг в качестве независимого практика.

Как правило, профессиональный инженер имеет дело с разработкой и внедрением передовых технологий и использует в своей работе инновации и творческий подход. Его деятельность предполагает использование фундаментальных знаний и принципов для разработки и применения новейших технологий, использование современных методов проектирования, внедрение новых и эффективных концепций и методов в области производства, маркетинга, управления, выполнение рискованных проектов. Деятельность профессионального инженера включает работу из различных областей знаний и носит преимущественно интеллектуальный характер. Она предполагает использование оригинальных подходов и суждений и способность осуществлять техническое и административное руководство над подчиненными.

В большинстве стран для регистрации в качестве профессионального инженера, кандидат должен соответствовать *требованиям национальных организаций, отвечающих за сертификацию и лицензирование профессиональных инженеров*:

- окончить университет, обучаясь по аккредитованной инженерной программе;
- иметь лицензию на осуществление профессиональной деятельности;
- иметь опыт практической инженерной деятельности (от 3-х до 7-ми лет в зависимости от страны);
- сдать профессиональные экзамены (как правило);
- поддерживать свою квалификацию путем непрерывного профессионального совершенствования;
- следовать кодексу профессиональной этики.

Требования ЕМФ к компетенциям профессиональных инженеров

Международная организация Форум мобильности инженеров – ЕМФ была создана в 1997 году, с целью устранения искусственных барьеров для свободного передвижения и практики профессиональных инженеров в странах-участницах соглашения. Форум объединяет профессиональные организации, осуществляющие сертификацию и регистрацию профессиональных инженеров в следующих странах: США, Канада, Великобритания, Ирландия, Австралия, Новая Зеландия, Япония, Малайзия Гонконг, Корея, Сингапур и Шри-Ланка. Участники Форума согласовали между собой международные стандарты для присуждения звания «*профессиональный инженер*» и требования к компетенциям специалистов в области инженерной профессии. Кроме того, участники Форума учредили Международный регистр профессиональных инженеров ЕМФ (*EMF International Register of Professional Engineers*), который должен служить основой для признания квалификаций профессиональных инженеров, прошедших процедуры сертификации, лицензирования и зарегистрированных в одной из стран-участниц ЕМФ. Включение в Международный регистр профессиональных инженеров ЕМФ дает специалистам право получения равнозначного статуса во всех странах-участницах Форума.

Для регистрации ЕМФ-профессиональных инженеров необходимо:

- наличие инженерного образования, полученного в университете по программе аккредитованной организацией, имеющей статус полноправного члена или разделяющей принципы, критерии и процедуры аккредитации участников Вашингтонского соглашения;
- способность к самостоятельной профессиональной инженерной деятельности на основе приобретенных компетенций,
- опыт практической деятельности не менее 7-ми лет, включая 2 года работы на ответственной руководящей должности при выполнении важного инженерного проекта,
- стремление к непрерывному профессиональному совершенствованию.

В настоящее время, у претендентов на звание ЕМФ-профессионального инженера, появилась еще одна возможность попасть в Международный регистр профессиональных инженеров ЕМФ. Альтернативный путь предполагает наличие у кандидата инженерного образования, соответствующего требованиям ЕМФ, его стремление к непрерывному профессиональному совершенствованию, и соответствие ***требованиям к компетенциям*** профессиональных инженеров, принятых в странах-участницах Форума. Соответствие кандидата ***требованиям к компетенциям*** профессиональных инженеров предполагает наличие у него профессиональной подготовки и практического опыта равнозначного вышеупомянутому требованию ЕМФ к профессиональной деятельности.

Требования к компетенциям ЕМФ-профессиональных инженеров:

1. Применение универсальных знаний (обладание широкими и глубокими принципиальными знаниями и умение их использовать в качестве основы для практической инженерной деятельности).
2. Применение локальных знаний (обладание теми же знаниями и умение их использовать в практической деятельности в условиях специфической юрисдикции).
3. Анализ инженерных задач (постановка, исследование и анализ комплексных инженерных задач).
4. Проектирование и разработка инженерных решений (проектирование и разработка инженерных решений комплексных инженерных задач).
5. Оценка инженерной деятельности (оценивание результатов комплексной инженерной деятельности).
6. Ответственность за инженерные решения (ответственность за принятие инженерных решений по части или по всему комплексу инженерной деятельности).

7. Организация инженерной деятельности (организация части или всего комплекса инженерной деятельности).
8. Этика инженерной деятельности (ведение инженерной деятельности с соблюдением этических норм).
9. Общественная безопасность инженерной деятельности (понимание социальных, культурных и экологических последствий комплексной инженерной деятельности, в том числе в отношении устойчивого развития).
10. Коммуникация (ясность общения с другими участниками комплексной инженерной деятельности).
11. Обучение в течение всей жизни (непрерывное профессиональное совершенствование, достаточное для поддержания и развития компетенций).
12. Здравомыслие (руководство здравым смыслом при ведении комплексной инженерной деятельности).
13. Законность и нормативность (соблюдение законодательства и правовых норм, охрана здоровья людей и обеспечение безопасности комплексной инженерной деятельности).

Требования к компетенциям инженеров сформулированы таким образом, что могут применяться в выполнении различных видов работ независимо от области специализации инженера. Требования к компетенциям включают как профессиональные (анализ задач, проведение исследований, проектирование, оценка инженерной деятельности), так и личностные навыки (коммуникация, соблюдение кодекса профессиональной этики, понимание ответственности инженера перед обществом).

Международный регистр профессиональных инженеров и соответствующие соглашения ряда стран обеспечивают реальное признание качества подготовки специалистов в области техники и технологий и их профессиональную мобильность.