

ИСТОРИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Введение

Тема I. Зарождение и вызревание инженерной деятельности. Ее сущность и функции

Тема II. Появление знаний в области механики и их роль как теоретической и методологической основы инженерной деятельности

Тема III. Развитие механики как науки – условие успешной инженерной деятельности

Тема IV. Развитие инженерной деятельности, профессии инженера и специального образования

Тема V. Особенности становления и развития инженерной деятельности и профессии инженера в России

Тема VI. Вклад отечественных ученых в становление и развитие инженерных наук

Тема VII. Развитие инженерного дела и профессии инженера в России в XIX веке

Тема VIII. Развитие химических знаний и технологий, ремесленной и технической химии на Руси (X – XVII вв.)

Тема IX. Формирование научно-технической интеллигенции в бывшем СССР, особенности этого процесса

Тема X. Сущность и содержание современной научно-технической революции и ее влияние на развитие инженерного дела

Тема XI. Электрохимия и инженерная деятельность

Тема XII. Биотехнологии, их сущность, прошлое и перспективы развития и применения

Тема XIII. Инженерная деятельность и нанотехнологии: сущность, перспективы развития, значение

Тема XIV. Инженерная деятельность в области информатики: сущность, основы, прошлое и настоящее

Список литературы

Примечания

В. В. Морозов, В. И. Николаенко

ВВЕДЕНИЕ

Ушедший XX век можно с полным правом назвать и «временем инженерии», и «веком инженеров». Прогресс науки и техники привел к расцвету инженерной профессии, мобилизовал невиданные созидательные силы и в то же время возложил на инженеров немалую ответственность за судьбы человеческой цивилизации. Прежде чем приобрести нынешнее значение и размах, профессия инженера, само инженерное дело прошло непростой, исторически длительный путь становления. Ценой усилий многих поколений человечество по крохам добывало знания по крохам добывало знание, накапливало технические умения, готовя почву для ростков инженерной мысли.

Без участия инженерных кадров невозможно сегодня представить оперативное решение ни одной из сложных проблем, выдвигаемой новой научно-технической и экономической реальностью. Ведь наука непосредственно соединяется с техникой и воплощается в проектах сложных агрегатов, автоматизированных линий, мощных производственных комплексов, прежде всего, благодаря творческим усилиям большого и разнообразного по своему составу отряда инженеров. Инженерная деятельность является на сегодняшний день ключевым звеном в известной цепочке «наука-техника-производство», и вместе с тем она превратилась в наиболее массовый вид высококвалифицированного умственного труда. Новая техника требует, с одной стороны, качественно иного инженерного мышления, направленного прежде всего на поиск оптимальных решений в области человеко-машинных взаимодействий, а с другой – нравственной зрелости инженерного работника, умения решать сложные технические проблемы «человечно». В настоящем курсе, посвященном истории зарождения и развития инженерной деятельности, сделана попытка осмыслить прошлое инженерии, соотнести его с сегодняшним состоянием инженерной профессии, что позволит глубже осознать закономерности ее развития, разобраться в сущности перемен, происходящих в ее структуре и содержании в наши дни, предвидеть ее будущее.

Кстати, слово «инженер», означающее знания, гений, способность, талант, ум, остроумная выдумка, изобретательность (лат.) впервые стало использоваться для обозначения особого рода занятий в античном мире, по-видимому, не ранее III в. до н.э. Причем, так назывались лица, управляющие военными машинами, а также изобретатели этих машин. Менялось время, развивались производительные силы общества, расширялся объем понятия «инженер» и «инженерное дело», но неизменным оставалось одно – инженерами называли людей, связанных с созданием различной техники, ее разработкой и эксплуатацией, т.е. специалистов, обладающих техническими знаниями, способными создавать разнообразные технические структуры.

ТЕМА I. ЗАРОЖДЕНИЕ И ВЫЗРЕВАНИЕ 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 величием, размерами, красотой, техникой исполнения и оригинальностью решения инженерных проблем. К ним относятся: египетские пирамиды, появившиеся почти 5 тыс. лет назад (28 в. до н.э.), имя одного из первых зодчих, решивших ряд инженерных проблем при их сооружении, было Имхотен; храм Артемиды Эфесской (V в. до н.э.); мавзолей в Галикарнасе; «висячие сады» Семирамиды, Фаросский маяк (III в. до н.э.), создателем этого чуда был Сострат; Зевс Олимпийский (V в. до н.э.), творцом которого являлся прославленный скульптор Фидий, а также Колосс Родосский (IV в. до н.э.), сооруженный известным скульптором Харесом. Имеются и другие свидетельства гениального решения инженерных проблем в глубокой древности. «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.

Целью настоящей лекции является показ процесса зарождения и становления инженерной деятельности, ее эволюции, появления инженера в производительных силах как обязательной профессии на пути преобразования этих сил, а также рассмотрение внешних и внутренних функций инженерной деятельности в современных условиях.

1. Сущность инженерной деятельности и ее зарождение.

2. Факторы вызревания инженерного труда и его функции.

Как уже отмечалось во введении, на заре становления общества не существовало в явном виде инженерной специальности (это результат позднейшего общественного разделения труда), ни тем более «инженерного цеха», «касты», «корпорации» или, пользуясь строгим научным термином, – 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.

Забегая вперед, скажем что на сегодняшний день формула «Инженер – создатель новой техники» несколько устарела. Она оправдывает себя только для узкого интервала значений терминов «инженер», «инженерный труд», «инженерная профессия», оставляя вне поля зрения поистине необозримое пространство современных (не говоря уже о будущих) задач, проблем, функций инженерной деятельности. Но в ретроспективном путешествии в прошлое инженера, к истокам могучего потока технического прогресса главными ориентирами для нас послужат технические новшества.

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.

Кстати, возникает вопрос, что такое техника? Слово это настолько вошло в обиход, что задавать вопрос о его значении кажется, на первый взгляд, чуть ли не бестактным обвинением в невежестве. Но оказывается, что на самом деле термин этот воспринят нашим обыденным сознанием в довольно расплывчатом виде. Существует более 30 официальных определений. На заданный, что называется, «в лоб» вопрос «Что такое техника?» собеседник обычно начинает мяться, произносит: «Техника – ну, это, в общем...» И дальше – в зависимости от уровня знаний и склада мышления, умения формулировать и т.п. Например: «Техника – это что-то громоздкое, надвигающееся, бездушное» – определение поэта. «Техникой является все, что связано с металлом», – точка зрения инженера. «Техника – область знания, отражающая принципы и законы создания и действия машин, приборов, механизмов», – формулировка ученого.

Так что же такое техника? Большинство современных исследователей считают, что под техникой надо понимать совокупность искусственно созданных средств деятельности людей. Техника создается и применяется в целях получения, передачи и превращения энергии, воздействия на предметы труда при создании материальных и культурных благ, сбора, хранения, переработки и передачи информации, исследования законов и явлений природы и общества, передвижения, управления обществом, обслуживания быта, обеспечения обороноспособности и ведения войн.

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.

Изготовление орудий, переход к производству – это та грань, тот скачок, который позволил человечеству преодолеть пропасть, отделяющую животный мир от мира цивилизации. Длился этот скачок невообразимо долго: по сравнению с ним превращение желудка в вековой дуб кажется мгновенным взрывом. Достаточно сказать, что возраст обнаруженных в ходе археологических раскопок возле озера Рудольф (Кения) первых искусственных орудий – они изготавливались из гальки – составляет 2 миллиона 600 тысяч лет! У этих заостренных кусков камня нет еще даже определенной формы. Но нет и сомнения, что они создавались целенаправленно. Об этом говорит сходство приемов обработки.

Невзрачные камешки, покоящиеся на музейных стендах, обладают огромным историческим весом. Это зародыши мощного арсенала современной техники и технологии, материальной и духовной культуры человечества. Наряду с прочими, эти зародыши несут и ген инженерной деятельности. Ведь прежде чем техника, пусть даже самая что ни на есть простейшая, будет использована, она должна быть создана. Если даже впоследствии вещь, орудие труда изготавливались миллиарды раз, то когда-то же они были созданы впервые. Стало быть, неким далеким предком были не просто подмечены и использованы полезные качества природного предмета, но и найден путь к тому, как эти качества изменить, приспособить для удовлетворения человеческих нужд. А это уже предполагает элемент технического творчества, крупницы инженерного мышления. Конечно, изрядным преувеличением было бы видеть в косматом антропоиде, раскалывающем глыбы о прибрежные скалы, прямого, хотя бы и отдаленного, предшественника современного специалиста – химика или «электронщика». Однако первичная схема инженерной деятельности «техническая идея – изделие» может быть обнаружена на самом раннем этапе становления техники.

Характер и содержание технической деятельности на ранних стадиях человеческой истории менялись крайне медленно; наверняка, технические новинки сотни раз находились и сотни раз утрачивались, погибали вместе с их изобретателями. Однако общее направление развития техники не вызывает сомнений. Тенденция к совершенствованию приемов труда, увеличению их эффективности явственно прослеживается хотя бы на примере количественного нарастания операций первобытной технологии. Так, первые галечные орудия получали тремя – десятью ударами, древнейшие ручные рубила – десятью – тридцатью ударами, ручные рубила правильной геометрической формы пятидесятью – восьмидесятью ударами. Изготавливая галечные сколы, наши далекие предки применили одну операцию – оббивку, а для производства рубила нужны были уже три операции: отщепление заготовки, оббивка, ретушь.

К. Маркс указывал, что «вообще, когда процесс труда достиг хотя бы некоторого развития, он нуждается уже в подвергшихся обработке средствах труда... Употребление и создание средств труда, хотя и свойственны в зародышевой форме некоторым видам животных, составляют специфически характерную черту человеческого процесса труда...»[1]

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 копье-металка.

Но улучшение традиционных приемов обработки камня уже не повышало эффективности производимых орудий. Требовалось принципиально новое решение. И оно было найдено. Были изобретены и – как мы иногда говорим – «нашли широкое применение в практике» так называемые вкладышевые орудия. Апофеозом инженерной мысли каменного века стал лук. Человек, сообразивший, как использовать потенциальную энергию согнутой палки,

натянувший на нее тетиву из жил животных и заостривший тонкую стрелу, совершил эпохальное техническое открытие. «Лук, тетива и стрела, – по мнению Ф.Энгельса, – составляют уже очень сложное орудие, изобретение которого предполагает долго накапливаемый опыт и более развитые умственные способности, следовательно, и одновременное знакомство со множеством других изобретений»[2].

Стоящие перед создателем лука и стрел сложности были двоякого рода: во-первых, необходимо было объединить разные технические элементы в одном орудии; во-вторых, осмыслить и доказать преимущества нового приспособления. Отметим, что преимущества лука по сравнению с прежними видами оружия были настолько очевидны, что он довольно скоро получил признание у разных племен и народов. И результат быстрого внедрения не замедлил сказаться – жизнь охотничьих племен заметно облегчилась, освободилось время для других видов деятельности.

Широкомасштабное применение лука, вкладышевых орудий, шлифованных топоров, тесел, мотыг, долот и прочих технических достижений новокаменного века (неолита) подготовило производственную революцию, разрешившую противоречие между возросшим уровнем производительных сил и традиционной для первобытной общины «уровнировкой» в распределении. Сущность так называемой неолитической революции – в переходе от охоты к земледелию и скотоводству. «Родовой строй отжил свой век. Он был взорван разделением труда и его последствием – расколом общества на классы»[3].

Нас, впрочем, интересует не столько историческое или социально-экономическое значение технических новшеств первобытно-общинного строя, сколько процесс накопления технико-технологических открытий и изобретений как отражение роста творческой мощи человека. В период неолита достоянием человечества сделались новые приемы обработки материалов – пиление, шлифование, сверление, появились составные орудия, был приручен огонь. Трудно, точнее говоря – 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. «Производство идей, представлений, сознания первоначально непосредственно вплетено в материальную деятельность и в материальное общение людей, в язык реальной жизни. Образование представлений, мышление, духовное общение людей являются здесь еще непосредственным порождением материального отношения людей»[4].

Однако генетическая связь того, что человек делал, с тем, что он задумывал, планировал сделать, не заслоняет такого факта, что для решения технических проблем периода между дикостью и варварством нужен был довольно высокий уровень аналитико-синтетических свойств мышления. Поэтому уже применительно к первобытно-общинному способу производства мы вправе говорить о существовании инженерной деятельности в ее неявной форме. Обозначим ее как доинженерную деятельность.

Накопление прибавочного продукта, ставшее возможным благодаря успехам техники, повело к дальнейшему расслоению общества. Появилось рабство, сменившее древнюю общину. Возникли классы и государство. Ширилась специализация труда. Если в ранние периоды земледелия семья изготавливала орудия труда, оружие, утварь самостоятельно и каждый дом, подворье были одновременно и мастерской, то при становлении рабовладельческого способа производства происходит обособление ремесел. Это второе крупное общественное разделение труда порождает ремесленника – человека, занятого главным образом технической деятельностью.

Материально-технической основой перехода от домашнего ремесла к специализированному ремесленному производству послужили ирригационное земледелие и распространение металлических орудий. Если первые немногочисленные медные предметы – шильца, проколки, бусинки – найдены при раскопках культурного слоя VII-VI тысячелетий до н.э., то в V тысячелетии до н.э. орудия из меди и ее сплавов встречаются все чаще и чаще. Использование цветных металлов в хозяйственной деятельности стало предпосылкой изобретения колесного транспорта и гончарного круга, а также бронзового плуга. В рабовладельческую эпоху были сделаны и многие другие технические открытия: налажено производство стекла, изразцов, шелковой ткани.

Однако 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. Колоссальные защитные сооружения были возведены вокруг Вавилона: город окружали три ряда стен, каждая из которых была толщиной 8–12 метров. Самая большая из египетских пирамид – усыпальница фараона Хуфу (Хеопса) – возвышается над пустыней на 150 метров. На ее постройку ушло около 2300 тыс. каменных блоков весом от 2 до 15 тонн каждый. Сто тысяч людей выполняли эту работу непрерывно в течение 20 лет.

Древний историк Геродот свидетельствует, что в IV в. до н.э. в горах Ливии была сооружена плотина, изменившая русло Нила. Там, где раньше протекала река, был построен город Мемфис.

Перечень великих свершений зодчих древности можно было бы продолжить. Но и из сказанного 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. Именно так создавались первые инженерные сооружения, такие как городские системы и шахты Шумерийского государства, ирригационные каналы и пирамиды Египта».[5]

Как же осуществлялась эта простейшая кооперация труда рабов? Явно недостаточно было номинально обладать властью над тысячами людей, чтобы суметь использовать их труд при возведении крепостей, дворцов, храмов. Заставить рабов мог, конечно, любой царек или рабовладелец. Но 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).

Сложный умственный труд, благодаря которому первоначальный технический замысел вызревал, обрстал конкретными деталями, становился проектом, не мог уже быть выполнен походя. Во-первых, для того чтобы продвинуться вперед в поиске архитектурной формы, сочетающей прочность, удобство и гармоничную соразмерность, нужно было проникнуть в тайны сделанного предшественниками, не копировать, а переосмыслить и обобщить их достижения. Во-вторых, новые, усложнившиеся инженерно-строительные задачи не допускали решения «на глазок». Они оказывались по плечу тому, кто способен был не только поймать за хвост жар-птицу конструктивной идеи, но и поместить ее в клетку конкретного расчета, рисунка, макета. А для этого следовало овладеть нехитрым – с позиций сегодняшнего дня, но достаточно обширным арсеналом специальных инженерных средств и инструментов. Во времена Древней Греции и Рима в распоряжении инженера-строителя различных конструкций были циркуль (его, кстати, знали еще вавилоняне), счетная доска – так называемый абак, нивелиры и другие простейшие геодезические приборы.

Иными словами, для успешного решения древнеинженерных задач периода рабовладения требовался не только практический опыт, но и специальные знания и умения. И еще время, свободное от забот о хлебе насущном. Отделение умственного труда от физического и противопоставление их друг другу имели четко выраженную классовую окраску, поскольку досугом и материальными средствами для овладения элементами духовной культуры располагали лишь представители эксплуататорского класса. Соответственно и технические достижения служили одним из средств порабощения труда.

Таким образом, 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. Здравый смысл подсказывает, что тех, кто эти функции выполнял, мы вправе назвать инженерами.

Вместе с тем, видимо, следует заметить, что во-первых, функции инженерного труда не сводятся к двум названным выше, они гораздо шире. Во-вторых, деятельность первых инженеров опиралась главным образом на практические, опытные знания, а также на весьма примитивные технические средства; универсальным и, увы, малоэффективным технологическим приемом было массовое применение рабского труда. В-третьих, умственный труд, отпочковавшийся от физического, долгое время оставался нерасчлененным. Так, в рабовладельческом обществе естественное знание, не говоря уже о точных (тем более – о технических) науках, не успело выделиться в самостоятельную отрасль знания. Оно входило в общефилософскую систему, которая охватывала все множество знаний. 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. В качестве примера такой цельности вспомним древнегреческого мыслителя Фалеса или его ученика и последователя Анаксимандра (VI в. до н.э.)

Исходя из приведенных выше соображений, точнее можно обозначить этот период становления инженерии как прединженерный. Хронологически его рамки довольно широки – от II-I тысячелетия до н.э. до XVII–XVIII вв. современного летоисчисления. Этот период неоднороден с точки зрения способа производства – рабовладельчество 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. Вспомним, к примеру, «порох, компас, книгопечатание – три изобретения, предваряющие буржуазное общество».[6]

Многие технологические приемы древнего ремесла настолько уникальны, что не могут быть воспроизведены даже на основании современных научно-технических знаний. Объяснение им ищут порой в магии, вмешательстве пришельцев, разного рода «чертовщине» или в неких технических секретах, забытых, утраченных или находящихся под запретом религиозно-жреческих «табу»...

Металлурги древней Индии поражают своим искусством. Индийцы давно научились плавить качественную сталь, делать отливки, чеканки. Вот уже почти 16 веков стоит восьмое чудо – делийская колонна диаметром у основания 0,4 метра и высотой 7,5 метра. Вес ее около шести тонн. Древние мастера сделали ее из отдельных кусков железа, сваренных в кузнечном горне. Колонна была воздвигнута в 415 году в честь царя Чандра Гупты II, скончавшегося в 413 году. Она посвящена богу Вишну. Первоначально находилась на Востоке страны и стояла перед храмом. В 1050 году царь Ананг Пола перевез ее в Дели. Самое удивительное, что колонна стоит сотни лет и не ржавеет. Время оказалось бессильным, на нее не действует ни ливни, ни тропическая жара.

С давних времен стекались к ней толпы богомольцев – считалось, что тот, кто приложится к ней спиной и обхватит ее руками, будет счастлив. Много легенд о делийской колонне сложили люди. Это чудо даже приписывали творению рук инопланетных пришельцев. Но факты говорят о том, что ее делали люди из очень чистого металла (99,720 процента железа), и в этом весь секрет. Некоторые даже говорят, что современным металлургам до сих пор не под силу добиться подобного результата. Или еще одна загадка. В Китае есть гробница полководца Чжоу Чжу, умершего в конце II века. Когда исследователи провели спектральный анализ некоторых элементов металлического орнамента гробницы, то были удивлены. Оказалось, что древние мастера изготовили орнамент из сплава, который содержал 85 процентов алюминия. Однако производство алюминия сегодня немыслимо без электролиза, о котором в те времена никто и не слышал. Может быть китайские умельцы знали другой способ его получения, утерянный со временем?

Или возьмем известных нам семь чудес света. Эти великие произведения древних мастеров поражали воображение современников своей монументальностью, простотой, оригинальностью решения инженерных проблем при создании этих классических чудес. Почти все они сделаны из камня. Трудно сказать, какое из чудес чудесней. Может быть, восьмое? Из металла?

На заре своего существования человек сталкивался главным образом с камнем. Но однажды он нашел ярко окрашенный кусок медной руды. Самые первые металлические орудия человек изготовил именно из самородной меди в Египте в V тысячелетии до н.э. Несколько позже появилась бронза – сплав меди с оловом и другими металлами.

Медь и ее сплав с оловом – бронза – долгое время были самыми распространенными металлами. Целая эпоха в развитии человечества называлась бронзовым веком. Шествие бронзы по планете было стремительным. Но вот загадка. Почему первые изделия из бронзы появились именно там, где совершенно не было необходимого сырья, и олово везли морем с Кавказа, Пиренейского полуострова и Британских (оловянных) островов к древним очагам цивилизации – в Египет и Двуречье? Видимо, металлургия пришла в Египет из какой-то другой страны.

Бронзовый век принес человечеству новые загадки. Археологи до сих пор находят такие бронзовые изделия, которые смущают даже современных металлургов. Несколько лет тому при проведении археологических раскопок найдена бронзовая статуя лежащего Будды длиной около 10 метров. Ученые утверждают, что «возраст» этой уникальной отливки 7000–8000 лет. Процесс получения фасонных бронзовых отливок известен в Абиссинии, Египте, Индии, Древней Греции еще в IV–III тысячелетиях до н.э., т.е. литейное ремесло является одним из старейших на нашей планете.

В национальном музее Египта в Каире хранится литая бронзовая скульптура одного из фараонов. Скульптуре около 2500 лет. Она отлита в рост человека и является пустотелой, со стенками толщиной от 15 до 30 миллиметров. Следует заметить, что никакой другой способ обработки металлов не может соперничать с литьем в деле создания произведений подлинного искусства. Это подтверждают века человеческой истории. Известна, например, крупная бронзовая статуя Афины Промехос на Акрополе высотой более 15 метров, изготовленная в мастерской знаменитого греческого скульптора Фидия около 460 года до н.э.

Как все это было выполнено, какова технология решения этих проблем? В раскопках, относящихся еще к VIII–VI векам до н.э., археологи находят ножи, наконечники стрел, щиты и шлемы, изготовленные из меди и бронзы. Литейщики того времени, творившие на территории нынешнего Пенджаба, умели отливать серпы, пилы, копья, мечи, кинжалы, топоры. Как изготовливались эти предметы быта, орудия, украшения?

Длинный и сложный путь к прогрессу прошел человек. От каменного топора – к меди и бронзе, к железу и металлам космической эры.

Легенд, вымыслов, небылиц хватало в истории техники во все времена. Нельзя, конечно, всерьез относиться к технологическим рецептам превращения меди в золото с помощью пепла василиска, размягчения драгоценных камней в крови козла или производства небыльщегоса стекла путем сбрызгивания его поверхности кровью дракона. Однако в тайниках души нет-нет да и шевельнется слабая надежда на чудо: «Вдруг в глубине веков спрятано что-то удивительное, загадочное и такое нужное нам сегодня?» Хочется верить, что тысячелетия назад в небе Древней Индии летали реактивные самолеты – виманы (тем более, что аппарат, построенный по указаниям древних рукописей, поднимался в воздух в 1895 году, за восемь лет до полета братьев Райт). Или что великий Леонардо да Винчи действительно создал водолазное снаряжение, «в котором можно находится под водой как угодно долго»...

Что же могли и чего не могли старые мастера-ремесленники?

Успехи ремесленничества в решении инженерно-технических задач неоспоримы, и все же этот путь развития технического творчества – тупиковый!

Но не разобравшись в прошлом, нельзя осмыслить диалектику сегодняшних перемен в инженерном деле.

Инженерную сторону технической деятельности периода ремесленного производства оценивают по-разному. Чаще всего источники технического творчества ремесленников видят в обыденном, хаотически накопленном знании, основанном на «голом эмпиризме, простых обобщениях, наблюдениях и рецептах»[7], т.е. в профессиональной шноровке. Случай, удача не нуждаются в письменных правилах.

В то же время сторонники этого подхода признают, что «совокупность взаимосвязанных процессов и приемов, эмпирически освоенных в тысячелетней практике их осуществления и изменения»[8], есть реальное, хотя и не теоретическое знание, которое зафиксировано в виде практических навыков, расчетно-рецептурных технологических схем.

Другая концепция гласит, что наука и инженерия – прямые потомки практических искусств и ремесел, ибо «осмысление опирающейся на эмпирические наблюдения практики создания и использования новых технических средств исторически было первой формой новых понятий технического знания»[9].

Какой же из этих подходов ближе к истине? Как следует относиться к ним?

И в том, и в другом содержится «рациональное зерно», однако оба они не отражают сути ремесла как способа технического творчества. Это явление со своей необычной логикой трудно поддается пониманию человека, воспитанного в духе научного мировоззрения. Донаучное знание – функциональный заменитель науки – не было результатом целенаправленного изучения природы. Законы мира, качества предметов осваивались непосредственно – чувствами, руками, а уж потом мышлением. Не было деления на «знать» и «применять знания»; теория и практика были неразделимы и с точки зрения, современной науки – неформализуемы. Интересен анализ истории бронзолитейного ремесла, проведенный историками.

Человечество освоило металлы и их сплавы еще на заре цивилизации. Постепенно создавались технологические приемы, рецепты, инструменты. Возникли и письменные памятники, хранящие ремесла. Эти своеобразные технические «энциклопедии», (в числе их авторов Плиний, Теофил Пресвитер, Бирингуччо) определяли нормы технической практики. Тогда возникает вопрос, чем же это не теория ремесла, чем же не наука? Дело в том, что подобные трактаты содержали не систему, а набор знаний, правильные рецепты соседствовали с ошибочными или фантастическими. И, кроме того, письменные сборники передавали лишь часть практического знания (отсюда и легенды о секретах древних мастеров).

Показательна в этом отношении древнекитайская книга «Чжоу ли» («Записка для контроля работы ремесленников»), хронологически относящаяся к III в. до н.э. В ее главе «Као-гун-цзы» («Шесть рецептов») приведены пропорции соотношения меди и олова в сплавах для различных изделий. Для колоколов и котлов, к примеру, требуется 1/6 часть олова и 5/6 меди, для мечей – 1/3 олова и 2/3 меди, для зеркал медь и олово берутся поровну и т.п. Казалось бы, все ясно. Бери, переплавляй, отливай. Не тут-то было! При наличии примесей более 2 % о собственных физических свойствах сплава меди и олова нужно забыть. Так что за коротенькой формулой рецепта прячется неописанная, но необходимая технологическая система очистки исходных материалов. Измерить количество инородных примесей в металле древний мастер не мог; тем не менее ему удавалось получить нужный сплав с соответствующими качествами. Каким образом? Успешные действия металлургов прошлого основывались на наглядно-чувственном способе технического мышления, внешней формой которого служил рецепт.

По отношению к донаучному этапу технической деятельности понятие рецепта... наполняется существенно другим содержанием, чем по отношению к его современным нормам. Сейчас в нашем понимании рецепт или рецептурность есть действительно слепой эмпиризм, сборник сведений на все случаи жизни или правило обыденного сознания. В условиях же донаучного сознания рецепт, эта элементарная абстракция в форме числового отношения... образует некоторую первичную разновидность технического языка, возникающего как средство достижения определенной цели.

Образно говоря, технологический рецепт времен средневековья представлял собой «вершину айсберга», тогда как главная, невидимая нам часть ремесленного мастерства состояла в особом способе мировосприятия. Рабочему и в наши дни приходится иногда работать «на глазок», скажем, определять температуру нагретого металла для его закалки. Так же действовали металлурги и кузнецы тысячелетия назад. Но если для ремесленников прошлого признаком этой готовности был сам цвет, то для современного рабочего цвет является прежде всего показателем нужного температурного режима. Абстракция вытесняет красочность в буквальном смысле слова. Для того чтобы действовать, рабочему наших дней недостаточно чувственных впечатлений, они должны быть соотнесены с абстрактным научным понятием.

Необходимо подчеркнуть, что взаимодействия ремесла и науки, строго говоря, не было. Ремеслу, технической мысли средневековья требовались теоретические основания. Однако наука того времени была слишком умозрительной, слишком схоластичной, чтобы помочь технической практике перейти от методов рецептурных к методам инженерным. Подспорьем в решении технических задач служили лишь геометрия и искусство счета. Место науки в системе ремесленного знания занимал миф, сам по себе к научному знанию никакого отношения не имеющий. Но наличие хотя бы какой-то объясняющей теории или квазитории позволило впоследствии включить в техническое знание иную, научную объяснительную систему и тем самым сделать это знание инженерным.

Следует заметить, что господство ремесленника в сфере технического творчества не было абсолютным. Хотя магистральным путем развития техники был путь проб и ошибок, параллельно ему из глубины веков тянется тропинка рационального осмысления технических проблем. Далеко не всех из тех, кто ее прокладывал, мы знаем поименно. В числе первых – Архит из Тарента (V–IV в. до н.э.), применивший математический аппарат к исследованию технических устройств; Евклид, создавший начертательную геометрию; Диоген Лаэртский и др. Невозможно не упомянуть о легендарной личности Архимеда (ок. 287–212 г. до н. э.). Вклад этого древнегреческого мыслителя в развитие технических основ цивилизации грандиозен; его деятельность мы вправе именовать инженерной без малейших скидок, оговорок. Достижения Архимеда в области рациональной и технической (прикладной) механики, как считают историки, представляют собой первую в истории теоретическую систему научно-технического знания, которая завершает развитие предпосылок технических теорий.

Задачи теоретических исследований великого эллина вытекали из потребностей современной ему технической практики. К тому времени в военном деле, кораблестроении, ирригации, горнорудных работах назрели технико-технологические вопросы, ответить на которые с позиций прежнего опыта или обыденного здравого смысла было попросту невозможно. Массовое применение рабского труда перестало гарантировать успех в этих областях деятельности. И Архимед, взяв в качестве опоры математические абстракции, сумел с помощью «рычага» теории перевернуть мир современной ему техники. «Конечной целью механики Архимеда было объяснение не мира вообще, а сравнительно ограниченного класса свойств тел и явлений, обнаруживаемых в процессе технической деятельности. Геометрические исследования свойств абстрактных фигур и тел не были для него самоцелью, как, по-видимому, для Евклида, – они были ориентированы на интересы практики и применение технического и естественного знания для решения научно-практических задач»[10].

Разумеется, задолго до рождения Архимеда неизвестные изобретатели научились изготавливать и применять простейшие механизмы: рычаг, ворот, блок, винт, клин. Но принцип их действия, причины эффективности постигнуты не были. Чтобы объяснить, почему они работают, надо было выйти за пределы непосредственного опыта технической деятельности, проанализировать и обобщить данные. Архимед не только вывел из отдельных фактов систему научно-технического знания, но и блестяще применил ее к решению разнообразных инженерных задач.

Следует особо отметить, что одностороннее изучение античности в течение длительного времени привело к тому, что понятие «инженер» связывалось только с именем Архимеда и вместо собственно инженерной деятельности рассматривались ее результаты: рудники, мосты, отопительные системы, дороги, театры, туннели, гидротехнические сооружения. В большой степени недооценены успехи инженерной деятельности в области измерительных приборов, тонкой механической аппаратуры, а также «обыкновенной», но необходимой грузоподъемной техники. Несколько более известны те инженеры, труды которых о строительстве оборонительных сооружений дошли до потомков от которых дошли до нас в Украине на современном этапе. Остальные сочинения, имеются только в фрагментах, и все еще не опубликованы. Из этого письменного наследия явствует, что в эллинистическом государстве инженер занимал более почетное положение в обществе чем прежде в полисе (государствах-городах). В Римской империи инженеры также пользовались уважением. Витрувий (II-я пол. I в. до н.э.), происходивший из бедной семьи, был приближенным императора Августа; Фронтин (ок. 40–103 г. н.э.) – римский наместник в Британии, верховный смотритель водоснабжения в Риме, принадлежал к сенатской аристократии.

Из императорского стипендиального фонда для обучения инженерному делу (правление Александра Севера (200–235 г. н.э. и Константина) оплачивались все расходы по обучению и содержанию математически одаренных юношей и мальчиков, в основном из небогатых семей. Диоклетиан (ок. 245–313 г. н.э.) содержал на государственном жаловании преподавателей механики и архитектуры. Профессиональная гордость инженера прослеживается в надписях на многочисленных постройках и надгробиях, начиная с IV в. до н.э. и по IV в. н.э.

Впоследствии эта деятельность пресекалась, инженерное знание было почти полностью забыто вплоть до эпохи Возрождения. Именно тогда пламя инженерной мысли разгорается в полную силу, предыстория инженерного дела завершается и начинается его история.

Переход от наглядно-эмпирического решения инженерно-технических проблем к научному, признание инженерного труда как профессии явились следствием принципиально нового способа общественной организации и разделения труда. Впрочем, 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.

Каковы же основные факторы, способствовавшие вызреванию инженерного труда? Среди них можно назвать следующие:

1. **Технологическая революция.** Долгое время технологический способ производства, то есть основной тип связи между человеком и техническими средствами труда, оставался неизменным. Разумеется, орудия совершенствовались, усложнялись, становились эффективнее, но в целом в системе «человек-техника» человек был представлен ручным трудом, техника – инструментами для этого труда. Шли годы, складываясь в десятилетия, века, и наконец пришел день, когда «гомотехнический автомат» – ремесленник, вооруженный ручными инструментами, – перестал быть эффективным, исчерпал свой потенциал. Ремесленное производство

уже не поспевало за растущими потребностями общества: «Машинный труд как революционизирующий элемент непосредственно вызывается к жизни превышением потребности над возможностью удовлетворить ее прежними средствами производства». Последним титаническим усилием ремесленничества «удержаться на плаву» было создание мануфактур, где самостоятельного мастера и универсальное орудие заменили частичное орудие и частичный рабочий. Парадокс заключается в том, что мануфактура, характеризующаяся ручным трудом, в то же время представляла как бы «живой механизм», состоящий из цепочки рабочих, дополняющих работу друг друга, то есть была прообразом механизма машинного.

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, по словам К. Маркса, «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.

Технологическая революция шла к победе медленно, но неотвратимо. Вначале бастионы ремесленничества пали в ведущей отрасли промышленности позднего средневековья – ткачестве. Именно здесь возникли ткацкие станки – ремесленные машины, которые приводит в движение и которыми управляет один человек. Затем промышленная революция коснулась и других отраслей производства, получив в качестве подспорья универсальный тепловой двигатель – паровую машину. Развитие машиностроения, то есть производства машин с помощью машин, определило победу крупной машинной индустрии. Постепенно были технически перевооружены промышленность, транспорт, связь, а затем и сельское хозяйство. В результате революции утвердился новый технологический способ 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 последних, – как отмечал Маркс, – 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 однажды революцией в производительных силах, которая выступает как революция технологическая, совершается также и революция в производственных отношениях. Система машин, сменяющая примитивную ручную технику ремесленничества, открывает простор для утверждения капиталистических отношений. Укрепление зародившейся в недрах феодализма капиталистической формы собственности, превращение ее в господствующую неразрывно связано с крупной машинной индустрией, преобразованием производства на новых, рациональных началах.

Одновременно с положительным моментом – повышением производительности общественного труда – капитализм, развивающийся на своей собственной материально-технической базе, демонстрирует все свои мрачные стороны: рабочий становится придатком машины, завершается разделение участвующих в производстве групп на «чистых» и «нечистых». «Характерную черту капиталистического способа производства, – писал К.Маркс, – составляет как раз то, что он отрывает друг от друга различные виды труда, а стало быть, разъединяет также умственный и физический труд... и распределяет их между разными людьми». Инженер, появляясь в результате такого разделения труда, принимает на себя умственные функции сотен ограбленных в творческом отношении рабочих. Как представитель определенной социальной группы, он призван охранять и приумножать интересы правящего класса, подчиняя им всю производительную мощь общественных сил труда, заставляя служить капиталу открытые наукой законы природы.

Инженерная профессия необходима капиталистическому способу производства, так как она становится надежным средством извлечения прибыли и к тому же служит орудием технологического закрепощения рабочего. Еще в трудах К. Маркса мы можем найти длинный перечень технических приспособлений и машин («шерсточесальные машины», «ремешковый делитель вместо вращаемой рукой тростильной машины», «автоматический аппарат для крашения и прополаскивания тканей» и т.п.), изобретенных специально в связи с необходимостью подавления забастовок.

Итак, место инженера в исторически определенной системе общественного производства – это одновременно его принадлежность и к определенной профессии, и к определенной социальной группе. Становление деятельности в социально институализированном виде происходит одновременно со становлением буржуазии, т.е. одновременно со становлением капитализма.

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. Посвяительство 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, даже отвергался 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 эпоху 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». Показательны в этом отношении изменения, характерные для научно-технических трудов времен Ренессанса и отличающие их от средневековых технических энциклопедий-сборников рецептов. В этих трудах даны не только предписания и последовательность действий, чтобы получить искомый результат (изделие, материал), но и предприняты попытки ответить на вопрос, почему надо поступать именно так. Пусть с содержательной стороны эти объяснения не выдерживают никакой критики, но появление их свидетельствует о переходе от механического, слепого копирования к целенаправленному изучению и использованию свойств природы, о повороте в мировоззрении и мышлении, от веры к познанию.

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. Изобретательская деятельность Леонардо да Винчи, открытия Ф.Бэкона и Галилея вооружают умы идеей грандиозных прикладных возможностей применения научного знания. И эта идея оказалась на удивление созвучной духу времени. «Рождающееся буржуазное общество с его деятельным, энергичным, предприимчивым характером, с его практицизмом обнаружило в возникающем опытным естествознании глубоко родственные черты. Общество, которое центром притяжения своих интересов сделало предпринимательский поиск... такое общество, естественно, толкало науку в сторону практической, материально-производственной, технической ориентации, к превращению ее в действенного агента производства».[11]

Нужды растущего машинного производства, мореплавания, торговли положили начало союзу научной и технической изобретательской деятельности. Динамичное развитие крупной промышленности, формируя специальную потребность в решении сложных технических задач, создает условия для практического применения данных науки. «В качестве машины средство труда приобретает такую материальную форму существования, которая обуславливает замену человеческой силы силами природы и эмпирических рутинных приемов – сознательным применением естествознания» 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 – в Италии (1600 г.), Англии (1660 г.), во Франции (1668 г.), Германии (1700 г.), России (1725 г.). Решающим фактором расцвета науки выступает именно связь с производством, технические потребности которого продвинули, по меткому выражению Ф. Энгельса, науку вперед больше, чем десяток университетов. Активно развиваясь, наука, в свою очередь, становится фактором процесса производства. 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. На ранних, доинженерных стадиях технической деятельности «генетический код» (т.е. исторически сложившиеся формы и методы) конструирования передавался от поколения к поколению в виде опыта участия в работе или через готовые изделия. И тот, и другой способ был малоэффективен. Не удовлетворяло практику и составление письменных сборников технико-технологических рецептов, ибо словесное описание технической идеи громоздко и маловыразительно. 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 взаимоперпендикулярные плоскости. В результате Его Величество Чертеж прочно воцарился в технике. Инженерное дело получило свой особый язык – средство инженерного труда.

Следует заметить, что историческая логика развертывания общественного разделения труда вкупе 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 по сей день) 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, надо признать, незначительно изменились с той поры, как инженерный труд обрел статус профессии. Но содержание их многократно усложнилось. Если когда-то инженер мог в одиночку «пробежать дистанцию» от технической идеи до ее промышленного применения, то теперь этот путь, ставший поистине сверхмарафонским, по силам лишь целой «команде» специалистов, передающих эстафету с этапа на этап.

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 гуманистическая, 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, в отличие от строителей Вавилонской башни, найти общий язык, потребовалось координировать их действия, плотно состыковать приобретенные автономии инженерные функции. В связи с этим возникает еще одна, особая функция – системное проектирование.

Все функциональные элементы структуры инженерной деятельности необходимы. Однако они не расположены по значению, а этапы деятельности, связанные с их реализацией, различаются по трудоемкости. Отсюда и различия в численности инженерных специалистов того или иного профиля. А сравнительная малочисленная группа инженеров-системотехников или аналитиков порождает сомнения в том, что они вправе занимать отдельные места в структуре инженерной профессии. Кроме того, осложняют «переложение» структуры инженерной деятельности на профессиональную структуру неспецифические функции (организационно-управленческая, рационализаторская и изобретательская), которые осуществляются сразу в нескольких видах инженерного труда. Но все же основная масса инженерных функций достаточно жестко разграничена и закреплена за определенными специальностями. Проследим эту зависимость.

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, объединяясь в «коллективный мозг» – ученый или научно-технический совет.

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.

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.

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.

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.

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 организовать его труд с трудом других и

подчинить совместную деятельность работников решению конкретной технической задачи – дело инженера-производственника, производителя работ.

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.

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. «На основе возникает новая профессия инженера-системотехника (или инженера-универсалиста), 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»[12].

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.

Исследование истории каждого из них становится поистине необъятной задачей, поскольку пришлось бы оценивать технический уровень той или иной страны, особенности отрасли производства, уровень научных разработок и многие десятки иных факторов, находящихся во взаимосвязи друг с другом. Поэтому назовем лишь самые общие, коренные изменения, произошедшие в инженерном деле и приведшие его к небывалому прежде расцвету. В сфере технической – это овладение новыми источниками энергии и создание новых материалов; в области социальной – 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.

ВЫВОДЫ

Корни инженерной деятельности теряются в глубине прошедших тысячелетий так как известно, что человеческая цивилизация основана на преобразовании природного мира с помощью орудий труда, а создание разнообразных технических средств, история их создания и появления – одновременно есть и история инженерной деятельности.

Ценой усилий многих поколений человечество по крохам добывало знания, накапливало технические усилия, готовя почву для ростков инженерной мысли. Каждого инженера древности можно смело именовать ученым, философом, писателем, он «обязан» был быть лидером. Хотя и следует заметить, что это занятие было часто уделом простолюдинов, непрестижным занятием.

Пройдя долгий путь становления инженерии, можно выделить в этом процессе такой период, как преинженерный, хронологические рамки которого довольно широки (от I–II тысячелетия до н.э., до XVII–XVIII в. нового времени), где основными создателями технических нововведений по-прежнему были ремесленники.

Историческая логика развертывания общественного разделения труда в комплексе с набором разнообразных технических, экономических, социальных и психологических факторов привели к обособлению инженерной деятельности от прочих видов умственного труда, и на этой основе возникает новая профессия – инженер. Особенно это характерно для того времени, когда наука и техника начинают сливаться и становиться фактором процесса производства (XVII–XVIII вв.).

Бурный расцвет науки и техники (вторая половина XIX–XX вв.) приводит к тому, что инженерная деятельность меняется буквально на глазах. Укрепляются связи инженерного труда, инженера с различными элементами производительных сил, заметно усложняется структура инженерной профессии, расширяется область применения инженерных методов. Появляются новые и наполняются новым смыслом традиционные для инженера функции. На сегодня инженер – представитель одной из самых массовых профессий.

Функции инженерной деятельности широки и разнообразны и это позволяет определить сущность ее как составную часть совместных творческих усилий рабочих, инженеров и ученых по преобразованию производительных сил общества.

ТЕМА II. ПОЯВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ В ОБЛАСТИ МЕХАНИКИ И ИХ РОЛЬ КАК ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Еще на начальном этапе предыстории человечества, который назывался палеолитом (древним каменным веком) первобытный человек робко начинает проникать в тайны природы, вначале бессознательно, а затем все осознаннее и осознаннее воспринимает явления и условия окружающей среды.

Применение первых орудий – камня и палки – заставили первобытного человека инстинктивно оценивать траекторию движения, чтобы нанести жертве смертельный удар. Это вызывает необходимость непрерывного улучшения и изобретения новых орудий.

В неолите (новом каменном веке) каменные орудия подвергаются все более тщательной и разнообразной обработке в зависимости от их назначения. Человек переходит от собирания растений и охоты к культивированию растений и выращиванию домашнего скота: начинается оседлая жизнь. Идет постепенный процесс накопления знаний, необходимых для осознанной плодотворной практической деятельности по преобразованию производительных сил.

Целью настоящей лекции является показ процесса зарождения, становления и развития теоретических и методологических основ инженерной деятельности.

1. Зарождение знаний в области механики.

2. Становление и развитие разделов механики как основ инженерной деятельности.

С далеких времен, еще в дописьменные времена, человек мог пользоваться рычагом и клином, приспособлениями, без помощи которых нельзя было изготовить никакие орудия. Кстати, следует сказать, что и орудия эти в сущности, также представляли либо комбинации рычага и клина, либо их варианты.

В процессе обработки каменного орудия люди пользовались скалыванием и трением, а позже, уже после освоения бронзы (с V тыс. до н.э.), познакомились с результатами операции сплющивания и узнали, что под влиянием удара можно изменить форму орудия и придать ему желательный вид. Наблюдения за полетом камня или палки, брошенных в нужном направлении, приводят к осознанию зависимости дальности полета от силы броска: с этим связаны изобретения пращи и лука со стрелами.

В конструкции стрелы и метательного копья (дротика) уже заложено неявное понятие об устойчивости движения, а в булаве и боевом топоре – оценка значения силы удара.

Племенам, стоящим на очень низкой ступени развития, принадлежит изобретение такого орудия, как бумеранг, сущность которого заключается в соединении силы удара с весьма сложной, наперед заданной траекторией полета.

Очень древними являются зернотерки – возвратно-поступательное движение одного камня относительно другого. Значительно позже появляется зерновая мельница, в которой используется вращательное движение камня: соответствующее механическое приспособление уже в исторические времена V–III в. до н.э., развивается в водяную мельницу – первую машину в мировой истории. Овладение вращательным движением шло, по-видимому, следующим путем: вращение деревянной палочки для получения огня, изобретение гончарного круга, использование круглого бревна при перевозке тяжестей, изобретение колеса, изобретение подъемных приспособлений, блока и ворота.

На протяжении многих тысячелетий охотничьи племена изобретали ловушки для поимки диких зверей, многие из которых представляли собой сложные кинематические цепи, срабатывающие при нажиме на одно из звеньев. Действие токарного станка, изобретение которого теряется в глубине веков, как и изобретение прядки, также основано на понимании и использовании движения.

Явление природы – движение светил и их действительное или кажущее влияние на судьбы людей, течение воды в реке и его использование для движения плота, прилив и отлив на море, ветер и буря, гром и молния, дождь и засуха – заставляли древнего человека задумываться об их первопричине, чтобы избежать беды или заставить помогать себе. Стремление осознать явления природы и чувство собственного бессилия перед ними привели соответственно к становлению науки и к мифотворчеству.

С появлением государств начинается государственно-культурное строительство. Всеобщей известностью пользуются египетские пирамиды, но сооружения подобного типа были и на Крите, в Греции, Сирии, Мексике и во многих других местах. Для всех них характерна доставка издалека камней большого веса, их заготовка, укладка. Древние строители, по-видимому, были знакомы лишь с рычагом, клином и наклонной плоскостью, но пользовались этими приспособлениями сознательно: можно предполагать, что они уже владели зачатками механики.

К этому же времени относится появление первых водоподъемных приспособлений: ворота, на барабан которого был намотан канат, несущий сосуд для воды, а также журавля – древнейшего предка кранов и большинства

подъемных приспособлений и машин. Ворот представляет собой дальнейшее развитие блока. Значительно позже была изобретена нория – прообраз современного элеватора.

Итак, к началу последнего тысячелетия до нашей эры народам, населявшим страны средиземноморского бассейна, были достаточно хорошо знакомы те пять простейших подъемных приспособлений, которые впоследствии получили название простых машин. Приспособления эти сравнивали друг с другом, выбирали наиболее подходящие, комбинировали их соответствующим образом. Начинается рассуждение – первоначальный научный процесс: приспособление раскрывается в отвлечении от его конкретной характеристики.

В сущности, элементы рассуждения у человека были уже тогда, когда он взял в руки камень: различное применение камня и каменного орудия в эпоху палеолита означает, что ум первобытного человека уже обладал возможностью абстрагироваться от несущественных, частных особенностей орудия. Процесс этот был медленным и длился десятки тысячелетий. В эпоху неолита он заметно ускорился и, наконец, ко времени перехода от обработки бронзы к обработке железа этот процесс обуславливает становление науки.

Как известно, основы современной науки или точнее по своим признакам, приближающиеся к современной науке, заложили греки (VI в. до н.э.). Но осуществили это они не на пустом месте. Поколения людей буквально по крохам собирали в памяти ценное из опыта отцов и дедов и передавали его своим детям и внукам. Но в первобытном обществе не было места для мыслителей: все должны были трудиться, и труд первобытного человека, а его борьба за существование были нелегкими. В классовом же обществе некоторые его члены-жрецы, чиновники, учителя, не говоря уже о тех, в руках которых была сосредоточена власть, получили возможность не участвовать в физическом труде: у них оказалось время, свободное для размышлений.

Наука в древнейших рабовладельческих государствах зародилась сначала как система сокровенных и таинственных сведений, доступных лишь посвященным, а затем и как профессиональное занятие, как средство зарабатывать себе на жизнь. Первыми учеными-профессионалами были философы, и под философией понималась сперва вся совокупность знаний о человеке, о вещах, его окружающих, о природе и космосе. Первые познания греки заимствовали от египтян и из Месопотамии: недаром первые греческие философы происходили из Малой Азии.

Необходимым условием становления науки оказалось изобретение письменности. Известно, что в Египте и Месопотамии, а возможно, и в других странах восточной части Средиземноморья уже записывались сведения из области наук, таких как математика, астрономия, медицина, механика, и псевдонаук: астрологии, магии. Человеческая память таким образом была освобождена от тяжелого груза знаний, что положительно повлияло на возможность их дальнейшего развития. Вместе с тем не все думали так. Даже значительно позже, после появления письменности, греческий философ Сократ (469-399 гг. до н.э.) возражал против распространения письменности, указывая на ее опасность, «ибо это изобретение порождает забывчивость в умах тех, кто овладевает им, понуждая их пренебречь своей памятью. Уверовав в силу письма, они будут вспоминать с помощью посторонних знаков, не пользуясь тем даром, который в них заложен».

И теоретические «знания», и знания с практическим содержанием имеют чрезвычайно древнее происхождение. Только первые с изобретением письменности начали фиксироваться на свитках папируса, на камне или на глине, а прикладные - в большинстве случаев остались в устной традиции и записывались лишь изредка. И если теоретические знания, выражавшиеся сначала в рецептурной форме, мало-помалу вырабатывали свой собственный, «научный», способ изложения, то прикладные еще долгие столетия будут придерживаться «рецептуры».

Какие познания из области механики были у древних народов до начала VI в. до н.э.? Это были элементы гидравлики, строительной механики, статики, динамики и небесной механики.

Практическая гидравлика – управление разливом рек, орошение полей при помощи каналов, учет распределяемой воды, первые водоподъемные приспособления – лежали в основе хозяйственной жизни древнейших культурных стран, поскольку их благоденствие в значительной степени зависело от умения вести водное хозяйство.

Орошаемое земледелие увеличивало возможности роста населения и появления городов. Первые города и необходимость снабжения их водой дали новые темы для размышления древним гидравликам: так, в III в. до н.э. г. Мохенджо-Даро на берегу Инда (современный Пакистан) имел водопровод и прекрасную канализационную систему для отвода дождевой воды со специальными колодцами для стока нечистот. Познания в области строительной механики обуславливались необходимостью постройки крепостей, культовых и жилых зданий: требовалось критическое отношение не только к возводимым конструкциям, но и к материалам.

В результате многовекового опыта была осмыслена разница в прочности камнем, кирпича-сырца и обожженного кирпича, была найдена правильная форма высокого сооружения: в начале III тыс. до н.э. гениальный египетский архитектор Имхотеп создал в Соккаре первую ступенчатую пирамиду.

Древнейшие познания в области динамики связаны с практической механикой охоты и войн. Полет стрелы, полет камня, брошенного пращей, «артиллерийские» орудия – катапульты для метания камней большого веса, баллисты и т.п. побуждали древних механиков задумываться над полетом «снаряда»: он должен был попасть в цель. Имели они некоторые сведения и об относительной упругости материалов: тетива лука и упругие элементы баллист изготавливались из жил животных, обработанных специальным образом.

Этим не исчерпывались познания древних. Уже египтяне умели управлять силой ветра: паруса их судов постепенно принимают наилучшую форму.

Все эти элементы практической механики послужили базой при становлении механики как науки. Первый из философов, о котором имеются исторические сведения, Фалес, живший в Милете (Малая Азия) в начале VI в. до н.э., был, как сообщает историк Геродот, военным инженером и гидротехником. Он познакомил греков с египетской и вавилонской наукой, в его философии есть элементы рассуждения о сущности движения.

Гераклит Эфесский жил в Малой Азии в начале V в. до н.э. Он утверждал, что в природе нет ничего постоянного и неизменного: все течет и нам только кажется, что всякий раз мы погружаемся в одну и ту же реку, а на самом деле вода, в которую мы раньше погружались, давно ушла. Нельзя дважды войти в одну и ту же реку. Мир, единый из всего, не создан никем из богов и никем из людей, а был, есть и будет вечно живым огнем, закономерно воспламеняющимся и закономерно угасающим, - считал он.

Следует заметить, что уже в древние времена попытки пояснить движение и его элементы подвергались критике. Так, Зенон Элейский (510-440 гг. до н.э.) оспорил понятия протяженности и множественности вещей.

Значительно развил учение о движении величайший из греческих материалистов Демокрит (ок. 470 г. – нач. IV в. до н.э.) уроженец малоазиатского города Абдер. Он учил, что материал состоит из атомов, неделимых мельчайших частиц, имеющих разную величину и форму. Атомы движутся в пустоте в различных направлениях и с различными скоростями, но не ускоряясь и не замедляясь, и следовательно, не останавливаясь. Движение атомов извечно, оно не имеет ни начала, ни конца. Таким образом, Демокрит предвосхитил закон инерции; различие было лишь в том, что он допускал не только прямолинейное, но и круговое движение атомов. Однородные атомы могут влиять друг на друга притягиваясь или отталкиваясь, но вступать в соприкосновение они не могут. Поэтому толчок, удар, давление являются лишь кажущимися явлениями, обманом наших органов чувств. Движение универсально. Труд Демокрита по механике сохранился лишь во фрагментах, причем в основном содержащих возражения противников философа.

Значительно более полную концепцию механики мы находим в работах великого древнегреческого философа Аристотеля (384-322 гг. до н.э.) – «Физика», «Трактат о небе». Аристотель, занимаясь проблемой движений, в это понятие включал собственно не только перемену места, но и качественные изменения. Вместе с тем наука Аристотеля основана не на опыте, а на рассуждении. Он различал естественные и насильственные движения. Движения тела под воздействием силы тяжести считал естественным, ибо в этом случае тело стремится к своему естественному месту. Движение же камня под действием силы, приложенной к нему, есть движение насильственное. Подъем легких тел вверх является примером естественного движения, ибо их местоположение – на орбите Луны, а естественное местоположение тяжелых тел - в центре Вселенной.

Понятия силы, или мощности (оно окончательно прояснится лишь через две с лишним тысячи лет), у Аристотеля выступает в качестве первопричины движения. Он знает сложение движений по правилу параллелограмма, известны ему понятия скорости и сопротивления среды. Движение он считает вечным, но свойство движения не присуще материи: оно постоянно поддерживается движителем, и существует первичный движитель, который является первопричиной движения.

Таким образом, у Аристотеля мы встречаемся не только с причинами и сущностью движения, но и с некоторыми кинематическими и динамическими характеристиками его. Само по себе кинематическое исследование – донаучного происхождения. Первые же наблюдения небесных тел показали, что существуют неподвижные и подвижные тела; изучение этих тел и их видимых движений и легло в основу астрономии и астрологии (в древности они не различались), эти первоначальные наблюдения послужили также одной из первопричин становления науки механики. Первым сочинением (из числа дошедших до нас), в котором было пояснено равновесие тел и которое, таким образом, явилось основополагающим при создании статики, считается «Механические проблемы», приписанные Аристотелю, но созданные в начале III в. до н.э., т.е. после его смерти, вероятно, одним из его последователей. В этом сочинении автор, так называемый Псевдоаристотель, исследует простые машины на основании одного принципа, утверждая, что свойства весов приводятся к свойствам круга, свойства рычага – к свойствам весов, а большинство движений механизмов приводится к свойствам рычага, мощность, или силу он определяет как произведение веса, или массы тела (древние не различали этих понятий) на скорость движения.

Здесь чувствуется влияние Аристотеля, но интерес автора к механическим искусствам заставляет предложить, что он был жителем Александрии, где к III в. до н.э. техника достигла высокого совершенства. Ему принадлежит интересная мысль... «когда нам приходится делать что-нибудь противоположное стремлению природы, задача становится трудной и требует применения технического искусства. Ту часть этого искусства, которая борется с этими затруднениями, мы называем механикой».

На протяжении V-VI вв. механическая техника пополняется еще одним изобретением – возникают машины. Первые машины – простейшие водяные мукомольные мельницы – были построены на горных речках Закавказья и Малой Азии. Возникновение мельниц было обусловлено ростом населения и увеличением спроса на муку. Помол зерна, производившийся вручную на зернотерках и ручных жерновах, был одной из самых трудоемких и тяжелых операций того времени.

Водяная мельница (рассматриваемая как машина) имела в своем составе энергетический агрегат – водяное колесо, передачу – два цевочных колеса, жестко насаженные на валы, и рабочий орган – жернова. В таком виде, с

незначительными улучшениями, водяная мельница дожила до XVIII, а кое-где и до XIX века.

Второе поле деятельности, ставшее основой для возникновения машин, было обусловлено нуждами войны и обороны. Первоначально простейшие приспособления для метания стрел и камней с течением времени развиваются в довольно сложные военные машины. Древнейшая из них - баллиста - состояла из деревянной рамы и жестко связанных с нею стоек, с которыми были скреплены два пучка, скрученных сухожилий. Камень брошенный баллистой весом 30 кг, пролетал свыше 400 м. В III в. до н.э. баллисты в разных вариантах были распространены по всему культурному Средиземноморью.

Заметный след в механике оставил Архимед (287-212 гг. до н.э.). Не все его работы дошли до нас, но и то, что сохранилось, является громадным вкладом в сокровищницу человеческой культуры. Он занимался арифметикой и геометрией, вплотную подошел к созданию интегрального исчисления, чем опередил свой век на два тысячелетия, много сделал в механике. Он выяснил принцип центра тяжести, создал строгую систему статики, заложил основы гидростатики. В области практической механики он сделал много изобретений, в том числе планетарий – прибор, показывающий движение небесных светил, винт, усовершенствовал зубчатые колеса, на принципе винта построил водоподъемное приспособление («архимедов винт»), применив его впервые для осушки долины, залитой Нилом. Им было создано много машин, в том числе военных. Кстати, «сам Архимед, - пишет о нем Плутарх, - считал сооружение машин занятием, не заслуживающим ни трудов, ни внимания...»

Знаменитому и многими любимому искусству построения механических орудий положили начало Эвдокс и Архит, стремившиеся «...разрешить те вопросы, доказательство которых посредством одних лишь рассуждений и чертежей затруднительно...»

В результате завоеваний Александра Македонского (356-323 гг. до н.э.) образовалась огромная империя, где греческий язык стал государственным, возникает культура, получившая название эллинистической (от слова Ellas – Греция). Главным центром эллинистической культуры стала Александрия, новая столица Египта. Механика эпохи эллинизма развивается в основном в прикладном направлении: бурное строительство потребовало создания новых, более мощных строительных машин и более пристального внимания к оценке прочности архитектурных конструкций. Развивается практическая гидравлика и пневматика, создаются новые механические приспособления, новые военные машины. Наследники Александра Македонского ведут междоусобные войны. В этой связи особое внимание обращается на строительство укреплений, обращается внимание на прочность стен. Самым крупным зданием в Афинах становится Арсенал, в котором были собраны военные машины и корабельное вооружение.

Возрастание роли механики заставило изменить отношение к этой профессии. Механикой «по совместительству» начинают заниматься архитекторы и военные инженеры. Высокого развития достигла военная техника в Александрии, где Птолеми, правившие Египтом, тратили большие средства на сооружение боевых машин. В середине III в. до н.э. в Александрии учился Филон Византийский, который написал «Свод механики» – одно из первых сочинений по практической механике. Свод состоял из девяти книг (до нас дошли лишь четвертая и пятая): 1) Общие принципы механики; 2) Учение о рычагах; 3) О постройке гаваней; 4) О построении метательных машин; 5) Пневматика; 6) О построении автоматов; 7) Военное снаряжение; 8) О фортификации и осаде городов; 9) Тактика. Этот перечень свидетельствует о многообразии направлений в развитии механики, многообразии практических интересов.

Из александрийских механиков наибольшую известность получили Ктесибий и Герон. Ктесибий (II-I вв. до н.э.) был по-видимому, самоучкой. Основные интересы его лежали в области гидравлики и пневматики; он изобрел поршневой насос, счетчик оборотов, занимался устройствами с применением сжатого воздуха. Герон Александрийский (около I в. до н.э.) написал едва ли не больше всех античных ученых по вопросам механики. Его перу принадлежали «Механика», «Книга о подъемных механизмах», «Пневматика», «Книга о военных машинах», «Театр автоматов» и ряд других. До нас дошли лишь немногие из его сочинений. Кстати, личность Герона не выяснена до настоящего времени. Существует мнение, что он был учеником Ктесибия, некоторые авторы думают, что Герон жил не в I в. до н.э., а на 100 лет позже – в первом столетии нашей эры.

В «механике» Герон изучает простые машины и их комбинации. При этом он пользуется понятием момента, но неизвестно, принадлежат ли ему открытие этого понятия или он заимствовал его у других ученых. Кроме простых машин, он описывает также и некоторые механизмы: систему зубчатых колес, системы блоков, полиспасты. Ему известно влияние силы трения, и он рекомендует при работе со сложными механизмами несколько увеличивать прилагаемые к машинам силы по сравнению с расчетными. Однако численно силу трения он не определяет.

К наиболее известным изобретениям, описанным Героном, относится эолипил – прообраз паровой турбины, в котором впервые для вращения используется реактивное действие струи пара; «геронов шар» - пневмогидравлический прибор, основанный на действии сжатого воздуха на поверхность воды; еще один пневмогидравлический прибор – «геронов фонтан». Из героновых «Пневматики» и «Театра автоматов» видно, что гидравлика и пневматика в эпоху эллинизма достигли высокой степени развития. Еще, как видим, в древности знали уже многое из механики: ведь для сооружения даже самых элементарных автоматов надо хорошо знать статику простых машин, разбираться в механизмах и их частях, уметь производить вычисления, знать отношения и пропорции, т.е. применять знания всех отделов механики. Нужно было хорошо разбираться в гидравлике и пневматике, знать свойства сжатого воздуха и пара, а также уметь работать с упругими и гибкими телами, иметь большую инженерную выдумку и развитое пространственное воображение.

Творчество великих александрийских механиков было в основном направлено на постройку военных машин, водоподъемную технику, на сооружение малых автоматов, где они достигли большого совершенства. Они применяли и знали механизмы, изобретенные и распространившиеся значительно позже. В частности, Филон применял в своих приборах так называемый «карданов шарнир». Занимались они также механикой - геометрией и другими отделами математики: для них характерной была связь теории и практики.

Последним известным механиком александрийской школы был Папп Александрийский (III в. н.э.). В «Математическом собрании» Паппа механике посвящена восьмая книга. Папп называет механику наукой о материи и о природе элементов мира и указывает, что она изучает положение и тяжесть тел, движение их в пространстве, причины естественных и насильственных движений. Он различает теоретическую и практическую механику. К первой он относит результаты, связанные с арифметикой, геометрией, физикой и астрономией; практическая же механика изучает обработку меди, железа, дерева, строительное дело, живопись и прочие ремесла. Затем он описывает различные механические искусства: военные машины, строительные машины, автоматы и иные механические приспособления.

Учение о центре тяжести Папп излагает по Архимеду и Герону, а также описывает собственные исследования. Особое внимание он уделяет подъему тел по наклонной плоскости и передаче движения зубчатыми колесами. В частности, доказывает, что скорости вращения двух колес, находящихся в зацеплении, обратно пропорциональны числам зубьев и что числа зубьев соотносятся как диаметры колес. Он решает также задачу об определении диаметра колеса по числу его зубьев и по диаметру и числу зубьев другого колеса, находящегося в зацеплении с ним.

Можно сказать, что механика в Древней Греции достигла высокого уровня развития. Так, в частности, гидравлика развивалась так успешно, что уже в XIV в. до н.э. на территории Греции строились публичные бани с водопроводом, сложной системой канализации. К 600 г. до н.э. относится первая попытка прорыть канал на коринфском перешейке, в конце VI в. до н.э. был построен водопровод в Афинах, в V в. до н.э. был сооружен канал, соединивший Нил с Красным морем, во II в. до н.э. построен водопровод в Антиохии, Пергаме.

К механике эпохи эллинизма примыкает механика Рима и Карфагена. Достаточно подробные сведения об уровне римской механики можно получить из сочинения «Об архитектуре» Марка Витрувия, архитектора эпохи Августа (I в. до н.э.).

Так, книга X этого трактата посвящена описанию машин и механических приспособлений и их действию. Почти половина X книги трактата (главы 10-16) посвящены описанию военных машин и прочей военной техники. К этому времени военные машины достигли большого совершенства и разнообразия. Как правило, они работали за счет энергии, накапливаемой при закручивании упругого элемента, в качестве которого применялись сухожилия животных или волос (большой частью женский).

Баллисты, катапульты, палинтоны применялись для метания камней, бревен, стрел. Создавались эти машины в большом количестве, и конструкции их были разработаны весьма тщательно. В качестве основания для расчета брались толщина пучка жил, называемая модулем катапульты или вес снаряда. Например, катапульта «в один талант» (талант – около 26 кг) метала снаряд весом 1 талант; длина его равнялась 7,6 м., высота – около 7 м. При обороне Сиракуз Архимед строил катапульты «в три таланта», которые метали камни «на одну стадию» – около 185 м.

Строили и иной конструкции машины – онагры, скорпионы (метали стрелы). Так, Дионисий Александрийский построил полибол, в котором к скорпиону было добавлено приспособление для быстрой подачи стрел – античный пулемет. Ктесибий принадлежало изобретение аэротона - военной машины, в которой роль упругого элемента играл сжатый воздух.

Количество машин, которым располагали воинские части, иногда бывало весьма значительным. Так, при взятии Карфагена в руки римлян попало 476 тяжелых орудий и 2500 скорпионов.

Значительные познания в механике, а именно в практической, имели также античные архитекторы. На основании длительного опыта, совершенствовавшегося на протяжении многих поколений, они выработали ряд эмпирических правил, которыми и пользовались в своей практической деятельности. Интересно, что индусские храмы, египетские пирамиды, вавилонский Сикуррат и греческие колонны всегда суживаются кверху, как это положено для сооружений, материал которых работает на сжатие.

Многие из сооружений того времени (особенно египетские обелиски) опрокинуты и разрушены человеческой злобой, но ни один не опрокинут бурей и до сих пор стоят – так отмечают ученые. Примечательно, что египетские и греческие колонны строились высотой не более девяти диаметров. Современные специалисты знают, что за этим пределом начинается опасность продольного изгиба. Древние архитекторы соблюдали эти условия (видимо, знали). Хорошо была освоена и механика постройки античных кораблей, которые иногда достигали солидных размеров (греческий корабль «Александрия» (264 г. до н.э.) длиной 125 м., приводился в движение двумя тысячами гребцов, скорость около 7,4 км/час), причем греческие и египетские корабли отличались по конструкции.

Многие сочинения по механике не дошли до нас. Часто встречаются сочинения, не имеющие имени автора. Иногда они переписывались без указания автора. Ясно одно, что знания в области механики имеют древнее происхождение. Развитие познаний в области механики обуславливалось необходимостью решать задачи строительства зданий, устройства военных машин, объяснять различные виды движений и многим другим.

В IV в. Римская империя разделилась на Восточную со столицей в Византии и Западную - со столицей в Риме. В 476 г. Западная была уничтожена под ударами внешних и внутренних противоречий. Византия же просуществовала долго. Уровень познаний в области математики и механики в Византии был относительно высоким: сохранялось накопленное и достаточно комментировались сочинения эпохи эллинизма, а также был написан ряд интересных сочинений по фортификации и военной технике. Одним из авторов таких работ был Герон Младший (VII в.). Работал здесь выдающийся математик, оптик, механик Иоанн Филопон (ок. 660 г.). Именно он выступил против мнения Аристотеля, развитого его последователями – парипатетиками, что воздух воспринимает импульс, сообщенный брошенному телу, и играет по отношению к нему роль двигателя. Филопон утверждал, что полет в безвоздушном пространстве осуществляется легче, чем в среде воздуха, и следовательно, импульс сообщается от двигателя исключительно брошенному телу.

Византия богата интересными храмовыми и другими постройками. Так, в 532-537 гг. два византийских архитектора и механика Исидор Милетский и Анфимий Тралльский построили в Константинополе храм Святой Софии с куполом, диаметр которого в основании имел 31,4 м. При этом вес купола равномерно распределялся на поддерживающую его конструкцию.

Крупным ученым в области математики и механики был византийский ученый Лев Математик (ок. 815 – ок. 870), армянин по происхождению. Ему принадлежат автоматическая система механизмов для тронного зала византийского императора: около трона он поставил золотых львов и птиц, которые во время торжественных аудиенций приводились в движение; птицы, кроме того, пели. Как видим, Византия сохранила искусство построения автоматов, развитое александрийскими механиками.

Было бы ошибкой думать, что только непосредственно в Византии развивалась механика. В сфере влияния Византийской империи находились Абхазия, Грузия и Армения, которым часто приходилось вести с ней борьбу, но влияние греческой культуры здесь было достаточно сильным. Вместе с тем это влияние было и обратным. Среди деятелей науки и техники Византии встречаются армянские и грузинские имена.

Техника Закавказья эпохи I тысячелетия была весьма высокой. Здесь были развиты обработка металлов, керамическое и ткацкое производства, обработка кож. По-видимому, первое железо было добыто в армянских горах, на горных речках Закавказья были построены водяные мельницы – первые машины в истории человечества. В Армении был разработан интересный вариант соединения купольных устоев со стенами, учитывавший сейсмические условия страны.

В Грузии особое развитие получило строительство крепостей и оборонных сооружений. Крепости строили с учетом рельефа местности. Сохранившийся от V-VI веков грузинские храмы и иные сооружения доказывают не только полную самостоятельность строителей и присущее им чувство красоты, но и большие познания в механике. Ими были созданы интересные строительные конструкции, учитывающие распределение сил, ряд решений соединений купола с поддерживающими его стенами.

В начале VII века начались завоевательные войны арабов. Менее чем за 100 лет, к концу 30-х годов VIII в. в состав Арабского халифата вошли огромные страны и территории, ранее принадлежавшие Римской империи и Персидскому государству – образовалась колоссальная империя, которую населяло множество племен и народов, связываемых общей религией и языками. Ислам и арабский язык стали религией и языком государства, науки и культуры. В халифате появились огромные библиотеки в которых находилось до 150-200 тыс. томов, в том числе частные, а также и публичные: ученый и поэт Ибн-Хамдан учредил в Мосуле Дом мудрости с библиотекой, которой мог пользоваться всякий стремившийся к знаниям. В 994 г. везир Ардашир ибн-Сабур основал в Багдаде Дом мудрости с библиотекой в 10400 томов. В Египте в 983 г. при мечети Ал-Азхар был основан университет, существующий и поныне. В X в. в Нишапуре было открыто медресе – училище нового типа.

Источниками развития культуры и науки народов стран ислама послужили как труды античных и византийских ученых, так и опыт, накопленный народами, входившими в халифат. Обычно считается, что первым этапом развития арабо-язычной науки явилась серия переводов научных сочинений с греческих оригиналов. Хотя с этим согласиться трудно. Не наличие переводов играло здесь роль, а потребности развивавшейся науки стимулировали появление переводов нужных сочинений. В частности, потребности практической механики заставили обратиться к сочинениям древних: Аристотеля, Герона Александрийского, Филона Византийского. Серьезное влияние на механиков оказали труды Иоанна Филопона, его учение развил, в частности, знаменитый Авиценна-Ибн-Сина (980-1037). Ибн-Сина считал, что сила, приданная движущему телу, не уничтожается и что если не было помех движению, то оно продолжалось бы бесконечно долго. Неоднократно комментировались учеными стран ислама труды Аристотеля. Известны комментарии Ибн-Сины и Мухаммеда аль-Бируни (973-1048), великого хорезмийского ученого-энциклопедиста. Следует особо отметить вклад хорезмийцев в точное естествознание; даже слово «алгоритм» является лишь латинизированным вариантом имени математика, труды которого лежат в основе арифметики и алгебры Мухаммеда-Ибн-Мусы ал-Хорезми (780-847).

Несмотря на то, что практическая механика этого периода представлена главным образом переводами трудов Герона, Филона и других эллинистических ученых и их комментированием, но комментарии зачастую выливались в самостоятельные сочинения. Так, в «Книге знаний» Ибн-Сина рассматривает пять простых машин, их комбинации и применение для подъема и передвижения грузов. Абу Абдаллах ал-Хорезми (IX в.) во второй книге сочинений «Ключи наук» одну из глав посвятил механике. Работа является изложением «Механики» и «Пневматики» Герона.

Более самостоятельными трактатами являются «Книга о познании практической механики» Исмаила ал-Джазари (XII- XIII вв.) и «О водяных колесах и подъеме воды и о служащих для этого механических устройствах» Мухаммеда ал-Хорасани.

Переводились также и труды Архимеда. Известен перевод, выполненный Сабитом Ибн-Коррой (836-901). Он также написал «Книгу о коростуне», в которой излагалась теория римских весов. Большинство стран, входящих в состав халифата, таких как Южная Аравия, Египет, Месопотамия, Персия, Мавераннахр, Афганистан, Хорезм – существовали в условиях поливного земледелия. Ирригация была для них важнейшим делом; поэтому ученые арабоязычных стран проявляли к ее проблемам большой интерес. Водопользование было делом государственной важности, и государство содержало многочисленных чиновников – инженеров, которые должны были наблюдать за водой и за исправностью плотин, дамб, шлюзов. Было придумано много машин для ирригации: черпальные – зурнук и далийя, приводимое в движение водой черпальное колесо – наура, а также более сложные машины. Некоторые плотины достигали больших размеров. Так, на реке Кур в Персии в X веке была построена мощная плотина, основание которой залито свинцом. По обеим берегам были установлены десять водяных мельниц и десять черпальных колес; при помощи трубопроводов эта установка давала воду для орошения полей 300 деревень. Особое распространение получают в странах халифата водяные мельницы. На многих реках строились плавучие мельницы, чтобы наиболее полно использовать энергию воды.

В VIII в. в Персии и Ираке появляются ветряные мельницы различной конструкции. Имеются сведения о мельницах с ветряным колесом, лежавшим в горизонтальной плоскости; вертикальный вал вращал подвижной жернов.

В IX ст. в Самарканде было изобретено производство бумаги из тряпья, и на длительное время этот город стал центром бумажных фабрик.

Прикладная механика в арабоязычных странах пополнилась новыми знаниями, так сказать, получила значительное приращение. Особенно увеличились познания в строительной механике и гидравлике; значительного развития достигла техника построения мельниц и военных машин.

Мировое значение науки арабоязычных стран состояло в том, что она сохранила и творчески развила науку, унаследованную от Греции и эллинистических стран, а также ввела в научный оборот результаты творчества индийских ученых. Это наследие в области математики и механики различными путями было передано в Западную Европу. Одним из первых познакомил Западную Европу с арабской математикой бенедиктинский монах Герберт Ориллакский (ок. 938-1003), в последствии папа Сильвестр II. Кстати, ему приписывают также изобретение механических часов. Но, возможно, это изобретение было сделано раньше, в халифате, поскольку арабоязычные ученые серьезно занимались изучением эллинистических и византийских трудов по автоматам. Есть сведения, что Карл Великий (786-814) в свое время получил часы в подарок от халифа Гаруна ар-Рашида.

Развитие механики в Западной Европе в течение 1000 лет происходит двумя различными путями. Знания механически развивают практики, которым приходится сооружать здания и мосты, создавать военные орудия. Так, развивается практическая механика, которая только в конце рассматриваемого периода получает литературное оформление. Механикой как наукой занимаются ученые, которые преподают в школах: этот путь теоретической механики подобен тому, как в Греции между философами-теоретиками и механиками-практиками не существовало взаимного доверия, так и здесь между учеными-схоластами и практиками-инженерами и архитекторами не заметно согласия. Каждый работает для себя и редко одни считаются с опытом или знаниями других.

Средневековая школа пришла на смену римской с кругом знаний, заимствованных от этой последней. Делаются попытки как-то систематизировать их. Первой попыткой внести некоторый порядок в круг знаний, связанный с потребностями школы, была систематика позднеримского философа и математика Аниция Северина Боеция (ок. 470-525), который разделил науки на гуманитарные и математические, так называемые тривиум и квадривиум. В тривиум входили грамматика, риторика и диалектика, в квадривиум – арифметика, музыка, геометрия и астрономия (Грамматика – говорит, Диалектика – учит словом, Риторика – упрощает речь; Музыка – поет, Арифметика – считает, Геометрия – взвешивает и измеряет, Астрономия – считает звезды). Несмотря на то, что механикой иногда занимались в школах, в список наук она не попала так как до XVIII в. в системе школьных знаний механика относилась к математике.

Таким образом, еще в эпоху в эллинизма ученые начинают заниматься многими сторонами механики, в частности, статикой. Ученые же раннего средневековья уже не удовлетворяются изучением равновесия тел: их интересует также, а может быть, еще в большей степени - движение тел. При этом они различают геометрию движения, кинематику и движение под действием сил - динамику.

ВЫВОДЫ

В эпоху палеолита и неолита человек начинает приобретать определенные знания и умения, связанные с использованием рычага и клина, использованием технологий обработки камня, его применения в качестве метательного орудия, наблюдением за его полетом, что приводит к изобретению пращи, лука со стрелами.

Позднее стремление осознать явления природы приводит к мифотворчеству, зарождению знаний и становлению науки, начинается государственно-культовое строительство, которое говорит о том, что люди уже владеют зачатками механики.

С появлением письменности активизируется процесс зарождения науки. Это освобождает человеческую память от тяжелого груза знаний и положительно влияет на их дальнейшее развитие. До начала VI в. до н.э. люди имеют познания в области строительной механики, гидравлики, статики, динамики и небесной механики. Все эти элементы практической механики послужили базой становлению механики как науки в дальнейшем.

Раннее средневековье характеризуется тем, что прикладная механика пополняется новыми знаниями, в частности, в области строительной механики и гидравлики, особенно в арабоязычных странах, где не только развивается наука, унаследованная от Греции, но и идет процесс ее приращения, особенно в области теоретической механики в школах.

ТЕМА III. РАЗВИТИЕ МЕХАНИКИ КАК НАУКИ – УСЛОВИЕ УСПЕШНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Развитие производительных сил в эпоху средневековья и позднее проходило несколько этапов. В раннем средневековье (V – середина XI в.) – период становления феодального строя, некоторого развития науки, техники, а следовательно, и инженерной деятельности – они находились на низком уровне; во время классического средневековья (XI–XV вв.) – период расцвета феодализма – производительные силы начинают всесторонне совершенствоваться, бурно идет накопление знаний в области механики как основы инженерной деятельности. Особенно инженерная деятельность активизируется с ростом городов, появлением ремесленных цеховых производств. Для позднего средневековья (XVI – первая половина XVII в.) характерны процессы разложения феодализма, зарождения мануфактурного производства и капиталистических отношений, становления науки, в том числе и механики.

Рассмотрение различных аспектов накопления и расширения знаний в области механики как науки и использование их в практической деятельности является целью настоящей лекции.

1. Развитие научных знаний и создание условий для научной революции.

2. Развитие механики как науки.

Быстрое развитие феодальных отношений в эпоху средневековья, особенно начиная с XII–XIII вв. и позднее вызвало интерес к науке, технике, особенно к военной. Это объясняется ростом городов, замков, требующих мощной защиты, создания метательных машин (бриколь – для метания стрел; франдибола – для метания камней), подвижных устройств (аркобаллисты, смонтированные на колесной раме). Подобные изобретения в определенной степени стали возможными благодаря активизации инженерной деятельности, увеличению количества людей, занимающихся этой деятельностью.

Огромное значение в XIV в. имело использование пороха в Европе. С этого времени начинается эра огнестрельной артиллерии, развития металлургической промышленности и расширения знаний в области таких наук, как баллистика, динамика и др.

Уже в XIII в. ученые начинают активно интересоваться вопросами динамики. Развивается идея Иоанна Филопона о том, что сила, бросившая тело, передается этому телу. Ученые-схоласты путем рассуждения, а иногда и наблюдения приблизились к пониманию множества механических явлений. Учение об импетусе предложил французский ученый Жан Буридан, бывший одно время ректором Парижского университета. Оно заключалось в следующем: движущее тело получает от движителя импетус – определенную силу, которая может двигать его в том направлении, в каком его движет движитель. Чем большей будет скорость, с которой брошено тело, тем сильнее будет приданный ему импетус. Именно импетус движет камень после того, как движение толчка прекратилось, но вследствие сопротивления воздуха и из-за тяжести, которая побуждает камень двигаться в сторону, противоположную импетусу, последний непрерывно ослабляется, иначе движение не прекратилось бы никогда. В конце концов импетус преодолевается, и тяжесть, воздействуя на камень, приводит его к «естественному местоположению». По Буридону, импетус пропорционален плотности и объему тела, к которому он приложен.

Важный след в истории механики оставили ученые Альберт Саксонский и Николай Орем середина XIV в.. Так, Альберт Саксонский много и умно рассуждает о центре тяжести, критикует в этом отношении Аристотеля, доказывает, что каждое тело имеет точку, в которой как бы сосредоточен весь его вес, и одновременно отстаивает о том, что Земля находится в центре Вселенной. Он также являлся сторонником теории импетуса. Существует точка зрения, что в определенном плане взгляды Альберта Саксонского повлияли на становлении теории Галилея.

Ученик Буридана Николай Орем (1323–1382), разрабатывая идею ортогональных координат, утверждал, что графически можно изображать любые измеримые количества. В динамике он придерживался теории импетуса, а в кинематике пользовался графическим изображением. Орем исследовал равномерное и неравномерное движение и был близок к правильной формулировке равномерно-ускоренного движения. В своем трактате о небе и мире он

придерживался мысли, что Земля движется относительно неба, и таким образом предвосхитил идею Н. Коперника.

Интересны поиски философа Фомы Аквинского (1225–1274). Являясь идеологом католической церкви, Аквинский основывал свое учение на творчестве Аристотеля, но указывал при этом, что область веры не следует смешивать с областью знания; ссылки на бога в вопросах физики считал невежеством. Он делал различие между математическими и физическими телами: первые делимы бесконечно, тогда как вторые имеют предел делимости, перейдя который перестают быть самим собою, разлагаясь на простейшие элементы. Аквинский утверждал также, что время непрерывно и связано с движением; рассуждал он и о бесконечности.

Развитие производительных сил, рост городов, укрепление церкви приводит к строительству храмов, монастырей, которые становятся сосредоточием не только веры, но и образования. Они оснащаются мощными оборонительными сооружениями. Бурно развивается цеховое производство. В частности, строительные цехи (каменщиков, отделочников) растут количественно и качественно, в них накапливаются практические познания из области строительной механики. Но многое делалось на ощупь и длительное время было результатом коллективных усилий.

Следует заметить, что уже в период раннего средневековья началось становление, хотя и в достаточно широком понимании и профессии инженера. Сперва эта профессия не была цеховой и означала лишь совокупность знаний, которые мог иметь зодчий, скульптор или художник, помимо своих основных профессиональных умений. Сплошь и рядом один и тот же человек создавал машины, сооружал укрепления, строил водопроводы, ваял, писал картины и исполнял еще много мелких поручений феодального властителя либо бюргерской знати. Каждый такой инженер или архитектор обязательно должен был быть механиком, ибо без знания механики его машины могли отказать в действии, а выстроенные им крепости – не выдержать удара осадной мощи противника.

Сохранился любопытный документ начала 1481 г., в котором тридцатилетний Леонардо да Винчи (1452–1519) предлагает свои услуги правителю Милана Лодовико Сфорца и где он характеризует разнообразие знаний инженера. «Поскольку, сиятельныйший господин, я видал и продумал опыт всех тех, кто выдает себя за знатоков искусства изобретения военных машин, и нашел, что их инструменты не отличаются ни в чем существенном от тех, которые общеизвестны, я решаюсь ... сообщить Вашей светлости о некоторых секретах, которыми обладаю я, в следующем кратком перечислении:

1. Я владею способом постройки очень легких мостов, которые можно легко переносить и с помощью которых можно привести врага в бегство и преследовать его. Знаю также и иные, более прочные, которые смогут противостоять огню и мечу и которые можно легко поднимать и опускать. Я знаю также способы сжигать и разрушать вражеские мосты.
2. В случае осады я знаю, как осушать рвы, строить складные лестницы и иные подобные машины.
3. Далее: в случае высокого местоположения или мощности враждебной позиции, когда невозможно ее обстрелять, я знаю способы уничтожить ее путем минирования, если только фундамент крепости не скалистый.
4. Я умею также строить нетяжелые пушки, легкие в перевозке, которые могут бросать горючие материалы, дым коих вызовет ужас, разрушения и растерянность среди врага.
5. Далее: при помощи узких и извилистых подземных ходов, сооружаемых без всякого шума, я могу создать проход в самые недоступные места, причем даже под реками.
6. Далее: я умею строить безопасные крытые повозки для подвоза пушек к расположению врага, сопротивляться коим не смогут даже значительные силы и под защитой которых пехота сможет безопасно подойти к месту боя.
7. Я могу строить орудия, мортиры и огненные машины и иные, одновременно прекрасной и полезной формы, которые отличаются от всех, применяемых в настоящее время.
8. Или же, если применение пушек окажется невозможным, я смогу заменить их катапультами или иными прекрасными бросающими машинами, доселе неизвестными. Коротко говоря, я смогу создать бесконечное число орудий для нападения.
9. А если сражение должно разыграться на море, я знаю многие, чрезвычайно мощные машины как для нападения, так и для защиты и такие корабли, которые будут безопасны как от пушечной стрельбы, так и от огня. Знаю я также порохи и воспламеняющиеся вещества.
10. Полагаю, что в мирное время я смогу соревноваться с каждым по части архитектуры, а также по части сооружения общественных и частных монументов и в постройке каналов.

Я могу выполнять статуи из мрамора, бронзы и из глины; что касается живописи, то в ней я могу соперничать с любым. В частности, я смогу изваять из бронзы конную статую вашего вечной памяти отца... Если из вышеупомянутых вещей покажется что-либо вам невыполнимым, то я готов выполнить сие...»[2].

Леонардо не преувеличивал. Он действительно и мог все, и занимался всем. В этом была сильная сторона его гения, но здесь же была и его слабость: он не мог сосредоточиться, многое начал, но немного закончил. После

него осталось множество записок, схем и рисунков, которые он предполагал слить в трактаты. Этого он тоже не сделал. Многие из них относятся и к механике. Леонардо – практик, и его теоретические рассуждения играют лишь подсобную роль. В механике он занимался изучением движения тел по наклонной плоскости, законом рычага уяснил понятие момента, исследовал трение, падение тяжелых тел, законы гидростатики. В динамике он следовал учению Буридана. Он пробовал определить понятие силы, впрочем без особого успеха, он пытался складывать и разлагать силы.

Леонардо первым исследовал полет птиц и приблизился к созданию летательного аппарата, тяжелее воздуха. Он создал много различных схем машин и предвосхитил идею о составе машины из механизмов (а не из «простых машин»). Он изучил трение и понял невозможность вечного двигателя лет за 300 до того, как это было доказано.

Начавшийся со второй половины XV в. Ренессанс явился величайшим переворотом в истории человечества, эпоха гигантов-ученых, величайших открытий, инженерных решений.

В годы деятельности Леонардо понятие «инженер» уже бытовало в Западной Европе. Появилось оно около XII в. и обозначало строителя военных машин и фортификаций (т.е. специалиста, которого в эпоху эллинизма называли «механиком»), так как все технические средства по части ведения военных операций и обороны назывались «*ingenia*». С XV в. в Италии инженерами называли также строителей каналов, хотя еще в Римское время уже есть такое упоминание.

Леонардо неоднократно указывал на значение математики для инженерного дела. В этом он следовал за знаменитым архитектором Филиппо Брунеллески (1377–1446).

Ф. Брунеллески сознательно пользовался расчетными методами и говорил о важности математики для всех искусств. Математические познания и изучение римских построек дали ему возможность установить пропорции здания, эстетические и одновременно оптимальные с точки зрения техники. Таким образом, в строительство вводятся методы расчета, что явилось одним из первых шагов перехода строительной механики от практической науки к прикладной. Шедевром Ф. Брунеллески стал купол флорентийского собора Санта Мариа дель Фьоре диаметром 42 м – на 10 м больше купола Софийского собора в Константинополе. Купол Брунеллески не имел правильной сферической формы, его внутренняя поверхность была описана радиусом, равным трем четвертям диаметра основания. Крепился он восемью ребрами, воспринимавшими вес фонаря и опиравшимися на углы барабана. Брунеллески возводил купол с 1419 по 1434 г. Для выполнения строительных работ он сконструировал и построил несколько кранов и иных подъемных машин.

Крупнейший художник немецкого Возрождения Альбрехт Дюрер (1471–1528) также широко пользовался математикой как прикладной наукой. В «Наставлении к укреплению городов» (1525 г.) он разработал теорию фортификации. Дюрер применил геометрические методы и к изображению человеческого тела. В своих построениях пользовался циркулем, линейкой и опирался на основы проекционного черчения. Дюрер разработывал теорию пропорций, учение о перспективе и проекциях, которые использовал не только в живописи, но и в инженерных работах.

Тем временем в Польше, в старинном поморском городе Торунь, сын краковского купца каноник Николай Коперник (1473–1543), астроном и математик, работал над гелиоцентрической моделью мира. Труд Коперника «Об обращениях небесных сфер» вышел из печати в год его смерти. Введя в теорию строения мира принцип относительности движения, Коперник не только значительно упростил очень сложную кинематику движения планет, разработанную в геоцентрической системе Птолемея, но и доказал, что Земля является одной из планет, вращающихся вокруг Солнца, и что, кроме того, она вращается и вокруг собственной оси. Революционное учение Коперника послужило основанием для развития науки о Вселенной. Впервые была поставлена задача о движении небесных тел не кажущемся, а естественном, чем подтверждена догадка древних астрономов и заложены основы новой науки – небесной механики.

В эпоху позднего Ренессанса (XVI в.) все больше работ посвящается проблемам прикладной механики. В 1537 и 1546 гг. вышло в свет два труда Никколо Тарталья (1499-1557), которыми были заложены основы теории полета снаряда, брошенного под углом к горизонту. Тарталья пользовался теорией импетуса, сопротивления воздуха он не учитывал. Его ученик Джованни Баттиста (1530-1590) развил учение о моменте силы относительно некоторой точки. В 1586 г. он высказал мнение, что тело, вращающееся вокруг точки, в случае нарушения связи с этой точкой полетит по касательной к окружности, а не по радиусу, как думали до того времени. Еще один ученый Бенедетти был последователем Коперника и в своих сочинениях приводил некоторые доказательства его гипотезы; он также развил теорию равновесия жидкости в сообщающихся сосудах.

Важных результатов в области прикладной механики удалось достичь выдающемуся итальянскому ученому-энциклопедисту Джироламо Кардано (1501-1576). В особенности он прославился как математик и медик, но с воодушевлением занимался и астрологией. В области механики он изучал сопротивление среды движению тел. Известно его доказательство невозможности вечного движения: подобно Леонардо, Джироламо учитывал вредные сопротивления. Кардано довольно основательно разработал теорию передач, к числу его достижений в этой области следует отнести идею определения передаточных отношений путем подсчета чисел зубьев зубчатых колес. Ему также принадлежат некоторые изобретения в часовом искусстве и в практической гидравлике. Занимался Кардано и мельничным делом: в частности, опубликовал одно из первых описаний ветряной мельницы.

Как видим, в эпоху Ренессанса основная «работа» по созданию науки о движении выпала на долю инженеров и практиков, и занимались они главным образом прикладными вопросами. Это было совершенно естественно.

Официальная наука, которую преподавали в университетах и которая в существеннейшей части основалась на рассуждениях, себя исчерпала и начала тормозить развитие прогресса. Разделение науки на схоластическую - науку рассуждения и практическую - науку наблюдения и опыта постепенно принимает организационные формы. В первой половине XV в. возникают кружки ученых (пользующиеся иногда поддержкой князей и иных влиятельных лиц), которые получают название академий. Так, в 1438 г. Козимо Медичи основал во Флоренции Платоновскую академию, в 1478 г. в Риме возникает Академия святого Луки, в 1542 г. – Витрувиевская академия, затем Академия дей Линчей (1603 г.) и Академия дель Чименто (1607 г.). Не все академии оказались жизнеспособными, но некоторые из них сумели сплотить постоянные коллективы участников, получить финансовую поддержку от властей имущих и стать официальными научными учреждениями. Некоторые академии приняли на себя образовательные функции. К примеру, в XVI в. Флорентийская академия искусств стала чем-то вроде политехнической школы: как и в университетах, здесь преподавалась математика, но уже не чистая (арифметика, алгебра, геометрия), а прикладная, которую можно было применять для решения задач техники и искусства.

Складывались условия для научной революции, формирования новой науки, основанной на эксперименте, опыте. Постепенно в недрах цехового производства развивается капиталистическая мануфактура, которая пока все еще основывается на ручном труде: машины продолжают заменять лишь физическую силу человека. Мануфактуры не могли обойтись без достаточно усовершенствованной механической техники: подъемных приспособлений, печатных, маслобойных и монетных прессов, ткацких станков, бумажных и пороховых толчей, обычно с кулачковыми приводами, и т.п. В качестве энергетической системы применялись водяные колеса-приводы с использованием силы людей и животных, ветряные мельницы (при помоле муки). Такой была техника развивающихся мануфактур.

В период XVI-XVII вв. появляется целый ряд сочинений инженеров, в частности, Агостино Рамелли (1530-1590), Генриха Цейзинга (ок. 1560-1613), Соломона де Ко (1576-1630), Каспара Шотта (1591-1670) и др. Теоретическое сочинение по механике «Теория равновесия простых машин» написал около 1577 г. Гвидо Убальдо дель Монте (1545-1667), тосканский военный инженер. Через 20 лет, в 1597 г., Буонай Уто Лорини, военный инженер, служивший у Козимо Медичи, выпустил трактат «Об укреплениях», в котором свой практический опыт подтверждает теоретическими изысканиями. Он обращает внимание, в частности, на тот факт, что при расчете равновесия рычага нельзя исходить лишь из веса нагрузок и их расстояния от точки подвеса, но следует учитывать и собственный вес рычага.

Расширяются познания и в строительной механике. Итальянский математик Б.Бенедетти уже знает основы теории статических моментов; предполагает, что тела падают с одинаковой скоростью вне зависимости от их веса. Голландский инженер Симон Стевин (1568-1620) разработал теорию наклонной плоскости и установил, что если три силы находятся в равновесии, то их значения относятся как стороны треугольника, параллельные этим силам.

Появляется много машин, оснащенных новыми механизмами. А. Рамелли в сочинении «Разнообразные и искусные машины» (1588 г.) привел изображения передаточных механизмов – зубчатых, винтовых, цепных - и дал описание различных конструкций насосов. Профессор математики Вюрцбургского университета Шотт описал сложные установки, например, систему механизмов пивоваренного завода.

Развитие инженерной деятельности, вызванное с усложнением машин, заставило обратиться к вопросам прав собственности по отношению к профессиональным секретам. Отдельные патенты выдавались и в середине века. К концу XV в. Венеция имела уже достаточно развитую патентную систему. В XVI в. патенты и привилегии широко выдаются во Франции, Нидерландах, в империи Габсбургов.

В конце XVI и на протяжении XVII в. в теоретическом естествознании, математике и механике происходит длинная цепь открытий и разработка теорий. Результатом интенсивной деятельности ученых оказалась новая система миропознания. Этот период вошел в историю под названием научная революция: разрушались устоявшиеся представления о мире, природе, материи и движении, происходила крутая ломка уже сложившихся объяснений явлений природы, их использования, формировался новый метод мышления. Революция в науке началась с открытий Н. Коперника. Затем И. Кеплер (1571-1630), «упорядочил» Солнечную систему. Для механики наибольшее значение имели открытые И. Кеплером три закона движения планет вокруг Солнца, которые гласили:

- I. Планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце;
- II. Площади, описываемые радиусом – вектором планеты, в равные времена, равны между собой;
- III. Квадраты времен обращения планет относятся как кубы их средних расстояний от Солнца.

Первые два закона Кеплер опубликовал в сочинении «Новая астрономия» в 1609 г., третий – в 1619 г. в трактате «Гармония мира». В динамике он высказал ряд мыслей об инерции и о притяжении тел как о всеобщем законе.

Зачинателем и теоретиком экспериментального метода в естественных науках считается английский философ и государственный деятель Френсис Бэкон (1561-1626). Нельзя сказать, что его личный вклад в естествознание был значительным. Вместе с тем Бэкон обосновал экспериментальный метод исследования, объявил физику «матерью всех наук» и отделил науку от теологии. Для этого надо было иметь немалое мужество и смелость. Начиная с XVII в. экспериментальный метод становится господствующим, а главные интересы ученых сводятся к задачам механики. Даже революция в математике была обусловлена развитием науки о движении и о силах, его производящих.

Этот период характеризуется широкой постановкой и решением задач механики. Ученые систематизировали познания по статике, а полученные законы применяли для решения проблем прочности материалов и гидравлики. На основе динамических идей схоластов разрабатывается динамика, которая сразу же распространяется на баллистику, решаются задачи геометрии движений, и, пожалуй, лишь учение о машинах остается на уровне чистого описания, так как рабочие скорости были ничтожны и для расчета действия машин достаточно было элементарных законов статики.

В 1586 г. в Лейдене был опубликован на фламандском языке трактат о статике, который написал Симон Стевин. Автор стремится «очистить» статику от несвойственных ей учений, поэтому «отбрасывает» движение машин, сопротивления в машинах и те доказательства теорем статики, которые основаны на рассмотрении виртуальных скоростей. Интересно предложенное им решение задачи о равновесии тела на наклонной плоскости. Он исходит из положения о невозможности вечного движения и в этом отношении является приемником Леонардо да Винчи и Кардано.

Симон Стевин внес также важный вклад в развитие гидростатики, предложив принцип отвердения. В соответствии с которым твердое тело плотности, равной плотности воды, будет находиться в воде в состоянии равновесия.

Значительна роль в становлении механики как науки выдающегося ученого Галилео Галилея (1564-1642). Он изучал медицину, а затем математику, к которой тогда относилась механика, оптика, гидравлика, астрономия и часть технических знаний. Физикой же тогда назывались и элементы знаний из биологии, физиологии, геологии и т.п., т.е. то, что можно было бы назвать естественной историей. Занимаясь традиционной механикой схоластов, он все же приоритет отдавал практической механике. В 1594 г. Галилей прочел в Падуанском университете курс лекций по механике, который был опубликован в Париже лишь в 1634 г. Содержание этих лекций относится, собственно, к статике машин. Следуя учению Аристотеля, Галилей оценивает действие машины с помощью «момента» - произведения величины груза на скорость. Он указывает, что при рассмотрении машины нужно знать следующие составляющие: переносимый груз, перемещающую его силу, расстояние переноса и время, которое следует на это затратить. Большое внимание Галилей уделяет изучению движения тел по наклонной плоскости и приходит к формулировке закона падения тел, который стал основополагающим положением новой динамики. Ему принадлежат и другие важные положения, в частности, закон независимого действия сил и закон инерции, который Ньютон назвал «галилеевым законом инерции». Галилей активно поддерживал учение Коперника, невзирая на непринятие и осуждение последнего церковью. В 1632 г. он опубликовал «Диалог о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой». «Диалог...» был запрещен церковью, а сам автор привлечен к суду инквизиции и вынужден был отречься от отстаиваемой им теории.

В 1638 г. была издана еще одна книга Галилея - «Рассуждения и математические доказательства о двух Новых науках». С этой книги начинается история механики материалов и строительной механики. Здесь автор выясняет понятия растяжения и сжатия тел под действием нагрузки, исследует изгиб консольной балки и балки на двух опорах. Правда, не все его выводы оказались правильными. Например, он предположил, что напряжения распределяются равномерно по сечению и в случае растяжения, и в случае изгиба. Галилей выяснил также, что полые балки прочнее тех, которые имеют сплошные сечения. Именно такие балки находят разнообразные применения в технике, а еще чаще в природе (кости птиц, тростники и др.).

Продвижению механики вперед способствовали работы в области теории удара чешского ученого профессора Карлова университета в Праге Иоганна Маркуса Марци (1595-1667). Он рассматривает соударение сферических твердых тел, движущихся по прямой друг против друга, и формулирует четыре закона, очень важных для дальнейшего развития механики.

Значительную работу в области механики проделал ученик Галилея Эванджелиста Торричелли (1608-1647). Продолжая исследования своего учителя, он обобщил знания о брошенном теле, рассмотрев случай, когда тело брошено под углом к горизонту. Успешно занимался он и механикой жидкости – изучал течения жидкостей через узкое отверстие, находящееся в нижней части сосуда.

Необходимо отметить, что при решении различных вопросов механики ученые свои рассуждения подкрепляли примерами из животного мира. Это относится и к Галилею, и к Леонардо да Винчи и др. С другой стороны, успехи механики побудили ученых-медиков искать применение ее законов к решению задач физиологии. Так, выдающийся физиолог и врач Уильям Гарвей (1578-1657), открывший кровообращение в теле, в 1628 г. пробовал количественно оценить объем крови в нем. Это учение, объясняющее физиологические процессы с точки зрения механики, получило название яtromеханики. Виднейшим представителем его был соученик Торричелли, медик и математик Джованни Альфонсо Борелли (1608-1679), профессор Мессинского университета, член Академии дель Чименто. Последователи яtromеханики, возникшей на стыке физиологии и механики и признающей возможность объяснения физиологических явлений с помощью механических аналогий, в дальнейшем смогла разработать и реализовать рабочие механизмы, которые заменили в производстве функции руки человека, а также создать роботы и манипуляторы.

В XVI-XVII вв., когда набирала силу научная революция, в некоторых странах делались попытки объединить усилия ученых, обменяться определенной информацией. Так, важнейшую роль в объединении ученых сыграл Марен Марсенн (1588–1648), школьный товарищ Декарта, крупный математик, естествоиспытатель и философ. Он был знаком едва ли не со всеми выдающимися учеными того времени - Декартом, Кавальери, Ферма, Паскалем, Робервалем, Торричелли. Именно благодаря Марсенну в 1634 г. на французском языке была издана «Механика» Галилея. Сам Марсенн много занимался этой наукой: исследовал колебания, ставил опыты по

гидравлике и гидродинамике, писал о судах, плавающих под водой и многое другое. Владея ценнейшей информацией того времени, Марсенн оказался в центре обмена научными новостями и создал кружок ученых, который уже после его смерти получил правительственный статут (1666 г.) и был преобразован в Парижскую академию наук.

Почти одновременно с Мароном Марсенн в 1645 г. епископ Честерский Джон Уилкинс объединил вокруг себя группу ученых в Лондоне. В 1660 г. этот кружок получил наименование королевского общества и таким образом фактически стал высшим научным учреждением Англии (Оксфорд), в Уставе которого подчеркивалось, что занятия богословием, метафизикой, этикой, политикой, грамматикой, риторикой и логикой для общества нежелательны. Насколько серьезны были задачи этого общества в области естественных наук, создания машин, развития мануфактур!

Эпоха научной революции богата на имена мыслителей, философов, ученых чей вклад в механику не только значителен, но и поучителен. Одним из самых крупных в этой плеяде был Рене Декарт (1596-1650) – философ, физик, математик, физиолог, создатель учения «О картезианстве», которое в значительной степени определило дальнейшее развитие естественных наук. Декарт сделал вклад в рассмотрение понятия силы, дал оценку движения, изучил качение маятника и теорию удара.

Нельзя не назвать и великого ученого из Голландии Христиана Гюйгенса (1629-1695), прозванного «гениальным часовщиком всех времен». Особое значение для развития механики имел его трактат «Колебания в часах, или Геометрическое доказательство движения маятников в их применении к часам», опубликованный в Париже в 1673 г. Трактат имел пять частей. В первой части приведено описание новой конструкции маятниковых часов, в которой центр тяжести маятника движется по циклоиде. Вторая посвящена падению тяжелых тел и их движению по циклоиде. В третьей изложена математическая теория эволют и эвольвент, которая, имела не только практическое значение для часового дела, но и фундаментальное для математики и механики: вместе с работами Марсенна и Паскаля по теории рулетты теория Гюйгенса была положена в основу кинематической и дифференциальной геометрии. Четвертая содержит учение о центре качания. Пятая посвящена теории центростремительной силы. Гюйгенсу принадлежат многие практические изобретения и глубокие теоретические исследования. Много внимания он уделял проблеме создания универсального двигателя. Вместе с Дени Папеном (1647-1712) работал над сооружением пневматических и гидравлических машин, устройством фонтанов, насосов и многого другого.

К кружку Марсенна принадлежали два французских ученых, очень различных по характеру и складу ума, способствовавших развитию механики. Это были Паскаль и Роберваль. Блез Паскаль (1623-1662) создал счетную машину. Считается, что это была вторая попытка в истории мировой науки. Проект первой счетной машины был разработан в 1624 г. профессором Тюбингенского университета Вильгельмом Шиккардом (1592-1635), но он не был реализован. Паскаль сконструировал и построил свыше 50 моделей, пока не добился положительного результата. Машина была суммирующей и состояла из системы зубчатых колес. Существенным вкладом Паскаля в развитие механики стали его работы в области гидростатики. Он также проводил экспериментальные исследования веса и давления воздуха, разработал теорию кривых.

Изучением кривых, в частности, циклоиды, занимался и профессор математики Роберваль (1602-1675). Одновременно с Торричелли ему удалось сформулировать кинематический метод проведения касательной к кривой. С помощью этого метода он построил касательные к большому числу кривых. Одновременно с итальянским математиком Бонавентурой Кавальери (1598-1647) Роберваль разработал так называемый метод неделимых, развитие которого привело к созданию анализа бесконечно малых. Следует сказать, что именно ему принадлежит едва ли не первое в истории механики определение силы. По его словам, сила «есть качество, посредством которого тело стремится перемещаться в другое место, будет ли это место внизу, сбоку или сверху и независимо от того, присуще ли это качество самому телу или сообщено ему извне»¹ Роберваль изобрел несколько приборов, в частности, ареометр и «весы Роберваля», проводил он и исследованиями маятниковых часов.

В кружке Мерсенна принимал участие физик Эдм Мариотт (1620-1684), который стал затем одним из первых членов Парижской академии. Это был механик очень широкого диапазона: изучал механику твердого тела, механику жидкостей и газов, построил теорию удара, много экспериментировал. Результатом его опытов с газом (воздухом) стал известный закон Бойля – Мариотта. Изобрел Мариотт и баллистический маятник. В ходе проектирования водопровода для дворца в Версале Мариотту пришлось заняться теорией изгиба балок. Он убедился при этом, что теория Галилея неверна, поскольку напряжения при изгибе распределяются по сечению неравномерно: верхние волокна балок растягиваются, а нижние – сжимаются. Он установил также, что балка с заделанными концами выдерживает вдвое большую нагрузку, чем свободно лежащая на опорах. Исследовал он и прочность труб на разрыв под действием внутреннего давления.

Значительный вклад в становление механики как науки – основы инженерной деятельности внес один из основателей Королевского общества Роберт Бойль (1627-1691), который был физиком, механиком и химиком. Независимо от Мариотта он открыл закон изменения объема газа в зависимости от изменения давления. Все явления, включая и химические, Бойль объяснял с точки зрения механики.

Нельзя не упомянуть и о Роберте Гуке (1635-1703) – крупнейшем английском ученом конца XVII в. С ним тесно сотрудничал Р. Бойль (усовершенствование воздушного насоса). Гук занимался физикой, механикой, биологией, геологией, физиологией, астрономией, был практикующим врачом и профессором геометрии. Среди его

многочисленных изобретений немало относятся к механике: анкерный ход часов, пружина баланса, насосы, приборы для испытания материалов, часовой привод телескопа, «Шарнир Гука». Важнейшим его теоретическим достижением считается разработка доктрины всемирного тяготения. Впервые он высказал соображения относительно гравитации в очень коротком сообщении, прочитанном в королевском обществе весной 1666 г. Гук объяснил движение планет совместным действием гравитации и силы инерции, поставил проблему происхождения гравитации и предложил ее колебательный характер. К 1670 г. Гук установил универсальный характер тяготения. За исключением, быть может, Ньютона, он был единственным мыслителем, который ясно и отчетливо сформулировал эту доктрину. Очевидно, между 1675 и 1679 г. Гук разрабатывал и ее математическую часть. Другим его открытием, также своевременно не оцененным, было объяснение света как «весьма коротких колебательных движений, совершающихся в поперечных направлениях к линии распространения света». Гук установил и закон пропорциональности между значением сил и размером производимых ими деформаций, носящий его имя.

Бесспорно велик и неизмерим вклад в развитие механики английского ученого Исаака Ньютона (1642-1727), члена Королевского общества (с 1672 г.), долголетнего президента этого общества (с 1703 г.). Его труд «Математические основания натуральной философии» (1687 г.) стал основой для создания не только ньютоновской механики, но и нового миропонимания. Его работа как бы завершила научную революцию. Вплоть до разработки теории относительности А.Эйнштейном ньютоновская механика была единственной теорией всех земных и небесных движений; ее значение для техники остается непоколебимым. Ньютон сформулировал закон всемирного тяготения, по-видимому, независимо от Гука и в значительно более общей форме. Им были установлены три знаменитых «аксиомы, или закона движения».

Знаменитый труд Ньютона «Математические основания...» состоит из трех книг. Первая книга посвящена теории всемирного тяготения, вторая – учению о сопротивлении среды, третья – небесной механике. Работы Ньютона касались многих вопросов физики и механики. Он занимался теорией кривых, теорией перспективы. Ему принадлежит заслуга в изложении принципов метода флюкций, а также теоремы этого метода. Правда, следует заметить, что метод флюкций – ньютоновский вариант анализа бесконечно-малых – стал объектом спора о приоритете, возникшего между Ньютоном и Лейбницем в 1699 г.

Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646-1716) был ученым-универсалом - математик, механик, физик, философ, занимался логикой, юриспруденцией, историей и богословием, а также психологией, геологией и языкознанием. Он изобрел счетную машину, причем такую, от которой ведут свой род прочие аналогичные изобретения XVIII-XIX вв., Лейбниц изучал химию, медицину и горное дело, был дипломатом и принимал активное участие в организации Берлинской академии наук. В 1700 г. академия была открыта и Лейбниц стал ее первым президентом. В 1673 г. он избран членом Лондонского королевского общества, в 1700 г. - иностранным членом Парижской академии наук. В 1711, 1712 и 1716 гг. Лейбниц встречался с российским царем Петром I и давал ему советы относительно организации Академии наук в России. Широко занимался методом дифференциального исчисления, создал теорию цепной линии. Разработал основы символического исчисления по геометрии, ему принадлежит первый опыт алгебраизации анализа.

Человек с таким кругозором, как Лейбниц не мог не оставить глубокого следа в науке, в том числе и механике. Он вводит в механику понятие живой силы, кинематической энергии как меры движения, подходит к формулировке закона сохранения энергии при взаимодействии тел. Картезианцы же применяли в качестве движения произведение массы на скорость, т.е. количество движения. Хотя решения задач, выполняемых тем и другим методом, были совершенно одинаковы.

Несмотря на революционные преобразования науки XVII века, в технике не происходило коренных изменений, и она продолжает развиваться очень медленно. Впрочем каких-то радикальных изменений (особенно в области энергетики) и не требовалось, поскольку машины оставались такими же, как и в прошлом веке. Практическая же механика не стояла на месте. Большие изменения наблюдались в строительстве, возник архитектурный стиль барокко, который получил широкое распространение в Европе и который требовал новых инженерных решений, создания механики материалов. Практика и ее запросы явились, несомненно, одной из побудительных причин для теоретических и экспериментальных выводов. Факты свидетельствуют, что в эпоху научной революции были заложены основы различных направлений прикладной механики, но уровня науки она достигала лишь более чем через столетие.

Важным в формировании механики как науки оказался XVIII век - век, когда происходили значительные перемены в производительных силах – техническая революция, а вслед за ней и промышленный переворот. Сущностью этих революционных перемен стало изобретение машин, позволивших заменить человека в прядении и ткачестве, появление силового универсального парового двигателя, создание суппорта токарного станка (т.е. машины, заменившей руку человека).

Техническая революция дала толчок развитию различных отраслей техники, а следовательно, и отраслей промышленности. В связи с этим возникла потребность в инженерах, которых ранее готовили путем индивидуального ученичества. Поэтому в XVIII в. повсеместно организуются технические школы. Однако механики и технологи на протяжении всего XVIII в. никто не готовил. Мельницы, машины и различные технологические установки строили механики-практики, профессия которых зачастую была наследственной. Такой механик, отмечают историки техники, был иногда единственным представителем механических искусств и наивысшим авторитетом во всем, что касалось применения воды и ветра в качестве источников энергии для мануфактур. В своей округе он был механиком-универсалом и к тому же умел работать на токарном станке, знал

слесарное, кузнечное и столярное дело. Он ремонтировал и исправлял установки, сооружал новые и запускал их, обслуживал все близлежащие населенные пункты и производственные предприятия, ибо как же говорилось нередко был единственным механиком в округе.

Таким образом, механик XVIII в. был чем-то вроде бродячего инженера и ремонтера в одном лице. Он хорошо знал арифметику, кое-что из геометрии, иногда имел достаточно глубокие познания в практической математике, умел измерять, работал с уровнем, мог рассчитать скорость, определить мощность и нагрузку машины, составить чертеж, построить здание, колесо и плотину, соорудить мост. Все это умел делать английский «millwright» и западноевропейский практик-механик; на Руси такой мастер на все руки назывался розмыслом.

Небольшие познания в математике имели и архитектор-практик, и военный инженер, и горный мастер начала XVIII в. С развитием производительных сил инженеров требовалось все больше, и в разных странах Европы стали возникать технические школы. Сперва военно-инженерные, артиллерийские, морские и горные, затем – путейские. Кстати, Россия одной из первых пришла к необходимости создания технических школ – Петр I заставлял изучать инженерное дело не только в Навигацкой и Инженерной школах и Морской академии, но и в духовных училищах.

Следует заметить, что преподавание механики в университетах и в технических школах было принципиально различным. Так, в университетах читался курс «прикладной», или «смешанной», математики, в программу которого, наряду с элементами статики, входили также некоторые сведения из оптики, гониометрии, космографии, фортификации, архитектуры, артиллерии и еще десятка наук. Для специальных школ это не годилось, поэтому начиная с 60-х годов XVIII в. стали появляться учебники, в которых, помимо статики, в большем объеме излагались элементы динамики. Так, в 1764 г. в Петербурге вышел из печати учебник механики Л. П. Козельского. Подобные книги появлялись и в других странах. Во Франции учебник механики издал в 1764 г. известный астроном Н.Л.Лакайль, а 1774 г. вышел «Трактат по механике» Ж.Ф. Мари. Эти учебники содержали сведения не только по статике, но и по динамике.

Развитие механики в XVIII в. в значительной степени находилось под влиянием школы Бернулли. Братья Бернулли - Якоб (1654-1705) и Иоганн (1667–1748) стали родоначальниками целой династии математиков и механиков. В области точного естествознания в XVIII в. работали: племянник Якоба и Иоганн Бернулли – Николай I (1687-1759), сыновья Иоганна - Николай II (1695-1726), Даниил (1700-1782) и Иоганн II (1710-1790), сыновья Иоганна II – Иоганн III (1744-1807) и Якоб II (1759-1799). К школе Бернулли принадлежали также ученики Иоганна I – Г. Ф. Лопиталь (1661-1704) и Леонард Эйлер (1707–1783), слушавший его лекции в Базельском университете.

После Ньютона и Лейбница братья Бернулли и Лопиталь были первыми математиками, обладавшими техникой дифференциального и интегрального исчисления, с их помощью которого они решили несколько важных задач механики (изохронной кривой и др.). Иоганн Бернулли в 1696 г. трудился над задачей о брахистроне – кривой, по которой тяжелое тело покрывает расстояние между двумя точками в кратчайшее время.

В 1688 г. математик Пьер Вариньон (1654-1722) представил Парижской академии наук доклад о проекте новой механики.

Первым трактатом, в котором была построена система механики, была «Механика, или Наука о движении» Леонарда Эйлера, где материал был изложен аналитически (1736). В своем трактате Эйлер развивает динамику как рациональную науку, в частности исследует динамику точки, вводит понятие мощности или силы.

Следующий шаг в этом направлении сделал Д'Аламбер. Его научный труд по динамике был опубликован в 1743 г. Жан Лерон Д'Аламбер (1717-1783) - один из самых блестящих ученых XVIII века. Он утверждал, что механика строится на основе трех принципов: инерции, сложного движения и равновесия. Считал, что необходимо учитывать лишь две причины изменения состояния тела: удар и силу притяжения. Первая часть работы Д'Аламбера посвящена статике, вторая – динамике системы со связями. Трактат Д'Аламбера отличается весьма сложными рассуждениями и не менее сложной терминологией. Практически он не повлиял на развитие методов механики. В качестве активного автора энциклопедии (начала выходить в 1751 г., к 1780 г. все издание составило 35 томов) Д'Аламбер написал статьи, касающиеся математики, механики и других отделов точного естествознания, а также введение, в котором изложил свой проект систематизации наук.

Наряду со становлением механики, как основы инженерной деятельности, XVIII в. характеризуется интенсивной изобретательской деятельностью, которая дала практической механике развиваться в различных ее ответвлениях. Появляются новые станки и технологические машины в Англии, Франции и России. Ведется активная работа по созданию универсального парового силового двигателя. В 1712 г. атмосферную машину для откачки воды из шахт сконструировал английский кузнец Томас Ньюкомен (1663-1729), решив таким образом задачу преобразования энергии пара в механическую. В 1722 г. машины Ньюкомена были установлены в Кесселе, Вене и Хемнитце. Первая машина Ньюкомена попала в Россию в конце века. Ее приобрели для Кронштадтского порта, хотя в самой России в то время пошла на слом значительно лучшая машина – машина Ползунова.

Продолжаются интенсивные поиски вечного двигателя. Появляется целый ряд заявок, хотя невозможность его построения доказал еще Леонардо да Винчи. Эти поиски стимулировали изобретательскую работу над автоматами. Сначала это были лишь механические игрушки, но идеи, заложенные в них, к концу XVIII в. приводили к важным результатам. Так, замечательный французский механик Ж. Вокансон (1709–1782) изобрел несколько остроумных автоматов, имитировавших движения человека и животных. Он же в 1745 г. создал механический ткацкий станок.

С развитием торговли и расширением городов непрерывно возросла роль дорог и водных путей сообщения. Их строительство ставило перед механикой много вопросов. В частности, в середине XVIII в. в Испании велись работы по сооружению Кастильского канала. Тогда же в Англии был прорыт первый судоходный канал. В России строительство каналов было начато при Петре I. Для снабжения Петербурга были прорыты два канала: Ладожский (длиной 104 версты), соединявший Волхов и Неву, и Вышневолоцкий, соединявший реки Тверцу и Мсту. Впоследствии было создано две системы: Тихвинская (связала реки Самину и Тихвинку), и Мариинская (соединила Ковжу и Вытегру). Так появилась возможность попасть водным путем из Каспийского в Балтийское море, а из столицы – непосредственно в центральные губернии России. Наиболее важная часть всей системы каналов – Вышневолоцкая – была существенно усовершенствована известным русским гидротехником М. И. Сердюковым (1677–1754). Он в течение 1720–1740 гг. построил целый комплекс гидротехнических сооружений и обеспечил бесперебойное движение судов.

Исследования в механике в рассматриваемый период захватывали все новые и новые области. Например, еще в 1662 г. П. Ферма (1601–1665) применил к решению одной из задач оптики принцип кратчайшего времени. В 1744 г. подобный принцип в механике был развит французским астрономом П. Мопертюи (1698–1759). В соответствии с этим принципом при всяком изменении в природе количество движения, которое потребно для такого изменения, является наименьшим возможным. В этом же году Эйлер нашел для данного закона математическую формулировку, исследуя форму кривых, которые принимает гибкий стержень при различных условиях нагрузки. Эту задачу он решил с помощью разработанного вариационного исчисления. Рассматривал также задачи о поперечных колебаниях стержня. В 1757 г. Эйлер опубликовал работу «О силе колонн», в которой изучил проблему продольного изгиба колонн и вывел формулу для определения критической нагрузки. В других работах он возвращается к понятиям покоя и движения. Следует заметить, что Эйлер написал более 800 работ, многие из которых представляли научную ценность.

Значительное место в XVIII в. занимает изучение проблемы сопротивления среды движению. Одним из первых, кто обратил внимание на сопротивление воздуха, был Тарталья. Этой проблемой занимались и другие ученые. Так, Г. Амонтон (1663–1705) пришел к заключению, что трение между твердыми телами зависит лишь от относительного давления. В 1704 г. Паран (1666–1716) установил понятие угла трения, который он назвал углом равновесия, а тангенс этого угла – коэффициентом трения. Мухсенбрук (1692–1761) заметил, что на значения трения влияет и поверхность соприкосновения, а в 1722 г. М.Камю нашел, что трение движения меньше, чем трение покоя. Трение изучали Лейпольд, Белидор, Эйлер. Например, Эйлер установил, что коэффициент трения является числом близким к $1/3$. Поиски значения силы сопротивления среды начались позже – с середины XVIII в. Французский ученый Ж. Ш. Бордс (1733–1799) в 1762 и 1765 гг. вывел, что сопротивление жидкости движущимся в ней тел пропорционального квадрату скорости.

В последней четверти XVIII в. изучением трения занялся Шарль Кулон (1736–1806). В 1781 г. он опубликовал «Теорию простых машин с точки зрения их частей...», в которой развил теорию трения и вывел законы, которые стали носить его имя. В это время делаются попытки создания теории машин.

Создание теории машин связано с именами Монжа и его ученика Карно. Гаспар Монж (1746–1818) учился на кондукторском отделении Мезерской военно-инженерной школы, позже серьезно изучал начертательную геометрию и создал техническое черчение, явился инициатором преподавания курса «Построение машин» и приблизился к формулировке основ классификации механизмов.

Большой вклад в механику внес Лазар Карно (1753–1823), который окончил ту же военно-инженерную школу, что и Монж. В 1783 г. Карно опубликовал «Опыт о машинах вообще», а в 1803 г. книга была переиздана под названием «Основные принципы равновесия и движения». Кстати, Карно считал, что механика по своей сущности является наукой экспериментальной и этим подтверждал ее право на самостоятельное существование вне границ математики. Свою систему он строил на основании изучения движения, отрицая возможность построения ее из «метафизического и темного понятия силы». Фундаментальным законом механики Карно считал закон количества движения. Все законы и теоремы механики он рассматривал применительно к машинам. Книгу его уже можно отнести к прикладной механике.

Формирование механики и как науки в XVIII в. завершил Лангранж. Его классическая работа «Аналитическая механика» вышла в Париже в 1788 году, в которой он считал, что в общем-то, он обобщил и окончил труды своих предшественников. Динамика Лангранжа основана на законе, который носит название уравнения Д'Аламбера – Лангранжа. Из этого уравнения он выводит три закона: движения центра тяжести системы, моментов количества движения и живой силы. Лангранж также формирует принцип наименьшего действия и показывает, как из последнего можно было бы получить исходное уравнение. Далее он выводит уравнения, получившие название уравнений первого и второго рода. Однако следует признать, что Лангранж не завершил механику и не сделал ее полного свода. Еще при его жизни начали формироваться новые направления: теория упругости, механика материалов, механика машин.

Большой вклад в развитие механики сделал П. С. Лаплас (1749–1827). Так 1799–1800 гг. он опубликовал два первых тома «Небесной механики». И, что самое существенное, в начале XIX в. начали весьма интенсивно развиваться именно те направления механики, которые основывались на экспериментальных законах и пользовались экспериментальными методами исследования.

Эксперимент еще в XVIII в. был характерен не только для науки, но и для техники, особенно для техники промышленного переворота. В принципе, все новые машины, заменившие руку человека, явились результатом

глубокого и длительного экспериментирования. Так было и с паровой машиной Джеймса Уатта, который добился успеха в результате большой серии экспериментов. Следует сказать, что машина Уатта до конца XVIII в., была государственным секретом Англии, и вывоз таких машин из страны был запрещен.

Паровые машины собственными усилиями стали строить во Франции, России, Германии, США и в других странах. Так, в США Оливер Ивэнс (1756–1819) сконструировал паровую машину высокого давления (10АТ), построил первый в США локомобиль и изобрел прямолю («прямолю Ивэнса»). Это была первая попытка после Уатта найти механизм, преобразующий поступательное движение во вращательное. Можно сказать, что к началу XIX в. время практической механики проходит и наступает эра прикладной науки. Кстати, в Англии – стране самой передовой техники того времени – развитие механики отстает. Но промышленный переворот, поднявший Англию на более высокую ступень экономического развития, не мог не повлиять на английскую науку. Быстро развивающаяся машинная промышленность (производство машин) требовала ответа на возникающие вопросы, и она не могла долго ждать. Поэтому с начала XIX в. наука в Англии приобретает практический характер. Запросы промышленности стимулируют появление новых наук – «технических», основанных на наблюдении и опыте и уже во вторую очередь пользующихся расчетно-математическими методами. Что касается «старых» наук, то здесь в основном развиваются их прикладные направления. Очевидно, именно в связи с этим в Англии до середины XIX в. не открываются технические школы. Англичане пользуются старыми, традиционными методами ученичества, но знания в области механики продолжают накапливать и совершенствовать.

Существенный вклад в механику упругого тела сделал Томас Юнг (1775–1829). Он в 1807 г. опубликовал в Лондоне «Курс лекций по натурфилософии и по механическим искусствам», в котором изложил сведения из самых различных областей знания. Во втором томе этого энциклопедического курса содержится определение модуля, позже названного модулем Юнга, который стал важнейшим понятием новой отрасли механики – теории упругости. Юнг показал также, что срез является одной из упругих деформаций, сформулировал понятие нейтральной линии при изгибе. Развитие теории упругости продолжили ученые, среди которых выдающуюся роль сыграли французы Навье, Коши и Сен Венан.

Значительный вклад в развитие механики, особенно на рубеже XVIII–XIX вв., внесли ученые Парижской политехнической школы. Так, один из ее организаторов Пьер Симон Лаплас создал небесную механику как новое направление науки. Он завершил объяснение движения тел Солнечной системы на основе закона всемирного тяготения, в результате чего развил свою знаменитую космогоническую гипотезу. Лаплас сформулировал задачу о трех телах, изучил движения небесных тел, в частности Луны, и разработал теорию приливов и отливов, которая стала существенным вкладом в гидродинамику. В его «Небесной механике», состоящей из пяти томов, механика рассматривалась как физическая наука. Лаплас является одним из основоположников молекулярной механики – механики, основанной на молекулярной теории строения вещества (в первой половине XIX в. понятие молекулы и атома считались тождественными). Молекулярным притяжением тогда объясняли химическое сродство, явление упругости, капиллярность и иные физические явления, не поясняемые теорией всемирного тяготения.

Физическую сущность механики подчеркивали и другие французские ученые – Пуансо, Пуассон, Навье. Так, воспитанник Политехнической школы Луи Пуансо (1777–1859) ввел в механику понятие «пара сил» – двух равных сил противоположного направления, приложенных к разным точкам плоскости. Он показал, что значение пары сил равно произведению силы на кратчайшее расстояние между направлениями сил. Вообще, понятие «пары сил» было важнейшим в статике Пуансо, с его помощью он вывел теорему о том, что любое число сил, действующее на твердое тело, можно привести к силе и к паре сил. Пуансо разработал теорию вращения тел, установил один из случаев вращения гироскопа, сформулировал понятие эллипсоида инерции. Механика Пуансо была физической в еще большей степени, чем механика Лапласа, и в значительной мере стала основой для разработки прикладной механики.

Существенный вклад в развитие механики внес Симеон Дени Пуассон (1781–1840). Будучи учеником Лапласа, он являлся одним из самых ярких теоретиков молекулярной механики, занимался небесной механикой. Успешно решал задачи полета снаряда и отдачи орудия, издал «Учебник механики» (1811 г.), где изложил основы механики как физической науки и применил ее к различным задачам физики, астрономии и артиллерии.

Среди выпускников Политехнической школы выделяется также Луи Мари Анри Навье (1785–1836). Работая одно время инженером, он исследовал ряд вопросов практической механики, активно участвовал в создании теории упругости и сопротивления материалов. Навье развил теорию изгиба балки, предложил общий метод решения статически неопределимых задач, получил дифференциальные уравнения равновесия упругого изотропного тела. Используя метод Д'Аламбера он вывел общие уравнения движения упругого тела. Его работы лягли в основу строительной механики.

Появление локомотива, изобретение американским инженером Робертом Фультоном (1765–1815) парохода, способствовали развитию речного и морского механического транспорта, а это, в свою очередь, привлекло внимание ученых к вопросам динамики машин. Аварии локомотивов и пароходных машин происходили по разным причинам: не были известны их динамика, поведение материалов, из которых они сооружались; недостаточно была разработана и техническая термодинамика. Поэтому железные дороги стали своего рода лабораторией, на базе которой создавались прикладные и технические науки, в том числе строительная механика, теория сооружений и в значительной степени динамика машин.

В последнем направлении успешно работали почти одновременно Жан Виктор Понселе (1788–1867) и Гюстав Гаспар Кариолис (1792–1843). Так, в 1829 году Кариолис опубликовал работу «Вычисление действия машин», в

которой поставил вопросы динамики машин. Ему принадлежит известная теорема о трех слагающих полного ускорения: относительной, переносной и добавочной. Понселе создал стройную систему динамики машин, основанную на глубоком изучении паровой машины. Одновременно с Кориолисом он работал над уточнением понятия механической работы, применил это понятие к вычислению действия машин.

Следует заметить, что английское машиностроение в первой половине XIX в. стояло значительно выше машиностроения стран континентальной Европы.

В Англии зарождается и техническая пресса. В 1797 г. вышел первый номер «Журнала Никольсона», посвященного практическим вопросам технических знаний; в 1798 г. – «Философский журнал», также посвященный техническим наукам. В 1841 г. в Англии были опубликованы две книги по вопросам прикладной механики: «Механика инженерного дела» Уэвелла (1794–1866) и «Принципы механизмов» Роберта Виллиса (1800–1875). Уэвелл систематизировал практические задачи механики; Виллис занимался проблемами практической кинематики, в частности, ввел понятие механизма как элементарной составляющей машины. Он внес также большой вклад в создание теории зубчатых зацеплений.

В те же годы профессор математики Кембриджского университета Ч. Беббидж (1792–1871) трудился над созданием вычислительной машины. Однако задача, которую он поставил, не могла быть решена в то время. Еще не было создано соответствующих технических условий. Машина Беббиджа предполагала программное обеспечение. Кстати, первым программистом стала женщина-математик, дочь Байрона Ада Ловлейс (1815–1852).

В первой половине XIX в. работал замечательный английский механик Уильям Гамильтон (1805–1865). Он проводил исследования в области оптической механики, в частности, создал оптику по образцу механики Лагранжа, сформулировал закон наименьшего действия. Дальнейшая разработка этого закона привела к созданию метода интегрирования задач динамики Гамильтона – Якоби – Остроградского.

В 1851 г. в Лондоне открылась первая Всемирная выставка, на которой были показаны машины, построенные в различных странах мира. Выставка продемонстрировала значительный прогресс в области мирового машиностроения, который в том числе отражал и достижения теоретических наук, в частности механики. Поскольку теория не могла еще ответить на многие вопросы практики, вслед за прикладными возникают технические науки, основанием для которых служат наблюдения и опыт. Их научная база была неглубока: из разных соображений, иногда несовместимых между собой, строились формулы со многими эмпирическими коэффициентами. Следует заметить, что число этих наук непрерывно росло. В частности, появление железных дорог дало толчок для создания строительной механики и теории сооружений.

В строительной механике середины XIX в. возникает проблема расчета свода как упругого тела, которая вначале пытался решить ученик Клапейрона – Шарль Бресс (1822–1883). Затем его работу самостоятельно повторил немецкий ученый Отто Мор (1835–1918). Вскоре появилась новая задача – теория ферм. Быстрое развитие железных дорог выдвинуло на первый план необходимость расчета и строительства мостов. С середины XIX в. теория ферм становится одной из важнейших задач теории сооружений. Важные исследования в этом направлении выполнил русский инженер Д. И. Журавский (1821–1891). Он принимал участие в проектных и строительных работах при сооружении мостов Петербургско-Московской железной дороги, а затем руководил Департаментом железных дорог. При расчете многопролетной неразрезной фермы Журавский впервые применил метод деформаций. Дальнейшие вычисления в области теории ферм проводили Шведлер (1823–1879), Ламе и Максвелл.

К середине XIX в. начались поиски графических методов решения задач механики. Векторное исчисление находилось в процессе становления, но уже давно умели воспроизводить параметры статики графическими методами. В 1687 г. Ньютон и Вариньон установили закон параллелограмма сил, ставший основанием для создания графических методов. Позже Вариньон разработал метод веревочного многоугольника. Ряд графических построений предложили Клапейрон и Ламе. Дельнейшее развитие графическая статика получила в трудах профессора Римского политехникума Луиджи Кремона (1830–1903). Метод графического расчета ферм, созданный им на основе идей Максвелла, носит название диаграммы Кремона – Максвелла. Так в механику проникли графические методы расчета. Начиная с 70-х годов XIX в. эти методы применяются и в учении о машинах, где создаются важные разделы графической динамики и графической кинематики. Такой обмен методами и идеями, несомненно, был прогрессивным и способствовал развитию и возникновению новых направлений науки.

К концу XIX в. развитие механической техники еще более ускорилось. Были созданы новые машины – гидравлические и паровые турбины, электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания. С появлением последних облегчилась работа над созданием самодвижущихся экипажей – автомобилей – и аппаратов тяжелее воздуха для воздушного пространства – самолетов. Таким образом, парк энергетических машин расширился, хотя и в не такой степени, как парк машин технологических, который увеличивался чрезвычайно быстро. Сам этот факт весьма интересен. Совершенствование старых и создание новых рабочих машин отвечало потребностям капиталистического производства, поскольку для осуществления технологических процессов гарантировали увеличение прибылей. Разработке энергетических машин отводилась второстепенная роль, так как к паровым за 100 лет привыкли, а к новой энергетике относились без особого доверия. С этим обстоятельством связан и другой факт из истории науки о машинах. Паровая машина в начале XIX в. была достаточно хорошо изучена, и ее теория составила основное содержание важнейшей отрасли механики – динамики машин; теорию же «новых» машин создать в XIX в. еще не удалось, да в этом и не было необходимости, поскольку

разнообразные типы машин возникали как экспериментальные модели и их рабочие и технологические возможности оценивались практикой и временем.

Большое значение для изучения динамики кривошипно-ползунного механизма паровой машины имела монография австрийского инженера Иоганна Радингера (1842–1901) «О паровых машинах с высокой скоростью поршня», в которой был приведен графический расчет действия сил в этом механизме. Интересны и работы Эрнеста Отто Шлика (1840–1913) – немецкого корабельного инженера, опубликовавшего исследование об уравнивании поступательно движущихся масс.

60-е гг. XIX в. характеризуются активизацией интереса к теоретической кинематике. Среди работ на эту тему необходимо отметить «Трактат чистой кинематики» (1862 г.) профессора Политехнической школы Анри Резаля (1828–1896). Важнейший вклад в развитие данного направления внесли русский ученый П. Л. Чебышев, который ввел в теорию механизмов математические методы; англичанин Джеймс Джозеф Сильвестр и другие ученые, которые работали над воспроизведением математических зависимостей при помощи механических средств.

Значительных результатов в области прикладной кинематики удалось достичь выдающемуся немецкому машиностроителю Францу Рело (1829–1905). Он сформулировал задачи кинематики и указал на важнейшую структурную особенность механизмов – существование кинематических пар, т.е. сочетаний звеньев и кинематических цепей, соединений звеньев с помощью кинематических пар.

П. Л. Чебышев «разрабатывал» аналитическое направление в решении задач теории механизмов, Франц Рело рассмотрел эти задачи как машиновед, а затем геометры Амедео Маннгейм (1831–1905), Зигфрид Аронгольд (1819–1884) и Людвиг Бурместер (1840–1927) создали новое направление – кинематическую геометрию, на базе которой Бурместер сформулировал геометрический метод синтеза механизмов. Почти одновременно тремя учеными: Отто Мором в 1879–1887 гг., Робертом Смитом в 1885 г. и Бурместером – был создан учебник кинематики, опубликованный в 1888 г. Главным в этих работах было решение задач кинематики методом планов скоростей и ускорений.

Развитие машиностроения, строительство зданий и путей сообщения способствовало в конце XIX в. появлению интереса к задачам механики сложной среды: на основе применения математических методов были поставлены и решены новые задачи теории упругости, сопротивления материалов, гидродинамики; начиналась интенсивная исследовательская работа в области теории колебаний, теории устойчивости, аэродинамики.

Среди представителей научной мысли конца XIX в. следует назвать ученика Сен-Венана – Буссинеска, который изучал деформацию тел. Его работы охватывали большой диапазон проблем механики сплошной среды. Он занимался, в частности, теорией колебаний стержней, теорией удара, теорией пластинок. Буссинеск является одним из основоположников механики сыпучих тел. Ему также удалось решить ряд задач по расчету подпорных стенок.

Значителен вклад в механику Джона Уильяма Стретта, лорда Рэля (1842–1919), который еще в 1877 году опубликовал монографию в двух томах «Теория звука». Первый том посвящен колебаниям струн, стержней, мембран, пластинок и оболочек. Рэлей в своем исследовании пользовался методом обобщенных сил и обобщенных координат, в частности, он показал, что экспериментальным путем можно получить решения для статических и статически неопределенных систем. Метод Рэля заключался в сведении задачи о колебании сложной системы к исследованию колебаний с одной степенью свободы. Естественно, что решение получилось приближенным. Немецкий физик Вальтер Ритц (1878–1909) усовершенствовал метод Рэля, предложив определять частоты колебаний непосредственно из энергетического условия, без решения дифференциальных уравнений. Метод Рэля – Ритца широко применяется для решения задач теории колебаний, теории упругости, теории сооружений и в других областях механики.

Труд Рэля вместе с монографией Томсона и Тейта «Курс натуральной философии» (1867 г.) составили почти полную энциклопедию «прикладной механики» XIX в.

Дальнейшее развитие железнодорожного строительства стало одним из важнейших факторов повышения спроса на сталь, стальные конструкции (мосты и др.). К числу сооружений, в которых использовались металлические конструкции, относится башня в Париже (Эйфелева башня). Построил ее инженер и механик Александр Гюстав Эйфель (1832–1923). В итоге высота башни вместе с флагштопом достигала 312,275 м. Строительство продолжалось с января 1887 и до 30 марта 1889 г.

Возведение подобных сооружений поставило перед механикой целый ряд новых вопросов, в частности, касающихся устойчивости. Существенный вклад в решение проблем устойчивости сделал профессор Петербургского института путей сообщения Ф. С. Ясинский (1856–1899) и профессор Политехнического института в Карлсруэ Фридрих Энгессер (1848–1931). На основе их работ, а также трудов других ученых появилась теория сооружений. Позже как самостоятельная ветвь механики, выделилась аэродинамика, создание которой в значительной степени связано с именем Н. Е. Жуковского.

Факты вполне достоверно свидетельствуют, что на протяжении XIX в. как в теоретической, так и прикладной механике были достигнуты большие успехи. Математизация механики, которая началась в XVIII в. и оказалась чрезвычайно плодотворной и для развития самой математики, продолжается и в XIX в. Кстати, математизируются и многие направления физики. В течение XIX в. были созданы или заново прочитаны такие главы физики, как

оптика, учения о теплоте, электричестве и магнетизме. Подобно механике, физика содействует развитию новых математических теорий и разработке нового математического аппарата.

В конце XIX и начале XX вв. в физике, механике, математике стали обнаруживаться факты, которые не укладывались в стройную систему классической науки. В первую очередь, это неевклидова геометрия Н. И. Лобачевского, которая была изложена в его труде «О началах геометрии» (1829 г.). Вначале она не была понята даже некоторыми учеными, в том числе и М. В. Остроградским. Общее признание геометрия Лобачевского получила лишь после его смерти, когда в 1868 г. итальянский геометр Эудженио Бельтрами (1835–1900) доказал ее непротиворечивость. Независимо от Лобачевского к его идеям пришел также венгерский геометр Янош Бояци (1802–1860). На рубеже XIX–XX вв. появляется новый подход к решению задач механики – с использующий аппарата теории вероятностей и математической статистики.

Это все повлекло за собой и некоторые философские выводы: если законы Ньютона допускают широкое толкование и к ним можно применять коррективы, то не значит ли это, что описание явления не отражает его действительной сущности, а есть лишь некоторой условностью, не имеющей отношения к реальности? Формализация вопроса об описании явления приводила в конце концов к отрицанию объективной реальности вообще: к такому выводу пришел, в частности профессор Пражского университета Эрнст Мах (1838–1916) – физик-экспериментатор, философ-идеалист.

Как ни парадоксально, к концу XIX в. интенсивная работа над решением вопросов теоретического естествознания привела к тому, что количество накопленных фактов увеличилось; они появлялись и в физике, и в механике, и в математике. Кроме того, оказалось, что аппарат, который математики предоставляли в распоряжение физиков и механиков, не всегда удовлетворял последних, и им приходилось разрабатывать свой собственный. Так, во второй половине XIX в. совместными усилиями физиков, механиков, математиков было создано векторное исчисление, а физиком и инженером Хевисайдом – операционное исчисление. Нужно сказать, что операционное исчисление стало одним из первых направлений прикладной математики конца XIX в. Если в XVIII в. под прикладной математикой понималась чуть ли не вся физика и механика с добавлением целого ряда технических направлений, а в XIX в. прикладной математикой обычно называли аналитическую механику, то в самом конце XIX в. так называют уже различные теории не всегда строго обоснованные, но всегда имевшие практическое применение и несколько позднее изменившие содержание прикладной математики.

Все эти поиски и открытия предопределили начало революции в естествознании, которая произошла на рубеже XIX–XX вв. В это время были обнаружены явления, объяснить которые тогдашняя наука не могла.

На 1895–1897 гг. пришлось крушение понятия об атоме как неизменной первичной и неделимой частице. Ряд открытий показал, что атом имеет сложное строение, а его структурным элементом является электрон, который был открыт в 1897 г. В 1895 г. Рентген выявил особого рода излучения, в 1896 г. Беккерель обнаружил явление радиоактивности урана. Попытки объяснить эти факты с помощью старых физических теорий не увенчались успехом. Вскоре ученые пришли к мысли: при объяснении новых явлений отказаться от общепринятых классических положений. Открытие радия, сделанное М. Склодовской и П. Кюри в 1898 г., не только констатировало научный факт, но и содержало в себе и частично его объясняло. В 1899 г. П. Н. Лебедев измерил давление света. В 1900 г. М. Планк (1879–1955) предложил квантовую теорию излучения. В 1909 г. Э. Резерфорд и Ф. Содди создали теорию радиоактивного распада – возникла новая идея о возможности превращения элементов. В 1905 г. А. Эйнштейн (1858–1947) выступил со специальной теорией относительности, а затем установил соотношение между массой и энергией, что было невозможно в системе «старой» классической механики Ньютона.

В результате открытий периода «новейшей революции» в физике проявляются определенные идеологические шатания, которые приводят к созданию новой картины мира в связи с появлением теории относительности.

Важную роль в становлении теории относительности сыграли работы профессора Лейденского университета Гендрика Антона Лоренца (1853–1928). Им было найдено преобразование (так называемое преобразование Лоренца), в котором время играет роль четвертой координаты. Это преобразование позволило объяснить некоторые результаты, полученные при наблюдении оптических и электродинамических явлений. Наряду с теоретическими исследованиями Лоренца, для развития новой физики немаловажное значение имели роль опыты Альберта Майкельсона (1852–1931). Они показали, что скорость света в вакууме является универсальной постоянной. Приблизительно к этому же времени (80-е гг. XIX в.) относится критика Эрнестом Махом Ньютоновых понятий абсолютного пространства и абсолютного времени. Все это в совокупности, как и работы французского математика и механика Анри Пуанкаре (1854–1912), объективно послужило основой для создания новой области физики – теории относительности.

В 1905 г. Альберт Эйнштейн публикует свой знаменитый труд «К электродинамике движущихся тел». Он порывает с ньютоновской концепцией абсолютного пространства и времени. В его формулировке принципы относительности и постоянства скорости света гласили:

1. Законы, по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, к которой из двух координатных систем, движущихся равномерно и прямолинейно относительно друг друга, относятся эти изменения состояния.
2. Каждый луч света движется в покоящейся системе координат с определенной скоростью, независимо от того, испускается ли луч света покоящимся или движущимся телом.

В 1906 г. Макс Планк (1858–1947) применил принцип относительности к уравнениям динамики. Тогда же Эйнштейн опубликовал статью «Принцип сохранения движения центра тяжести и инерция энергии», в которой описал мысленный эксперимент, устанавливающий связь между энергией светового импульса и силой света. В 1908 г. Герман Минковский (1864–1909) предложил геометрическую инженерную теорию относительности: мир есть многообразие всех мыслимых значений трех измерений пространства совместно с четвертым измерением – временем.

Следующим шагом в разработке теории относительности стала работа Эйнштейна «Основы общей теории относительности», в которой он сформулировал постулат относительности: законы физики должны быть составлены так, чтобы они были справедливы для произвольно движущейся системы. Общая теория относительности Эйнштейна была опубликована в 1916 г. Ее основные понятия были тесно связаны с проблемой гравитации. В сущности, Эйнштейн пришел к своей общей теории от изучения гравитации. И вот здесь оказалось, что геометрией этой теории является неевклидова геометрия, которую, как известно, первым начал разрабатывать Н. И. Лобачевский. В ее создании принимали участие не только Лобачевский, Бойяи, Бельтрами, но и другие ученые, в том числе Бернгард Риман, Уильям Клиффорд.

Следует заметить, что теория относительности не сразу получила признание. Уж слишком необычным было новое миропонимание: теория относительности заставила по-новому взглянуть на движение электронов, планет и галактик в космическом пространстве.

Начало XX в. характеризуется тем, что земная механика продолжает оставаться в рамках, предписанных ей Ньютоном. На протяжении всего 25-летия (1890–1915 гг.) в технике решается ряд очень сложных задач эпохального значения. Был создан двигатель Дизеля, разработана удобная в эксплуатации форма паровых турбин, сконструирован автомобиль и найден способ использования электроэнергии для нужд транспорта. Было изобретено радио, человек поднялся в воздух на аппарате тяжелее воздуха, и началось быстрое развитие авиации. Машиностроение поставляло на рынок все новые и новые модели, совершенствовались и изобретались новые машины для обработки металлов. Все это определяло направления исследований в прикладной математике и прикладной механике.

Интересны работы в области аэромеханики Н. Е. Жуковского, С. А. Чаплыгина, которые, в частности, развили теоретическую аэродинамику, в том числе теорию профиля крыла самолета. Эти ученые работали также в областях гидродинамики и газовой динамики, в которых им удалось создать основополагающие труды. В аэродинамике существенные результаты были получены Фредериком Ланчестером (1878–1946) и Вильгельмом Кутта (1867–1944), а также Людвигом Прандтлем (1875–1953). Именно последний развил учение о турбулентном течении и теорию пограничного слоя.

Одним из направлений научной деятельности Н.Е.Жуковского была механика машин, где его теорема о жестком рычаге является одним из самых элегантных методов кинестатики. Ученик Жуковского – Н. И. Мерцалов (1866–1948) написал курс прикладной механики, в котором впервые с исчерпывающей полнотой были освещены вопросы динамики машин. Курс этот был издан в 1904 г. и переиздан 1914–1916 гг.

Основы динамики тела переменной массы заложил чешский ученый Георг фон Бюкуа еще в 1812–1814 гг. Однако в то время исследования его не получили дальнейшего развития. Позже некоторые задачи в этом направлении были решены английскими учеными Кэйли, Раусом и др.

Существенный вклад в развитие теории механики тела с переменной массой сделали русские ученые К. Э. Циолковский и И. В. Мещерский. Мещерским и коллективом преподавателей механики Петербургского политехнического института был написан «Задачник по курсу теоретической механики», который был переведен на несколько языков и который использовался вплоть до настоящего времени. Этот задачник считается лучшим пособием в мировой учебной литературе и механике.

Период, охватывающий начало XX в., оказался чрезвычайно плодотворным в истории теоретической и прикладной механики. Именно в эти годы были высказаны многие идеи, развитые впоследствии в целые научные направления. Некоторые из этих идей и открытий не укладывались в рамки классической науки и стали теми «катализаторами», с которых началась коренная перестройка в естествознании.

Для механики первых двух десятилетий XX в. характерен повышенный интерес к сравнительно небольшому числу проблем: аэродинамике, гидродинамике, теории рабочих машин, неголономной механике. Объясняется это, особенно для России, тем, что было необходимо быстрое решение технических проблем, прикладная же наука требовала капиталовложений, которые были весьма ограничены, а вот теоретическая наука могла развиваться и при минимальных затратах. Между тем большинство направлений механики в первой половине XX в. уже достигло в своем развитии такого состояния, когда нужны были не только идеи, но и материальная база для их претворения. В частности, так обстояло дело с авиацией, на которую не жалели средств, ибо польза от такого капиталовложения была очевидной.

Исследованиями в области аэродинамики занимались многие ученые. Во Франции был организован институт механики, директор которого Анри Вилла, поставил и решил ряд задач современной аэродинамики. Работы французских ученых в этом направлении были подготовлены трудами Буссинеска, Пуанкаре, Адамара. Буссинеск изучал вопросы гидродинамики в самом широком диапазоне: течение жидкости в открытых и закрытых каналах, движение подземных вод, давление в жидкости и др. Жак Адамар (1865–1963) занимался проблемой распространения волн и развил ее математический аппарат – теорию уравнений в частных производных.

Возрождение интереса к механике машин приблизительно в эти же годы происходит в Германии. После выхода в свет монографии Виттенбауэра «Графическая динамика» (1923 г.) основным исследовательским направлением становится синтез механизмов по Бурместеру. На основе работ Бурместера, Грюбрела и Миллера профессор Дрезденской высшей технической школы Г. Альт развивает геометрический метод синтеза плоских механизмов. Синтез механизмов – способы создания новых механизмов для воспроизведения требуемых законов движения – становится одной из важнейших задач механики машин. Делается попытка разработать такой метод синтеза, который можно было бы выполнить путем ряда проб (эмпирический метод Рау, развитый немецкими учеными). Сочетая методы Ассура и Бурместера, в СССР машиноведы начинают вести поиски новых способов анализа и синтеза механизмов. В середине 1930-х годов Н. Н. Артоболовский (1905–1977) создает научную школу в области теории механизмов и машин. Впервые на рубеже механики и теоретических основ машиностроения возникло новое научное направление, использующее в равной степени теорию и эксперимент, а также классическое наследие Эйлера, Карно, Д'Ламбера и Монжа.

В 1930-е гг. по важности технических применений одно из первых мест заняла механика сложной среды. В области теории упругости Н. И. Мухелишвили (1891–1976) и его ученики исследовали плоскую задачу при помощи методов теории функций комплексного переменного.

В это же время возникают и комплексные проблемы, относящиеся одновременно к строительной механике, теории упругости и теории устойчивости, например, проблема устойчивости упругих систем, теория стержневых систем. А. Н. Диннин (1876–1950) внес существенный вклад в изучение устойчивости элементов сооружений, применил методы теории упругости к решению задач горной механики, в частности к теории прочности шахтных каналов. П. Ф. Папкович (1887–1946) решил ряд общих задач теории устойчивости и развил экспериментальные методы изучения прочности корабля. А. Н. Крылов занимался строительной механикой корабля. Его работа «О расчете балок, лежащих на упругом основании» (1930 г.) стала важным вкладом в строительную механику. Во второй половине 1930-х годов В. М. Майзель начал исследования в области термоупругости, которые предложил А. Д. Коваленко.

Развитие в XX в. строительства в частности, железнодорожного, дорожного, стимулировало проведение исследований в области механики сыпучей среды и механики грунтов. Последняя возникла на базе теории упругости, теории сыпучих тел и гидромеханики, т.е. механика грунтов развивалась как наука на стыке ряда направлений механики и физических теорий. Несомненны научные заслуги в этой области Н. М. Герсеванова, который выяснил условия совместной работы деформируемых оснований и возводимых на них сооружений.

В 20–30-е гг. XX ст. появилась теория фильтрации как направление, связывающее идеи теории грунтов и гидродинамики. Непосредственной причиной создания теории фильтрации стали проблемы гидротехнического строительства, а также эксплуатации нефтяных месторождений. Впервые задачи фильтрации были сформулированы Н. Е. Жуковским и австрийским ученым Форхеймером, а также другими учеными из разных стран.

В 1930-е гг. началась разработка механики материалов и теории их прочности. Из-за больших объемов строительных работ, развитие новых отраслей машиностроения (авто- и авиастроение, транспортное и др.) существовала острая необходимость в металле все более высокого качества, кроме того, требования предъявляемые к строительным и машиностроительным материалам определили поиски новых материалов с заранее заданными свойствами. Появляются и новые методы обработки металлов, важнейшей из них стала электросварка. Основателем сварки в СССР был выдающийся мостостроитель Е. О. Патон (1870–1953). Метод соединения элементов металлоконструкций с помощью сварки стал лишь одним из практических выводов прикладной механики.

Во второй половине XX в. меняются интересы исследователей, работавших в разных направлениях механики. Интересы эти в значительной степени оказываются обусловленными практическими задачами, поэтому в аналитической механике интенсивно изучаются динамика послепеременной массы, неголомная механика, теория гироскопов. Существенное развитие получает нелинейная механика, занявшая важное место в исследованиях колебательных процессов; идеи теории колебаний пересеклись едва ли не со всеми направлениями прикладной механики. Развиваются динамика машин, теория машин автоматического действия. На стыке идей алгебры, биомеханики и теории регулирования возникает новая наука – кибернетика, основоположником которой стал Норберт Винер (1894–1964). При создании кибернетики были использованы идеи многих ученых, в частности А. Н. Колмогорова.

С началом научно-технической революции (50-е гг. XX в.) резко меняется и тематика научных исследований и их темпы. Одной из характерных особенностей НТР является то, что наука становится непосредственно производительной силой: она вызывает к жизни технические решения, определяет появление новых отраслей техники, новых видов производств. Как подчеркивает А. Н. Боголюбов, автор книги «Механика в истории человечества», в ее развитии теперь преобладает интегральный путь, когда новое направление возникает на стыке других, зачастую весьма разнородных.

Древнейшим из учений механики, как известно, являлось учение о покое – статика; учение о движении возникло значительно позже. Затем появилась теория колебаний, и уже в XX в. – теория устойчивости. С точки зрения объекта исследования можно различать механику микромира, механику среды, механику твердого тела и системы тел, небесную механику. Некоторые разделы механики развились в самостоятельные научные направления, в частности это механика тела переменной массы, неголомная механика, теория гироскопов. К механике сложной

среды относятся такие научные дисциплины: сопротивление материалов, механика материалов, теория упругости, теория пластичности, гидравлика, гидродинамика, аэродинамика, механика. И практически все это – XX в. Именно в XX в. происходит окончательное становление науки механики. Уточняя объект исследования, развивается строительная механика, механика машин, механика корабля, механика самолета, баллистика, механика ракетного движения, механика живых организмов, биомеханика. А. Н. Богомолов большой знаток истории механики и автор многих работ в этой области, утверждает, что все эти науки постоянно взаимодействуют, дробятся и порождают новые направления – «статистическая классификация наук теперь просто невозможна, поскольку науки находятся в непрерывном развитии». Исследования последних лет в механике в целом и в отдельных ее отраслях проводятся в наибольшем приближении к реальным условиям, поэтому многие работы в области, скажем, теории упругости, пересекаются с исследованиями по механике машин, гидродинамике, строительной механике, теории пластичности и даже геометрии (работы А. В. Погорелова).

Современная НТР вызвала к жизни и множество новых технических проблем. Пути механики часто пересекаются с искусством. Много общих задач у механики с архитектурой и скульптурой. Живопись внесла важный вклад в создание начертательной и проективной геометрии, что оказало влияние на развитие едва ли не всех отраслей механики. Сегодня механика, как и другие науки, все в большей степени становится делом не отдельных ученых, а целых научных коллективов, в отличие от XVII–XVIII вв., когда достижения были индивидуальными, одиночными. К концу XIX в. появляются научные коллективы, сперва небольшие; к середине XX в. число таких коллективов растет, а с ним растет и объем исследований. Все больше расширяется диапазон исследований механики, она «вклинивается» в биологию, геометрию, другие естественные науки, в искусство, позволяет успешно решать инженерные задачи, вооружает инженеров научной основой для их плодотворной деятельности.

ВЫВОДЫ

С развитием феодальных отношений XIII–XIV вв., строительством городов, созданием защитных сооружений, появлением орудий разрушения различных конструкций ученые начинают интересоваться вопросами динамики (учение об импетусе), исследованием равномерного и неравномерного движения, приближаясь к пониманию механических явлений. В это же время возникает профессия инженера, который был специалистом довольно «широкого» профиля: строит мельницы, водяные колеса, выступает архитектором, механиком и т.д. Основой подготовки таких специалистов было ученичество.

Эпоха Ренессанса нуждалась в талантливых людях, многосторонних и образованных. Возрастает роль математики при расчетах зданий, что явилось одним из первых шагов перехода строительной механики от теоретической науки к прикладной, которой посвящается большое количество работ: создается наука о движении.

С конца XVI и на протяжении XVII в. в теоретическом естествознании, математике и механике происходит длинная цепь открытий и разработка теорий. Результатом этой большой и интенсивной деятельности ученых оказалась новая система миропознания, поэтому этот период принято называть научной революцией (открытия Коперника, Кеплера, Т. Брагге). Постановка и решение задач механики ведутся очень активно. Бурно развивается практическая механика. Глубокие познания архитекторов в механике дали возможность возводить шедевры архитектуры в стиле барокко, а это потребовало разработки новых инженерных решений и создания механики материалов.

Промышленный переворот, начавшийся с XVIII в., также дал толчок для развития механики. Потребовалось значительное количество инженеров, поэтому стали открываться технические школы. Механика «проникла» в число университетских дисциплин.

В XIX в. быстро развивается машинная промышленность, которая требует ответов на многие возникающие вопросы. Появляются исследования по теории упругости, теории сооружений, в значительной степени расширяются знания в области динамики машин, разрабатывается метод графического расчета ферм, в механику все больше и больше проникают графические методы расчета, начинается исследовательская работа в области теоретической математики, возникает интерес к задачам механики сплошной среды, сопротивления материалов, гидродинамики, теории колебаний, теории устойчивости, аэродинамики.

Начало XX в. и последующие десятилетия оказались достаточно плодотворными для становления теоретической и прикладной механики, высказываются многие идеи, развитые в научные направления. Идет интенсивная работа во многих направлениях механики, вызванная бурным развитием техники; начинаются разработки механики материалов и теории их прочности. Интересы ученых в значительной части обусловлены практическими задачами, обусловленными НТР, появлением электроники, исследованием космоса и многими другими проблемами.

ТЕМА IV. РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ПРОФЕССИИ ИНЖЕНЕРА И СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Профессия инженера прошла долгий путь становления и развития, имеет свои особенности на том или ином этапе истории. Длительное время на эту деятельность смотрели как на неблагодарное дело, удел простолюдина, профессия не была популярной. Это особенно характерно для рабовладельческого общества. Хотя и здесь этой деятельностью занимались некоторые выходцы из высшего общества, но, пожалуй, это было исключением. С переходом к феодализму возрастает количественно и качественно категория людей, занимающихся инженерной деятельностью. С развитием машинной индустрии она начинает быстро развиваться, появляется инженер-промышленник, который становится основной фигурой технического прогресса. Бурное развитие машинного производства вызвало к жизни необходимость подготовки кадров, способных решать инженерные проблемы. В лекции рассматриваются различные аспекты становления и развития профессии инженера и специальных школ, готовящих инженерные кадры.

1. Становление инженерной деятельности, особенности этого процесса и профессии инженера.

2. Развитие инженерной деятельности и специального образования.

Еще в античном обществе инженерное дело впервые приобрело признаки профессии: регулярное воспроизводство, доход от занятия, определенную систему получения знаний. Появляется некоторая специальная литература и учебные пособия. В дошедшем до нас трактате Марка Витрувия Поллиона “Десять книг об архитектуре” уже имеются ссылки на более ранние работы классического периода (например, Дилона “О пропорциях священных построек” и Силена “О пропорциях коринфских построек”), в которых описывались правила пропорций, производились расчеты и чертежи. Причем, под “архитектурой” понималась вся совокупность технических наук того времени: строительство, создание машин, конструирование часов, постройка кораблей. Чрезвычайно важное значение придавалось мастерству архитектора, которым 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, быть философски образованным человеком.

Однако несмотря на все эти условия, античные теоретики, “гуманитарная” интеллигенция не причисляли архитекторов к ученым мужам; они (так же как и инженеры других специальностей) относились к “заурядным работягам” (Цицерон), к людям второго сорта, находящимся ближе к ремесленникам, *ordo plebeius*, чем к ученым. Даже Архимед, считавшийся одним из крупнейших инженеров античности, весьма скептически относился к этой профессии. Так, Плутарх писал о нем: “Он смотрит на работу инженера и на все, что служит удовлетворению потребности жизни, как на неблагодарное дело”. Это не случайно. Такие взгляды на роль инженера, его место в обществе хорошо отражали господствующую мораль рабовладельческого общества, которое любой физический труд (да и вообще труд, носящий чисто утилитарный характер) признавала делом черни, плебса.

Естественно, что инженеры в таком обществе не могли быть популярными, их престиж (если вообще правомерно говорить о престиже профессии, процесс складывания которой не завершился) не был высоким.

Праинженеры не составляли гомогенной 1 в социальном отношении массы. Так, часть из них – наиболее высокопоставленные инженеры и знаменитые архитекторы – были близки к высшим слоям общества и по размеру доходов, и по кругу общения. Но большая часть античных инженеров относилась к среднему классу и занимала промежуточное положение.

Были и такие инженеры, чье имущественное положение, социальные связи и образ жизни сближали их с ремесленниками, по сути дела, это были высококвалифицированные мастера. 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.

Гражданское инженерное дело носило отчетливые черты свободной профессии: профессионалы продавали свои услуги либо свои творения не по денно, а на конкретный период, вплоть до завершения намеченного проекта.

Имелось значительное социальное расслоение внутри этой технической интеллигенции (хотя такого термина и не существовало). Следует заметить, что в условиях дезинтегрированности инженерных функций профессиональная группа не представляла собой целостной общности, объединенной сходным социальным происхождением, культурным уровнем, идеологией. Практически отсутствует профессиональная символика, сообщества, защищающие интересы группы, не сформировалось еще профессиональное самосознание.

Не институционализированными остаются такие стороны деятельности, как каналы рекрутации, формализация образования. 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.

Феодальное общество по сравнению с античностью характеризуется более развитыми производительными силами. Наблюдается и прогресс в становлении инженерной профессии, продолжается внутри профессиональное разделение функций. В феодальную эпоху вполне оформилось разделение инженеров на гражданских и военных (хотя термин “гражданский инженер” стал широко употребляться несколько позже). Более того, эти две инженерные специальности расщепились и особенно это заметно на примере военных инженеров, где

артиллеристы и фортификаторы, постоянно соперничая друг с другом, поочередно одерживая верх, стимулировали таким образом дальнейшее развитие техники.

Основной специальностью 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.

Основными техническими достижениями феодальной эпохи были: в строительном деле – нахождение новых конструктивных принципов готического стиля построек, усовершенствование техники строительства замков и крепостей; в металлургии – открытие передельного 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. Хроническая нехватка рабочей силы в средние века была основным стимулом технического прогресса. Этот дефицит рабочей силы был вызван отчасти отсутствием бесплатной и регулярно пополняемой армией рабов, а отчасти возросшей потребностью в расширении обработки земли, проистекавшей из самой природы феодальной системы. Развивается механизация во многих отраслях промышленности, особенно в текстильной, металлургической и металлообрабатывающей.

Другим фактором, сыгравшим важную роль в ускорении технического прогресса, стало развитие торговли, служившей каналом распространения инноваций.

Углубляющее разделение труда, обособление торговли от производства и “образование особого класса купцов” привели к оживлению отношений между городами, к более быстрому, чем прежде, распространению технических новинок, орудий труда и изделий, что также способствовало развитию производительных сил.

Для развития инженерного дела того периода трудно переоценить значение распространения огнестрельного оружия. Оно вызвало серию изобретений и усовершенствований техники металлообработки, устройства самого оружия, дало новое направление развитию фортификационного искусства, что повлекло за собой организационное выделение инженерных бригад и войск. Огнестрельное оружие пробивало каменные стены, и это стимулировало инженерную мысль по поиску новых решений. Своеобразное состязание в эффективности между артиллерией и фортификацией ускоряло дальнейшее развитие военной техники, которая шла впереди и вела за собой другие отрасли.

Распространение огнестрельного оружия в европейских армиях имело последствия, сыгравшие в свою очередь роль катализатора в процессе становления инженерной профессии, а именно:

- увеличилась добыча металла;
- улучшилась его обработка;
- изобретение нарезного оружия и калибров привело к унификации производства, что означало отход от принципов промышленности ремесленного типа.

Возникают первые оружейные заводы.

- внутри артиллерии появляется техническая и строевая часть, т.е. происходит дальнейшее разделение труда в одной сфере деятельности;
- появление огнестрельного оружия вызвало всплеск новых фортификационных идей;
- их осуществление требует технических усовершенствований в строительном деле, а также ускоряет прогресс транспортных средств.

С распространением огнестрельного оружия в европейских армиях появляются специальные школы и военные училища. Хотя в основном образование инженеров по-прежнему остается за рамками институциональных форм. Основным принципом обучения длительное время остается практика под руководством опытного мастера. Вместе с тем в XV–XVI вв. появляются первые пособия по инженерному делу, большинство которых связано с военным искусством. В частности, в XVI в. появляются книги по фортификации: Г.Альгизи “О фортификации” (1570); Дж.Маджи и Дж.Кастриото “О фортификации городов” (1664). Появляется целая плеяда прекрасных инженеров, успешно решающих сложные инженерные проблемы. В частности, большой вклад в военное инженерное дело внесли Дюрер, Франц, Спекль, Кормонтень, Кухорн и другие. Эти выдающиеся военные инженеры относились к военной аристократии и высшим слоям общества. С.Вобан получает звание маршала, А.Дюрер – знаменитый художник, Кухорн – голландский барон, Кормонтень – генерал-майор и заведующий крепостями Лотарингии. Среди этой когорты Себастьян Вобан считается одним из наиболее выдающихся инженеров XVII в. Он руководил перестройкой 300 старых крепостей и строительством 33 новых, им было проведено 53 осады. Он разработал план и частично осуществил постройку великолепного акведука в Монтепоне, перебросившего воды реки Эвр в

Версаль. Хотя Вобан более известен как инженер-строитель, ему принадлежат два великих изобретения в области атаки крепости: рикошетный огонь и параллели. Такой творческий диапазон инженера свидетельствует о тесной связи существовавшей между искусством фортификации и артиллерии.

XVII в. является переломным в профессии инженера. Наблюдается постоянный рост общественной потребности в инженерах. Перестает удовлетворять качество их подготовки, не базирующееся на специфическом фундаментальном образовании. В массовом сознании вполне формируется понятие “инженерное дело”, представляющее собой совокупность знаний и умений в самых разных областях техники: в военном деле, прежде всего в артиллерии, фортификации, а также саперных работах; в гражданских областях – в строительстве (причем теперь гражданское и инженерное дело все чаще отделяют от архитектуры, которую связывают со строительством исключительно жилых и административных зданий), ремеслах, требующих большой выучки и высокой квалификации, кораблестроении и других.

Видимо, следует считать, что первым актом институционализации профессии является выделение в фортификации и армии особых родов войск: во Франции: первой – в 1667 г., а во второй – в 1671 г. Широкий размах крепостного строительства стимулировал образование особого корпуса военных инженеров, которые до того времени отчасти выполнялись специалистами – невоенными, отчасти строевыми пехотными офицерами, которые руководствовались собственной опытностью либо примерами, а именно: опытом знаменитых осад. Они не составляли особого корпуса и, когда проходила надобность в подобного рода работах, возвращались в то подразделение армии, в котором ранее числились. Имеются сведения, что в 1602 г. знаменитый инженер Генриха IV Сюлли, собрав несколько таких офицеров, стал расширять круг их деятельности. За инженерами были закреплены функции заложения новых и укрепления старых фортификационных сооружений, ведения осадных работ и т.п.

Инженеры XVII в. стали не только многочисленной, но и престижной группой военных специалистов. Им было присуще чувство своей избранности, которое основывалось на знании технических тайн и тонкостей, недоступных для понимания другими офицерами. Этот взгляд на инженеров как на избранных, людей, обладающих особым талантом и знаниями, подкреплялся и господствующий стратегической парадигмой того времени, заключающейся в познании основной цели военного похода – взятии какой-либо крепости или непреступной позиции.

Значительное влияние на рост авторитета инженеров оказывало то обстоятельство, что весьма часто изобретения исходили от великих умов своего времени. Узкие специалисты были исключением, как правило, архитектор был одновременно и инженером, а иногда и художником, математик – врачом и астрономом.

Придворные ученые, кроме основных своих занятий составляли гороскопы и искали способы превращения металлов в золото. Известно, что Леонардо да Винчи (1451–1519) был не только художником и скульптором, но и практическим механиком, изобретателем, инженером. Джироламо Кардано (1501–1576) – философом, медиком, механиком, астрологом. Георг Агрикола (1494–1555) – врач, минеролог, металлург, инженер. Замечательные инженерные идеи высказывали Г. Галилей, Р. Декарт, Б. Паскаль, Г. В. Лейбниц, И. Ньютон.

Следует заметить, что за исключением военного дела и алхимии, где новые идеи поощрялись и достаточно быстро воплощались в жизнь, в целом в промышленности царил дух неволевого невостребованности или по-другому, “мизанеизма”.

В гражданских традиционных сферах производства шла постоянная борьба между изобретателями и цеховиками. Цеховые привилегии особенно сильно стесняли всякое улучшение промышленной техники, появление новых изделий и способов. Во всяком новшестве усматривалось нарушение привилегий. Государство занимало индеферентную позицию: изобретения не запрещались, но никакой помощи по их внедрению изобретателям не оказывалось. Известна, например, ожесточенная борьба, которую вели цехи в Англии, Франции, Нидерландах с появившимся в XVI в. ленточным станком и с изобретенной в XVII в. чулочной-вязальной машиной. Борьба эта выражалась в запрещении пользования этими изобретениями и уничтожением инструментов, что сильно задержало их распространение. Сам изобретатель ленточного станка был брошен в Вислу, где погиб; изобретатель чулочной-вязальной машины был вынужден бежать из Англии. Был объявлен бойкот всем тем ремесленникам, которые согласились работать на этих станках. Немецкие цехи требовали общегосударственных запрещений пользования новыми изобретениями и не раз достигали успеха.

Но несмотря на все препятствия, инженерное дело продолжало развиваться, но вместе с тем усиливается и социально-классовая неоднородность инженерной интеллигенции. Небольшая ее часть относится к высшим кругам общества, чаще всего к военной аристократии, часть примыкает к ученым. Основная же масса по своему социальному положению стоит ближе всего к ремесленникам. Такое промежуточное социально-классовое положение обуславливает и тот факт, что инженеры еще не осознают себя единой профессиональной группой с особой этикой труда, что подтверждается отсутствием у них сколь-нибудь оформленной корпорации.

Феодальные инженеры были включены в цеховую систему, служившую основной формой организации промышленности ремесленного типа, либо находились на положении лишь свободных профессий (в основном это архитектура). Даже в армии, где инженерное дело было развито значительно лучше, чем в гражданских отраслях, особый корпус военных инженеров был образован лишь в 1677 г. В армии вполне определились каналы рекрутации инженеров частично из пехоты, частично из военных ремесленников; появились новые школы, дающие профессиональное военно-техническое образование, специальные книги, в которых аккумулировались накопленные знания.

Таким образом, факты свидетельствуют о наличии профессии “инженер” в докапиталистических обществах, так как занятия, основанные на применении технических знаний, давали регулярный доход и были для значительного круга лиц основным способом добывания средств существования. Но несмотря на это, вплоть до XVII столетия мы не находим у инженеров еще многих признаков полного профессионализма: отсутствует развитая система специального технического образования. Не конституцированной остается форма контроля профессиональной компетенции, а также отсутствует практическая специальная символика группы, инженеры не представляют сплоченной и социально однородной группы, не выработаны нормы поведения, нет идеологии техницизма.

Несформализованными остаются способы определения профессиональных заслуг, не выработались достаточно стандартные типы карьеры.

Таким образом, докапиталистические общества дают нам пример профессии, находящейся на неинституциональной стадии.

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.

Машинное производство вело к подрыву ремесленного принципа соединения работника со средствами труда. Ручной труд до крайности дробится, становится однообразным и упрощенным. Единичный работник феодальной мастерской сменяется частичным работником капиталистической фабрики. На смену субъективной технике приходит техника, разлагающая весь процесс производства на отдельные операции. Но по мере развития машинной техники все больше дифференцируется и совокупный работник, и, подобно тому как усложнение техники и углубление разделения труда в армии привели к выделению инженеров в отдельный род войск, так же и в раннее капиталистической промышленности наблюдается процесс образования особого, самостоятельного звена в структуре производственного механизма – инженерно-технических работников, удельный вес и значение которых увеличивается по мере возрастания роли науки в производстве и усложнения техники.

Раннекапиталистическая фабрика была как бы лабораторией, где велся поиск оптимальных форм структуры производительной рабочей силы. Инженер уже с первых шагов фабричной промышленности вошел в качестве необходимого элемента совокупного работника, представляя собой одну из разновидностей специализированного на интеллектуальных функциях частичного рабочего. Новый этап развития профессии сопровождается возникновением не только отраслевого, но и первого функционального разделения труда. В силу организационно и технологически закреплённой расчленённости трудовых операций фабрика уже не может обходиться без персонала, главным назначением которого является контроль и надзор.

К.Маркс по этому поводу писал: “Как армия нуждается в своих офицерах и унтер-офицерах, точно также для массы рабочих, объединенной совместным трудом под командой одного и того же капитала, нужны промышленные офицеры (управляющие...) и унтер-офицеры (надсмотрщики...), распоряжающиеся во время процесса труда от имени капитала. Работа надзора закрепляется как их исключительная акция”¹.

Следует заметить, что при капитализме управление носит двойственный характер (будучи, с одной стороны, средством кооперирования труда, а с другой – средством производства капитализма), постольку инженер капиталистической фабрики – фигура противоречивая. Он одновременно является и наемным работником (в этом смысле близок к рабочему классу) и проводником интересов капитала (что обуславливает некоторое враждебное, настороженное отношение к нему рабочих).

Закрепление функции простого и технологического контроля за инженерами и ее обособление в относительно самостоятельную положили начала расслоению, дифференциации группы, связанной с зарождением внутреннего противоречия инженерного труда, заключающегося в антитрадиционализме одной части (изобретателей) и традиционализме другой (эксплуатационников). Это противоречие в последствии было закреплено институционально в виде различных форм обучения тех и других инженеров, их рекрутации, формирования доходов, наличия двух типов профессиональных сообществ. Это также привело к выделению в середине XIX в. в наиболее промышленно развитых капиталистических странах менеджеров в особую профессиональную группу.

Следовательно, переход от мануфактуры к фабрике знаменует не только полный технических переворот, но и идет самая крутая ломка общественных отношений, раскол между различными группами, участвующими в производстве. Определенным тормозом дальнейшего развития инженерного дела в новых условиях являлись пережитки цехового строя, всячески ограничивающие свободу труда и предпринимательской деятельности. Поэтому уже в XVII в. делаются первые шаги сбросить оковы старого промышленного законодательства. В Англии в 1623 г. парламент вотировал Закон о недействительности всех хартий и патентов, выданных королями на предмет монопольного изготовления и продажи различных продуктов. Во Франции Тюрго – министр финансов – проводит последовательную политику законодательного освящения принципа свободы промыслов. Отменив в 1775 г. различные стеснения в промышленности, Тюрго издает в 1776 г. эдикт, согласно которому всякое лицо, не исключая и иностранца, имеет право свободно заниматься всяким промыслом. Корпоративная ремесленная организация (цехи), таким образом была упразднена.

Вводятся патенты на изобретения, то есть юридически закрепляются права пользования новыми разработками в сфере промышленности. Законы о патентах появляются сначала в Англии (1623 г.), а затем во Франции (1791 г.). Следует заметить, что если в условиях цеховой системы организации промышленности основной формой охраны авторского права изобретателя был законодательно не подкрепленный секрет, производственная тайна,

закрывавшая почти все технические инновации, то теперь выдача патента узаконила изобретение как форму собственности. Новые технические идеи становятся товаром и приносят немалый доход. Формируется новый взгляд на авторские права изобретателя. Трудно переоценить введение законов о патентах на изобретения, влияние его на дальнейшее развитие инженерной профессии.

Если раньше, вплоть до XVIII в., получение доходов от изобретения было редкостью, то теперь инженеры были заинтересованы в активной инновационной деятельности. Закон предоставлял изобретателю право пользования временной привилегией на пять, десять или пятнадцать лет; основывать собственные заведения; преследовать лиц, занимающихся подделкой. По истечении срока патента способы производства опубликовывались и изобретение переходило в общее владение. Поэтому закон требовал полного и верного описания изобретения под угрозой лишения прав и привилегий. Недобросовестность влекла за собой недействительность патента. Эта мера принадлежит к ряду революционных актов, так как способствовала активизации инновационной деятельности. С этого периода развитие патентной защиты идет рука об руку с ростом промышленности, а количество изобретений свидетельствует об интенсивности технического прогресса.

Изобретение становится как бы особой профессией, а внедрение науки в непосредственное производство само становится для нее одним из определяющих и побуждающих моментов.

Со второй половины XVII в. людей как будто охватывает страсть к изобретениям, горячка новых промышленных открытий. Один из современников (Лампрехт) отмечает: “Искали *perpetuum mobile*, старались создавать всякого рода замысловатые приспособления, поразительную смесь в виде фонтанов в садах или часов с музыкой и появлением фигур в определенное время; играя и переливаясь через край, фантастически развивались новые стремления механики в области изобретений”.

Если раньше господствовало представление, что изобретать может всякий, невзирая на профессию, то теперь все больше начинает цениться специально обученные работники. В стремлении создавать у себя новые отрасли производства одни правительства занимаются постоянным сманиванием зарубежных мастеров, другие же запрещали эмиграцию таких рабочих. Такие запрещения эмиграции встречаются в Англии 1719 и 1750 гг., они касаются всех квалифицированных рабочих, занятых в наиболее технически развитых отраслях промышленности. Одновременно запрещается вывоз инструментов и станков.

Не менее ожесточенную борьбу с миграцией специалистов и мастеров вела Франция: в 1669 г. выезд за пределы страны грозил ссылкой на галеры и конфискацией имущества, а в 1682 г. – даже смертной казнью.

В XVIII в. появляется своеобразный тип людей, изобретающих что угодно. Так, например, Р.Реомюр изобрел термометр, особую выделку железа, фарфора, красок, способ производства зеркал, консервирование яиц и т.д. Д.Пален изобрел насос, печь, вентилятор, паровую машину, пароход, способ искусственного ускорения роста цветов и др. И.Бехер сконструировал аппараты для ткачества, вязания чулок, наматывания шелка, способ постройки мельниц, выделки смолы из каменного угля, изобрел термоскоп, печь, сберегающую дрова, мировой язык и т.д.

Стихийный, ничем не управляемый ранее процесс поступления новаторских идей в промышленность, теперь перестает удовлетворять потребности развивающегося хозяйства. Еще значительная часть изобретений совершалась непрофессионалами – гениальными самоучками и практиками. Однако появилась и все увеличивалась группа специально подготовленных конструкторов.

Если до XVII в. инженерное дело было главным образом сферой деятельности гениальных ученых либо ремесленников – самоучек, то теперь запас научных инженерных знаний и фактов становится настолько велик, что для его освоения требуется специальное техническое образование. С конца XVII в. во все ускоряющемся темпе развивается прикладная наука, которая “спускается” 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 1660 в Лондоне Королевского научного общества, а в 1666 г. Французской академии наук. 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. Теперь 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.

Во Франции нет упоминаний о каких-либо формальных инженерных организациях вплоть до 1716 г., когда под руководством инженера Жана Рудольфа Перронэ 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 в. 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 в. 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. Сначала техникумы являлись плодом частной инициативы, а впоследствии также и правительство занялось организацией целой сети школ, готовящих техников. Эти школы требовали от поступающих более скромной подготовки, чем высшие политехнические институты, но в отличие от них учащиеся техникумов должны были перед поступлением не менее года практиковаться на каком-нибудь заводе. Курс обучения в техникумах продолжался от двух с половиной до четырех лет. Выпускникам присваивалось звание инженера в отличие от выпускников высшей политехнической школы, имеющей титул “akademisch gebildeter ingenier”. 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 в. в Англии и Америке инженерами называют техников высшего разряда, а научно-образованные техники именуется “civil Engineer”.¹ 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.

Во Франции инженеры имеют три степени достоинства: ординарный инженер, старший инженер и генеральный инспектор. Инженерное образование в Англии отличается рядом специфических черт. Здесь инженеры формируются двумя основными путями.

Первый путь достаточно традиционен и сводится к прохождению курса в одном из высших технических учебных заведений. Для получения звания инженера необходимо, помимо прохождения общего двухгодичного курса, годовой практики и получения звания бакалавра, прослушать еще три курса. Только после этого инженер получает звание бакалавра инженерных наук.

Другой путь получения инженерного образования в Англии сводится к следующему: рабочий получает некоторую теоретическую подготовку в вечерней или воскресной школе и практический опыт работы на заводе. После этого он может поступить в одно из технических обществ: институт инженеров-механиков, институт гражданских инженеров, институт морских архитекторов и т.д., которые выдают диплом на звание инженера.

Подобные ассоциации имеют иерархическую структуру членства:

- студенты – те, кто намеревался добиться звания и полного членства в обществе;
- выпускники – те, кто сдал экзамен данного института, но не имеют еще достаточного практического опыта. Это звание приравнивается к университетскому званию бакалавра;
- первое звание с полным голосом – член ассоциации. Для получения этого звания необходимо проработать по выбранной инженерной специальности положенное число лет;
- высшая степень – полноправный член. Это звание присуждается только старшим членам ассоциации, обладающим авторитетом и установившейся репутацией. Если такое общество добивается Королевской Хартии, то все его члены начинают именоваться королевскими инженерами.

Профессиональные сообщества инженеров выполняют следующие основные функции:

- исследовательскую – поощряют научно-технические исследования и инженерные разработки;
- образовательную – стимулируют исследования в интересующей их проблематики в школах и вузах, составляют программы курсов, имеют представительства в руководстве университетов или институтов и т.п.;
- квалификационную – присваивают звание инженера практикам, выдают “квалификационные листы” прошедшим курс обучения и сдавшим экзамены в данной ассоциации.

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; 1750 г. – Аппликационная школа во Мензере; 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.

В конце XIX в. получила методическую завершенность наука о сопротивлении материалов, и расчет на прочность стал функцией подгруппы инженеров-расчетчиков.

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.¹

Таким образом, инженеры превращаются во вполне сформировавшуюся социально-профессиональную группу. Несмотря на то, что нижние эшелоны профессионалов непосредственно примыкают к рабочему классу и мы видим здесь некоторую кастовость, социальную замкнутость инженерного корпуса, инженерная элита, воспроизводившаяся из средних, а чаще всего из высших классов общества, вела усердную работу по формированию концепции собственной исключительности, а инженерное дело рассматривалось как элитарное занятие. Особенно высокая самооценка была присуща военным инженерам. В то же время в ходу была и легенда о том, что бедный, но старательный инженер может подняться до профессиональных высот и даже стать богатым человеком.

Следует также признать, что инженеры обладали, в целом, 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 в. К этому времени сложилась специфическая социально-профессиональная группа инженеров с разветвленной сетью собственных институтов регламентирующих как ее воспроизводство, так и отправление основных функций. Сложилась определенная культура профессии, ядро которой составлял техницизм², базирующийся на положениях механистической философии (философии техники).

ВЫВОДЫ

В античном мире профессия инженера, инженерная деятельность приобретает некоторые признаки профессии, появляется определенная литература, посвященная этой проблеме. Профессия эта являлась не престижной и рассматривалась как удел простолюдинов. Инженеры занимали промежуточное положение между учеными и ремесленниками, но были ближе к ремесленникам.

В феодальном обществе, где производительные силы более развиты, чем в рабовладельческом, наблюдается дальнейшее становление профессии инженера, происходит разделение инженеров на гражданских и военных. С развитием металлургии, текстильной промышленности, кораблестроения порождается новый тип инженера – промышленника...

Становление и развитие фабричного производства знаменовало начало новой эры для инженерной профессии. Отмена цехового строя и переход к свободному предпринимательству стимулировали резкое повышение инновационной активности – одно за другим были сделаны изобретения, изменившие традиционные технологии в самых различных отраслях промышленности.

С развитием промышленного производства и дальнейшим углублением разделения труда происходит не только отраслевая дифференциация инженеров, но и появление функциональных подгрупп: управляющих и технических специалистов, которые все больше различаются по социальному происхождению, образованию, уровню и характеру доходов, престижу.

Постепенно растет престиж инженерного труда, появляется сеть учебных заведений, готовящих военных и гражданских инженеров, особенно всплеск значимости профессии инженера приходится на вторую половину XIX в., когда складывается специфическая социально-профессиональная группа инженеров, дифференцированная по специальностям, с особой формой мировоззрения, проявляющегося в виде техницизма.

ТЕМА V. ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРОФЕССИИ ИНЖЕНЕРА В РОССИИ

С древних времен люди нуждались в строительстве мостов, каналов, гаваней, дорог и т.д. Людей занимающихся решением этих проблем называли инженерами. Они конструировали большие дренажные системы,

фортификационные сооружения, проектировали, руководили созданием и эксплуатацией военных машин. Вместе с тем их труд в то время был весьма далек от труда ученого, мудреца. Их труд основывался не на теоретических знаниях, а был продуктом интуиции и опыта. Инженерное дело занимало промежуточное положение между трудом ремесленника и ученых. Как же зарождалось инженерное дело, как шел процесс становления профессии инженера на Руси?

Целью лекции является показ этого процесса в условиях раннего периода Русского государства и его становления к XVIII веку.

1. Становление инженерной деятельности на Руси.

2. Зарождение и развитие профессии инженера в России.

Слово «инженер» в русских источниках впервые встречается в середине XVII в. в «Актах московского государства». Есть сведения, что попало оно в Русское государство из немецкого и французского «ingenier».

Массовая инженерная деятельность на Руси возникает и конституируется лишь тогда, когда в ремесленном производстве намечается отделение умственного труда от физического. Как и везде в целом, 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. История славянских народов свидетельствует, что еще в VI в. славянское войско в войне с Византией использовало сложные осадные машины (железные тараны, катапульты для метания камней, «черепahi»). Так, при обороне Доростола в 971 г. ими успешно использовались укрепления, возведенные в короткие сроки. 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, которых с древнейших времен у нас было столь много, что и норманы, и арабы еще на заре нашей истории называли Русь Гардарикой – «страной 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 в., каменных дел мастер Авдей – в XIII в., Кирилл и Василий Ермолин, Иван Кривцов, Прохор и Борис Третьяк и другие. Так, Петр Милонег построил на берегу Днепра такую замечательную стену, что современники о ней говорили как о великом чуде.

Истории неизвестно, были ли до времени княжения Ярослава Мудрого строители особой группой, которое получали плату за свою работу, или инженерные сооружения производились местными жителями. Но уже в XI в. занятие строительством получает статус профессии. Строителей оборонительных сооружений именуют «городники», «мостники», «мастера порочные».

Обязанность первых заключалась в строении 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.

Упомянуты в летописях XII в. имена многих мастеров, литейщиков. Так, встречается имя воеводы Бориса Жидиславовича – который участвовал во многих осадах, управляя стенобитными орудиями. Известны имена посадника Павла и розмысла Александра, построивших много укрепленных городов. Термин «розмысл» появляется в летописях времен царствования Ивана IV как прозвания иноземца, принимавшего участие в осадных и подземных работах при осаде Казани в 1552 г. Но вместе с тем, следует сказать, что оно встречается и раньше и, по всей видимости, означает специалиста по военно-инженерному делу (крепостному, осадному и др.).

Необходимо отметить, что влияние иностранных специалистов, в том числе на военно-инженерное дело, было крайне ничтожным. Но со второй половины XV в. 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 1482 г. в Венгрию был послан дьяк Федор Курицын с целью доставки в Россию художников, умеющих лить пушки и стрелять из них, и розмыслов, или инженеров. 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.

Приглашение из-за границы мастеров имело большое значение, но решающим факторам не являлось. Импорт мастеров во многом способствовал прогрессу в инженерном деле, так как Италия славилась военной архитектурой. Естественно, что 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. Строители многочисленных русских крепостных стен умели так подбирать соотношение высоты и толщины стен, что они отлично и чрезвычайно долго держались без применения каких-либо боковых подпорных сооружений-контрфорсов. Лучшие мастера-строители умели избегать лишних запасов прочности.

Современные инженеры, архитекторы приходят в изумление от точности практического расчета древних строителей церкви Вознесения в селе Коломенском под Москвой, достигающей в высоту 58 метров.

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. Объединив в едином храме девять отдельных церквей, они создали изумительную архитектурную гармонию, воедино сочетали конструктивные и художественные формы, удивительно правильно подобрали отдельные элементы, допуская только необходимую толщину стен и перекрытий, вводя возможно меньшее количество материалов и вместе с тем обеспечив должную монументальность своему творению.

Документы сохранили имена многих крупных организаторов уникальных строительных работ, которым придавали исключительное внимание выдающиеся государственные деятели древней Руси и более позднего времени – княгини Ольги, Владимира Святославовича, Ярослава Мудрого. Золотые ворота в Киеве, окруженные валами в 14 метров, заложенные Ярославом, Софийский собор в Киеве, построенный в 1037–1054 гг. греческими и русскими мастерами, София Новгородская, построенная сыном Ярослава Мудрого, собор Спаса в Чернигове, строительства второй половины XIII века в Луцке, Хотине, Кременце и других городах Галицко-Воынской земли, где активно шло сооружение каменных замков, праздничных храмов – церкви Успения и Ивана Предтечи в Холме, Николая – во Львове, храма Иоана Богослова в Луцке и др. – далеко не полный перечень строений, требующих не только опыта, но и глубоких знаний, таланта зодчего и математика.

Не вызывает никаких сомнений, что у таких строителей был не только опыт, но и глубокий и трезвый расчет и какое-то своеобразное, основательное знание основных принципов механики, позволившее им отлично разрешить задачи строительной механики, решение которых сделало бы честь и современному инженеру-строителю, вооруженному, в отличие от древних строителей, обширным справочным, печатным арсеналом, различными ЭВМ и другой техникой.

Своеобразные знания относящиеся к области механики, возможно никогда и не писанные и вряд ли имеющие по форме что-либо общее с нашими привычными расчетами и дифференциальными уравнениями и их интегрированием, проявились и во многих других творческих делах древней Руси.

Более трехсот лет тому назад русские пищальные художники, или «хитрецы очистного боя», – оружейники решали сложнейшие задачи в области практической механики. Кстати, эти задачи порой оказывались посильными для Западной Европы только в XVIII – XIX столетиях.

Старинные записи говорят, что пушки и порох на Руси были известны многие сотни лет назад. Так, Ипатьевская летопись, относящаяся к 1261–1291 годам, свидетельствует, что на Руси уже тогда были огнестрельные орудия: «самострелы», «тюфяки», «пускачи», и «пушки». О том, что в последние годы княжения Димитрия Донского войска были вооружены пушками, повествует также Голицынская летопись.

Свыше ста лет назад на Дону было найдено старинное орудие. Ученые относят его к XIV–XV вв. Ствол пушки – кованный, скрепленный для прочности железными кольцами. Лафетом служила массивная дубовая колода. Но что самое интересное – заряжалась эта пушка не с дула, а, подобно современным орудиям, с казенной части. Здесь было расположено специальное оригинальное устройство, запиравшее канал ствола во время выстрела. Ныне эта русская пушка, одна из немногих, сохранившихся от тех далеких времен, находится в артиллерийском музее.

В XV в. на территории российского государства производилась и отливка орудий. Это производство наладили русские колокольные мастера – первоклассные литейщики, прекрасно освоившие технологию производства.

Знаменитый Пушечный двор в Москве, созданный в 1478 году, где сосредотачивалось производство пушек, был одним из крупнейших арсеналов. Литейщики Пушечного двора не только создавали первоклассные по тем временам орудия, но и славились как замечательные художники литья. Дошедшие до наших дней орудия и их выделки украшены прекрасными барельефами, изображающими различные фигуры и целые сцены.

Эти литые пушки, подобно нынешним кораблям, имели каждая свое название. Пушки «Волк», «Гамаюн», «Единорог», «Лев» были названы в честь изображений, отлитых на их телах. «Богдан» и «Тимофей» несли на себе имена создателей – мастеров-оружейников. Одними из первых литейщиков пушек, имена которых дошли до нас, запечатленные на бронзе орудий, были два Якова. За ними в истории нашей артиллерии оставили след «Яковлевы ученики Ваня и Васюк», а затем два знаменитых пушечных мастера – Семен Дубинин и Андрей Чохов. А.Чоховым в 1585 году была отлита известная Царь-пушка, находящаяся ныне в Кремле. Поразительные ее размеры: диаметр канала ствола 89 сантиметров, длина ствола свыше 5 метров. Предназначалась эта пушка для стрельбы «дробом» – мелкими камнями. На стволе гигантской пушки отлита надпись: «Делал пушку литец Ондрий Чохов. Весу в ней 2400 пудов». «Царь-пушка» – памятник высокой конструкторской и технологической культуры старинных русских техников.

Об умении рассчитывать, соблюдая основные требования механики, свидетельствуют скорострельные пушки, называемые «органными орудиями», создаваемые русскими умельцами, в том числе ствольное орудие, которое делал Андрей Чохов. «Орган» изготовленный механиком А.Нартовым, состоял из 44 бронзовых мортирок, укрепленных на вращающемся барабане лафета. Эти и другие примеры свидетельствуют, что на Руси инженерная мысль имеет глубокие корни и являлась достаточно развитой.

Свидетельством этого является и умение подбирать компоненты и лить отменные колокола, в том числе гигантские, строить многочисленные уникальные мельницы. Последних было много на Руси. Строительство мельниц было столь обычным явлением, что описанием их устройств занимались мало. Их строили и строили множество. Упоминание о водяных мельницах можно встретить в документах еще XIII века. Умение строить мельницы было перенесено русскими поселенцами за Урал и на Восток, в Сибирь.

Русская инженерная мысль разорвала узкий круг применения водяного двигателя, ограниченного переработкой сельскохозяйственных продуктов: мукомольные мельницы, крупорушки, сукновальни. Документы показывают, что в XVI веке, в районе Вычегды на речке Лахоме действовала железоплавильня с плотиной и водяным колесом, приводившим в движение молот дляковки железа – «самоков», в 60-тых годах XVI в. под Москвой водяное колесо начало приводить в действие установку для производства бумаги – бумажную мельницу. Условия для строительства плотин, мельниц были такими не одинаковыми, что переносить откуда-либо технику плотиностроения в своеобразные физико-географические условия Русского государства было нецелесообразно. Строителям первых вододействующих промышленных предприятий пришлось опираться на опыт русских «водяных» людей (так назывались строители водяных мельниц, плотин), выработавших свою своеобразную технику и технологию сооружения уникальных земляных плотин.

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, Первоуральске, Ревде, Горной Кольвани, Змеиногорске, Туле, Сестрорецке и в иных местах.

Проявили недюжинные инженерные таланты такие строители как Михаил Иванович Сердюков, который сделал то, что оказалось не по плечу амстердамским инженерам, создавших Вышневолоцкую систему шлюзов для соединения Волги с бассейном Балтики (1722 г.), Михаил Михайлович Самарин показал себя гениальным инженером-строителем при сооружении кронштадских доков и каналов, Григорий Скорняков – Писарев при работах на Ладожском канале.

Русский народ вынес на своих плечах огромный труд, сооружая плотины, которые требовали строгих инженерных расчетов, постройки для многочисленных предприятий, появляющихся в результате усилий Петра I по преобразению России. Основным заводским двигателем было водяное колесо, для действия которого необходимо было сооружать заводскую плотину, требовавшую огромных затрат труда, уникальных расчетов, чем все собственно заводские сооружения.

Документы также повествуют о том, что на Руси издревле умели создавать «колокола дивны слышанием». Чтобы создавать колокола, необходимо обладать знаниями и навыками, соблюдать пропорции в сплавах, знать температурные режимы, технологию изготовления колоколов с определенными заданными свойствами. Кроме отливки колокола, решались сложнейшие механические задачи: поднятия на большую высоту отливки из цветного металла, крепление и т.д.

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 восьмьютысячепудовый 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 1701 г.), когда сгорели связи на которых держался колокол, он опять падает и разбивается. В 1731 г. было решение 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. Для сравнения – за рубежом колокола весили: в Бейпине – 55 т, японский в Киото – 63 т.

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, начали 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).

Русские мастера не только отливали тяжелейшие колокола, но и успешно решали задачи их подъема и установки на место. Так, древние двухтысячепудовые колокола «Сысой», «Полиелейный», поднятые на колокольню ростовского собора, издавна известны своими голосами, четырехтысячепудовый колокол Успенского собора в Московском Кремле называют большим и он славится своим звоном.

Умело сочетая отечественный и зарубежный опыт, русские техники еще в древние времена ярко показали мастерство в подъеме огромных тяжестей, в сооружении различных механических установок, мельниц, а также в строительстве и артиллерийской механике. Опыт, навыки, знания, запечатленные в этих делах, столь своеобразны по своему существу и столь примечательны, что они дают право сказать: русская инженерная мысль была способна решить сложнейшие проблемы механики.

В XVI в. русское военно-инженерное искусство в некоторых направлениях обогнало западноевропейское. Так, в 1552 г. при третьем походе на Казань русские воины показали высокое мастерство инженерной атаки: «Здесь зарождался метод параллели, т.е. сближение средств осады с объектами атаки путем проведения траншейных работ и последовательного переноса огневых позиций артиллерии. Этот метод теоретически был обоснован С.Вобаном во второй половине XVII в...»[3]. Руководил осадой Казани талантливый русский розмысл дьяк Выродков.

Следует заметить, что в то время уже в Германии военные архитекторы начали называться инженерами, и этот термин для обозначения военной специальности был завезен, по-видимому, из Германии мастерами, у которых были дипломы инженеров. Но это слово утвердилось в русском языке не сразу. Еще долгое время их обозначали русскими названиями, являющимися переводами с иностранного «ingenier». В официальных документах той поры чаще встречаются названия «горододельцы», «городовые смышленники», «муроли». Только очень немногие иностранные специалисты сохранили в России звания «инженер», и именно они положили начало его распространению на Руси, в Московском государстве.

Официально так 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 ст.

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 и муроли.

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. Круг действия приказа по инженерной части состоял в объединении указов о постройке новых и исправлении старых оборонительных сооружений; составление инструкций воеводам, руководившим военным строительством; составлении инструкций воеводам, руководившим осадой или обороной крепостей; определении смет для сооружения укреплений; в проверке отчетов.

Следствием 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, заключающие в себе подробное описание оборонительных оград. При Пушкарском приказе числились: а) инженеры, или иноземные строители, которые выступали чаще всего экспертами или консультантами: они рассматривали проекты, присылавшиеся с места сооружения или сами их составляли. Кроме того, они выезжали на строительство с инспекционной комиссией; б) городовые мастера – большей частью русские строители, находящиеся постоянно в крупных городах. Они рассматривали сметы, которые присылались строителями в Пушкарский приказ, а также непосредственно руководили строительными работами; в) мастера и подмастерья были низшими разрядами строителей, помощниками городовых мастеров и осуществляли непосредственный надзор за производством работ; г) для осуществления чертежных работ была создана особая категория «чертежников».

Несмотря на значение, которое придавалось инженерному делу, Пушкарский приказ был единственной организацией, регулировавшей отправление инженерных функций. Идея специального образования для отечественных инженеров еще не являлась в ту пору распространенной и не рассматривалась всерьез. Хотя Иван Грозный сделал определенный шаг вперед в развитии инженерного дела, все же он, как и его предшественники, основным способом удовлетворения потребности в специалистах избрал их вывоз (приглашение) из европейских стран, главным образом 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.

По социальному происхождению первые русские инженеры принадлежали чаще всего к служилому сословию. Высший инженерный состав – воеводы, полковники, головы и другие офицеры были выходцами из московских или городских чинов «служилых по отечеству».

Иностранные инженеры, находящиеся на русской службе, как правило, имели чин полковника. Низшие разряды русских инженеров принадлежали к служилому сословию, к городским чинам, несущих «осадную службу» в провинциях. Кроме того, имелись ремесленники, знавшие инженерное дело, они относились к разряду служилых людей «по прибору», в котором выделялись разряды пушкарей и затынщиков (т.е. работников, обслуживающих осадные орудия – «затынные пишали»), а также другая артиллерийская прислуга.

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. Недостаток просвещения теперь стал главным препятствием к успешной подготовке русских инженеров. Основной же 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.

Многочисленные войны, проводимые Петром I, со всей отчетливостью показали все недочеты и прорехи в инженерном деле того времени. Боевая тактика осадной войны сводилась в основном к блокаде, при которой инженерные работы либо отсутствовали, либо велись в весьма ограниченных размерах.

Сложная осадная техника в XVII в. практически не использовалась. Основным инструментом завершающего приступа была лестница. Удача при осаде основывалась главным образом на мужестве и храбрости войска, а не на искусстве инженеров.

Командование шло на большие людские потери при штурме, так как не было ни хороших руководителей осад, ни эффективной осадной артиллерии. Сказывался и недостаток теоретических познаний по инженерной части. Несмотря на то, что к началу XVIII в. при русской армии служило множество иностранных инженеров, потребность в знающих специалистах не была удовлетворена. Иностранцы чаще всего использовались как инженеры-строители и администраторы, но ни один из них не приобрел известность как военный инженер. Нередко инженерные обязанности при осадах исполняли артиллерийские обер- или унтер-офицеры, а при армии – кто-либо из офицеров штаба, имевших познания в инженерном искусстве.

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 навигацких наук (1708 г.). В числе предметов, преподававшихся в школе, входили 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. В числе первых слушателей были князь Мещерский, граф Гендриков, князь Вяземский и другие. Московская и Петербургская школы находились в ведении немецких инженеров, преподавание велось, как правило, на немецком языке. Выпускникам школ присуждалось звание кондуктора, а в дальнейшем инженера-прапорщика.

В инженерных школах петровского времени курсы преподавания не утверждались сверху. Многое зависело от заведовавшего школой офицера. Если один из них по собственному усмотрению вводил в курс новый предмет, то другой, приходивший на смену, мог исключить его. К числу таких необязательных дисциплин относились архитектура, геодезия и другие предметы, необходимые для несения службы офицера инженерных войск.

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. Датировать его возникновение довольно трудно. Но мы будем считать первым официальным доказательством существования инженерных чинов штатное положение о полевой артиллерии от 1712 г., согласно которому она имела структуру: 1) генеральный штаб, к нему принадлежали лица главного управления артиллерии и фортификационной части; 2) полк в составе двух команд инженеров и понтонеров.

Состав инженерной команды был следующим: два капитана, два капитан-поручика, два поручика, два подпоручика, 24 кондуктора, пять батарейных мастеров. Малочисленность инженерной команды и дефицит высших чинов, которым можно было бы вверить управление инженерной частью, были причинами первоначального присоединения инженеров к армии. Кроме того, некоторая часть инженеров состояла на службе при военной канцелярии. В 1722 г. вышло определение военной коллегии, в котором говорилось, что в каждом полку должны быть свои инженеры: один обер-офицер и два кондуктора. Инженерам выплачивалось жалование в размере 300 руб. в год, что равнялось жалованию обер-комиссара, но в два раза меньше жалования майора.

В 1723 г. инженерная и минерная роты были слиты, а в 1724 г. Петр I приступил к формированию инженерного полка, в котором инженеры были разделены на два разряда: полевых и гарнизонных. Эти факты свидетельствуют о том, что 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. Следует заметить, что

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. Существовавшие заводы были чаще всего небольшими домашними заведениями. Наиболее крупными в то время являлись оружейные, литейные и суконные предприятия (т.е. отрасли, которые обслуживали армию). Но в целом, если не считать единичных попыток иностранцев основать на Руси фабрики и заводы в XVI–XVII вв., 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.

К примеру, на Липецком металлургическом заводе, основанном в 1712 г., были такие мастера – руководители: плотинного и мехового дела; доменного, пушечного и сверляного дела; «ложного» дела мастера; «ружейные заварщики», руководившие выработкой стволов, «ружейные мастера», «ружейного дела замочные отделщики» и т.п.

Если судить о структуре фабричных работников по таблице «Генина»¹, составленной в 1723 г., то можно сделать вывод, что на металлургическом заводе XVIII в. на одного обученного мастера приходилось 25–35 неквалифицированных или полуквалифицированных работников.

Простой надзор осуществляли «сторожа», а мастера контролировали технологию производства. Кроме того, при заводе имелось управление и канцелярия, причем численность конторских служащих составляла везде примерно 10 % к общей численности промышленно-производственного персонала². Самым крупным предприятием первой четверти XVIII в. был Сестрорецкий оружейный завод, на котором работало более 600 чел. (крупным в то время считалось предприятие со 100 работающими).

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.

Изобретения делались по преимуществу следующими группами лиц: самими фабрикантами, стимулируемые к усовершенствованиям погоней за прибылью, а также изобретателями-самородками, которые в силу своего природного дарования кустарным образом изготовляли «диковинки», различные автоматы и механические безделушки для придворных развлечений.

Первое время после смерти Петра внутренняя политика шла по той же колее: поощрялось устройство новых фабрик предоставлением фабрикантам привилегий, денежных ссуд, припиской к фабрикам крестьян и мастеровых. При Екатерине II промышленная политика постепенно проникается духом предпринимательской свободы и поощрения частной инициативы. Многие привилегии уничтожаются, дается право открывать фабрики крестьянам (1762 г.), отменяется требование получения разрешения на их открытия (1775 г.), ликвидируется главный орган промышленной регламентации – Мануфактур-коллегия (1785 г.). Если в первой половине XVIII ст. крупное производство развивалось весьма медленными темпами, то начиная с 60-х годов это развитие происходило с нарастающим ускорением. 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.

ВЫВОДЫ

С глубокой древности на Руси решались оригинальные технические проблемы, связанные со строительством, развитием металлургических процессов (изготовление металлов, литье колоколов, пушек и т.д.), другими сложными технологиями.

На первом этапе – до конца XVIII века инженерное дело развивается в соответствии с потребностями становления хозяйственной деятельности. Первые шаги отечественного инженерного дела были весьма робкими по сравнению с Западной Европой.

Инженерное искусство получает мощный импульс вследствие реформирования российского государства Петром I. Однако этот процесс идет с помощью иностранных специалистов, западных идей, новшеств и некоторого развития собственных возможностей.

На этапе становления инженерной профессии в России возникает специальное высшее образование, появляется промышленное законодательство и его институты в виде мануфактур, коллегий и других учреждений, проводивших техническую политику и отчасти регулировавших деятельность инженеров; происходит выделение инженеров в особый род войск; появление гражданской инженерной специальности, связанной с развитием промышленного производства.

Происходит определенный перелом в развитии инженерного дела, возникает инженерная профессия и первые профессиональные учебные заведения, что ускоряет становление профессии инженера в России.

ТЕМА VI. ВКЛАД ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЕНЫХ В СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК

Инженерные науки вооружают инженеров, техников знанием и умением решать сложные задачи создания станков разного плана и назначения, возведения различных сооружений, позволяют рассчитывать силы водяных и газовых потоков, движущих турбин или обтекающих корабли и самолеты, летательные космические аппараты. Несомненно, основой инженерных наук является механика. Знание механики как основы инженерных наук крайне необходимо строителям и зодчим. Они возводят наши жилища, корпуса заводов и фабрик, здания школ и больниц, театров и музеев, воздвигают башни и арки, строят мосты, метрополитены и многое другое.

В настоящей лекции идет речь о вкладе отечественных ученых, строителей, конструкторов в становление и развитие инженерных наук.

1. Становление отечественных инженерных наук.

2. Вклад отечественных ученых в инженерные науки.

Еще в глубокой древности Русь славилась своими умельцами – литейщиками, оружейниками, ювелирами, строителями ветряных и водяных мельниц. Материалы археологических раскопок показывают, что уже в VIII веке наши предки применяли токарную обработку. В период Киевской Руси еще совершеннее становится техника ремесел. Славилась, в частности, своей добротностью проволока, изготовленная мастерами искусно владевшими техникой волочения.

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, лесопилы. Русские мастера искусно поднимали на высокие башни огромные колокола.

Опыт, накопленный русскими ремесленниками, создал благодатную почву для развития теории, накопления практических знаний.

Отечественные ученые внесли много ценного в разработку теории машин, механизмов, строительных конструкций. В отечественных древних книгах на эту тему излагались знания, накопленные русскими и иностранными мастерами в практической деятельности. Можно упомянуть, например, вышедшее на рубеже XVI–XVII веков руководство по бурильной технике «Роспись, как зачат делат новая труба на новом месте» (1620 г.) Много ученых сведений по технике содержал знаменитый «Устав ратных, пушечных и других дел, касающихся воинской науки». Автором этой книги был выдающийся деятель русской техники XVII века Онисим Михайлов (предшественницей «Устава» была «Воинская книга», напечатанная Михаилом Юрьевым и Иваном Фоминным). Большая часть книги посвящена артиллерии и фортификации. Однако в «Уставе» разбирается и много общетехнических вопросов. Замечательно, что в книге изложение технических вопросов основано на данных математики. Много сочинений, посвященных технике, появилось во второй половине XVII века.

В начале XVIII века в России стали появляться сочинения, написанные уже специалистами-учеными. Одним из таких ученых был Г.Г.Скорняков-Писарев, выпустивший в 1722 г. книгу «Наука статическая, или механика» – первый русский труд, посвященный специально механике. В 1738 г. вышла в свет книга «Краткое руководство к подписанию простых и сложных машин, сочинение для употребления российского юношества». То был перевод с латинского языка (на котором в те времена писались научные труды) сочинения петербургского академика Крафта. Перевод был сделан адъюнктом Академии наук В.Е. Адодуровым. Книга эта послужила источником знаний для нескольких поколений русских механиков. Примечательна эта книга еще тем, что в ней впервые шла речь о машиноведении как об отдельной науке, а не только как о разделе физики.

Во второй половине XVIII в. появляется новый оригинальный учебник механики, написанный русским автором. Эта книга, изданная в 1764 г. Яковом Козельским, называлась «Механические предложения для употребления обучающегося при Артиллерийском и Инженерном шляхетном кадетском корпусе благородного юношества». Ценные учебники по механике и соприродным научным дисциплинам написали Д. С. Аничков, Н. Г.Курганов, Е. Д. Войтяховский.

Русскими учеными и исследователями были решены важные вопросы машиностроения. Так, Леонард Эйлер выводит знаменитую формулу (1765 г.), которая дает возможность по коэффициенту трения определить основные конструктивные элементы механизма с гибкими звеньями. Эта формула является только составным звеном

общей теории трения. Эйлер занимался изучением трения в течение многих лет, продолжая исследования трения в машинах и механизмах. Первый труд, посвященный трению в машинах и механизмах был издан в Петербурге в 1727 году. Л.Эйлер необычайно углубил теорию трения и придал ей математически совершенный вид. В своем классическом сочинении «Механика» он успешно решил вопросы механики методом математического анализа. От этой книги идут, как признают ученые, пути дальнейших поисков в области аналитической механики.

В 1760 году Эйлер выпустил в свет труд «О движении твердого тела». В этом сочинении, как писал академик А.Н.Крылов, «вопрос о составлении дифференциальных уравнений получил полное и окончательное решение, которым пользуются и до сих пор».

Следует еще раз сказать, что в богатом наследии Эйлера – им оставлено 865 трудов – многое посвящено механике. Эйлер был не только ученым-теоретиком, но занимался и чисто инженерными делами, проверкой качеств насосов и чувствительности весов для взвешивания монет, принимал участие в экзаменах «машинных дел подмастеров».

Говоря о вкладе отечественных ученых в развитие и становление механики, инженерного дела нельзя не остановиться на вкладе М.В.Ломоносова в решение названных выше проблем. Исходим мы здесь не из традиционного подхода оценки Ломоносова как величайшего русского ученого, а из его конкретного вклада в механику, в инженерное дело.

Понимая огромную важность «приборного искусства» для создания машин и механизмов, Ломоносов 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. В лаборатории Ломоносова родился первый вискозиметр – прибор для определения вязкости жидкостей. Такими приборами пользуются машиностроители для правильного подбора смазочных материалов.

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 М.В.Ломоносова перед механикой состоит и в том, что под его руководством работали мастерские Академии наук, ставшие одним из центров русской технической мысли. После смерти М.В.Ломоносова 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.

Многочисленные изобретения Кулибина свидетельствуют, что он был инженером в современном смысле слова. Об этом говорят факты. Он строил свои творческие замыслы на прочной основе строгих расчетов и тщательных исследований. В частности, 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. 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.

Следует заметить, что 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. Так, продолжая дело Ломоносова и Эйлера, академик С. Котельников в 1774 г. выпустил книгу, содержащую учение о равновесии и движении тел. Особенно активизировались поиски решения технических проблем после открытия в 1755 г. Московского университета. В начале XIX века академик С. Е. Гурьев опубликовал несколько работ по теории машин и механизмов, в том числе «Основы механики» и «Главные основания динамики». С особенно пристальным вниманием ученый разбирал «общее правило равновесия с приложением оного к «машинам».

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), который был учеником известного математика Огюстена Коши (преподавал в Политехнической школе и Сорбонне). Принцип Остроградского–Гамильтона – жемчужина теоретической механики. Все механические системы подчиняются этому принципу. Руководствуясь им, можно в

математических уравнениях отобразить механические процессы. Уравнения, основанные на принципе Остроградского-Гамильтона подсказывают инженерам пути наилучшего разрешения стоящих перед ними задач.

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. Кстати, прикладная механика была высоко поставлена в петербургских высших школах. В определенной мере это было заслугой А.Бетанкура (1758–1824), который приехал в Россию в 1808 г. Он принимал участие в организации службы путей сообщения, построил ряд заводов и зданий (в частности, по его проектам был построен Манеж в Москве и заложен фундамент Исакиевского собора), руководил застройкой Петербурга, в Нижнем Новгороде построил ансамбль ярмарочных зданий, с 1818 г. был генеральным директором путей сообщения. А.Бетанкур являлся одним из учредителей и руководителей первого в России высшего учебного заведения нового типа – Петербургского института путей сообщения, открытого в 1809 г. Именно он привлек к преподаванию несколько выдающихся механиков, выпускников Политехнической школы, воспитал в Институте путей сообщения русских ученых – прикладников. Из профессоров этого института важный вклад в механику внесли Габриэль Ламе (1795–1870) и Бенуа Поль Эмиль Клапейрон (1799–1864).

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. Станислав Кербедз (1810–1893), профессор прикладной механики, который спроектировал и построил первый в России металлический мост через Неву. Мост имел семь прочных чугунных пролетов по 32–48 м. длиной каждый, восьмой пролет был разводным. Его строительство было окончено в 1850 г. При расчете моста впервые был применен кинематический метод. Герман Егорович Паукер (1822–1889) исследовал устойчивость сводов и пришел к соответствующим теоретическим выводам. При этом пользовался статистическими и кинематическими методами и получил идентичные результаты.

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. Следует заметить, что опыт предшественников – создателей мостов обычного назначения – мало годился для проектирования железнодорожных мостов, которые должны были выносить значительно большие динамические нагрузки. Известные в ту пору мосты, составленные из форм системы инженера Ф. Х. Гау, не обладали надежной прочностью. Ф. Х. Гау строил мостовые фермы, элементы которых были совершенно одинаковы по всей длине, как близ «опор, так и в средней части. Журавский подверг тщательному исследованию ферму Ф. Х. Гау. Построив модель ее, русский инженер заменил в ней болтовые соединения проволоками. Нагрузив модель и заставлял скрепляющие ферму проволоки колебаться, как струны, он обнаружил, что они в разных частях фермы издают звуки разных типов. Предвидения Журавского оправдались: нагрузка в разных частях фермы оказалась неодинаковой. Так изысканным опытом Журавский установил серьезный недостаток мостов конструкции инженера Ф. Х. Гау. Исследование его ошибки послужило Журавскому отправной точкой для создания научно обоснованных методов мостостроения. Применяя свой метод раскосных ферм, Журавский в 1855 г. построил Веребьинский мост длиной более чем в полкилометра. Имя русского инженера получило известность во всем мире. Ни одной катастрофы не случилось с мостами, построенными Журавским, хотя часть их приходилось строить из дерева. Способности Журавского к научному осмысливанию задач строительной практики ярко проявилось и тогда, когда ему пришлось заняться проектированием и постройкой металлического штиля для собора Петропавловской крепости. Опыты над моделями и методические расчеты, которые Журавский производил во время конструирования штиля, позволили открыть очень важные для техники методы расчета двутавровых балок.

Такие балки – необходимый элемент мостов, перекрытий зданий, железных каркасов заводских цехов – словом, всякого крупного сооружения. Тогда же Журавским была разработана и общая теория проектирования сквозных пирамидальных сооружений, заложены основы теории сопротивления материалов и конструкций.

Последователь Журавского Николай Аполлонович Белелюбский (1845–1922) вошел в историю техники как создатель большого числа замечательных мостов, пришедших на смену деревянным. Более пятидесяти сооружений спроектировал Белелюбский. Так, 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). Огромен и мост через Днепр из 15 пролетов по 71,3 метра, созданный им в 1881 году. Белелюбский был инициатором широкого применения в железнодорожном строительстве научных методов испытания материалов, для чего он создал специальную лабораторию, равной которой не было за границей.

Богатейшее наследство оставил в механике Пафнутий Львович Чебышев. Великий теоретик, прославивший себя блестящими открытиями в математике, с увлечением решал насущные задачи промышленной практики, как математик нередко предлагал оригинальные решения инженерных задач. Интересен факт решения им проблемы выпрямляющего механизма (или параллелограмма Уатта). Выпрямляющий механизм Уатта, названный по имени изобретателя, был предназначен для превращения кругового движения в прямолинейное, выполнял свою задачу не совсем удовлетворительно. Движение только в грубом приближении можно было считать прямолинейным. А из-за такого несовершенства параллелограмма Уатта в машинах возникали вредные сопротивления. Чебышев разрабатывает метод теоретического расчета выпрямляющих механизмов, то есть механизмов, способных «выпрямлять» вращательное движение, превращать его в прямолинейное. Подобные механизмы стали основой многих совершенных конструкций. Следует заметить, что работа над выпрямляющим механизмом была для Чебышева отправной точкой в его деятельности по созданию теории механизмов и машин. Проявляя незаурядные инженерные способности, Чебышев создает и разнообразнейшие механизмы, способные точно воспроизводить

движения, работать с остановками, превращать непрерывное движение в движение прерывное. Он строит свою знаменитую переступающую машину, точно воспроизводящую движение идущего животного, создает гребной механизм, повторяющий движение весел, самокатное кресло, модель новой сортировальной машины.

Чебышев изобрел и автомат для вычислений. Созданный в 1881 году, он явился как бы продолжением его работы над совершенствованием оригинальной суммирующей машины, которую Чебышев изобрел тремя годами раньше. Здесь уместно указать, что арифмометр построен в 1874 г. петербургским изобретателем В.Т.Однером. Это прототип арифмометров, которыми пользовались длительное время в XX веке и кое-где пользовались донедавно. В отличие от других счетная машина Чебышева могла работать в быстром темпе, превышающем 500 вычислений в час. Поэтому принцип, положенный Чебышевым в конструкцию счетного автомата, привлекал и привлекает к себе внимание многих инженеров. К сожалению, данная модель распространения в России не получила и очутилась в Париже, в музее искусств и ремесел.

Инженеры и ученые черпают в трудах Чебышева методы, формулы, идеи. Когда нужно узнать, при каких условиях проектируемая система рычагов, шарниров, колес может стать цельным механизмом, обращаются к знаменитой структурной формуле Чебышева. Это одна из необходимейших формул для инженеров. Важным достижением русского ученого было и доказательство знаменитой теоремы трехшарнирных четырехзвенников, расписывающих одну и ту же шарнирную крутую. Являясь основателем и руководителем петербургской математической школы, он впервые вводит в теорию механизмов (т.е. в прикладную кинематику) математические методы (работа «Теория механизмов», известных под названием параллелограммов).

По совету Чебышева кинематикой механизмов занимались Джеймс Джозеф Сильвестр и ряд английских ученых, которые работали над вопросом о воспроизведении математических зависимостей при помощи механических средств.

Идеи Чебышева получили развитие в работах его учеников. Перу ученика Чебышева – Александра Михайловича Ляпунова, гениального математика и механика, принадлежит изложение теории устойчивости движения. Всякая система, механическая или электрическая, во время работы испытывает ряд внешних и внутренних воздействий. Зачастую эти воздействия нарушают согласованность работы отдельных частей системы. Она при этом теряет устойчивость движения, «разлаживается». Возникают вредные вибрации, толчки, усилия.

Теория Ляпунова, рассматривающая условия устойчивости движения, стала основой научного проектирования самых разнообразных машин и устройств. Вся ценность этой теории выявилась лишь позже, в дни техники больших скоростей, реактивной авиации, автоматики, телемеханики, радиотехники. Конструкторы сложнейших механических и электрических устройств проверяют методом, созданным Ляпуновым, будет ли устойчива, надежна в работе созданная ими система.

Новую теорию пространственных зубчатых механизмов создал другой ученик Чебышева – Х. И. Гохман. Над теорией структуры плоских и пространственных механизмов успешно работал П. И. Сомов.

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). Именно он положил начало теории автоматического регулирования. Этот труд явился ответом русского ученого на настоятельные требования инженерной практики. Дело в том, что от качества точности изготовления регулятора, его расчета и исполнения зависела работа машины. Неоднократные попытки создать методы предварительного расчета регулятора не давали результатов. И. А. Вышнеградскому удалось решить эту важнейшую научную и техническую задачу. Вышнеградский, в отличие от своих многочисленных предшественников 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».

Выводы русского ученого имели первостепенное значение для практики. «Неравенства» и «диаграммы Вышнеградского» стали основой расчета чувствительных, безотказно работавших в свое время регуляторов. Работа И. А. Вышнеградского «О регуляторах прямого действия» была сразу же переведена на несколько иностранных языков. С развитием техники значение ее раскрывалось все шире и шире. Все позднейшие изыскания в области автоматического регулирования опирались на эту работу. 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), впоследствии почетный академик, опубликовал в 1883 г. в «Инженерном журнале» работу о трении в машинах. Он осветил одно из самых «темных» мест механики. Большое внимание ученый уделил проблеме смазывания трущихся поверхностей.

Н. П. Петров доказал, что правильно смазанные твердые поверхности не приходят в соприкосновение: их разделяет жидкая пленка. «Если же, – писал он – жидкий слой, смазывающих два твердых тела – вполне отделяет их одно от другого, то непосредственного трения твердых тел уже, очевидно, не может быть. Таким образом,

трение в смазанном подшипнике имеет иную природу, нежели трение «сухое»; оно складывается из трения между твердым телом и жидкостью и трением, возникающим при вращении в слоях самой жидкости».

Труд Петрова «Трение в машинах» положил начало классической гидродинамической теории трения. Развитию и углублению этой теории ученый посвятил множество работ, вошедших в золотой фонд современной механики. 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.

Создание аэродинамики в значительной степени связано с именем Николая Егоровича Жуковского (1847–1921). Его деятельность не исчерпывается кругом определенных вопросов механики. Имея огромные заслуги в создании авиационной науки он вел исследования турбин, ткацких машин, велосипедных колес, речных судов, мукомолен и т.д. 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. Крупной научной работой Жуковского является доказательство теоремы о так называемом жестком рычаге. Значение этого труда неизмеримо велико. Почти в каждом механическом устройстве мы найдем либо рычаги, либо их разновидности: ворот, шкивы, шестерни. Этот метод только часть, только звено этой стройной теории механики, в которой Жуковский слил воедино кинематику, кинемостатику и динамику механизмов.

Существенный вклад в науку в XIX в. внесла первая русская женщина-математик Софья Васильевна Ковалевская (1850–1891). Став профессором Стокгольмского университета (1884 г.), она блестяще прочла 12 различных курсов, в том числе курс механики. 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 Легранжа было сказано новое слово в теории волны. Своим вкладом в эту область механики С. В. 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 – это точение на токарных станках, это фрезерование, сверление, строжка, протягивание, шлифовка – все то, что принято называть «холодной обработкой металлов». Следует сказать, что резание – один из старейших способов придать изделию нужную форму. Многими тысячелетиями отделен от нас тот момент, когда впервые острие инструмента, зажатого в руке человека, сняло стружку с дерева или кости. Но до середины XIX в., когда на заводах всего мира работали уже десятки тысяч металлорежущих станков, сущность процесса резания оставалась неизвестной.

Производственники не имели правильного представления о том, что происходит с металлом в момент, когда лезвие резца вживается в него и отделяет от него слой стружки. Токари подбирали режимы резания, углы заточки инструмента, основываясь только на опыте.

По-научному подошел к проблеме резания ученый Иван Тиме, опубликовавший в 1870 году труд «Сопrotивление металлов и дерева резанию» – плод многолетних исследований. И.Тиме установил новые законы резания. Проведя огромное количество опытов, он показал, что в момент снятия стружки под действием резца в металле происходит постепенное непрерывное разрушение частиц, а стружка отделяется в результате скалывания частиц. Русский ученый дал научно обоснованные таблицы резания и формулы, которые перешли затем во все руководства по металлообработке.

В 1893 г. с теорией резания выступил профессор К. А. Зворыкин. Исходя из исследований, в которых применяется изобретенный им прибор для измерения сил резания, Зворыкин предложил формулу, позволяющую установить зависимость толщины снимаемой стружки от силы, действующей на инструмент.

Три года спустя, в 1896 г., другой российский ученый, А. А. Брикс выпустил книгу «Резание металлов», где дал научную разработку режимов резания, показал какие углы резания, какие режимы следует применять при обработке металла той или иной твердости.

Большое значение для продвижения вперед науки о резании металлов имели работы Я. Г. Усачева, талантливого техника мастерских Петербургского политехнического института. Усачев провел большие исследования микроструктуры металлической стружки: стал фотографировать микрошлифы, полученные из металла стружек. Это позволило ему в подробностях изучить процессы, происходящие в стружке в момент отделения ее от обрабатываемого изделия. Усачев положил начало исследованию одного из важнейших явлений сопровождающих резание, – выделение тепла. Вклад ученых практиков в создание режущего инструмента в металлообработке весьма значителен. Так, изобретатель А. М. Игнатьев создал самозатачивающиеся инструменты. Резцы, ножи, пилы, зубья ковшей экскаваторов, сделанные по методу Игнатьева, не только не тупятся во время работы, но даже становятся острее. К изобретению этих замечательных инструментов, А. М. Игнатьев биолог по образованию, пришел оригинальным путем. Он начал с разгадки удивительного факта: почему зубы грызунов и когти хищников всегда остры, никогда не тупятся. Он разгадал, что самая твердая часть когтя или зуба – его сердцевина. Поэтому чем дальше слой находится от сердцевины, тем он быстрее стирается во время работы. Сердцевина вследствие этого возвышается над окружающими слоями, поэтому зуб или коготь всегда имеют заостренную форму. Угол резания такого природного инструмента неизменен. Разгадав секрет неизменной остроты зубов и когтей, Игнатьев

положил этот принцип в основу своих самозатачивающихся инструментов. Он собрал их из отдельных листов стали, изобретая для этого и особый способ сварки по всей поверхности предмета. Листки были изготовлены из сталей самых разных твердостей: начиная от самых мягких, кончая самыми твердыми, из которых делались сердцевинные слои.

Большую работу провел А. М. Игнатьев по внедрению трубчатого вращающегося резца. При неподвижном резце половина, а порой и больше всей энергии, потребляемой для резания металла, непроизводительно тратится на преодоление трения между стружкой и резцом. Остроумным путем он сумел избежать этих потерь. Резец Игнатьева, похожий на чашку с заточенной кромкой, укрепляется в подшипнике. Стружка металла, ползущая с изделия, приводит резец во вращение. Резцы над которыми работал Игнатьев позволяют добиваться огромных скоростей резания, достижимых только с резцами из специальных твердых сплавов. Вообще следует сказать, что своими методами скоростного резания прославились многие ученые и новаторы производства. Рядом с именем известного физика В. Д. Кузнецова и его учеников, разработавших теорию скоростного резания, стоят имена мастеров усовершенствованной обработки металлов: Г. Борткевича, П. Быкова, Ю. Дикова, А. Чикарева, В. Колесова и других. Токарь П. Рыжков сделал замечательный вклад в технику – он сконструировал устройство гасящие вибрации.

Огромное значение как для теории механики, так и для практики инженерного дела имели работы по научной классификации механизмов. Нужда в такой классификации машин относится к XVIII веку: французский ученый Монж еще тогда попробовал навести порядок в мире механизмов. Однако классификация Монжа получилась столь громоздкой, что ученый, доведя составление ее до 21 класса, прекратил свою работу. Позднее за разработку классификации механизмов брались многие ученые – Гашет, Бетанкур, Виллис. Но эти системы оказались недостаточно жизненными. Задача создания действительно научной системы механизмов долгое время оставалась нерешенной. Первым, кто занялся последовательным построением классификации механизмов, был ученик Жуковского – русский ученый-механик Леонид Владимирович Ассур (1878–1920). Он пришел к выводу, что любой, даже самый сложный механизм можно рассматривать как сочетание нескольких более простых элементов. Образование механизмов по Ассуру можно представить как своеобразное наслаивание таких элементов. Анализ этих-то составных частей механизма и положил ученый в основу своей классификации.

Разработка структурной теории Ассура была продолжена советским ученым Иваном Ивановичем Артоболовским (1905–1977). Работая на протяжении ряда лет над развитием идей своего предшественника и исследуя важный вопрос о возможности их применения, он построил стройную структурную и классификационную систему механизмов.

Тончайший вопрос теоретической механики нашел свое разрешение в трудах русского ученого Ивана Всеволодовича Мещерского (1859–1935) – автора классического учебника и задачника по теоретической механике, которые не утратили практического значения и сегодня. Выдающийся теоретик Мещерский основал новый раздел науки – механику тела с переменной массой. Это, как казалось когда-то, далекое от практики исследование с развитием техники, особенно в наши дни, приобрело исключительное значение. К телам с переменной, главные законы движения которых установил Мещерский, принадлежит и ракета: во время полета масса ее по мере сгорания топлива резко меняется. И сейчас, когда в авиации созданы аппараты с реактивными двигателями, труды русского исследователя привлекают пристальное внимание инженеров и ученых, используются при расчете космических аппаратов.

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 жирокопы. Его труды по теории жирокопа, стали настольными книгами конструкторов навигационных приборов. Теория Крылова помогает строить морские и авиационные жирокомпасы и автопилоты.

Новое слово в машиностроении сказал академик Василий Прохорович Горячкин (1868–1935). С его именем связано рождение новой науки – 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.

Не отбрасывая пока старого, чисто описательного курса машиностроения, Горячкин с 1896 г. читает курс сельскохозяйственных машин в Петровской сельскохозяйственной академии (ныне им. Тимирязева) и активно работает над теоретическими основами и конструированием сельскохозяйственных машин. 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 новой науки – науки о сельскохозяйственных машинах, названной Горячкиным «Земледельческая машина»; он и заложил также основы общей теории рабочих машин.

Первые годы XX в. характеризовались повышенной активностью машиностроителей. Появлением новых типов машин, в особенности транспортных, заставило обратить серьезное внимание на материалы, применяемые в

машиностроения, и на совершенствование расчетных методов теории упругости. Степан Прокофьевич Тимошенко (1878–1971), бывший первые годы XX в. профессором Петербургского института инженеров путей сообщения, решил ряд задач изгиба и кручения призматических стержней. Важное значение в теории упругости получили в это время двумерная и трехмерная задачи. Для решения двумерной задачи Г. В. Колосов (1877–1936) воспользовался аппаратом теории функций комплексного переменного. Эти идеи были развиты его учеником Н. И. Мухелишвили (1891–1976), который изучил концентрацию напряжений и впервые учел связь термических и силовых напряжений. Решение трехмерной – пространственной задачи было дано С. П. Тимошенко, А. Фепплем, К. Рунге. Несколько позже, в конце 20-х годов, Мухелишвили предложил и в этом случае использовать методы теории функций комплексного переменного. Как уже отмечалось, к началу XX в. относится становление неголономной механики. Как известно, этим термином Герц предложил называть системы, движения которых подчинено неинтегрированным кинетическим связям, и впервые использовал его в своих «Основаниях механики» (1894). В 1895 г. С. А. Чаплыгин составил дифференциальные уравнения движения системы в обобщенных голономных координатах при наличии линейных неголономных связей и равного числа циклических координат. Важный вклад в теорию внес профессор Киевского университета Петр Васильевич Воронец (1871–1923). Впервые он занялся неголономной механикой в 1901 г. Позже вывел общие уравнения движения неголономных систем. В 1909 г. в работе «Задача о движении твердого тела» и в последующих работах ввел условие зависимости силы лишь от положения точки от поверхности.

В тесной связи с неголономной механикой находится динамика живых организмов, основополагающие работы которой опубликовал в первом десятилетии XX в. профессор Екатеринославского (Днепропетровского) горного института Ярослав Иванович Грдина (1871–1931).

На стыке многих направлений – механики, математики, различных отраслей техники – возникла в конце XIX в. теория устойчивости. Здесь, наряду с Анри Пуанкаре, громадная заслуга принадлежит Александру Михайловичу Ляпунову. Его основополагающие научные поиски, и особенно докторская диссертация «Общая задача об устойчивости движения» (1892) послужили основой теории.

Период, охватывающий конец XIX и первые десятилетия XX в., оказался чрезвычайно плодотворными в истории развития теоретической и прикладной механики. В эти годы были высказаны многие идеи, развитые впоследствии в целые научные направления.

Характерным является повышенный интерес к сравнительно небольшому числу проблем (в 20-е гг. XX ст.): аэродинамика, гидродинамика, теории рабочих машин, неголономная механика. Одновременно весьма активно велись чисто математические исследования, возникали новые направления.

Очень важную роль в развитии отечественного математического естествознания сыграла московская математическая школа, основанная А. Д. Егоровым и его учеником Н.Н.Лузиным. К этой школе принадлежат такие крупные ученые, как П.С.Александров, М. А. Лаврентьев, А. Н. Колмогоров, И. И. Привалов, Д. Е. Меньшов, Н. К. Бари, М. В. Келдыш, В. В. Голубев и др. Н. Н. Лузин и его ученики развили ряд важнейших направлений математики и создали математический аппарат для решения многих задач теоретической и прикладной механики.

Большое внимание обращается на практические направления науки. В это время наука начала приобретать новые организационные формы: и в системе Академии наук, и вне ее организуются научно-исследовательские институты. В 1919 г. на Украине была создана Академия наук, вторая в бывшем СССР, в составе которой был открыт Институт технической механики.

В первой половине 20-х годов научно-исследовательские институты математики и механики были открыты в составе Ленинградского, Московского и Казанского университетов. Создание сети научно-исследовательских учреждений благоприятно повлияло на развитие исследований в области механики. Уже в 20-х годах, кроме традиционных школ в Ленинграде и Москве, возникают исследовательские коллективы в Киеве, Харькове, Днепропетровске, Тбилиси.

Следует указать, что в это время 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. В начале 30-х годов начали развивать идеи Л. В. Ассура.

С появлением и развитием автомобильного, а затем авиационного транспорта повысился интерес к нефти и ее транспортировке. Возникла практическая задача движения вязкой жидкости. В бывшем СССР над ее решением работал один из учеников Жуковского – Л. С. Лейбензон, принимавший участие в организации Бакинского университета.

В 20-30-е годы самыми важными задачами в области аэрогидродинамики продолжали оставаться те, что были связаны с теорией самолета. В эти годы Н. Е. Кочин решал задачу об установившемся движении круглого в плане крыла в идеальной несжимаемой жидкости, В. В. Голубев развил теорию машущего крыла, А. Н. Доросницын решил задачу полета для случая стреловидного крыла и крыла, летящего со скольжением. Идеи Н. В. Жуковского и получили дальнейшее развитие в работах А.И.Некрасова, М. А. Лаврентьева, М. В. Келдыша, Л. И. Сизова.

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. А.Н.Ляпунов в монографии «Общая задача об устойчивости движения» (1892) решил эту проблему для систем с конечным числом степеней свободы. Н.Г.Четаев (1902–1959) применял теорию Ляпунова к проблеме неустойчивости движения и решил ряд технических задач, которые относились к устойчивости полета снаряда и устойчивости самолета. В 1936 г. он предложил постулат устойчивости, содержащий требование малых отклонений между теорией и экспериментом. Методы Ляпунова нашли применение также в учении о колебаниях. Повышение рабочих скоростей заставило обратиться к нелинейной теории колебаний. К началу 30-х годов в СССР ею занимались две школы: Л. И. Мандельштама, Н. Д. Папалекси и А. А. Андропова, которые исходили из нелинейной теории разноколебаний, применяя при этом методы Ляпунова, и киевские школы И. М. Крылова и Н. Н. Боголюбова, которые развивала асимптотические методы. Исследования Крылова и 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.

В это же время одно из первых мест по важности технических решений заняли вопросы механики сплошной среды.

В области теории упругости Н.И.Мусхелишвили и его ученики исследовали плоскую задачу при помощи методов теории функций комплексного переменного. В середине 30-х годов XX в. Б. Г. Галеркин (1871–1945) построил теорию изгиба пластинок и начал исследования по теории оболочек, которые привели к значительным результатам: он обеспечил большую точность расчетов и распространил теорию на оболочки средней толщины. Предложенное им приближенное решение для цилиндрической оболочки дало возможность рассчитывать трубопроводы под произвольной нагрузкой.

Подобные задачи были необходимы для строительной техники. В это же время возникают и комплексные проблемы, относящиеся одновременно к строительной механике, теории упругости и теории устойчивости, например, проблема устойчивости упругих систем, теория стержневых систем. А. Н. Диннин (1876–1950) развил теорию устойчивости элементов сооружений и применил методы теории упругости к решению задач горной механики, в частности, к теории прочности шахтных каналов. П. Ф. Паппович (1887–1946) решил ряд общих задач теории устойчивости и развил экспериментальные методы изучения прочности корабля. А. Н. Крылов активно занимался строительной механикой корабля. Его работа «О расчете балок, лежащих на упругом основании» (1930) явилась важным вкладом в строительную механику. В это же время В. М. Майзель начал исследования в области термоупругости, которые продолжил А. Д. Коваленко.

Важным методом исследования напряжений в машинных деталях стал оптический метод, который разрабатывали как советские, так и зарубежные (английские, американские) ученые. Еще в XIX в. начинает оформляться новое направление механики – теория пластичности. Математическая теория пластичности была построена в 1870–1871 гг. Сен – Венаном и Морисом Леви. С середины 30-х годов XX в. инициатива в дальнейшем решении ее задач переходит к советским ученым. Ряд задач решил С. А. Христианович. Затем С. Л. Соболев, который рассмотрел, в частности, состояние переходное от упругого к пластичному. Математической теорией пластичности занимался и Л. С.Ленбензон.

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. В Ленинградском политехническом институте С. В. Вехирев и Н. И. Колчин организовали первую в Советском Союзе кафедру теории машин автоматического действия. Одним из первых советских ученых, которые работали в этом направлении, был А. П. Павлов. В 1937 г. он опубликовал работу «Методика построения механизмов-автоматов» и в дальнейшем неоднократно обращался к этой теме.

Следует заметить, что 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). Интересно, что происхождение сварки связано с одной из важнейших отраслей технологии строительных работ – скреплением элементов металлических конструкций. В 1929 г. Патон организовал при кафедре инженерных сооружений Всеукраинской академии наук электросварочную лабораторию со штатом шесть человек. Одной из первых задач, поставленных и решенных лабораторией было определение надежности и прочности сварных соединений железных конструкций.

В 1934 г. на базе лаборатории был открыт институт электросварки АН УССР. На протяжении 30-х годов разработана технология электросварки и решены многие задачи прочности сварных соединений. В 1939–1940 гг. Патон завершил создание нового метода скоростной автоматической сварки под флюсом, который получил широкое распространение в годы Великой Отечественной войны.

Метод соединения элементов металлоконструкций при помощи сварки был лишь одним из практических выходов прикладной механики. 20 – 30-е годы принесли много проблем, связанных с созданием новых конструкций. В строительную практику начал внедряться железобетон, появились рамные конструкции, элементы которых работают в основном на изгиб. Для расчета таких конструкций были созданы новые методы, основанные на учении деформации. Если для XIX в. характерной конструкцией мостов были фермы, то в 30-х годах XX ст. вновь появились арки, а это поставило перед строительной механикой новые задачи.

В середине 50-х гг. XX в. начинается период современной научно-технической революции. Изменяются интересы исследователей, работающих в разных направлениях механики. Интересы эти в значительной мере обусловлены практическими задачами, поэтому в аналитической механике большой интерес стали проявлять к динамике переменной массы, неголономной механике, теории гироскопов. Большое распространение получает нелинейная механика, занявшая важное место в исследованиях колебательных процессов; 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.

Например, в механике применение метода графостатики к решению задач динамики механизмов определило становление кинестатики и, наоборот, кинематические графоаналитические методы нашли применение в строительной механике. Применение методов гидродинамики к решению задач теории трения вызвало к жизни гидродинамическую теорию смазки, появились новые направления на стыке теории колебаний со строительной механикой, механикой машин, механикой материалов и т.д. В результате современная механика разделилась на много направлений, которые сливаются, с одной стороны, с математикой, с другой – с различными направлениями техники. Есть общее между различными направлениями механики, свойственное периоду научно-технической революции. Это учет реальных условий работы изучаемых объектов, обусловленный ростом рабочих скоростей и параметров. Новые отрасли производства, возникающие в связи с развитием атомной энергетики, освоением космоса, настройкой машин большей мощности, должны иметь высокую степень надежности, подтвержденную точностью расчетов. Создание электронных вычислительных машин, позволивших механизировать вычислительные работы, также является одним из аспектов современной научно-технической революции.

С середины 50-х годов в механике машин начинается быстрое развитие экспериментальных и математических методов исследования и как следствие – переход к изучению машин в реальных условиях их работы. По инициативе И. И. Артоболевского в практическом машиностроении с успехом стали применять метод динамики тел переменной массы.

Математические, строительные, горные, полиграфические, текстильные, сельскохозяйственные и другие машины имеют в своем составе механизмы с переменной массой, частичная потеря массы влияет на динамику всей системы в целом. Все большее значение приобретает синтез механизмов, а задачи синтеза механизмов вплотную связаны с проблемами теории машин автоматического действия и с проблемой создания роботов и манипуляторов. Технические устройства, предназначенные для воспроизведения функций человеческой руки, широко применяются в современных производствах: в атомной энергетике, при космических исследованиях, при исследовании морских глубин, для работы при высоких температурах, в химической промышленности и т.п.

В 60 – 70-х гг. появилось много работ в области механики, обусловленные, в первую очередь, потребностями техники. Но многие исследования определялись также и чисто теоретическими интересами, и пересечение их с техническими проблемами явилось уже вторичным, т.е. наука готовила почву для дальнейшего развития техники. Например, современные самолеты – результат приложения сил едва ли не всех отраслей и направлений механики: строительной, теории упругости и теории прочности, которые должны обеспечить прочность конструкций, нелинейной механики, учитывающей колебательные процессы, теории устойчивости, теории механизмов и многих других, в особенности аэродинамики. В связи с повышением скоростей полета и появления сверхзвуковых самолетов в 60-е гг. были проведены глубокие теоретические и экспериментальные исследования в области сверхзвуковых течений газа. Были разработаны расчетные методы для гиперзвуковых скоростей, создана теория сильного взрыва в покоящемся газе и т.д. В результате возникла теоретическая база, облегчившая создание новых высокоскоростных самолетов. В 1955 г. советская авиационная промышленность начала выпускать новые самолеты типа ТУ–104 с двигателями турбореактивного типа. В 1957 г. на пассажирской линии был выпущен самолет ТУ-114, а в 1968 г. – ТУ-154 с тремя реактивными двигателями, рассчитанными на перевозку 164 человек со скоростью до 1000 км/час на расстояние до 6000 км. Одновременно советская промышленность начала выпускать и турбовинтовые самолеты. В 1965 г. в СССР был построен самый большой в мире транспортный самолет «Антей» с четырьмя турбовинтовыми двигателями по 15 тыс. л.с. каждый, в 1968 г. – первый в мире сверхзвуковой пассажирский самолет ТУ-144.

Несколько позже подобные самолеты были построены в США («Боинг – 2707»); английская и французская авиапромышленность выпустила совместно самолет «Конкорд». Эти самолеты имеют крейсерскую скорость 2500 – 3000 км/час.

Современная НТР вызвала к жизни много новых технических проблем. Интересно, что сейчас под обобщающим названием «строительная механика» понимают уже целый ряд самостоятельных наук и научных направлений. Из строительной механики выделились в отдельные направления строительная механика стержневых систем, висячих систем, пластин и оболочек. При этом помимо от статических методов расчета строительных конструкций во многих случаях используются кинематические и динамические методы. Значительное развитие получили исследования в области теории устойчивости конструкций.

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.

ВЫВОДЫ

Еще в далекой древности на Руси умели делать разнообразные вещи – механические устройства, отличающиеся сложностью, оригинальным решением, что создавало благодатную почву для теоретического обоснования и зарождения теории машин, механизмов, строительных конструкций.

В XVII–XVIII вв. появляются сочинения по механике, написанные учеными, разнообразные переводы с латинского, служившие источником знаний для многих поколений механиков. Появляются работы по проблемам трения, различным проблемам инженерного дела и другие.

Имена выдающихся творцов российской науки и техники стали гордостью всего человечества. Отечественная наука развивалась в общем направлении, дополняя, а порой и опережая мировую науку. С развитием железнодорожного строительства развивается отечественное мостостроение (Д. Журавский, Н. Белелюб-ский и др.), прочно входит в практику метод подобия и многое другое.

В XIX в. появляются интересные теории, в том числе теория пространственных зубчатых механизмов, теория структуры плоских и пространственных механизмов, теория автоматического регулирования, гидродинамическая теория трения и многие другие.

Значительным вкладом в развитие отечественной инженерной науки является разработка теоретических основ одного из важнейших производственных процессов – процесса резания, а также практической разработки режимов резания, создания режущего инструмента, в том числе трубчатого вращающегося резца.

Отечественные ученые проделали большую работу по классификации механизмов и создали действительно научную систематизацию механизмов (Л. Ассур, И. Артоболевский).

В отечественном машиностроении велико значение работ В. П. Горячкина. С его появлением связано рождение новой науки – наука о сельскохозяйственных машинах, которые строились долгое время на одном опыте.

Начало XX в. характеризуется появлением нового типа машин (авто- и авиастроение), что обратило внимание отечественных ученых на материалы, совершенствование расчетных методов теории упругости, использование методов теории функций комплексного переменного, происходит активное становление неголономной механики на стыке многих направлений – механики, математики, различных отраслей техники, возникает (конец XIX в.) теория устойчивости.

С началом НТР (50-е годы XX ст.) практические задачи поставили на повестку дня такие научные направления, как динамика тела переменной массы, неголономная механика, теория гороскопов и др. Распространение получает нелинейная механика, в прикладной механике теория колебаний занимает передовое место во всех направлениях. Современная механика разделяется на множество направлений.

ТЕМА VII. РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОГО ДЕЛА И ПРОФЕССИИ ИНЖЕНЕРА В РОССИИ В XIX ВЕКЕ

В петровское и послепетровское время инженерная профессия вступает в новую стадию своего развития со все возрастающим ускорением. Однако для огромной России этого было недостаточно. К тому же развитие промышленности отличалось большей 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. Поражение в крымской войне показало отсталость страны, неумение царизма распорядиться и мобилизовать экономику на ведение войны, обеспечение армии. Все это остро поставило на повестку дня необходимость коренных изменений во всех сферах жизни: в экономике, образовании, военном деле, финансах, судебной и городской системе и др.

Рассмотрение особенностей развития инженерного дела, профессии инженера как одной из основных сторон развития промышленного производства составляет цель настоящей лекции.

1. *Возрастание потребностей в расширении инженерной деятельности в России.*

2. *Особенности формирования российского инженерного корпуса.*

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.

Уменьшалась доля России в мировом производстве чугуна, стали и др. Если в 30-е годы Россия выплавляла 12 % общей мировой добычи чугуна, то в 1859 г. на ее долю приходилось лишь 4 %. Вывоз чугуна за границу также значительно упал – с 1795 по 1860 г. он уменьшился в 4,5 раза. Это было вызвано «избытком» правительственной опеки и крепостного труда. Машины и орудия этих производств были такие, как были в обиходе чуть ли не в начале XVIII столетия.

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. Основным инновационным стимулом в гражданском секторе экономики было так хорошо знакомое нам до недавнего времени директивное давление, рекомендовавшее поощрять изобретательство и предпринимательскую активность.

С целью оживления процесса развития промышленности 17 июля 1812 г. правительство издало Манифест о привилегиях на разные изобретения и открытия в художествах, в котором вводился новый смысл понятия «привилегия». Если раньше привилегия выдавалась за устройство нового завода или фабрики, то теперь – за новое открытие или изобретение. Таким образом, начал функционировать первый стимул творческой инженерной мысли, которая теперь могла быть оплачена.

Реально получить привилегии на изобретение было достаточно сложно. Процесс этот был сопряжен с преодолением бюрократических преград, а также с недостаточно четкими формулировками документов, в частности, статей Манифеста. Так, не было сделано различия между открытием, изобретением и усовершенствованием; не определена ответственность за неполное описание изобретения; выдача привилегий сопряжена со сложной бумажной процедурой, так что получение ее растягивалось не менее чем на полгода.

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.

Зато функция простого надзора была чрезвычайно развита повсюду, где применялось внеэкономическое принуждение. В 1807 г. было принято «Положение», которое устанавливало в числе прочих следующие категории мастеровых при заводах: десятники (с функциями теперешних бригадиров), сотники («близнецы» наших мастеров) и старшины (что-то вроде начальника цеха).

Набирались эти, говоря словами Маркса, «унтер-офицеры промышленности» из самих же «непременных работников», т.е. из рабочих. Особые квалификационные требования к ним не предъявлялись, кроме, по всей видимости, значительного опыта работы.

Поскольку мы связываем появление институционализированной профессии с развитием капиталистических форм хозяйствования и зарождением классов предпринимателей и наемных работников, то для того чтобы хронологически определить момент, с которого начинается современный инженер, необходимо ответить на вопрос, когда в России завершился переход от ручного труда к машинному, от мануфактуры к фабрике.

Известный советский историк академик Н. М. Дружинин писал: «Машины появились на отдельных предприятиях на рубеже XVIII-XIX вв., но в течение первого тридцатилетия XIX в. распространение машинного оборудования носило спорадический, неустойчивый характер и не могло поколебать господство мелкого производства и крупной мануфактуры. Только с середины 30-х годов стало наблюдаться одновременное и непрерывное внедрение машин в различные отрасли промышленности, в одних более быстро, в других – замедленное и менее эффективное»¹. Такой спорадический характер применения машин вплоть до второй половины XIX в. (а в некоторых отраслях и позже) определил роль инженеров в системе общественного разделения труда, их место в организации производства. 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».

В большинстве отраслей крупной промышленности к 80-м гг. был завершён промышленный переворот, переход к фабрике, начавшийся еще в 30-40-х гг. Это дало значительный толчок промышленному развитию страны. Быстрое развитие получила выплавка чугуна, который называли «хлебом промышленности». В 1867 г. Урал дал 11 млн. пудов чугуна, или 65 % его выплавки в стране, а Юг только начинал его выплавку (56 тыс. пудов, или 0,3 %). Урал сохранял первенство до 1887 г., когда он выплавлял 23,8 млн. пудов, или 63,5 %. Но Юг развивался быстрее – он к

этому сроку стал давать чугуна в 74 раза больше (4,2 млн. пудов). В 90-е годы Юг вышел на первое место. В 1887 г. заводы Юга выплавляли 46,4 млн. пудов, или в 828 раз больше уровня 1867 г. Это составило 40,4 % всего чугуна в стране. Урал в 1897 г. дал 41,2 млн. пудов, или 35,8 %.

В 1870 г. Россия выплавляла 2,9 % мирового производства чугуна, а в 1894 г. – 5,1 %. За 10 лет (1886-1896) выплавка чугуна ускорила (США сделали подобный шаг за 23 года, Англия – за 22, Франция – за 28 и Германия – за 12 лет). Самыми быстрыми темпами в мире развивалась добыча угля и нефти. За 30 лет (1867-1897) добыча угля увеличилась в 25 раз (с 28 до 684 млн пудов). Добыча нефти в середине 60-х гг. еще почти не была развита (557 тыс. пудов), в 1870 г. она составила 1,7 млн пудов (рост в 3 раза), а в 1895 г. было добыто 384 млн. пудов (рост за 25 лет в 226 раз).

По темпам развития тяжелой промышленности Россия заняла первое место в мире. Высокие темпы объяснялись тем, что развитие капитализма в молодых странах ускорялось технической помощью и примером старых стран, возможностью использовать иностранные капиталы, технику, технический персонал. Но отставание России к 1861 г. было так велико, что догнать к середине 90-х гг. передовые страны она не смогла, несмотря на гигантские масштабы.

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, т.е. в 7,4 раза, что свидетельствует о преобладании крупных заводов в числе вновь возникших. Были построены такие крупные машиностроительные предприятия, как Обуховский сталелитейный и пушечный, механический завод Нобеля – в Петрограде, паровозостроительный – в Коломне, а через два года - Харьковский и Луганский, пушечный и механический в Перми, машиностроительный – в Одессе и др. С 1875 г. по 1892 г. количество паровых двигателей увеличилось в стране вдвое, а их мощность - в 3 раза. Увеличился не только ввоз машин, но и инженеров, высококвалифицированных рабочих и даже целых заводов (например, в США был заказан и перевезен новый трубопрокатный завод).

Важным показателем развития индустриализации (капиталистических отношений) в России является доля свободного труда в структуре рабочей силы промышленности. По данным переписи 1897 г. рабочие промышленности составляли 52 % к числу всех занятых в этой отрасли экономики, на транспорте и в торговле – лишь 29 %, а в сельском хозяйстве – всего 15 %. Остальные занятые – это ремесленники, кустари, поденщики. Таким образом, даже в конце XIX в. вольнонаемная рабочая сила не превышала трети всех занятых. Кроме того, следует учесть, что статистика того времени, как отмечал академик С. Г. Струмилин, “относила к числу “фабрик” и чрезвычайно мелкие на наш современный масштаб, заведения вроде кожевенных заводов, которые в 1804 г. составляли свыше трети всех учтенных “фабрик” при среднем числе рабочих на каждом не свыше семи”¹.

Так же, как и в других странах Европы, русская интеллигенция вообще и инженерная в частности не представляла собой самостоятельного экономического класса, а находилась на службе у господствующего, т.е. буржуазии. Общественно-политические взгляды инженеров мимикрировали под влиянием ее непосредственных интересов. Значительное воздействие на характер такой позиции оказывало и социальное происхождение, отличающееся некоторыми особыми чертами по сравнению с западноевропейским стандартом, где интеллигенция представляла собой более зрелую социально-профессиональную группу со значительно большим удельным весом процесса самовоспроизводства. В России же каналы рекрутации были многочисленными, а процент самовоспроизводства не таким значительным, в связи с тем, что острый дефицит кадров высококвалифицированных технических специалистов не мог покрываться не только за счет самовоспроизводства, но также и вследствие сословных ограничений. Однако процесс демократизации социальной селекции инженеров наталкивался на множество барьеров: существующие традиции воспроизводства социальной структуры, порицавшие переход от одной группы в другую; имущественный ценз в виде платы за обучение в вузах; юридические преимущества при поступлении в вузы лиц дворянского происхождения и пр.

Острая нехватка инженеров, мешающая развитию производительных сил страны, тормозящая процесс концентрации труда, восполнялась несколькими способами:

- 1) импортом иностранных специалистов, продолжавшимся 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. Процент практиков на промышленных предприятиях составлял в 1885 г. – 93, в 1889 – 96,8.

Вообще говоря, доля практиков (т.е. лиц, не получивших специального образования, необходимого для замещения данной должности) является важной характеристикой состояния профессии, показывающей не только степень закрытости или открытости группы, жесткость регулирующего ее воспроизводство механизма, но и степень институционализации, а также соответствия действующей системы образования общественной потребности. Есть примеры профессиональных групп, которые традиционно не имеют в своем составе практиков, - это врачи,

фармацевты, военные специалисты и др. Строгий контроль за компетенцией своих членов у этих профессий был введен еще в XVII в. Так, несмотря на свободу промыслов и занятий, в европейских странах для содержания аптеки требовалось особое разрешение властей, которое давалось лишь лицам, прошедшим испытание в фармакологических обществах.

Подобные ограничения права заниматься определенным видом труда были установлены в интересах личной и общественной безопасности и утвердились лишь в тех промыслах, где некомпетентность была чревата гибелью человека или государства.

Право на инженерный труд не подвергалось таким ограничениям очень долго – вплоть до XIX столетия. Это обуславливалось, во-первых, положением инженеров в армии, которое носило не вполне определенный и даже не вполне обязательный характер. Во-вторых, профессиональные институты, регулирующие воспроизводство группы, появились не сразу, лишь в XVIII в., когда инженерные войска получили сколь-нибудь правильную организацию с четко определенным типом карьеры военного инженера.

Поскольку профессия военного инженера имеет более давнюю историю, чем аналогичная гражданская специальность, то и контроль компетенции в армии соответственно возник раньше. Следует еще сказать, что кроме того, степень риска в случае исполнимости специалиста во время войны всегда выше, чем в гражданских отраслях экономики. Добавим, что армии вообще больше присущий дух регламентации и жесткость всей организационной структуры, что даже создавало непреодолимые препятствия для проникновения в группу практиков не имеющих официальных свидетельств об окончании учебных заведений нужного профиля.

Массовость группы гражданских инженеров, значительный удельный вес функций простого надзора и управления, не требующих особой подготовки, быстрые темпы численного роста – все это создало предпосылки для открытости профессии, снятия заслонов на пути дилетантов или опытных практиков.

В истории развития российской промышленности XIX века есть немало примеров плодотворной деятельности опытных практиков-самоучек и инженеров. К их числу относится деятельность Петра Акиндиновича Титова, ставшего крупным строителем кораблей, управляющим и главным инженером верфи, строившим такие известные корабли как корвет «Витязь» и броненосец «Наварин». Среди них можно назвать и волжского механика В. И. Калашникова. Окончив всего лишь три класса Угличского уездного училища он сформировался как большой знаток механического дела непосредственно на производстве, достиг выдающихся успехов в деле усовершенствования паровых двигателей на волжских пароходах. В. И. Калашникову принадлежит около 80 печатных работ, в которых он выступал как выдающийся инженер, новатор судостроения.

Социальный состав русских инженеров XIX в. оставался весьма пестрым. В армии значительную часть инженерного корпуса составляли дети потомственных дворян. Военная служба и в пореформенные годы по традиции продолжала считаться престижным занятием. Однако система подготовки военных специалистов не обеспечивала достаточного притока лиц дворянского происхождения. Правительство вынуждено было использовать в качестве постоянно действующего канала рекрутации образованных унтер-офицеров, вливая тем самым в ряды привилегированного, корпоративно замкнутого инженерства свежие струи демократических сословий. Дальнейшая демократизация состава инженерного корпуса была связана с введением всеобщей воинской повинности в 1874 г., которая повлекла за собой изменения правил приема в военные училища, куда теперь зачислялись лица всех сословий. Удельный вес дворян в военно-учебных заведениях все отчетливее проявлял тенденцию к снижению.

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 все растущей потребности в инженерах, по-прежнему оставался ввоз иностранных специалистов в Россию. Иностранный капитал оказывал немалое влияние на развитие русской промышленности благодаря политике протекционизма. В 1850 г. в страну было ввезено иностранных машин на 2,3 млн рублей, в 1859 г. он составил уже 11 млн рублей, в 1870 г. - 37,5 млн рублей, в 1880 – 67, 3 млн.

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, беспопылинном 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 в. 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 этом плане интересны следующие данные. 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. Известный экономист XIX века профессор П. К. Худяков в одной из работ приводит такие данные: «По отношению к машиностроению в 1892 г. распределение заведующих механическими заводами с оборотами более 1000 руб. выражалось следующим числом процентов... русских – техников 35,1 %, нетехников 43,6 %, иностранцев – техников 12,9 %, нетехников 8,4 %». Далее делает вывод: «До тех пор пока промышленность будет в руках нетехников и в особенности иностранцев, самостоятельного, правильного и прочного развития у нее не может быть».1

О той же особенности русской промышленности пишет М. Горький в очерке о Всероссийской выставке 1896 г.: «Прежде всего машинный отдел поражает отсутствием в нем русских фамилий, факт уже не однажды отмеченный печатью. Производители русских машин и работодатели на поприще этой отрасли русского труда являются французы, англичане, немцы и затем поляки. Русские же фамилии совершенно незаметны в массе таких, как Лильпоп, Бромлен, Поле, Орицнер, Гампер, Лист, Борман и Шведе, Пффор, Реппган и так далее».2

Талантливый русский инженер А. И. Дельвиг вспоминал: «Мне приходило в голову, что почти везде начальствующие лица из немцев, а когда изберут русского, то в помощники ему придадут все-таки немца».

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.

Даже в таком, казалось бы официальном документе, который назывался «Проект общего нормального плана промышленного образования в России», отражена ситуация, связанная с засильем иностранных специалистов: «Нельзя не принять в соображение, что у нас и поныне технические специалисты в больших промышленных заведениях и мастера, заведующие отдельными частями производства, большею частью суть иностранцы, которые лишь в самых редких, исключительных ситуациях благосклонно относятся к коренным русским, желающим приобрести в мастерской практические познания, могущие сделать их способными заменить иностранцев».1

Наконец, 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. Помимо общеобразовательных и технических, специальных знаний, корпус давал хорошую светскую подготовку. Воспитанники обучались музыке, танцам, фехтованию. Обучение было военизированным, дисциплина – строжайшей.

Горный кадетский корпус считался одним из наиболее престижных учебных заведений, и, как отмечает А. Лоранский, автор исторического очерка Горного института, «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... Словом сказать, Горный корпус оказался наилучшим из петербургских «благородных пансионов», но как специальное высшее учебное заведение по горной части он мало выдавался»2.

Горные инженеры были особо привилегированной группой в XIX в. Чиновники корпуса горных инженеров представляли особую касту и занимали только руководящие посты в отрасли. Вот факт, говорящий об особом положении горных инженеров: в таблице о рангах «гражданские чины вообще уступают место военным», которые «по праву чинов военных, имеет старшинство над чиновниками гражданскими или классными одинакового с ними чина... Горные чиновники... уравниваются с чинами военными и пользуются всеми их преимуществами». В 1891 г. в России было всего 603 дипломированных горных инженера.

Горные инженеры в отличие от прочих гражданских чинов носили форму военного покроя. Они имели особую титлатуру: высший горный чин – обер-бергауптман – соответствовал 5-му классу (статский советник); бергауптман – коллежскому советнику или полковнику; обер-бергмейстер – надворному советнику; бергмейстер – коллежскому асессору; маркшейдер – титулярному советнику; шихтмейстер – низшим, 13-му или 14-му классу.

Дефицит инженерных кадров приводил к жесткой регламентации их распределения и использования по окончании высшего учебного заведения. Так, если выпускники университетов принимались на гражданскую службу свободно, то выпускники горного института обязывались отработать по специальности 10 лет, было запрещено перемещать таких специалистов в другое ведомство. Законом 1833 г. регламентировалась и служебная карьера: предписывалось при освобождении вакансий замещать их служащими этого же предприятия, что препятствовало текучести кадров и стимулировало хорошую работу инженеров. Кроме диплома вуза, подтверждающего

профессиональную компетентность, инженеры получали патенты на гражданский чин, если они служили, или ученые степени (кандидат, магистр, доктор).

Законом 1857 г. закрепление выпускников вузов за полученной специальностью распространялось, кроме института корпуса горных инженеров, еще на ряд учебных заведений: Московское дворцовое архитектурное училище, Институт корпуса путей сообщения, Строительное училище Главного управления путей сообщения и публичных зданий.

«Воспитанники этих заведений получают при выпуске классные чины с обязанностью посвятить себя определенному роду службы совершенно или только на определенное число лет»,¹ которое для горных инженеров должно быть не менее 10, а для архитектурских помощников (т.е. выпускников архитектурных училищ) – не менее четырех.² Только по прошествии указанного числа лет инженеры получали аттестат. Лица, не имеющие аттестатов, допускались к замещению низших должностей по горному делу (т.е. кондукторов, чертежников и пр.) только в том случае, если они выдержат специальный экзамен при Институте Корпуса горных инженеров.

В 1857 г. в России действовало шесть вузов: 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.

Кроме Горного института, привилегированное положение имел также Институт инженеров путей сообщения, открытый в Санкт-Петербурге в 1810 г. В 1823 г. институт преобразован в военизированное закрытое учебное заведение, а в 1849 г. – в Кадетский корпус, куда доступ имеют лишь дети потомственных дворян.

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

Петербургский технологический институт в этом списке был показательным. Он имел два отделения: механическое и химическое. Окончившие полный курс с удовлетворительными оценками выпускники получили звание технолога 2-го разряда и выходили из податного состояния; окончившие «с успехом» – технолога 1-го разряда и звание почетного личного гражданина. К концу XIX в. выпускники технологического института добились права поступать на гражданскую службу, т.е. получать чины не более 10-го класса в зависимости от успеваемости.

Несколько позднее, т.е. 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. Техника, инженерная деятельность были одними из последних бастионов, куда путь женщине оставался закрытым.

Следует заметить, что 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 являли собой группу, по своему общему культурному уровню намного превосходящую тех, с кем ей приходилось интенсивно общаться, т.е. круг своего ближайшего общения. 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, ставившие их подчас на один уровень с властью имущими, также привлекали к ним взоры простых людей, рабочих, повышая престиж профессии в массовом сознании. Факты свидетельствуют, что стремление стать инженером (об этом говорят результаты конкурсов), диктовалось не в последнюю очередь достаточно высоким материальным положением выпускника. Например, управляющий рудником или заводом получая жалование до 20 тыс. рублей в год и, кроме того, имел казенную квартиру. Зарплата инженера такого ранга превышала зарплату рабочего где-то в 100 раз. Однако управляющие составляли высший эшелон инженерного корпуса, основная масса специалистов имела доходы более скромные. В столицах технический специалист зарабатывал от 175 до 350 рублей в месяц (от 2,1 тыс. до 4,2 тыс. рублей в год.)¹

В романе Н. Г. Гарина-Михайловского «Инженеры» рассказывается об одном из молодых инженеров, выпускнике вуза. В первый год работы после окончания института он зарабатывает 200-300 рублей в месяц, т.е. примерно в 10 раз больше рабочего. Низшие инженерные должности (например, мастер) оплачивались в 2-2,5 раза больше рабочего.

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.

Авторы работ по проблемам истории инженерной деятельности, становления профессии инженера в России отмечают и многочисленные факты наличия дополнительных доходов от профессии, в том числе связанные с взяточничеством и воровством казенного имущества. Такие незаконные, но весьма распространенные побочные доходы делали инженерные должности достаточно «теплым местечком».

Чтобы подчеркнуть свою исключительность и принадлежность к престижной профессии российские инженеры носили униформу, которая отчетливо указывала на военное происхождение профессии. Общие черты одежды инженеров - фуражка и мундир. Ношению униформы в самодержавной России XIX придавалось очень большое значение. Об этом авторы пишут: «Насаждавшийся сверху консерватизм порождал недоверие по всему растущему и новому – следовательно, к индивидуальному и своеобразному, – создавая эстетику всеобщего единообразия, проявляющуюся повсеместно и повседневно. Первым свидетельством гражданской полноценности каждого был мундир, который полагалось носить всем – военным и чиновникам, студентам-землемерам, судьям и школьникам. Лишенный мундира, человек переставал быть частью государственной структуры, становился частицей массы, заполнившей ее поры, вызывал по официальной мере недоверие, смешанное с настороженной враждебностью».1 Помимо униформы, институционализируются даже, служебные награды. Так, в Уставе о гражданской службе 1857 г. указывалось: «Наградами считаются: 1. Чины; 2. Ордена; 3. Высочайшее благоволение; 4. Звание камергеров и камер-юнкеров Двора Его Императорского Величества; 5. Арендные деньги; 6. Пожалование земель; 7. Прибавочное жалование; 8. Подарки от имени Е.И.В.; 9. Единовременные денежные выдачи; 10. Признательность начальства, объявляемая с Высочайшего соизволения. Этот перечень и многое другое говорит о престижности профессии инженеров в обществе. Она была в XIX веке относительно новой и достаточно редкой (по некоторым данным около 12 тыс. дипломированных заводских инженеров). Следует сказать, что капиталистическое 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.

ВЫВОДЫ

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

Неравномерность технического прогресса в России, когда быстрыми темпами развиваются отдельные отрасли, где концентрировались инженерные кадры, существовали отрасли, развивающиеся медленно, неравномерно, где явно недоставало инженеров. Их недостаток восполнялся за счет практиков, процент которых был достаточно высоким. Это мешало развитию производств, отраслей и в целом производительных сил.

Оставляя главной рекрутационной массой дворянство, правительство принимает меры по расширению подготовки инженеров за счет других сословий. Многие учебные заведения становятся всесословными, претерпевают демократические изменения, что дает возможность в какой-то мере удовлетворять потребности развивающейся промышленности в инженерах.

Одной из особенностей решения проблемы роста количества инженеров для нужд развивающейся промышленности России является значительный ввоз иностранных специалистов. Засилие этих кадров, особенно в машиностроительной промышленности, потребовало принятия мер по развитию отечественной системы технического образования, закреплению выпускников вузов за полученной специальностью, позднее развитие женского образования

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.

ТЕМА VIII. РАЗВИТИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ, РЕМЕСЛЕННОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ХИМИИ НА РУСИ (X – XVII ВВ.)

После крещения Руси (988 г.) в Киеве и других центрах наряду с греческим духовенством и купцами, появилось немало греческих специалистов-ремесленников, в том числе и химиков. Древняя Русь получила в области химико-практических и части теоретических знаний значительное наследие из Византии. На Русь из Византии пришли и первые рецептурные химические сборники, влияние которых хорошо прослеживалось в позднейших русских химико-технических сборниках. Кроме того, на Руси с древнейших времен получили довольно широкое распространение сочинения на болгарском, сербском и других славянских языках. Следует также заметить, что химические знания развивались и в самой Руси. Так, в древнерусских летописях, юридических и бытовых литературных памятниках встречаются названия разнообразных химикатов и имеются указания на их применение

и способы обработки, встречаются сведения, дающие некоторое представление об уровне химико-технических знаний у древнерусских химиков-ремесленников.

Далее рассмотрим проблемы становления химических знаний на Руси, развития некоторых технологий, ремесленной и технической химии.

1. Становление и развитие химических знаний и ремесел на Руси (X – XIII вв.).

2. Развитие технологий, ремесленной и технической химии в России (XVI – XVII вв.).

Многочисленные факты (летописи, раскопки и др.) свидетельствуют о том, что на Руси существовали разнообразные химические ремесла еще в древности. В частности, среди распространенных на Руси в X–XIII вв. химических ремесел упоминаются: изготовление земельных и растительных красок, применявшихся в масляной живописи и для окраски тканей, изготовление цветных эмалей, кожевенное производство, изготовление лекарственных и гигиенических препаратов и веществ (мыловарение и др.), обработка поверхностей металлов (особенно воронение стальных изделий) и некоторые другие. Сложилась устоявшаяся, хорошо освоенные технологические процессы получения полезных, нужных вещей в хозяйстве.

Особого упоминания заслуживают данные о развитии металлургии в ту эпоху. Из металлов в древней Руси были хорошо известны и широко распространены золото, серебро, железо, медь, олово, свинец, ртуть, сурьма, мышьяк (в виде окислов и сульфидов) и некоторые другие (в виде соединений). Интересно проследить происхождение древнейших названий металлов на русском и других славянских языках.

Как и другие народы древности, славяне называли металлы по трем главным признакам: некоторые названия связывались с космическими явлениями, другие давались по функциональному признаку, т.е. по признаку применения металлов для тех или иных целей, и наконец, отдельные названия связаны с местом добычи металлических руд.

Славяно-русские названия «золото» и «серебро» связаны с космическими явлениями. Слово золото (злато) происходит от слова «солнце» (sol), серебро (сребро) – от названия «лунного серпа». Последнее название созвучно с ассирийским «сарпу» – серп, это же слово употреблялось и для обозначения луны. Напомним, что в древнем Египте, особенно в эпоху солнца, эти понятия обозначались так: золото – кружок с точкой посередине или кружок с символом луча, а серебро – знак луны (лунный серп) и т.д.

Имеются вполне достоверные сведения о развитии в древней Руси кустарной металлургии железа, добывавшегося почти на всей территории средней России из болотной или озерной руды кричным методом с помощью небольших горнов с дутьем, как и у всех древних народов. Полученное таким путем железо перерабатывалось в разнообразные изделия – предметы военного снаряжения, оружие, сельскохозяйственные орудия и т.д. Древнерусским мастерам были известны и способы антикоррозийной обработки поверхности металла – воронение (так называвшиеся харалужные копыя, сулицы и другое оружие, от слов «кара» – черный и «луда» – одежда).

Очень мало данных сохранилось о наличии в древней Руси добычи меди, олова, свинца и других металлов. Однако котельное дело, а также литье и другие способы обработки этих металлов были широко распространены. Свинец, в частности, применялся в виде листового металлов для покрытия крыш храмов. Киноварь (сернистая ртуть) – как краска для иконо- и книгописания.

Помимо металлов, изделий из них и некоторых металлических солей, в древнерусских литературных памятниках упоминается довольно много веществ, в том числе сера («жупел», «сера горячая»), известь (от греч.), уксус (иногда «оцет» от ace-tum), соль, кислота (кисль), щелок (раствор щелочи, обычно поташа), квасцы и многие другие. Начиная с XVI в., число упоминаемых в литературе веществ все более и более возрастает.

Среди красок, которые в древности назывались «вапы» или «шары», и применялись, в частности, в иконо- и книгописании, а также для крашения тканей, на первом месте следует поставить «чернило», т.е. черную краску. Употреблялось два рода чернил – «копченое чернило», которое изготавливали из копоти, и «железное чернило», получавшееся из настоев коры различных деревьев (ольхи, дуба и др.) и из чернильных (дубовых) орешков. В настой для получения чернила клали куски ржавого железа, позднее – железный купорос. Широко использовались также и земляные краски местного происхождения и привозные – охра, бакан, синило, белило и другие.

Особого упоминания заслуживает ремесленное мастерство украшения металлических предметов эмальями (финифть), изготавливавшихся на основе окислов олова и свинца. Сохранились некоторые образцы украшенных эмальями предметов (например, оклад Мстиславова евангелия XII в.). Производилось также стекло, главным образом для украшений. В 1239 г., как отмечают летописные источники, была застеклена церковь св. Иоанна в Холме. Древнерусские ремесленники умели варить мыло и изготавливали всевозможные косметические средства.

Из лечебных средств в древней Руси применялись в основном лекарственные травы и их настои – «зелья» (от древнеславянского «село» – поле). В «Печерском патерике» рассказывается о деятельности древнерусских врачей (XI–XII вв.), среди которых упоминается приезжий армянин.

Несомненно, что на Руси существовали и были широко распространены рецептурные химические сборники византийского и южнославянского происхождения, связанные, в частности, с иконописанием. Правда, до сих пор

не удалось обнаружить ни одного такого сборника. Вероятно, это следствие трагических событий, пережитых Русью в XIII–XV вв. Но в более поздних сборниках такого типа (XV–XVI вв.) можно отчетливо проследить византийские влияния как в названиях веществ и материалов, так и в указаниях на источники получения некоторых веществ, совершенно не характерных для русской флоры и фауны.

Дошедшие до нас памятники материальной культуры, например, такие, как роспись киевского Софийского собора, образцы красок которые найдены недалеко от Михайловского монастыря в Киеве, относящиеся к XIII столетию, а также многочисленные археологические находки, изделия из металлов, монеты, иконы, рукописные книги, позволяют прийти к определенным выводам о состоянии практической химии в Киевской Руси до XIII столетия. В этот период Русь по уровню практической химии и развитию химических ремесел мало чем отличалась от Западной Европы.

Вместе с тем значительное количество древнерусских рукописных произведений, химического содержания относятся, главным образом, к XVI – началу XVIII вв. Это прежде всего так называемые «иконописные подлинники», т.е. руководства для иконописцев, содержащие изображения («подлинники») святых и наставления как их следует писать. Многие из таких подлинников содержат более или менее обширные приложения, посвященные рецептурам изготовления и применения разнообразных красок и вспомогательных материалов (клеев, лаков, олиф, средств обработки поверхности). Впрочем рецептурные сборники такого рода часто представляют собой самостоятельные произведения, не связанные с иконописными подлинниками в точном понимании этого названия. В них, помимо рецептов, относящихся к живописи, фигурируют и другие химико-технические рецепты, в частности, рецепты изготовления и применения различных химикатов. Известны и рецептурные сборники чисто химико-технического содержания, не имеющие отношения к иконописанию.

Имеется большая группа рукописных материалов по вопросам практической химии, которые представляют собой фармацевтические сборники и лечебники, описывающие изготовление и применение всевозможных лекарственных составов, в том числе и ятрохимических средств. Правда, значительное число таких сборников описывает исключительно растительные лекарственные средства. Это так называемые травники или зелейники, прохладные вертограды (*Hortus amoenus*) и лечебники. Но, помимо ботанического описания растений, в них много говорится о фармакологии и изготовлении различных вытяжек, настоев, «водок» и одновременно описываются иногда интересные приемы химической обработки (мацерация, дистилляция) растительных материалов. Некоторые из сборников представляют собой извлечения из западноевропейских фармакопей XIV–XVII вв., перечисленных, например, в известном словаре Н. Лемери. К такого же рода литературе относятся наставления военно-ветеринарного содержания.

Известно также несколько древнерусских рецептурных сборников «полезных хозяйственных советов». В них даются наставления по садоводству, скотоводству, изготовлению и консервированию пищевых продуктов, напитков и, вместе с тем, советы по домашнему лечению болезней, применению тех или иных материалов и химикатов для хозяйственных целей и в домашнем обиходе. Типичным сборником такого рода может служить приложение к «Домострою» (XVI в.), особенно главы 65 и 66.

Особую группу сборников составляют собрания рецептов пиротехнических составов для военных целей, описания обработки сырой селитры, изготовления порохов и различных материалов военного значения. Наконец, сохранилось довольно большое количество документов и материалов, например, Аптекарского приказа, Оружейной палаты; переписка, касающаяся производства поташа, селитры и других материалов, о росписи храмов, литье колоколов и пушек и т.д.

Старейшим из сохранившихся химических рецептурных сборников (иконописный подлинник) является сборник «Троице-Сергиевской лавры», который датируется серединой XV в. Этот небольшой по объему сборник содержит несколько рецептов изготовления так называемого, поталья (под этим названием здесь фигурируют искусственные золотоподобные краски) и способов писания золотом и серебром. В сборнике упоминаются металлы – золото, серебро медь, железо, ртуть, а также другие разнообразные вещества – квасцы, сера горючая, жженое мыло (щелочь), кисль (кислота, неизвестно какая), оцет (уксус), киноварь, гематит, медвежья желчь, камедь и другие. Описываются способы золочения железа и диспергирования металлов (золота, серебра, меди) для получения порошков, способы изготовления киновари и писчих чернил из чернильных орешков с добавками различных веществ и т.д.

К XVI–XVII вв. относится уже несколько десятков таких рецептурных сборников – приложений к иконописным подлинникам, – значительно более пространно излагающих сведения о минеральных и растительных красках, способах их приготовления и смешения, а также о многочисленных вспомогательных для живописи материалах.

Описываемые в них краски и другие химикаты для живописи, так же, как и способы их подготовки и применения, представляют интерес как с точки зрения технологии, так и истории живописи в древней Руси. Отметим, что древнерусские живописцы пользовались довольно широким ассортиментом красок. Среди них киноварь, добываемую ремесленниками искусственно из серы и ртути с последующей возгонкой; свинцовый и железный сурик; черлень – красную краску, изготовлявшуюся из червеца (*Socius Ionicus*); ярь медянку – уксуснокислую, а иногда молочнокислую медь (лучшие сорта этой краски были импортными, например, ярь венецкая). Затем идет празелень, составная краска из синих, голубых, зеленых и желтых красок; зелень – обычно малахит; лазорь, изготовлявшаяся из минералов лазурита; лавра – синяя составная краска (позднее – берлинская лазурь); синь, или синило, – растительного происхождения; голубец – составная краска из яри и белил; крутик (вайда) и даже

индиг (индиго). Мы не называем здесь обычно земляных красок (охры, багреца и др.), применявшихся с глубокой древности.

Вспомогательные материалы для живописи также довольно многочисленны: олифа, скипидар, канифоль, янтарь, различные древесные смолы, нефть, растительные (камеди) и животные (рыбий клей – «карлук» и мездричный) клеи, клейстеры, поверхностноактивные вещества (желчи, яичный белок), порошки для шлифовки и полирования поверхностей и многие другие.

Среди сборников химико-технических рецептов упомянем здесь «Сказание о всяких промыслах и указы об иконном мастерстве и о серебряном рукоделии и иных вещах, смотри сам своими глазами и вразумишь сам себя». Рукопись относится к началу XVIII в. Однако, судя по отдельным рецептам, встречающимся в более ранних сборниках, а также по многочисленным ошибкам в специальных терминах, этот сборник неоднократно переписывался с более старой оригинальной рукописи или был составлен из ряда рукописей какими-то любителями. Здесь мы находим много различных рецептов, относящихся к золотописанию, писанию по железу (травлению), пайке различных металлов, обработке золота и других металлов, плавке стекла, пиротехническим составам и т.д.

Более обширен по объему и содержанию рукописный сборник конца XVII в. под заглавием «Указы о разных статьях, составы в красках, в золоте и в чернилах, и как их составлять, и писать по железу, по меди и по бумаге и по стеклу и о других разнообразных вещах, которые можно узнать из этой книги». В нем, помимо обычных рецептов изготовления красок для живописи, приемов золотописания, пайки металлов и т.д., приводятся рецепты крашения тканей, получения азотной кислоты, варки мыла и его заменителей («вараха») и множество других. Всего в рукописи 258 рецептов. Материал сборника дает достаточно ясное представление о приеме ремесленного химического мастерства и об ассортименте имевшихся в обиходе ремесленников XVII в. веществ и материалов.

Обстоятельные сведения о производстве селитры, пороха и разнообразных пиротехнических составов приведены в «Уставе ратных пушкарских и других дел», написанном, по-видимому, частично на основании иностранных источников Онисимом Михайловым по указаниям царей Василия Шуйского и Михаила Романова в 1607 и 1621 гг. Здесь приведены описания получения селитры из органических отходов путем их перегнаивания в особых ямах; вот почему селитра в древности называлась «ямчугой». Дана рецептура разнообразных порохов для пушек, «пищалей» (мушкетов), а также взрывчатых и зажигательных составов. В качестве компонентов всех этих составов фигурирует много химикатов, особенно металлических солей и органических соединений.

Много разнообразных веществ перечислено также в «Торговой книге» для русских купцов, выезжавших с товарами за границу. Книга составлена в 1575 г., а пополнена в 1610 г. В списках товаров и цен на них приведены, в частности, квасцы белые; серые (нечистые) купоросы: белый (цинковый), зеленый (железный), синий (медный); нашатырь, мышьяк белый, мышьяк желтый (аурипигмент), сулема (двухлористая ртуть), бура, киноварь, ртуть, металлы и другие химикаты.

Древнерусские сочинения медицинского характера описывают способы изготовления множества лечебных препаратов: «водок», «настоев», «спусков» (сплавов легкоплавких веществ), «мазей» и других лекарственных средств. Для изготовления лекарств использовались растения преимущественно русской флоры. Описываются лекарственные вещества и натрохимического характера. Весьма интересно описание химических операций изготовления лекарств, особенно операций «перепускания» (дистилляции, фильтрации, сублимации), а также аппаратуры и различных приспособлений, химико-аналитических приемов исследования веществ.

Большинство медицинских сочинений известно из списков XVI и XVII вв., но некоторые из них, несомненно, скопированы с более ранних оригиналов (об этом свидетельствуют, в частности, ошибки переписчиков, неспециалистов в области медицины). Почти все названия лекарственных веществ и растений довольно легко расшифровываются.

Дополнительным материалом к обширной древнерусской медицинской литературе, характеризующей состояние химических знаний, могут служить документы Аптекарского приказа и юридические документы XVII столетия. К их числу относятся, например, архивные документы (остатки, уцелевшие от московских пожаров, особенно пожара 1812 г.) Аптекарского приказа.

На основании беглого обзора некоторых важнейших литературных материалов, несущих сведения химического характера XV – XVII вв., можно утверждать, что в части практической химии Россия в этот период сравнительно мало отставала от Западной Европы. Однако тогда она еще не имела своих оригинальных ученых-химиков, не было в ней университетов и специальных химических учебных заведений (за исключением Аптекарского приказа, где подготавливались лекари, аптекари и «алхимики»). В этом отношении Россия была отсталой страной. Весьма немногие русские люди могли получить образование за границей, так как московское правительство и высшее духовенство противодействовали этому; положение изменилось только к концу XVII в. С другой стороны, западные соседи России, опасаясь ее усиления, чинили препятствия поездкам в Москву специалистов и ученых, а в эпоху Иоанна Грозного – даже проезду через свои земли специалистов из Италии, Германии и Франции, направлявшихся в Россию. Лишь после начала англо-русской и русско-голландской торговли через Архангельск и Мурманск (вторая половина XVI в.) в Москве появляются специалисты из Западной Европы, работавшие в различных областях науки и техники, в частности химии. В следующем, XVII веке, число таких специалистов настолько возросло, что в Москве уже существовала Немецкая слобода – целый район, заселенный иностранцами.

Следует заметить, что в отличие от Европы, в России не существовало ни алхимиков, ни алхимических лабораторий. Причинами этого являются не только преследование алхимиков как колдунов и обладателей ядовитых веществ и, следовательно, возможных «отравителей» царей и бояр, но прежде всего отсутствие условий для занятий алхимией. Духовенство и правительственные чиновники зорко следили за тем, чтобы с Запада в Московию не проникли какие-либо чуждые православию идеи, или «ереси» и даже католицизм и его догматика. Кроме того, общая экономическая отсталость и отсутствие интереса и стимулов к решению химико-технических задач исключали появление в Москве алхимиков из среды русских людей.

Русские люди восприняли от Западной Европы в первую очередь то, что им казалось наиболее ценным и важным в практическом отношении, то, что было лишено какой бы то ни было фантастической окраски. В этом отношении ятрохимические средства лечения казались им куда более рациональными, чем тайные средства (агсапа), панацеи, учение Ван-Гельмонта об Архее и т.д. Поэтому-то в древнерусских лечебниках, наряду с «галеникой» фигурируют многочисленные химические лечебные средства – препараты ртути, мышьяка, сурьмы, железа и даже золота. Дальнейшие успехи химии в России XVIII и особенно XIX столетия наглядно демонстрируют тот факт, что отсутствие у русских химиков глубоко укоренившихся на Западе алхимических традиций благотворно сказалось на их деятельности, которая характерна тесной связью с практикой и многими новаторскими идеями.

Известно, что в истории развития химии XVI и XVII вв. называют иногда периодом возникновения технической химии. В это время получила значительное развитие металлургия (что нашло отражение в трудах В. Бирунгучо и Агриколы), И. Глаубер впервые разработал технологию получения чистых кислот и некоторых солей, значительно усовершенствованы производства порохов, красителей, керамики, технология крашения, разработан широкий ассортимент красок и т.д. Одновременно химия прочно срослась с медициной и фармацевцией. В Западной Европе возникновение разнообразных химических производств и внедрение химии в различные отрасли промышленности совпали с зарождением капиталистических отношений, с подготовкой буржуазных революций и промышленного переворота XVIII в. Возникновение мануфактурной промышленности, в частности, химических производств, наблюдается и в России, но здесь, в отличие от Западной Европы, они развиваются в условиях феодально-крепостнического строя, в виде «крепостных мануфактур». С другой стороны, развитие мануфактур задерживалось огромными пространствами России, отсутствием хороших путей сообщения (кроме рек) и недостатком квалифицированных специалистов. Все это придавало организации русских производств своеобразные черты.

В эту эпоху особо широкое развитие в России получили ремесленные производства, в том числе и химические. Потребление большинства химических материалов было незначительным и вполне покрывалось поставками ремесленников; к тому же некоторые товары – металлы, краски и др. – импортировались из других стран. Таким образом, для возникновения крупных химических производств не существовало условий и стимулов. Однако процесс быстрого экономического развития в XVII в. не мог не отразиться на расширении химической и особенно металлургической промышленности. На Руси издавна в довольно широком масштабе существовали кустарная выплавка железа и железообрабатывающая промышленность. Большая часть железа выплавлялась в небольших сыродутных горнах с дутьем по кричному способу¹. В XVI в. кустарное производство железа расширилось: для его получения, помимо болотных руд, стали использовать бурые железняки и сидериты. Крупные месторождения таких руд были найдены в ряде районов страны – под Москвой, вблизи Каширы и Тулы, в Поволжье, в Карелии, на севере, близ Устюга, на Украине. Наряду с сыродутными горнами, стали применять более совершенные «домницы» – прообраз современных доменных печей. Уже к концу XVI в. несколько десятков таких домниц работало в районах Новгорода, Устюга; в районе Москвы тульские железоделательные кустарные производства имелись еще в XV в.

Быстрый рост производства железа был вызван с расширением потребности в железных изделиях, в первую очередь для военных целей. В 1554 г. в Москве, например, была отлита чугунная пушка весом 1200 пудов (около 20 тонн), в следующем году – еще одна, несколько меньшая.

Начало развития крупной железорудной промышленности в России относится к XVII в. В 1630 г. иностранцем А. Винусом был построен большой «вододействующий» завод вблизи Тулы (Городищенский завод), имевший 4 доменные печи. В это же время возникли и другие железоделательные заводы вблизи Москвы. Некоторые из них принадлежали «ближнему боярину» Борису Морозову – родственнику царя. Много небольших заводов было построено в северных районах страны по берегам северных притоков Волги и в других районах. Еще в 1623 г. были обнаружены богатейшие запасы руды на р. Нице на Урале. На базе этого рудника построен первый на Урале Ницинский завод. Железорудная и железообрабатывающая промышленность неуклонно развивалась в течение всего XVII, а затем и XVIII столетий, особенно на северо-востоке России и в Сибири а также на Украине.

Добыча и переработка медных и серебряных руд велась на Руси в небольших масштабах издавна; производство медных изделий, котельное и литейное ремесла существовали с древнейших времен. Уже в XIV–XV вв. русские мастера умели отливать колокола достаточно больших размеров. В Москве и в других городах работало множество ремесленников – «серебреников» и «медников». В Новгороде во второй половине XVI в. работало 5500 серебреников, медников, секирников, котельщиков. В 1586 г. известный русский мастер Андрей Чохов отлил «царь-пушку» весом 40 тонн, сохранившуюся до наших дней.

Организованные поиски рудных запасов меди и серебра начались в Московии еще в XV в. Широкий размах они получили в следующем столетии («рудомания»), когда началась полукустарная разработка отдельных рудников. В XVII в. меднорудная промышленность встала на ноги. Были открыты богатые месторождения меди и серебра на

Урале, в Приуралье, Олонецком крае, Сибири. В 1633 г. начал работать Пыскорский медеплавильный завод, заброшенный через несколько десятков лет и вновь открытый в качестве «казенного» (государственного) в 1724 г.

Однако в XVI и первой половине XVII в. медь в значительных количествах еще ввозилась в Россию. Ее расход постоянно возрастал. Особенно много меди шло на литье колоколов и пушек. В 1654 г. в Москве, например, был отлит колокол весом 8 тыс. пудов (около 500 тонн). Колокола меньших размеров отливались десятками в разных городах еще в XV и XVI столетиях.

После окончания «смуты» в начале XVII столетия в Москве была реорганизована система «приказов», своего рода «министерств», ведавших различными областями политической и хозяйственной жизни. А 1613 г. были учреждены приказы, в частности, по горнозаводским промыслам и переработке металлов. Отливкой пушек и ядер ведал Оружейный, а в дальнейшем Пушечный приказ, в ведении которого находились Оружейная палата и Пушечный двор (на берегу реки Неглинной, недалеко от центра Москвы). В 1668 г. был учрежден Гранатный приказ с большим штатом специалистов – металлургов и мастеров по обработке металлов. В числе специалистов имелся и химик («алхимист»). Производством золотых и серебряных предметов с 1613 г. ведал Серебряный приказ, под управлением которого находились Серебряная, Золотая и Рудознатная палаты, последняя представляла собой первую государственную пробирную лабораторию.

Из собственно химических производств, возникших в этот период, следует упомянуть селитроварение. Селитра добывалась в XV и XVI вв. кустарным способом. В начале лета соскребывался налет соли, образующийся на сырых стенах каменных зданий. «Соль», содержащая селитру (аммиачную), подвергалась «варке», т.е. растворению в воде, выпариванию и кристаллизации. Для получения чистой селитры («литрованной») кристаллизацию производили несколько раз, добавляя поташ или золу. С XV в. для добычи селитры начали устраивать особые «селитряницы» – ямы или канавы, заполнявшиеся органическими отбросами. Гниение отбросов при определенном режиме приводило к образованию аммиачной селитры, которая затем выщелачивалась водой и подвергалась варке. Полученная таким путем сырая селитра называлась «ямчугой», т.е. продуктом, полученным из ям. Одно время Московское правительство ввело в некоторых волостях страны натуральный налог на ямчугу.

До XVI в. вся сера для изготовления пороха ввозилась из Западной Европы через Новгород. Но русские мастера умели добывать ее путем обжига колчедана в кучах. Колчедан собирали по берегам рек, особенно левых притоков Волги, в виде больших кусков в наносных породах. При обжиге колчедана часть серы возгонялась и улавливалась в камерах, заполненных хворостом.

Порох и различные пиротехнические составы производились в описываемый период в больших количествах. Пушкарский приказ имел в своем распоряжении пороховые или «зеленые» мельницы и склады селитры, серы, готового пороха. В XVII в. Московское правительство не ограничивалось производством селитры и пороха на казенных заводах и «мельницах», а имело и частные подряды на их поставку. Так в 1651 г. группе иностранных специалистов (пороховых мастеров) был сдан подряд на поставку в течение пяти лет 10 тыс. пудов пороха. Селитра для изготовления пороха выдавалась мастерам из казенных складов. Для изготовления пиротехнических составов («стрел»), кроме основных компонентов пороха, употреблялись самые различные продукты – растительные масла, древесная смола, терпентин, канифоль, квасцы, ртуть, мышьяк и другие.

Из других химических производств широкое развитие получили поташное и «вайдашное» производства. Сырьем для изготовления этих продуктов служила древесная зола, для получения которой сжигались леса. Производство поташа было сезонным и велось на так называемых «майданах» – временных заводах, устраиваемых в лесах. В XVII в. поташ особенно высокой чистоты изготовлялся на майданах в вотчинах Б. И. Морозова – ближнего боярина и свояка царя Алексея Михайловича, – расположенных на территории современной Нижне-Новгородской области. Производство велось в широком масштабе (крепостная мануфактура), получаемый продукт вывозили за границу через Архангельский порт. Главным потребителем русского поташа была Англия. В 1667 г. одни только Сергачевские майданы дали для вывоза 23389 пудов поташа.

Внутри страны поташ использовали для получения мыла, производство которого процветало в ряде районов. Особенно славилось Костромское мыло. Интересно отметить, что уже тогда, несмотря на обилие жира и широкое развитие мыловарения, применяли заменители мыла («вараха»), изготовлявшиеся из соли, золы и других материалов.

Кустарное стекольное производство существовало на Руси, по-видимому, с глубокой древности. Кустарным путем делали лишь украшения (бусы). Оконное стекло и стеклянная посуда ввозилась до XVI в. В Москве (XVI в.) только немногие здания были остеклены; большей частью вместо стекла применялась слюда. В 1635 г. А. Койет создал первый стекольный завод в Дмитровском уезде, а во второй половине XVII в. близ Москвы существовало уже несколько стекольных заводов. Наследники А. Койета поставляли со своего завода Аптекарскому приказу значительное количество разнообразной стеклянной посуды – «скляниц», «сулей», «стоп», «реципиентов», «реторт», «колб», «алембиков» и т.д.

«Бумажные мельницы» были заведены в России еще в XVI в. Первая из них возникла около 1564 г. В XVII в. вблизи Москвы уже работало несколько бумажных мельниц. Впрочем значительное количество высококачественной бумаги ввозилось в Россию из других стран.

В русских ремесленных производствах с древнейших времен применялись различные минеральные и органические вещества, которые добывались на месте или вырабатывались ремесленниками для собственных

нужд. К их числу относятся: квасцы (белые и серые), купоросы (белый, зеленый, синий), нашатырь, мышьяк (белый и желтый), сулема, бура, сурьма, ртуть, киноварь, сурик (свинцовый и железный), охра и многие другие. Из органических веществ применялись уксус, водка, двойная водка, скипидар, терпентин, черная нефть, разнообразные клеи, олифы и другие вещества животного и растительного происхождения. Как видно из «Торговой книги», некоторые из перечисленных продуктов покупались за границей.

Что касается красителей, то многие из них также изготовлялись самими ремесленниками-живописцами. Как уже указывалось, иконописные подлинники и рецептурные сборники содержат множество рецептов изготовления красок из окрашенных глин, соков растений и минеральных веществ. Широкой гаммы цветов добывались смешением небольшого числа основных красок. Некоторые краски высшего качества ввозились из-за рубежа, как показывают их названия, например «ярь венецкая». Впрочем, в «Торговой книге» о красках как особых товарах, в сущности, не упоминается; возможно, что названия красок с прибавлением «венецкий», «цареградский», «турский», «немецкий» и т.д. просто означает сорт красок или способы их изготовления.

В некоторых случаях русские ремесленники-живописцы проявляли большую изобретательность в замене дефицитных красок продуктами собственного изготовления. Например, в Московии в XV–XVI вв. было иногда трудно достать винный уксус для изготовления яри-медянки (уксуснокислой меди, или яри венецкой). Русские мастера часто заменяли ее молочнокислой медью, которую получали выдерживая листовую красную медь в кислом молоке или в продуктах молочнокислого брожения. Сохранилось много рецептов изготовления этой зеленой краски.

Большой практический интерес представляет изучение старинных вспомогательных веществ: поверхностноактивных (желчь щучья, бычья и др.), клеящих (рыбий клей, растительные клеи, яичный белок) и др. Много внимания уделялось древнерусскими живописцами-ремесленниками изготовлению олифы; в рецептурных сборниках приводятся десятки рецептов варки олиф с добавлением смол, скипидара и янтаря.

Промышленного изготовления красок, даже самых ходовых, в России, по-видимому, не существовало вплоть до второй половины XVII в. Но кустарные производства и изготовление их самими живописцами широко практиковалось. В конце XVII в. возникли мелкие заводы, например, в Ярославле и Кашире, где изготавливались свинцовые белила.

Потребности растущей мануфактурной промышленности, в частности, металлургических производств, а также поиски полезных ископаемых, предпринимавшиеся Московским правительством с конца XVI в., естественно, вызвали необходимость в организации пробирного дела и химико-аналитических исследований вообще. Такого рода исследования на первых порах производились самими рудоискателями и металлургами. Однако уже в XVI и XVII вв. образцы руд, в которых предполагалось содержание серебра, золота или других металлов, стали отправлять в Московские приказы, где работали соответствующие специалисты.

Известно, что большая часть специалистов-химиков была сосредоточена в Аптекарском приказе и его учреждениях. Отдельные документы, уцелевшие от московских пожаров, дают достаточно отчетливое представление о деятельности служащих Аптекарского приказа – аптекарей, алхимистов и дистилляторов (водочников). Интересно, что должности алхимистов и их помощников – дистилляторов и учеников алхимистского дела – никогда не оставались свободными в течение большей части XVII в. В обязанности служащих Аптекарского приказа входило изготовление для царской аптеки и воинских частей всевозможных лекарственных средств – сахаров, сиропов, эликсиров, композитов, водок, спиртов, масел, пилюль, экстрактов, пластырей, мазей, спусков, малханов и т.д. Нередко аптекари и алхимики привлекались к химико-аналитическим определениям, особенно при судебно-медицинских экспертизах. Особенно много получали водок – спиртовых и водных растительных экстрактов, продуктов дистилляции спирто-водных растворов с кореньями, настоев. Сохранилось множество рецептов и даже сборников рецептов изготовления разнообразных водок. О масштабах их производства можно судить по расходу вина, т.е. спирто-водного раствора 40–50° крепости; в XVII в. Аптекарский приказ ежегодно расходовал свыше 5 тыс. ведер вина (около 60 тыс. литров) только на дистилляцию водок.

В рецептурных сборниках и других документах часто упоминается химическая операция «перепускания» (буквально – перемещение вещества из одного сосуда в другой), под которой подразумевались различные способы обработки веществ: дистилляция, сублимация, кристаллизация, фильтрование и другие. Особенно широко применялась дистилляция как в больших кубках, так и в лабораторных аламбиках.

Ятрохимическое направление медицины в России XVII в. требовало от аптекарей и алхимистов Аптекарского приказа знаний в области химии и токсикологии сильнодействующих химических средств, применявшихся, в частности, для лечения сифилиса и других тяжелых заболеваний. В лечебниках и рецептурных сборниках среди таких средств часто упоминаются ртуть, ярь-медянка, сулема, медный и железный купоросы, квасцы, сурьма. Широкого знания «химического искусства» требовало и приготовление разнообразных форм «галеновых» препаратов. Для изготовления всех этих лекарственных смесей применялось не менее 2 тыс. растений русской, западноевропейской и тропической флоры. Поэтому многие рецепты представляют большой интерес с историко-химической точки зрения.

Для характеристики приемов химико-аналитической оценки некоторых лекарственных средств приведем описание способа испытания редкого и высокоценного лекарства – «рогов инрога», пользовавшегося в качестве универсального средства громкой славой во всей Европе. Под инрогом (единорогом) подразумевалось какое-то южное животное – вероятно, горный козел. Купцы, привозившие в Москву такие рога, требовали за них огромную

цену – до 5 тыс. рублей за один рог (около 25 тыс. рублей в современной валюте). Естественно, что только царь мог позволить себе приобрести такой рог. При покупке рога специалисты Аптекарского приказа должны были испытать его «действительность». Способ испытания не лишен остроумия. В широкий таз наливали воду и на ее поверхность помещали маленькую металлическую лодочку. Затем в воду погружали рог толстым концом вниз. Если при этом лодочка тотчас же отплывала от места погружения рога, он считался качественным, если же оставалась неподвижной – рог браковался. Современному химику ясно, что подобное испытание основано на явлении быстрого образования на поверхности воды тонкого слоя поверхностноактивного вещества, содержащегося в роге, и распространения этого слоя по всей поверхности воды.

ВЫВОДЫ

Многочисленные документы свидетельствуют, что в Древней Руси (X–XIII вв.) имелось химическое ремесло – приводятся названия разнообразных химикатов, что позволяет заявить о том, что по уровню практической химии и развитию химических ремесел Русь мало чем отличалась от Западной Европы.

Татаро-монгольское нашествие (XIII–XV вв.) тяжелым бременем легло на плечи народа и в значительной степени заморозило экономическое развитие русских земель, но не остановило движение вперед, не ликвидировало ремесла, в том числе и химические, а напротив, использовало их в своих интересах.

В XVI и особенно в XVII ст. Россия довольно быстро становилась на путь экономического прогресса, отразившегося и на развитии химических ремесел и химических производств. Отдельные русские самоучки-самородки, преодолевая огромные трудности, овладевали техникой химических производств и ремесел и умели обрабатывать разнообразные вещества на уровне достижений науки того времени. Россия оказалась в состоянии создать исключительно благоприятные условия для деятельности ученых Д. Бернулли, А. Эйлера, М. Ломоносова, Г. Рихмана и многих других. Благодаря их работам Петербургская Академия наук с первых лет своего существования (1725) приобрела громкую и почетную известность во всем ученом мире. В сороковых годах XVIII в. М. В. Ломоносов положил начало славному пути развития химических наук.

ТЕМА IX: ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНТЕЛЛИГЕНЦИИ В БЫВШЕМ СССР, ОСОБЕННОСТИ ЭТОГО ПРОЦЕССА

Отечественная инженерная интеллигенция в XX в. прошла сложный путь становления и развития. Буржуазные «спецы» после Октября и в 1920-е гг, «технари» 1980-х годов и многое другое было на этом пути, были взлеты и падения. Инженеры пользовались большим спросом и их профессия считалась престижной в годы индустриализации и Великой Отечественной войны. Они теряли свой авторитет и влияние в обществе в первые послереволюционные годы и в эпоху застоя, что обуславливало падение престижа их профессии, а это в свою очередь вызывало снижение темпов научно-технического прогресса, уровня отечественных конструкторских и технологических разработок, надежности техники, что в конечном счете приводило к отставанию СССР в наукоемких отраслях экономики и других областях инженерной деятельности.

В лекции поставлена задача проанализировать положение, которое занимали инженеры в советском обществе в разные периоды его истории, а также выявить причины, приводившие к снижению престижа профессии на довольно длительное время.

- 1. Изменение положения инженерно-технической интеллигенции после Октябрьской революции.*
- 2. Формирование нового инженерного корпуса и его особенности.*

Октябрьская революция 1917 года привела к кардинальным изменениям в обществе, смене приоритетов многих направлений жизни и деятельности людей, изменению их места и роли в государственной системе.

В результате революции был сломан хозяйственный уклад старой России. Этот процесс был предопределен империалистической и гражданской войнами, которые довели экономику страны до глубокой разрухи. Резкий упадок производства наблюдался во многих отраслях: в сельском хозяйстве и промышленности, на транспорте и др. Вследствие этого прогрессировали безработица, обнищание масс. С прекращением работы многих заводов и фабрик значительная часть инженеров оказалась не у дел. Наиболее обеспеченные специалисты покинули страну; некоторые примкнули к рядам контрреволюционеров и борцов против Советской власти.

В тот день 7 ноября 1917 года инженеры были низвергнуты: из уважаемой, авторитетной группы профессионалов они превратились в буржуазных специалистов (бурспецов) – «чуждых делу революции личностей, вредителей, врагов». Здесь сказались и давнее их отчуждение от рабочего класса, даже враждебность, которая кстати была обоюдная. Такая взаимная враждебность, рабочего к инженеру ярко проявилась сразу же после революции: рабочие выносят вотум недоверия старым специалистам, подвергают их политическому ostracismu, нередко физические расправы с теми, кто был близок к владельцам предприятий, рьяно защищали их интересы.

Замена политики «военного коммунизма» новой экономической политикой, основы которой были разработаны В. И. Лениным еще в 1918 г., (т.е. к нормальной хозяйственной политике в переходную эпоху от капитализма к социализму, где без специалистов невозможно обойтись) поставила на повестку дня вопрос привлечения на свою сторону старых специалистов и преодолении к ним недоверия народных масс. Первые жесткие директивные меры трудовой мобилизации вызвали у бурспецов реакцию протеста, саботаж решений руководства страны и проводимой ими политики. В частности, в штыки был воспринят декрет о рабочем контроле, лишавший полноты власти не только фабрикантов и заводчиков, но и управляющих, инженеров.

В 1918 г. были национализированы крупнейшие промышленные предприятия, а весь технический и административный аппарат объявлен на службе у молодой республики. К саботажникам применялись суровые меры принуждения. В то же время велась значительная разъяснительная работа среди технической интеллигенции, что дало возможность привлечь часть образованных людей на сторону трудящихся. Уже в 1919 г. был сделан вывод, что период резкой борьбы со старыми специалистами, вызванной их саботажем, закончился.

Для привлечения старых специалистов, применялись не только силовые приемы но и повышалась материальная заинтересованность инженеров в активном труде на благо нового общества.

Государственная политика относительно использования бурспецов таким образом, сводилась к следующим основным направлениям:

- 1) беспощадное подавление контрреволюционных поползновений;
- 2) бережное отношение к тем, кто работает добросовестно;
- 3) воспитание у рабочих терпимого отношения к специалистам и преодоление «невежественного самомнения», что построить социализм можно, не учась у них.

Стало также ясно, что только внеэкономическим принуждением необходимых результатов не добиться. Несмотря на разруху, голод специалисты переводятся на особое положение, вводятся пайки – «простой», «усиленный», «академический». Крупные ученые и инженеры освобождаются от всякого рода общественных повинностей. Улучшаются их жизненные условия. Конечно, не следует забывать об ограниченных возможностях государства в решении проблемы жилья и повышения заработной платы.

Так, в работе Н. Гумилевского «Бюджет служащих в 1922-1926 гг.», изданной в 1928 г. в Москве, сообщалось, что бюджет совработников был привязан к тому минимуму, за пределами которого начинается голод. Источники тех же лет отмечали, что среднедушевой доход в семье служащего к началу 1923 г. составлял 10,4 руб., кроме того, он получал натурой продуктов на 3 руб. В Москве 90 % служащих (в том числе инженеров) жили в коммунальных квартирах, а 2 % из них имели лишь угол, т.е. часть комнаты. С развитием НЭПа материальное положение инженеров стало постепенно улучшаться. Сократилась безработица. Только в течение 1923 г. зарплата специалистов возросла на 52 % (хотя рост цен на продукты питания «съел» значительную часть этой прибавки). Но и этих денег едва хватало на удовлетворение даже самых элементарных потребностей.

Еще об одной детали облика инженера тех лет следует сказать особо. Изменяется внешний вид инженеров. Раньше блестящая форма выделяла специалистов из рабочей массы, подчеркивала его профессиональную принадлежность, теперь инженеры стремятся не выделяться из массы трудящихся, мимикрировать под рабочего. Военизированный мундир сменяется косовороткой с легкими брюками, фуражка с гербом – кепкой. И только в предвоенные годы с возрастанием престижа профессии делается попытка возрождения униформы в некоторых отраслях хозяйства (горное дело, связь, транспорт и т.д.).

На снижение престижа инженера в те годы существенной влияли в литераторы, создавая отрицательные образы разжигая неприязнь к специалистам. После 1924 г. эта неприязнь была возведена в ранг государственной. В публицистике появился даже такой термин, как «спецеество» – отношение к специалистам-инженерам. «Инженер» и «вредитель» стали почти синонимами. О престиже профессии в таких условиях говорить весьма трудно.

Более того в то время издавались журналы «Инженерный работник», «Инженерный труд», практически в каждом номере которых были такие заметки: под следствием находятся столько-то инженерно-технических работников, нарушающих правила техники безопасности, халатно исполняющих свои обязанности, а также помещалась подробная информация о «Шахтинском деле», «процессе Промпартии» и др.

Подобное отношение к инженеру-специалисту привело к тому, что от всеми уважаемого инженера конца XIX – начала XX вв. через 10-15 лет не осталось и следа. На смену пришел новый исторический тип – «ослабленный страхом инженер».

Следует заметить, что гонения на специалистов были следствием общей политики, проводимой И. Сталиным, которая основывалась на тезисе обострения классово-борьбы при социализме. Поиск врагов по своему размаху приобретает зловеющий характер. Спецеество лишь формально квалифицируемое как негативное явление, на деле же обвинение во вредительстве, как демоклов меч, висело над каждым инженером. Имелась также общая партийная установка (1928 г.) оказать «должный отпор» саботажным элементам из буржуазных специалистов, усилить контроль за их деятельностью. Резко критикуются хозяйственники-коммунисты, «слепо доверяющие» бурспецам. Коллективы предприятий призываются к бдительности, к необходимости «беспощадно карать».

В 1931 г. И. Сталин формирует свое «видение» политической позиции бурспецов: «Одни вредили, другие покрывали вредителей, третьи умывали руки и соблюдали нейтралитет, четвертые колебались между Советской властью и вредителями». И далее: «Вредители у нас есть и будут, пока есть у нас классы, пока имеется капиталистическое окружение». Этот тезис привел к тому, что на инженеров старой школы была возложена ответственность за все экономические, хозяйственные неудачи. В технической неполадке видели политическую неблагонадежность, в аварии – измену делу социализма.

Политика спешества нашла поддержку не только у отсталой и наименее образованной части рабочего класса, но и в кругах руководителей-выдвиженцев, состоявших на 2/3 из рабочих и на 1/3 из крестьян. Конфликт между специалистами и руководителями новой формации был заложен в саму структуру управления промышленностью. На IX съезде РКП(б) была предложена дуалистическая форма управления заводами и фабриками: директору-администратору из рабочих в помощь придавался «инженер-специалист в качестве фактического руководителя предприятия». Мыслилось, что разделение власти в промышленности на техническую и политическую в то время было мерой необходимой. От того, как будет развиваться экономика молодого государства, зависело его будущее, следовательно, у руля должны были стоять преданные делу революции люди. А среди инженеров их было мало. Но руководство промышленностью не могло быть эффективным без знания производства. Рабочие-выдвиженцы не обладали такими знаниями.

Таким образом, альянс комиссаров со специалистами был неизбежен, но он нес в себе не только технологический, но и социальный конфликт. «Красный директор» должен был управлять, но не знал – чем и не знал – как. Спец все это знал, но не допускался к принятию решений, так как постоянно находился под подозрением.

Каждый управленческий выбор являлся результатом балансирования между компетентностью и революционным энтузиазмом. Зачастую, как это не парадоксально, предпочтение отдавалось второму. Призывы к бдительности, невежество, страх перед инженерным заговором давили на управленцев-выдвиженцев. «Красный директор» в беседе с «техническим» ощущал себя человеком, попавшим в чужую страну и не знакомый с ее языком. За всем неясным виделась угроза, ведь люди не любят того, чего не знают, да и тех, кто знает больше их самих. Иногда подозрительность к деятельности спецов доходила до абсурда, «породив» презрение к очкам, галстуку, шляпе. Обнаружение эрудиции – по этой логике – расценивалось как умничанье, а атрибуты профессионализма были превращены в символы контрреволюции и саботажа. Двойственная миссия технической интеллигенции, которая в одно и то же время должна была руководить гегемоном, с одной стороны, а с другой – подвергаться его воспитательному воздействию, чрезвычайно осложняла ассимиляцию старых специалистов в новую структуру общества.

Постепенно идея управления промышленностью дуалистическим способом сменилась на лозунг единоначалия. Так, в постановлении ЦК ВКП(б) от 10 апреля 1930 г. дается установка: «Директора предприятий в настоящих условиях реконструкции промышленности должны быть не только общими руководителями, но и обязаны руководить техникой производства». Устранялась одна из причин конфликта между руководителями и специалистами и в то же время официально одобрялось вмешательство непрофессионалов в технические вопросы. В этом постановлении также содержится призыв к руководителям предприятий энергичнее взяться за удаление из рядов ИТР вредительских элементов, т.е. обстановка недоверия к инженерным кадрам сохранялась.

В условиях кампании спешества сформировалась и определенная реакция инженеров. Как и любая группа, оказывающаяся в условиях притеснений и давления, они постепенно сплотились. Рост профессиональной корпоративности проявлялся в создании различных сообществ: Всероссийского союза инженеров, общества «Техника – массам», многочисленных региональных обществ технологов, архитекторов, чертежников, горных инженеров. Всероссийский союз инженеров, возникший еще летом 1917 г., в 1918 г. был преобразован во Всероссийскую ассоциацию инженеров (ВАИ). Однако правительство, стремившееся к стандартизации форм общественного бытия всех классов и групп в целях облегчения контроля за их деятельностью, признало нецелесообразным существование автономной ассоциации инженеров. ВАИ была признана рассадником вредительства и антисоветизма и потому распущена. Взамен были организованы научно-технические общества и НТС, приписанные к ВЦСПС.

Стране, которая вступала в период индустриализации, нужны были кадры, корнями связанные с народом, вышедшие из народа, служащие этому народу, т.е. была народная интеллигенция. Решением этой проблемы могли быть выдвижение лучших из лучших на руководящие должности, предоставление им возможности получения образования. По разверстке в вузы направлялись рабочие, крестьяне, партийные активисты. За период 1918–1921 гг. только на производстве (не считая государственного аппарата), было выдвинуто на командные и технические должности свыше 3500 рабочих и более 2000 крестьян. В 1929 г. принимается решение вдвое увеличить удельный вес инженерно-технического состава в крупной промышленности, довести процент рабочих среди студентов до 70 %. Ежегодно во втузы направляется «партийная тысяча» – так назывались лучшие партийцы, которым представлялось право на учебу. В целях быстрее удовлетворения потребностей экономики в кадрах срок обучения во втузах нового типа был сокращен до 3–4 лет.

Эти и другие меры быстро начали давать свои плоды: заметно возросла численность выпуска технических специалистов. Коренным образом изменился социально-классовый состав студенчества. Вместе с тем следует отметить, что резко упал профессиональный уровень инженеров. Специалисты, подготовленные в высших технических школах (а также и в средних), особой ценности не представляли и нуждались в дополнительном обучении, в том числе практическом в условиях конкретного предприятия.

Общее снижение квалификационного уровня профессиональной группы инженеров происходило также и вследствие привлечения на инженерную работу практиков, число которых росло опережающими темпами по сравнению с числом дипломированных специалистов. В 1928 г. таких «практиков» на технических должностях было 39 %, а через два года уже 48,4 %. В этих условиях перед высшей школой была поставлена задача готовить специалистов непосредственно для производственных нужд, поэтому инженер универсального типа с хорошей общеобразовательной подготовкой уступает место инженеру-эксплуатационнику, подготовленному специально для какой-то отрасли. Надо было «выпускать» специалистов быстро, причем далеко не всегда из людей, подготовленных к обучению в высшей школе.

Следует сказать и то, что не всегда и преподаватели вузов отвечали требованиям, предъявленным к высшей школе. Состав преподавателей был разношерстным, порой просто ограниченным. Регулярные чистки, репрессии привели к снижению уровня подготовленности, профессионализма преподавательского состава вузов.

Как следствие названных процессов, новые инженеры, подготовленные в конце 1920–30-х гг, отличались от старых не только тем, что не владели двумя-тремя иностранными языками и не были обучены бальным танцам. Рождалась совершенно новая профессиональная группа с новыми чертами социального облика. В условиях диктатуры и набиравшего силу культа личности изменились стимулы творческой деятельности. Осуществление инженерами их основной миссии – разработка новых технических решений – все чаще встречало на своем пути непреодолимые преграды. Конкуренция, предприимчивость, стремление к удешевлению товаров – эти катализаторы мысли изобретателя были вытеснены командой, приказом, тотальным контролем. Инженер в подобных условиях превратился в исполнителя распоряжений, посылаемых сверху. И, видимо, формулу-девиз «инициатива наказуема», мы получили в наследство именно от тех времен. Такая формула гасила пылкость ума, желание заниматься поиском, гробила инициативу и инициативность.

В антиинтеллектуальном и пылеобразном обществе нарастали тенденции депрофессионализма. Любая корпоративность осуждалась и подлежала изгнанию, уничтожению. В какой-то мере сама миссия инженера изменялась. Теперь она состояла отнюдь, не только и не столько в добросовестном, инициативном исполнении своих прямых обязанностей. Этого было мало. Инженер, образно говоря, призывался под знамена общественной деятельности. Он должен был перевоспитывать рабочих (а они – его), участвовать в самых разнообразных митингах, собраниях, кружках, читать лекции и т.п. И это при том, что реальная продолжительность рабочего дня ИТР в годы первых пятилеток равнялась 12–14 часам. Однако, несмотря на перегруженность технических специалистов, в прессе 1920–30-х гг. им часто инкриминировалась общественно-политическая пассивность. Кроме того бюрократизация в обществе вела к усложнению выполнения обязанностей техническими специалистами. Инженеры, попадая в атмосферу предприятия, где каждый отвечает за все, где штурмовщина непреходяща, где технологическая дисциплина нарушается в угоду плану, никак не могли стать хранителями традиций профессиональной этики старых кадров. Уходит в прошлое культ компетентности, его сменяет культ политической благонадежности.

Следует вместе с тем отметить, что невзирая на такие условия престиж нового инженера растет. Чем это было обусловлено? Во-первых, острой нехваткой, высококвалифицированных кадров в годы первых пятилеток, во-вторых, изменением социального облика интеллигенции, превращением ее в народную, корнем выходящую из рабочего класса и колхозного крестьянства, что принципиально меняло положение этой группы в обществе. Немаловажную роль играла также доступность высшего образования для рабочих промышленных предприятий, которые все чаще видели в инженерной деятельности продолжение своей карьеры.

Мероприятия советского государства по созданию собственной интеллигенции приводили к положительным результатам, формированию терпимого отношения к ней. Постепенно со специалистов снимается ярлык врагов и саботажников, проводится политика дифференцированного отношения к ним в зависимости, главным образом, от социального происхождения.

Индустриализация экономики, расширение перечня инженерных специальностей и увеличение числа технических специалистов способствовали подъему престижа инженера, определенной романтизации его в глазах масс. Резкое повышение престижа инженерных профессий приходится на военное время. В суровые годы Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.) стране нужны были способные инженеры, обеспечивающие появление новой техники, новых материалов, способов доступной эксплуатации тех или иных образцов вооружения. Страна должна была противостоять гитлеровской военной машине, которая была вооружена многочисленными образцами техники не только Германии, но и практически всей Европы.

В предвоенные годы и непосредственно в войну инженерный труд поощрял высокими денежными вознаграждениями, почетными званиями, орденами. Наиболее известные представители инженерной профессии – А. Н. Туполев, А. И. Микоян, А. С. Яковлев, С. А. Лавочкин, М. Т. Калашников, И. Ф. Макаров буквально становятся народными героями. И до недавнего времени именно эти люди, как показал опрос, проведенный институтом социологии АН СССР в 1987–1988 гг., были наиболее известными представителями инженерной профессии.

Повышение престижа инженера продолжалась и в первые послевоенные годы. Восстановление экономики, разрушений, причененных в годы Великой Отечественной войны, расширение системы высшего и среднего специального образования создавало объективные предпосылки для устойчиво высокого престижа профессии инженера. В 1950–60-е гг. инженерное дело стало одним из наиболее привлекательных занятий. Технические

науки считались в обществе более достойными для настоящего мужчины, нежели гуманитарные, т.е. интерес к математике, физике, технике правратился в реальную и устойчивую тенденцию.

Фактором повышения престижа технических специальностей в 1950–60-е гг. стала бурно разворачивающаяся научно-техническая революция, успехи СССР в восстановлении разрушенного войной промышленного потенциала. В СССР были построены первая атомная электростанция, самый мощный пассажирский реактивный самолет, межконтинентальная баллистическая ракета, покорен космос, во льдах плавал первый атомный ледокол. Лазеры сулили чудеса новых технологий. Много говорилось о том, что комплексная механизация и автоматизация уже в 1960–70-е гг. полностью вытеснят тяжелый, монотонный ручной труд. Эти и другие задачи стояли перед инженерами, и для их решения требовалось увеличение выпуска дипломированных специалистов. Если в 1940 г. выпуск инженеров для промышленности и строительства составлял 24,2 тыс. человек (или примерно 20 % к общей численности выпускников), то к 1960 г. он возрос до 95,2 тыс. человек (т.е. уже 28 %).

В 1950–60-е гг. в действие были запущены механизмы формирования и воспроизводства инженерной интеллигенции. Входят в практику принципы определения потребности народного хозяйства в специалистах путем приема заявок предприятий и учреждений на инженеров и техников, закладываются пропорции выпуска инженеров для разных отраслей народного хозяйства. Воспроизводство управленческих кадров за счет инженеров оформляется в отлаженный и бесперебойно действующий канал социально-профессиональной мобильности. Быстро увеличивается численность инженерных кадров. Так, если в 1940 г. условно представить в виде единицы, то в 1960 г. численность специалистов с высшим образованием, занятых в народном хозяйстве составляла 3,9, в 1970 – 7,5; 1980 – 13,3; 1987 – 17,1, в том числе инженеров в 1960 – 3,9; в 1970 – 8,4; 1980 – 16,7; а в 1987 – 22,0. Если в 1928 г. инженеров в СССР было 48 тыс. чел., то к 1940 г. их численность возросла на 250 тыс., в конце 1950-х перевалила за миллионную отметку, а к началу 1990-х гг. достигла 6 млн. человек.

Следует заметить, что увеличение количества выпускаемых специалистов автоматически не привело к качественному скачку. Их подготовка не всегда отвечала требованиям научно-технического прогресса, а кроме этого и эффективность их использования снижалась прямо пропорционально эффективности самого народного хозяйства.

И все же из замкнутой высокопрестижной группы, какой были инженеры в дореволюционной России, они превратились в массовую профессию, социальной базой которой служили практически все классы и слои советского общества.

Быстрыми темпами развивалась высшая техническая школа. В 1940 г. студенты вузов составляли 25,2 % всего студенчества, в 1958 г. – 39,4 %. В 1987 году доля будущих инженеров достигла 38 %, и до конца 1990-х гг. оставались в основном на таком же уровне. Политика, направленная на создание народной интеллигенции, чрезвычайно расширила социальную базу воспроизводства инженерных кадров. Дискриминации бурспецов была противопоставлена политика всемерного поощрения к получению высшего образования выходцев из рабоче-крестьянской среды. Но к 1960-м гг. доля выходцев из семей специалистов достигает примерно 40 %, т.е. возрастает и остается на таком уровне. Давая общую характеристику процесса воспроизводства инженерно-технической интеллигенции, можно выделить два периода:

1) 1917 – конец 1950-х гг. Период активной дискриминационной политики по отношению к выходцам из семей интеллигенции, направленной на резкое ограничение самовоспроизводственного процесса;

2) конец 1950-х – начало 1990-х гг. – политика примерного паритета всех групп и слоев советского общества при рекрутации инженерно-технической интеллигенции и обозначение тенденции к нарастанию самовоспроизводства.

С распадом СССР и появлением независимых государств, в том числе и Украины, эта проблема перестает быть актуально-заостренной, особенно с введением контрактной (платной) системы обучения.

Политика проводимая государством в отношении формирования одного из самых крупных отрядов специалистов имела ряд важных последствий. Была создана профессиональная группа, принципиально отличная от инженерного корпуса дореволюционной России как по своим классовым истокам, так и по социокультурным характеристикам. Новая инженерия состояла из рабочих-интеллигентов, крестьян-интеллигентов и была, по сути дела полуинтеллигенцией. Следует признать, что перемешивание социального состава, постоянные и весьма существенные рабоче-крестьянские инъекции прекратили действие профессиональных традиций, разрушили специфическую этику труда. Об этом свидетельствуют многочисленные факты.

Инженеры первых советских выпусков отличались значительно более низким уровнем знаний по сравнению с бурспецами. Последующее повышение культурного и образовательного уровня технических специалистов являло собой лишь стремление достичь дореволюционных кондиций профессионалов. С расширением международных связей высшей школы, особенно в современных условиях, акцентируется внимание на изучении богатого опыта зарубежной высшей технической школы, подготовке специалистов мирового уровня.

Несмотря на огромное число инженерных кадров их эффективность возросла в целом очень низкими темпами, хотя потребность общества в инженерном труде постоянно повышалась, увеличивалось количество заводов, шахт, фабрик.

В чем же дело? Во-первых, имело место использование инженерных кадров не по назначению. Как показывают исследования недавних лет, более половины молодых специалистов преимущественно выполняли относительно

простые работы, не требующие применения полученных в вузе знаний (наполовину заменяли собой конторских служащих). Устранение безхозяйственности в кадровой политике могло стать значительным и в то же время сравнительно легко доступным резервом интенсификации инженерного труда.

Вторая существенная причина – низкий уровень организации большинства видов инженерного труда, отсутствие строго определенных функциональных обязанностей. Решить эту проблему можно заменой полустихийного разделения труда инженерных и технических работников научно обоснованными, рациональными подходами, приведением в соответствие количества инженеров и техников, что должно составлять как минимум 1:4; созданием модели профессиональной карьеры техника, делающей возможным для него «движение по горизонтали», т.е. повышение заработной платы, квалификации, социального статуса без изменения должностного уровня и др.

Третья причина заключается в недостаточной оснащенности рабочих мест, плохом обеспечении оргтехникой. Подсчитано, что только за счет удобной конторской мебели и правильной организации рабочего места специалиста эффективность его труда можно поднять на 10–20 %. Еще больший взлет производительности инженерного и управленческого труда дает обеспечение копировально-множительной техникой, персональными компьютерами и прочими достижениями информатики. Бросая ретроспективный взгляд на развитие инженерии в XX в., мы видим, что долгое время инженер выступал в роли «сапожника без сапог», т.е. проектируя сложнейшие технические объекты, разрабатывая невиданные ранее технологии, он должен был пользоваться рутинными техническими средствами, перешедшими по наследству от инженеров прошлого столетия. Есть по этому поводу интересные данные. Если взять количественную оценку роста производительности труда в технически развитых странах, то с 1900 по 1960 г. производительность труда в производстве выросла в среднем на 1000 %, а в конструировании – лишь на 20 %. И только в 1960-е гг. в связи с успехом кибернетики и вычислительной техники положение начинает меняться. Появляются средства графоаналитического взаимодействия человека с ЭВМ и обеспечивающие взаимодействие компьютерные программы. Ныне развитие автоматизации и компьютерной техники отражается на предмете и характере инженерной деятельности больше, чем, пожалуй, любое другое направление НТР. И вместе с тем отсутствие необходимого количества систем автоматизированного проектирования тормозит повышение производительности конструкторского труда, по-прежнему предоставляя высококвалифицированному специалисту большую часть времени заниматься чертежной работой.

Постоянный количественный рост выпуска инженеров обернулось еще одной бедой – отставанием в качестве их подготовки. В марте 1987 г. в газете «Правда» появилась статья А.Соловьева, в которой он писал, что «за 1960–1970 годы численность дипломированных специалистов во всей сфере материального производства увеличилась в 2,3 раза, а произведенный здесь национальный доход всего в 1,9 раза. За последующие почти пятнадцать лет эти показатели составляют 2,2 и 1,8 раза. То есть рост численности инженеров и техников значительно опережал «прибавку» от результатов их деятельности». Снижение уровня инженерной квалификации явилось закономерным итогом относительного уменьшения доли национального бюджета, расходуемой на образование, слабой материально-технической базы вузов, отставания обучения от передовой науки. Лучшие из выпускников сразу попадали в аспирантуру, а из нее – за преподавательскую кафедру, что еще больше увеличивало дистанцию между вузовской подготовкой и потребностями производства. Сыграла свою отрицательную роль и линия на сокращение отсева студентов, приведшая к низкой требовательности, либерализму в оценке знаний. Неудача студента любыми правдами и неправдами перетаскивалась с курса на курс и в конце концов становилась дипломированным горе-специалистом.

Показателем негативной тенденции в эти годы является изменение удельного уровня разработок, выполненных НИИ, конструкторскими, проектно-конструкторскими и технологическими организациями промышленных министерств в период с 1980 по 1986 г., которые составляли:

- выше уровня лучших отечественных и зарубежных разработок в 1980 г. – 9,1 %; в 1985 г. – 7,4 %; в 1986 г. – 5,9 %;

- соответствуют уровню лучших отечественных и зарубежных разработок в 1980 г. – 33,9 %; в 1985 г. – 37,2 %; в 1986 г. – 35,4 %.

Назрела необходимость коренной перестройки системы высшего и среднего специального образования вместе с другими институтами образования, создания всеохватывающей системы непрерывного образования. Применительно к проблеме подготовки инженерных кадров задача заключалась в переходе к стратегии и нормам интенсивной подготовки специалистов. Интенсификация системы высшего технического образования требует по-новому, с позиций завтрашнего дня ответить на многие вопросы подготовки будущего инженера.

ВЫВОДЫ

Положение инженеров в обществе, как свидетельствует практика, – своеобразный барометр его социального здоровья. Ведь миссия инженера – обновлять производство, создавать новые образцы техники и технологии, быть проводником научно-технического прогресса. Недаром в периоды застоев роль этой профессиональной группы в обществе заметно снижается.

Советская техническая интеллигенция прошла сложный путь развития – от периода первоначального гонения на бурспецов до подъема престижа профессии инженера в годы индустриализации и Великой Отечественной войны и последующего этапа снижения престижа в эпоху застоя, что проявилось в уменьшении реального вклада технических специалистов науки и техники, что выражалось в неуклонном снижении темпов научно-технического прогресса, уровня отечественных конструкторских и технологических разработок, надежности техники, отставании от развитых капиталистических держав в наукоемких отраслях экономики.

В условиях ограничений первых лет советской власти была замечена тенденция инженерного корпуса к росту сплоченности, профессиональной корпоративности, что проявилось в создании сообществ, научно-технических обществ и ИТС.

Потребности народного хозяйства, индустриализация страны заставили менять отношение к бурспецам с односторонней активизацией работы по созданию новой советской интеллигенции: растет число ВТУЗов, готовящих инженерные кадры, идут поиски путей подготовки достаточного числа технических специалистов из среды рабочих и крестьян, что изменяет социальный облик общества и этой профессиональной группы.

Резкое повышение престижа инженерных профессий приходится на военное время, а также в 1960-е гг., годы развертывания НТР. Инженерное дело в эти периоды становится одним из наиболее привлекательных занятий, именно в то время начали работать многие механизмы формирования и воспроизводства инженерной интеллигенции.

Торможение научно-технического прогресса в 1970-е гг. влияло на положение инженеров в обществе, обуславливало снижение их престижа. С началом перестройки намечаются положительные изменения в положении инженеров, происходит некоторое улучшение материального стимулирования инженерного труда, появляются зримые материальные стимулы инновационной деятельности. Однако это происходит довольно робко, хозяйственный механизм продолжает действовать с присущим ему приоритетом административных методов управления.

ТЕМА X. СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ИНЖЕНЕРНОГО ДЕЛА

Актуальной проблемой общественного развития является научно-техническая революция. Ее значимость определяется не только ускорением исторического прогресса, но и ее влиянием на непосредственные и отдаленные социальные последствия.

Социальная и научно-техническая революции – необходимость исторического развития, перехода человеческой цивилизации к высшим ступеням своей зрелости. Поэтому проблемы научно-технической революции явились предметом пристального внимания и активного обсуждения учеными, политиками, экономистами на всеукраинских и на международных форумах.

Многообразие проявлений научно-технической революции (НТР) делает ее объектом изучения многих наук. В философском плане важной задачей является рассмотрение методологических основ НТР, опираясь на которые можно было бы прогнозировать ее развитие и ее последствия. Для этого важно не забывать основной исторической связи и видеть все изменения в развитии того или иного явления.

Историческое развитие науки и техники неотделимо от истории человеческого общества, и двигаясь поступательно, включает в себя два вида изменений: эволюционные – постепенные количественные изменения – и резкие коренные качественные скачки – революционные¹. Совокупность и последовательность этих процессов составляет содержание научно-технического прогресса (НТП), который охватывает все общество, носит постоянно ускоряющийся характер. Основой общественного прогресса является прогресс в развитии орудий, которыми человек воздействовал на окружающую природу и с помощью которых, овладевая природой, удовлетворял свои потребности.

Рассмотрение различных аспектов возникновения и начала научно-технической революции, ее влияние на развитие инженерной деятельности, всего инженерного дела является целью настоящей лекции.

1. Сущность и особенности современной научно-технической революции.

2. Влияние НТР на развитие инженерной деятельности.

Понятие «современная научно-техническая революция» объемно и многогранно. Его сущность активно обсуждалась многими учеными, в широких дискуссиях высказывались различные точки зрения. Одни сводят сущность НТР к автоматизации, кибернетизации, другие сущностью НТР считают становление науки как непосредственной производительной силы, третьи в НТР усматривают космизацию науки и техники, четвертые – переворот в технологии производства. Некоторые авторы сущность НТР рассматривают как соединение, слияние технической и технологической революции. Иногда, указывая на сложность этого явления, сущность НТР разделяют на несколько моментов, аспектов, то есть в одном явлении выделяют несколько сущностей.

Нет необходимости подробно останавливаться на анализе всех точек зрения сущности НТР. В научной литературе дан их критический анализ, показана несостоятельность отождествления сущности НТР с одним из ее достижений: автоматизацией, кибернетизацией, космизацией и т.д.

Сведение сущности НТР к одному ее достижению недостаточно и нелогично. Такой подход не позволяет учесть всю систему ее достижений и понять глубинные процессы, ведущие к конкретным комплексным преобразованиям в современной общественной жизни. Безусловно, НТР есть особый исторический этап, качественный скачок в развитии НТП, в современных условиях проявится его специфическая форма

В чем же состоит сущность НТР, ее значение, когда и как она возникла?

НТР имела свои предпосылки. Они были заложены в ходе развития науки и техники еще в конце XIX и первой половине XX в. Среди них можно выделить: научные, материально-технические и социальные.

Научной предпосылкой НТР послужила революция в естествознании на рубеже XIX–XX вв., которая резко расширила пределы познания природы. Открытия электрона, радия, превращения химических элементов, создание теории относительности и квантовой теории ознаменовали собой прорыв науки в область микромира и больших скоростей, что выдвинуло вопрос о практическом использовании новых открытий.

Материально-технической предпосылкой явилось дальнейшее развитие техники, создание мощной индустриальной базы в виде гигантских предприятий с широкой механизацией и конвейеризацией труда, переход промышленности к массовому производству важнейших видов продукции. Без таких условий ни один научный проект не мог быть реализован, воплощен в жизнь

И наконец в *социальной* области возникновение НТР обусловлено внедрением научных открытий, приводящих относительно быстро к повышению производительности труда, а следовательно, к увеличению прибавочной стоимости, возможности удовлетворения потребностей человека, поиску новых, более изощренных форм и методов влияния на трудящихся, подчинения их воли технологической логике.

В социальной области возникновение НТР вызвано не только логикой развития самой науки и техники, но и более широкой потребностью перехода общества на следующую, более высокую, ступень развития. Соединение передовой социальной силы с передовым достижением в области науки и техники, выступает как историческая необходимость, как господствующая тенденция современного развития.

Начало НТР относится к концу 40-х – первой половине 50-х годов XX столетия. Именно к этому времени проясняется смысл важнейших итогов и достижений прошлого века как в уровне развития науки, так и производственных процессах, свидетельствующих об ускорении общественного прогресса. Прогресс человечества непосредственно связан *с научно-технической революцией*. Вызревала она исподволь, постепенно, чтобы затем, в последней четверти века, дать начало гигантскому приращению материальных и духовных возможностей человека.

В СССР эти возможности превращались в действительность благодаря успехам автоматизации и ядерной энергетики, созданию в 1945–1946 гг. первых электронно-вычислительных машин. Крупным достижением науки и техники было создание в Москве 1949–1950 годах первого в мире завода-автомата по производству поршней для автомобильных двигателей. Характерно, что данная автоматическая система машин без участия человека в непосредственном технологическом процессе полностью выполняла весь комплекс обработки изделия – от отливки до упаковки готовых поршней в ящики. За человеком сохранились лишь контроль за производством и управление заводом. В 1954 году в СССР вступила в строй первая в мире атомная электростанция, затем атомный ледокол, получили дальнейшее развитие ракетная техника и освоение космоса, телевидение и т.д. Для этого периода характерен процесс усиления непосредственных связей между научными и техническими разработками, происходит ускорение использования научных достижений в производстве. Создаются и получают широкое применение в научных исследованиях, производстве, а затем и в управлении электронно-вычислительные машины (ЭВМ), ставшие символом НТР. Их появление знаменует начало постепенной передачи машине выполнения элементарных логических функций человека, а в перспективе – переход к комплексной автоматизации производства и управления. ЭВМ – принципиально новый вид техники, изменяющий положение и роль человека в процессе производства.

Необходимо заметить, что в ходе развития НТР в определенное время на передний план выдвигается та или другая сторона этого динамического процесса, порой она и принимается за наиболее важную сторону, может быть даже за сущность НТР. Но сущность НТР глубже. Ведь действительно, если усиление господства человека над природой позволяет использовать знание законов ее в своих интересах, то возникает вопрос, как этот процесс оказывает влияние на развитие самого субъекта истории? Как осуществляется его переход на новую ступень, его превращение в иную, более богатую и сложную личность?

Следовательно, уже недостаточно видеть в НТР только увеличение числа машин, предметов потребления, книг, кинофильмов, бит информации и т.д. – все это важная, но только количественная сторона научно-технического прогресса. Современную НТР требуется осмыслить как такое качественное преобразование всей системы общественного труда, которое является, предпосылкой возникновения нового типа человеческой личности, вследствие развития человека, сформировавшегося внутри машинного производства, а с другой стороны, завершается целый большой этап. Меняется не только уровень развития производительных сил, но и характер связи между людьми, содержание человеческого труда и сам индивид.

Как же происходят эти изменения, что конкретно меняется? Если попытаться с вышеизложенных позиций разложить, в наиболее общем плане, содержание современного процесса НТР на его составляющие компоненты, то получим следующее.

Во-первых, происходят принципиальные качественные изменения в орудиях труда, и в первую очередь в рабочей машине. Из трехзвенной системы, включающей в себя двигатель, передающее устройство и рабочий орган, она превращается в четырехзвенную систему, где четвертым звеном является автоматическое устройство, осуществляющее в полном объеме управление работой машин при помощи ЭВМ.

Во-вторых, осуществляется качественный скачок в производстве предметов труда, что выражается в создании искусственных видов сырья, новых материалов с иными, чем у естественных, физическими и техническими качествами, с заранее заданными свойствами (пластмассы, искусственные алмазы, синтетические волокна, смолы и т.д.).

В-третьих, существенно изменяется «сосудистая система производства», что связано как с освоением новых видов и источников энергии (в первую очередь атомной), так и с необходимостью создания энергосберегающей технологии. Это проявляется в качественных изменениях производственной инфраструктуры, в первую очередь систем электро-, нефте- и газоснабжения, информационного обеспечения народного хозяйства, в средствах связи и транспорта.

В-четвертых, совершается качественный скачок в развитии человеческого фактора как субъективного элемента производительных сил. Наряду с дальнейшим развитием системы повышения квалификации работающих, производственные интересы требуют повышения престижности инженерного труда. Сегодня возрастают запросы производства, науки и культуры, потребности всего народного хозяйства в специалистах, сочетающих высокую профессиональную подготовку, гуманизм, политическую зрелость, навыки организаторской и управленческой деятельности. По сути на повестку дня встала задача создания единой системы непрерывного образования.

В-пятых, происходит качественное изменение самого содержания труда производителей. Автоматизация ведет к замене не только физических, но и ряда интеллектуальных функций человека, что подтверждает известное положение К.Маркса о научно-техническом прогрессе, который состоит в замене ручного труда машинным, в передаче машинам технологических функций, выполнявшихся ранее человеком. Если до середины XX века НТП проявлялся в механизации, то, начиная с 50-х годов, – в автоматизации труда, в переходе от частичной механизации к комплексной автоматизации.¹ Намечается резкое уменьшение доли ручного труда, поднимается престиж высококачественного труда и профессионального мастерства (этого требуют и рыночные отношения).

Перечисленные изменения возникают в результате появления нового соотношения между наукой и техникой. В прошлом уже вполне определившиеся потребности техники влекли за собой выдвижение теоретических задач, решение которых было связано с открытием новых законов природы, созданием новых естественнонаучных теорий. Завершение предшествующего этапа промышленной революции, конец XIX и начало XX века, были насыщены прямо-таки манией борьбы за научные и технические рекорды: дальше, выше, быстрее, прочнее и т.д. Однако происходящие в первой половине XX столетия кризисы (промышленный, продовольственный, энергетический, экологический и др.), а также сложности борьбы с ними в условиях традиционных подходов к производству свидетельствовали о наступлении технологического кризиса в развитии НТР. Последнее, требуя своего разрешения, является предпосылкой нового этапа НТР – научно-технологического.

Для него характерны не просто задачи создания новой или тиражирования старой техники, не вопросы "что и сколько", а вопросы КАК, ЗАЧЕМ, С КАКИМ материальным и социальным риском осуществлять производство.

В этой связи меняется и сам облик науки. Это изменение сопровождается переворотом в средствах научного труда, в технике и организации исследований, в системе информации. *Наука* становится все более необходимой частью процесса производства, выступая в качестве его *непосредственной производительной* силы, а сам процесс превращается, из простого процесса труда в научный процесс и представляет собой "экспериментальную науку, материально-творческую и предметно воплощающуюся науку".

Включение науки в процесс производства открывает новые перспективы для практики. Ныне необходимость ускорения социально-экономического развития ставит перед наукой задачи перспективного, стратегического характера. В решениях Президента, Верховной Рады Украины указывается на необходимость придания приоритетного значения развитию фундаментальной науки, предопределяющей выход производства на качественно более высокий уровень. Это означает создание теоретических предпосылок для принципиально новых видов техники и технологии, что приведет к интенсификации инженерного труда.

К сожалению, оценивая значение фундаментальных исследований для НТР, интенсификации хозяйства, мы иногда теряем ясность понимания их сути. Ведь предметом этих исследований служат свойства и закономерности материи как природных ее форм, так и высших – социальных. Осуществление фундаментальных исследований обычно не обещает немедленных практических результатов, более того они иногда кажутся проблематичными или даже невозможными. В этой связи возникла известная фраза о таких исследованиях, будто они «представляют чисто академический интерес». Но история науки свидетельствует о том, что в конце концов результаты фундаментальных исследований не просто находят практическое применение, а оказывают кардинальное воздействие на технический прогресс, революционизируют технологию, производство в целом и стимулируют инженерное творчество.

Достаточно вспомнить, как происходило становление атомной физики. На первых порах даже в Академии наук СССР раздавались скептические голоса и предложения прекратить изучение атомного ядра как «неактуальное» направление. Практический выход многих фундаментальных открытий, судя по опыту истории естествознания, как правило, непредсказуем. Яркий тому пример – широчайшее использование лазеров во многих областях науки, техники, технологии, медицины и даже в военном деле. Не предвидение огромных практических возможностей лазеров стимулировало исследование открытого эффекта, положенного в основу лазеров, а интересы исключительно «чистого» познания глубинных свойств материи. И лишь впоследствии оказалось, что новое физическое явление позволяет менять коренным образом технику и технологию в ряде важных областей практики. Вот почему в настоящее время сама практика требует, чтобы наука, особенно фундаментальная, опережала технику и производство. Вместе с тем финансирование науки в нашей стране постоянно уменьшается. Так, в 1996 г. оно составляло 468,1; 1997 – 341,7; 1998 – 315,1; 1999 – 287,9 млн грн., что замедляет развитие фундаментальных исследований.

В последние 2–3 года положение меняется в лучшую сторону, но уровень остается прежним. Самым тревожным в этом плане является то, что еще в застойные годы в СССР произошло отставание науки по ряду ведущих направлений, преобладающим стало ее «догоняющее» развитие. На долю академического сектора науки, выполняющего основной объем фундаментальных исследований, приходится самая небольшая часть всех средств, выделяемых для научных исследований. В настоящее время ее финансирование в Украине продолжает оставаться на архинизком уровне.

Таким образом, фундаментальные исследования у нас в стране в течение уже длительного времени не пользуются привилегиями, существовавшими для многих прикладных. А ведь только они, создавая интеллектуальный задел для будущих внедрений, практических приложений, есть ни что иное как создание средств производства в их самой высшей современной форме. Только в этом случае наука может выполнить свою общественную функцию – служить практике, промышленности в качестве особого рода теоретического орудия.

Следует заметить, что опережающее развитие науки по отношению к промышленности – не случайный, преходящий эпизод, а специфическая особенность НТР. В свою очередь, техника воздействует на науку, обеспечивая ей возможность выполнять опережающую функцию: выдвигает новые задачи, связанные с практическими потребностями производства, поставляет науке современный мощный инструментарий, необходимый для проведения экспериментальных исследований и для обработки их результатов. Без новейших ускорителей элементарных частиц невозможно было бы дальнейшее проникновение физики вглубь атома. Без электронно-вычислительных и электронно-расчетных устройств не могла бы возникнуть кибернетика, а без их дальнейшего совершенствования она не могла бы двигаться вперед. Без создания и совершенствования ракетной техники человек не достиг бы таких успехов в освоении космоса и т.д. Вместе с тем успехи науки и техники взаимодействуя, оказывают влияние на структуру и динамику производительных сил, на характер и содержание общественного труда в целом, на условия жизни людей, на развитие самого человека. Все это и есть результат целенаправленной инженерной деятельности, ее определенного развития.

Новая техника предполагает иное место людей в производстве, чем раньше, и соответственно требует изменений, касающихся организации производства, квалификации рабочей силы, условий труда, уровня инженерного дела и т.д. Например, если техника морально устаревает через каждые 5–10 лет, то объем знаний за это же время увеличивается в два раза. Это ведет к исчезновению целого ряда профессий и специальностей и к появлению множества новых (в народном хозяйстве ежегодно возникает 600 новых профессий и отмирает 500 старых).¹ Последнее приводит к необходимости непрерывного расширения и обновления знаний, опережающей профессиональной и общекультурной подготовки как рабочих, так и инженерно-технических (руководящих) кадров.

Наряду с этим одним из основных результатов переворота, совершаемого НТР в производительных силах, является существенное изменение места и роли человека в производстве, что создает новую ситуацию в системе «человек-техника». Если в период начала машинного производства человек-производитель превратился в «живой придаток» машины, то в новых условиях комплексной автоматизации труд выступает уже не столько как включенный в процесс производства, сколько как такой труд, при котором человек, наоборот, относится к самому процессу производства как его контролер и регулировщик.

Данное положение подтверждается современными тенденциями революционного изменения содержания труда человека, перемещению его (человека) из производственного цикла в сферу разнообразных и сложных функций производственного приложения науки. Если в прошлом применение рабочих машин освобождало руки рабочего, то теперь использование управляющих машин (контроль за ними) приводит к освобождению головы человека (его мозга) от выполнения некоторых функций.

Таким образом, НТР – коренное качественное преобразование производительных сил на основе превращения науки в ведущий фактор развития общественного производства,¹ – вызывает качественные изменения в других сферах общественной жизни. Совершенствуются общественные отношения, изменяются место и роль человека в производстве, да и меняется он сам как совокупность этих отношений, возникают предпосылки появления нового типа личности.

Содержание НТР вносит качественные преобразования в основные структурные элементы производства: орудия труда, предмет труда, источники энергии, технологию и др. Ее достижения находят широкое применение в управлении, на производстве, в конструкторской деятельности. Отсюда и вытекают основные направления развития НТР, где требуются и инженерные усилия, решение сложных инженерных задач.

Современная научно-техническая революция проявляется главным образом и прежде всего в автоматизации производства. В такой технологии человек выводится за пределы производственного процесса и все операции, выполнявшиеся им, переданы автоматическим техническим средствам. «В результате автоматизации, – отмечал К.Маркс, – вместо того, чтобы быть главным агентом процесса производства, рабочий становится рядом с ним»² .

Деятельность человека в условиях автоматизации наполняется интеллектуальным содержанием – разработка новых технических идей, воплощение их в машинах, технологии производства, предметах и результатах труда, монтаже новой техники, ее наладка, приведение в рабочее состояние и запуск, устранение неисправностей в ее работе, управлении, контроль технологического процесса и т.д. Таким образом, все другие направления НТР (энергетика, космизация, кибернетика и т.д.) выступают в подчиненной роли, так как все они "работают" на автоматизацию. Автоматизация – многогранное явление, включающее самые различные самодействующие механизмы. К ним относятся, например, искусственные спутники Земли, космические автоматические станции, многочисленные аппараты, приборы, устройства и приспособления, самонаводящиеся баллистические ракеты и т.д. Среди многообразных видов автоматов первостепенная роль принадлежит самодействующим рабочим машинам и системам машин. Превращение науки в непосредственную производительную силу наиболее ярко проявляется именно в этих машинах. Рождение, развитие и непрерывно увеличивающееся разнообразие автоматических рабочих машин – крупная революция в орудиях труда, являвшихся "костной и мускульной системой производства".

Специальные исследования в Японии, Германии, США, а также во Франции, Италии, бывшем СССР показали, что, например, промышленные роботы заменяют от 2 до 5 человек и более, обладают большей производительностью определенной технологической гибкостью. Они могут быть применены в самых различных отраслях экономики, в сфере торговли, бытовых услуг, в домашнем хозяйстве.

В современных условиях автоматизация производства развивается преимущественно в четырех аспектах: конструирование и использование различных станков с программным управлением; разработка и производство автоматических линий, отличавшихся значительно большей производительностью и большей закономерностью технологического цикла; создание автоматизированных участков, цехов, предприятий (в современных условиях это высшая форма автоматизации); разработка и внедрение промышленных роботов (некоторые ученые с их появлением связывают даже новый этап НТР).

Роботы незаменимы, когда речь идет о выполнении работ на больших глубинах морей и океанов, в агрессивных средах, в условиях труда, вредных для здоровья человека. В зависимости от функционального предназначения роботы могут быть различной конструкции. По степени гибкости при выполнении работ они делятся на жесткопрограммируемые, т.е. предназначенные для строго определенных функций, адаптивные ("очувствленные") и гибкопрограммируемые (интегральные). В бывшем СССР серийное производство роботов началось в 1975 году. Было выпущено 120 единиц, а в 1985 году промышленных роботов выпускалось уже 13,2 тысячи в год.

Сложные задачи автоматизации требуют взвешенной, трезвой оценки возможностей реализации их. В настоящее время в связи с остающейся сложной экономической ситуацией этот процесс находится практически на самом низком уровне. Задача же состоит в необходимости завершить комплексную механизацию во всех отраслях производственной и непромышленной сфер, сделать крупный шаг в автоматизации производства с переходом к цехам и предприятиям-автоматам, системам автоматизированного управления и проектирования.

Правда, это станет возможным при достаточном финансировании всех этих проектов.

Другим направлением развития НТР является развитие электронной техники. Крупнейшим достижением НТР в оснащении техническими средствами труда человека, но уже не физического, а умственного, являются электронные вычислительные, управляющие, информационные и другие виды машин (компьютеры). Этим машинам передаются некоторые функции интеллектуальной деятельности человека, особенно однообразные, рутинные.

Со времени появления этих машин они в своем развитии имели уже четыре поколения: ЭВМ на электронных лампах, дискретных полупроводниковых приборах, интегральных микросхемах, больших интегральных микросхемах. Пятое поколение внедряется в жизнь, по темпам выпуска они обгоняют все другие виды машин. В связи с исключительной важностью и все большим количественным увеличением ЭВМ в отраслях народного хозяйства возникла необходимость вооружения компьютерной грамотностью трудящихся. В этих целях вводится система повышения квалификации – обучения в школах и вузах программированию и практической работе на ЭВМ. Компьютеры применимы как в сфере производства, так и в повседневной жизни общества. Особенно большую роль они играют в автоматизации производства, в управлении технологическими процессами, в инженерных расчетах, в планировании социально-экономического развития районов, областей целых регионов, отраслей экономики.

Важным приложением ЭВМ является область автоматизированного проектирования, как одна из задач, имеющих первостепенное значение. Такое применение этих машин сокращает в 2–3 раза сроки инженерно-технических проектов новых машин, приборов, средств автоматизации и новых видов продукции.

ЭВМ нашли широкое применение в управлении транспортными средствами, в оптимизации перевозок, продаже билетов, в совершенствовании эксплуатационной работы, в создании единой автоматизированной сети связи страны, в организации повсеместного приема телепередач и т.д. Наконец, компьютеры – незаменимые помощники человека в научной, педагогической и производственной деятельности и других сферах.

Компьютеры и другие средства автоматики помогают изучать объекты, недоступные для непосредственного исследования: ядерные процессы в реакторах, свойства космического пространства, обширные атмосферные процессы, большие глубины морей и океанов, поверхность Луны и планет солнечной системы и т.п.

Как же обстоит дело с разработкой и производством электронно-вычислительных машин? В 1975 г. американцы оценивали отставание бывшего СССР от США в развитии микроэлектроники в 8–10 лет. Изучив в 1979 г. образцы советских схем, они уже говорили о 2–3 годах. В январе 1981 г. известный журнал «Электроникс» писал, что техническая база и квалификация технологов позволяют Советскому Союзу изготавливаться интегральные схемы не хуже американских, а для «сугубо собственных нужд и более совершенные»¹.

В СССР были созданы ЭВМ, которые вполне сопоставимы с зарубежными аналогами. Значительно расширилось применение вычислительной техники. Так, еще в СССР был испытан образец супер-ЭВМ производительностью до 100 млн. операций в секунду. Введена в действие мощная вычислительная система с производительностью до 125 млн операций в секунду. Все это задел, который должен был привести к серийному производству супер-ЭВМ производительностью 1 млрд операций в секунду к 1990 г. и до 100 млрд операций в секунду – к 1995 году.

Разработка и производство мощных ЭВМ позволило бы решить проблему создания четкой системы управления хозяйством страны. Такие компьютеры позволяют обрабатывать колоссальные массивы информации, что имеет огромное значение как для оценки развития общества и его перспектив, так и обороноспособности страны.

Однако необходимо заметить, что обольщать себя в области электроники, особенно персональных компьютеров, ставших привычными в большинстве развитых стран, не стоит. Доля современного производства электроники во всем общественном продукте развитых стран сейчас составляет десятую часть. У нас же – малые доли процента. Сложность ситуации заключается в том, что в данной области мы отстаем не только по объему и абсолютному приросту, но также и по темпам. Так было и в конце 80-х годов, так продолжалось и в 90-е годы, это связано со слабым финансированием, психологической неподготовленностью, догматическим подходом, некомпетентностью тех, кто должен вести активную политику разработки и скорейшего внедрения ЭВМ в повседневную жизнь. Иначе разрыв с остальным компьютерным миром у нас может увеличиться. Положение, к сожалению, крайне медленно изменяется к лучшему и сегодня.

Важным направлением развития НТР является *энергетика*. Функционирование производственных сил общества невозможно без энергетике. В современных условиях почти все орудия труда – различные машины и механизмы, количество которых непрерывно увеличивается, приводятся в движение покоренными человеком природными силами – энергией падающей воды, различными видами топлива, ветра и т.д.

Как писал академик А. П. Александров, потребление энергии в мире в XX в. удваивалось: в начале века за 50 лет, в середине века – за 30 лет, а в последние десятилетия – за 15–20 лет. При этом электроэнергетика удваивалась еще быстрее – примерно за 10 лет; около 70 % энергопотребления в мире покрываются нефтью и газом. Однако мировые запасы этих энергоносителей ограничены и в течение нескольких десятилетий могут быть исчерпаны. Разведанные запасы нефти на конец 1974 г. оценивались в 97 млрд т, а к началу 90-х гг. XX в. – около 600 млрд. т. По некоторым оценкам, в 2000 г. По некоторым оценкам, в 2000 г. разведанные запасы нефти приблизились к 800–1000 млрд т. Предполагается, что при нынешних темпах добычи и потребления запасов нефти хватит до 2050 г. Как быть? Научная мысль еще задолго до такой ситуации осуществляла поиск новых, более надежных и долговечных источников энергии. И они увенчались успехом: наука и техника овладели методами использования энергии, освобождающейся в огромных количествах в процессе цепной реакции деления тяжелых атомных ядер, и интенсивно исследуют возможность получения управляемой реакции термоядерного синтеза тяжелых атомов водорода и атомов гелия.

К.Маркс называл электрическую искру революционной силой и предсказывал ей великое будущее. Электричество – самый совершенный вид энергии, на основе которого можно создать высокоразвитые производительные силы общества. Овладение научными способами получения тепловой и электрической энергии из атомного ядра – величайшее достижение, характеризующее современную научно-техническую революцию в энергетике. Бывший СССР – родина первой в мире атомной электростанции, запуском которой в 1954 году ознаменовал начало мирного, гуманного пути использования энергии атома.

Производство *атомной энергии* увеличивалось все возрастающими темпами. В 1980 г. в мире насчитывалось 272 АЭС, они вырабатывали около 8 % электроэнергии. В 1985 г. в СССР действовало и строилось более 25 АЭС, они давали в Единую энергетическую систему около 10 % электроэнергии от ее общего производства в стране. Причем выработка электроэнергии должна была резко возрасти. Так, в 1990 г. она должна была подняться до 1840–1880 млрд квт-ч, в том числе более 20 % общего объема ее должны были произвести АЭС. Была поставлена задача ускорить строительство АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. Они выгодны и в том отношении, что воспроизводят часть ядерного топлива. В Украине работают Ровенская, Южно-Украинская, Запорожская, Хмельницкая АЭС. Мощность АЭС постепенно меняется в пользу увеличения: в 2000 г. – 12,88 гВт, в 2003 – 13,88, в 2004 – 14,88 гВт.

Вместе с тем, создавая АЭС, нельзя забывать и о защите окружающей среды, мерах повышения безопасности использования этих источников энергии. События 1986 года на Чернобыльской АЭС, аварии на американских, английских станциях такого типа предупреждают об этом. В декабре 2000 г. Чернобыльская АЭС была закрыта.

Наряду с поисками новых источников энергии, в том числе и нетрадиционных, с высокой степенью необходимости возникает и другая задача – создание энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий. Для Украины это

является очень актуальной проблемой.

Следует ожидать, что в ближайшем будущем на смену нефти и природному газу придет уголь, и лидирующее место займут химические технологии по переработке угля. Уже разработаны способы эффективного производства моторного топлива и других химических продуктов при переработке угля. Мировые запасы доступного для разработки угля в 20–40 раз превосходят нефтяные ресурсы. С развитием химической технологии уголь станет одним из важнейших источников сырьевых продуктов.

Важным направлением НТР является *качественное изменение технологии*. Современный этап научно-технической революции вызвал к жизни принципиально новые виды технологии, которые основаны на применении электричества, физических, химических и биологических процессов, ультразвука, лазера, потоков элементарных частиц, электромагнитного поля, плазмы и других явлений и состояний вещества, используемых в качестве технологических агентов. Вместо механической обработки предмета труда на макроуровне, например, резанием, строганием, сверлением, она открыла возможность широкого применения в производстве методов изготовления продуктов труда путем воздействия на микроструктуру вещества на уровне молекул и атомов. НТР вовлекает в технологические процессы более высокие формы движения материи по сравнению с механической – физическую, химическую и биологическую. Новые технологические методы более универсальны и гибки, так как легче допускают переход на изготовление другой продукции, повышают коэффициент использования сырья и экономию материалов, требуют, как правило, менее громоздкого оборудования, улучшают качество продукции, значительно поднимают производительность труда. Так, замена механической обработки рубиновых камней лазерной привела к замене нескольких станков одной лазерной установкой, производительность которой оказалась в 500 раз выше.

Достижения НТР в области технологии должны найти широкое применение в сфере производства на длительный период. Среди прочего – это обеспечение широкого внедрения в народное хозяйство принципиально новых технологий – электронно-лучевых, плазменных, импульсных, биологических, радиационных, мембранных, химических и иных, в том числе нанотехнологии, позволяющих многократно повысить производительность труда, поднять эффективность использования ресурсов и снизить энерго- и материалоемкость производства. Перейти на индустриальные, интенсивные технологии в растениеводстве и животноводстве, широко использовать методы биотехнологии и геной инженерии, главное искать новые источники энергии – эта задача является актуальнейшей в условиях энергетического кризиса в Украине. Без решения этой проблемы сложно говорить о дальнейшем движении впереди. Очень важным для Украины является широкое внедрение передовых технологий, например, лазерной. Лазерная технология применяется для упрочнения и резки металлов; плазменная – в сварке; мембранная, основанная на явлении односторонней диффузии молекул и атомов через полупроницаемые перегородки, – для разделения на компоненты растворов, газов, для обогащения воды кислородом; биотехнология – для получения медицинской промышленностью новых лекарственных препаратов, в сельском хозяйстве – для производства кормов, особенно искусственных белков; геной инженерия открывает пути конструирования новых полезных микроорганизмов.

Развитие промышленности, непрерывный рост различных потребностей общества: в жилье, средствах транспорта, связи, одежде, обуви, предметах быта и т.д. породили и обострили противоречие между все возрастающими масштабами индустрии и производством естественного сырья. Это противоречие может разрешить только развернувшаяся научно-техническая революция: в научных лабораториях были разработаны промышленные способы получения разнообразных искусственных материалов. Развитие данного направления привело к созданию смол и пластмасс, различных волокон, нитей, тканей, заменителей кожи и меха, линолеумов и полимерных отделочных материалов, всевозможных пленок и кровельных материалов, кристаллов, паст, синтетического каучука и др.

Искусственные материалы обладают рядом особенностей, делающих их предпочтительнее по сравнению с естественным сырьем. Им можно придавать любые заданные свойства, они легче и дешевле естественных материалов, более стойки к действию химических реагентов, атмосферных процессов и света, менее подвержены коррозии, более технологичны при изготовлении из них различных видов продукции. В промышленности из них изготавливают корпуса машин и аппаратов (радиоприемников, магнитофонов, холодильников, телефонов), шестерни, трубы, лаки, клеи, предметы быта – ванны, раковины, тазы, ковры и паласы, абажуры, посуду, детские игрушки и другие изделия. В строительстве – различные строительные материалы и оборудование: пенобетоны, стеклопласты, пенопласты, облицовочные, теплозвукоизоляционные и гидроизоляционные материалы, пластмассовые трубопроводы, санитарно-техническое оборудование и т.д.

Искусственные материалы получают из природных или синтетических полимеров. Широкий диапазон применения этих материалов обуславливает быстрый рост объемов их производства. В 1940 г. в бывшем СССР было произведено синтетических смол и пластических масс 109 тыс.т., химических волокон и нитей 11 тыс.т., а в 1985 г. соответственно 5019 тыс. т. и 1394 тыс.т., т.е. производство увеличилось более чем в 500 и 130 раз.

Производству искусственных материалов важное место отводится в Украине на будущее. Особое внимание обращается на увеличение объема синтетических смол и пластических масс, химических волокон и нитей, а также синтетических каучуков.

НТР распространяется и на другие направления жизнедеятельности людей: выход в космос и его освоение, космизация науки и производства; расширение средств массовой коммуникации, совершенствование и развитие транспортных средств, а также средств передачи информации и др. Под влиянием НТР существенные изменения

претерпевают механизированное производство, особенно при внедрении роботов, традиционных видов технологии и естественных материалов.

Развитие НТР приводит к изменениям в структуре производительных сил, характере труда, соотношении научного и технического прогресса, в характере и направленности развития материально-технической базы, а главное – в воздействии на человека как основную производительную силу общества.

НТР – главный рычаг преобразования материально-технической базы общества. Обновление производственного аппарата в результате внедрения новой техники, более прогрессивной технологии и гибких производств, существенная структурная перестройка всего производства и оптимизация его размещения, повышение культурно-технического уровня рабочих, крестьянства, производственной интеллигенции и служащих, инженерного труда, достижение и превышение мировых параметров эффективности и качества продукции позволит значительно увеличить национальный доход, объем промышленного производства и производительность труда. Все это будет означать крутой поворот к интенсификации производства, продвинет экономические реформы. Это – не только насущная необходимость, но и реальная возможность нового этапа развития общества.

Оценивая конкретную экономическую ситуацию конца XX – начала XXI ст. в СССР, а затем в Украине и других ныне самостоятельных государствах – бывших союзных республиках, мы должны заметить, что имеющий место замедленный период экономического роста, внедрения достижений НТР, а следовательно, и темпов роста производительности труда, объясняется тем, что своевременно не была обнаружена и реализована необходимость изменения некоторых сторон, существующих производственных отношений и форм собственности. Отрицательную роль в этом сыграли разрыв экономических связей между бывшими республиками. Действующие формы, хозяйственный механизм, который, в основном сложился в условиях экстенсивного развития экономики, устарели и не только утратили свою стимулирующую роль, но и мешают более полному использованию имеющихся возможностей, сдерживают движение вперед, а кое в чем вообще превратились в тормоз.

Анализ экономического развития показывает, что решение экономических и социальных задач невозможно без глубокой интеграции науки с производством. Здесь ранее большая роль отводилась межотраслевым научно-техническим комплексам, которые были созданы более двадцати пяти лет назад.

Вскрывая трудности, противоречия в возможностях, тенденциях, направлениях академической, вузовской и отраслевой науки, Верховная Рада, Президент, обращаясь к ученым, нацеливают их на интеграцию усилий всех наук, комплексность проводимых исследований, глубину постановки фундаментальных проблем, вообще коренное изменение отношения к науке. Чтобы стать активной участницей жизни и реформ, наука сама должна во многом перестраиваться. Таково веление времени.

Видные ученые Украины в своих публикациях отмечают определенную замкнутость нашей науки, острую необходимость борьбы с бюрократизмом, планомерное развитие науки от достигнутого. Организация научной деятельности как никакая другая сфера требует развития демократии и гласности, прозрачности, новых подходов ускорения этих процессов в НАН Украины.

Следует признать, что реальной основой возможности ускорения развития науки и техники является мощный научно-технический потенциал Украины. В НАН Украины ведутся исследования в области материаловедения, математики, кибернетики, физики, астрономии, филологии, биологии, гуманитарных наук. На начало 90-х гг. численность ученых в Украине достигала 220 тыс. человек. Вместе с НАН Украины действуют другие научные учреждения, академии педагогических, сельскохозяйственных, медицинских, юридических, инженерных и иных наук, научно-исследовательские институты, центры, лаборатории.

Наряду со значительными достижениями наблюдается накопление серьезных проблем и просчетов, среди них – постоянный приоритет прикладных исследований в ущерб фундаментальным. К тому же, свыше 90 % технологических разработок не внедряется в производство.

Наряду с недостаточной материально-технической базой науки это привело к потере ведущих позиций по ряду фундаментальных исследований, отставанию от Запада в уровне научных разработок. Ощутимо снизился уровень изобретательства, усилился отток ученых за кордон и многое другое. Действуют и другие факторы.

Получив высокие результаты в лабораторных условиях, авторы разработок нередко сталкиваются с большими затруднениями, проволочками как в признании ценности и важности своих открытий и предложений, так и в промышленной реализации своих идей, отсутствием финансирования.

Что же касается в целом возможностей и перспектив стран СНГ в области науки и техники, то они располагают крупным научно-техническим потенциалом. На долю СНГ приходится значительная часть заявок на изобретения, новые материалы, препараты.

Следует заметить, что НТР ускоряет процесс монополизации, обобществления, концентрации и специализации материального производства. Поскольку этот процесс складывается стихийно, в ходе конкретной борьбы и погони за максимальной прибылью, НТР усиливает диспропорцию в развитии экономики стран, неравномерность их развития, увеличивает разрыв между развивающимися и развитыми капиталистическими странами. Неоколониалистическая политика империализма привела к тому, что развивающиеся страны, где проживает более 2 млрд человек, стали практически сплошным регионом бедности. В начале 80-х годов уровень доходов на

душу населения в освободившихся странах в целом был в 11 раз ниже, чем в развитых капиталистических. На протяжении трех последних десятилетий XX века разрыв этот не сокращался, а возрос.

Рост концентрации и централизации производства и капитала под влиянием НТР обостряет имеющиеся определенные противоречия и порождает новые. К последним относится противоречие между необычайными возможностями, открываемыми НТР, и препятствиями, которые выдвигаются на пути их использования в интересах всего общества. Так, широкое внедрение новой техники и технологии приводит к ряду существенных социальных и человеческих издержек, прежде всего к росту массовой безработицы. Предполагалось что к 2000 г. роботы в развитых капиталистических странах смогут вытеснить до 75 % занятой сегодня рабочей силы. Например, в США "вторая промышленная революция" изменяет характер труда около 50 млн рабочих и служащих. Будет автоматизировано 80 % всех ручных операций. В результате лишними «окажутся» не менее 40 млн рабочих. Исследования, проводимые в Японии Международной организацией труда, социально-экономических последствий внедрения новых технологий, показывают, что количество рабочих мест ликвидируемых при роботизации, варьируется от менее 0,5 до 5. Подобные исследования в Германии дали соотношение от 0,8 до 6,2 рабочего места на один робот.

В связи с этим на Западе широкое распространение получают различного рода социал-реформистские утопии, авторы которых рисуют картины будущего "информационного общества", "новой индустриальной цивилизации", "научного капитализма" и проч., утверждая, что в "век роботов" якобы можно решить проблему "лишних рабочих рук", преодолеть социальное отчуждение и деградацию личности. Они предлагают различные меры для более активного использования "нематериальных сфер труда и быта людей", призывают учитывать такую "пружину", как человек, и способствовать более интенсивному развитию. Об этом много говорится, например, в Японии, где радужные перспективы связываются порой с национальными особенностями культуры, представлениями о нравственности и трудолюбии народа. Аналогичные цели преследуются при возрождении сегодня в США и других странах тех или иных вариантов теории "человеческого капитала". Расходы в области науки в Японии в 1975 г. составляли 1,12 % от ВПП, в 1988 г. – 1,96 %, США – 1,01 % и 1,38 %, Великобритании – 0,8 и 0,06 %.

Следует заметить, что в условиях НТР имеет место эксплуатация науки, извращается ее сущность и предназначение. Крайние формы эксплуатации науки достигла сегодня в ее милитаризации. Известно, что сейчас в мире в военной сфере занята примерно четвертая часть общего числа научных работников и она поглощает почти до 40 % расходов на все научные исследования и опытно-конструкторские разработки (НИОКР).

Длительное время гигантские материальные и человеческие ресурсы отвлечены в отраслях, работающих на военную сферу. При этом наиболее квалифицированные кадры, самые крупные капиталовложения направляются в отрасли военно-промышленного комплекса. Милитаризация деформировала науку, исказила ее гуманную сущность. В гонку вооружений прямо или косвенно вовлечено около 1 млн. научных работников. Жизнь свидетельствует, что бездумное продолжение научно-технической политики в нынешних условиях недопустимо.

Несомненно, в условиях НТР предмет профессиональной заботы инженерных работников, их деятельности и сегодня, и завтра, и в сравнительно отдаленном будущем один – техника и технология. Однако техника и технология завтрашнего дня будут не похожи на те машины, механизмы, производственные циклы, которые действуют сегодня. Научно-индустриальное производство, в основе которого лежит наука, предполагает ориентацию на технические новшества высшего технико-экономического уровня. Создаются такие новшества одновременно в двух направлениях: во-первых, при решении традиционных инженерно-технических задач нетрадиционными методами; во-вторых, в процессе исследования и решения производственных задач нового класса. Задание инженера – отыскать более рациональный, более дешевый в экономическом и рациональный в технико-технологическом отношении способ производства нужной обществу продукции. Под воздействием научно-технического прогресса существующая отраслевая структура общественного производства коренным образом изменится и произойдет это (уже происходит) в самом скором времени. А вместе с ней изменится и структура предмета инженерной деятельности: увеличится поле применения инженерных знаний и методов; иными, несопоставимыми с прежними по степени сложности станут инженерно-технические задачи; инженерные разработки еще теснее переплетутся с научными.

Предмет инженерной деятельности будет, образно говоря, разрастаться «вширь» и «вглубь». Расширение области профессиональной деятельности инженеров будет происходить буквально «не по дням, а по часам», а в молодых, бурно развивающихся отраслях техники и технологии едва ли не по минутам. И это не художественная гипербола, а точное отражение состояния дел. Известно, что уже сейчас в мире в течение года ученые открывают до 30 тыс. новых химических соединений – примерно 90 в день! Или другой пример – из области электронной техники. За последние 10-15 лет производительность интегральной схемы выросла в 100 тыс. раз; современный микрокомпьютер в 40 раз мощнее и в тоже время в 10 тыс. раз дешевле, в 17 раз легче, в полторы тысячи раз меньше по объему, и в 2,8 тыс. раз менее энергоемок, чем первые ламповые компьютеры. Эти цифры дают наглядное представление о проблемах, с которыми предстоит столкнуться инженерам всех рангов и специальностей – от исследователя до эксплуатационника – уже в недалеком будущем.

Таким образом, научно-техническая революция коренным образом изменяет технический базис общества, а вместе с ним и инженерную профессию и инженерную деятельность. Во-первых, качественно иным станет сам предмет инженерной деятельности: значительно расширится сфера деятельности инженера, стоящие перед ним задачи будут усложняться, едва ли не в геометрической пропорции. Во-вторых, кардинально изменятся средства инженерного труда. В своих профессиональных занятиях инженер будущего сможет опереться на достижения информатики и компьютерной техники. Широкое применение баз знаний, систем «искусственного интеллекта»,

создание сетей ЭВМ откроют перед ним фантастические с позиций сегодняшнего дня возможности. В-третьих, инженерная деятельность обретет новое содержание в плане резкого усиления интеллектуально-творческих компонентов, уровня предварительной подготовки и последующей систематической переподготовки. В-четвертых, закрепятся ныне существующие прогрессивные формы интеграции науки, инженерии и производства и раскроются новые, пока непредсказуемые. В-пятых, – и это, может, самое важное – изменятся многие личностные черты человека, возникнет инженер нового типа.

ВЫВОДЫ

50-е годы XX в. ознаменовались вступлением человечества в период научно-технической революции. Научно-техническая революция носит глобальный, интернациональный характер, охватывает весь мир, она имеет всеобъемлющий характер, так как влияет на все стороны жизни, органически соединяет коренные изменения в науке и технике, выдвигает на передний план новые технологии.

В многообразии отраслей науки и техники выделяются основные направления, определяющие характер современной НТР. Это широкое использование электричества, применение атомной энергии в мирных целях, радиоэлектроника, получение искусственных материалов с заранее заданными свойствами, изучение Вселенной и другие достижения, которые воздействуют на все сферы деятельности человека, революционизируют современное производство, являются ускорителями научно-технического прогресса. Развиваются новые технологии (в том числе биотехнологии), новые источники энергии, новые транспортные средства и средства связи, создаются новые предметы труда. Генеральным направлением НТР остается автоматизация производственных процессов на основе создания электронно-вычислительной техники, роботов, станков с ЧПУ, гибких автоматизированных производств.

В результате НТР достижения естественных наук все больше и больше используются в производстве, наука отделяется от непосредственного труда, во многих областях промышленности создаются автоматические системы машин, идет процесс применения технических средств, способных заменять логические функции человека. Под влиянием НТР не только улучшаются технологии, повышаются производительность труда и качество продукции, сокращаются затраты на производство.

Под ее влиянием возрастают противоречия в социальной жизни общества цивилизованных стран. НТР тесным образом связана с социальным развитием в рамках определенного общества, обусловлена и может быть правильно оценена в таком контексте, ибо социальная сфера есть продукт научно-технической, экономической деятельности государства, затрагивающий жизненные интересы людей. Влияние НТР на многие отрасли науки и техники поставило на повестку дня вопрос интенсификации инженерной деятельности, расширения инженерных специальностей, совершенствования инженерного образования. Возрастает роль профессии инженера в производстве. В этой связи при формировании инженерного корпуса нового типа обращается внимание на подготовку инженера с гуманистическим мировоззрением, фундаментализацию и информатизацию инженерного образования, подготовку специалиста с глубокой экологической и менеджментской подготовкой способного искать, принимать патентоспособные и конкурентоспособные решения.

ТЕМА XI. ЭЛЕКТРОХИМИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Окружающий мир разнообразный и загадочный. Вся природа, весь мир объективно существует вне и независимо от сознания человека. Мир материален; все существующее представляет собой различные виды материи, которая всегда находится в состоянии непрерывного движения, изменения, развития. Движение, как постоянное изменение, присуще материи в целом и каждой мельчайшей ее частице.

Формы движения материи разнообразны. Нагревание и охлаждение тел, излучение света, электрический ток, химические превращения, жизненные процессы – все это различные формы движения материи. Одни формы движения материи могут переходить в другие. Так, механическое движение переходит в тепловое, тепловое в химическое, химическое в электрическое и т.д. Эти переходы свидетельствуют о единстве и непрерывной связи качественно различных форм движения. При этом соблюдается основной закон природы – закон вечности материи и ее движения. Этот закон распространяется на все виды материи и все формы ее движения. Ни один вид материи, ни одна форма движения не могут быть получены из ничего и превращены в ничто. Это подтверждено многовековым опытом науки.

Отдельные формы движения материи изучаются различными науками: физикой, химией, биологией и другими.

Каждый отдельный вид материи, обладающий при данных условиях определенными физическими свойствами (массой, объемом, агрегатным состоянием и т.д.), например вода, называют веществом. Одна из древнейших, важнейших и обширных наук о веществах – это химия.

Впервые определение химии как науки дал М.В.Ломоносов: «Химическая наука рассматривает свойства и изменения тел..., должна исследовать состав тел», она «объясняет причину того, что с веществами при

химических превращениях происходит».

Согласно сегодняшним представлениям химия – это наука о превращениях веществ. Она изучает состав и строение веществ, зависимость свойств веществ от их состава и строения, условия и пути превращения одних веществ в другие.

Возникнув в древности, роскошное и мощное дерево химии бурно разрослось и расцвело – возникли и плодотворно развиваются такие отрасли, как неорганическая, координационная, органическая, элементарноорганическая, аналитическая, физическая, радиационная, коллоидная химия, биохимия, геохимия, космохимия, химия полимеров, химия плазмы, химия низких температур и др. И везде нужны подготовленные люди: инженеры-химики, ученые, рабочие, насыщенная инженерная деятельность, развитая наука.

Одним из важнейших и обширных разделов химии является электрохимия. Электрохимия представляет собой область химии, которая изучает условия и механизм превращения одних веществ в другие, связанные с подводом или отводом электрической энергии. Процессы, протекающие за счет подведенной извне электрической энергии, или же, наоборот, служащие источником ее получения, называют электрохимическими процессами.

Химические и электрохимические реакции люди широко используют на протяжении многих веков, вкладывая свои знания и умения в решение сложных задач, в том числе и конкретные инженерные знания. Рассмотрению некоторых аспектов возникновения электрохимии, ее развития, конкретной инженерной деятельности в этой области посвящена настоящая лекция.

1. Зарождение электрохимии и ее становление.

2. Достижения в электрохимии и практическое их применение.

Термин «химия» («хемиа») впервые упоминается в трактате Зосимуса – египетского грека из города Панополиса (ок. 400 г. н.э.). В нем Зосимус рассказывает, что «химии», или же «священному тайному искусству» людей обучили демоны, сошедшие с небес на землю. Первая книга, согласно Зосимусу, в которой описывались приемы тайного «искусства», была будто бы написана пророком Хемесом, от имени которого и берет начало «хемиа», «химия».

На родине химии – в древнем Египте – тайной «священного искусства» владела каста жрецов. Они были настолько всемогущими, что их побаивались даже фараоны. В храмах египетские жрецы, кроме богослужения, занимались также политикой и науками – астрономией, математикой, медициной. Они с большой точностью предвидели солнечные затмения, перемену погоды, проводили сложные расчеты пирамид и других сооружений. Успешно развивалось в Египте и химическое ремесло. Изобретенный жрецами способ бальзамирования умерших (мумификация) еще и сегодня вызывает удивление и восхищение. До наших дней чудесно сохранилось много египетских мумий и среди них знаменитая мумия 18-летнего фараона Тутанхамона. Жрецы владели секретами изготовления косметических препаратов, лекарств, ядов, кирпича, стекла, лаков, красок и т.д.

Успешно развивалась химия и в странах Азии – Месопотамии, Индии, Китае. Металлурги древнего Вавилона выплавляли сурьму и сурьмянистые бронзы уже около 3000 лет до н.э.

При раскопках около Багдада ученые нашли глазурованные керамические горшки, в которые были вставлены медные цилиндры, а в них через битумную пробку – железные стержни. Причем медь оказалась сильно разъеденной. Если в такой цилиндр налить электролит, например, раствор соляной кислоты, то возникает электрический ток. Нет сомнения, что здесь мы имеем дело с древним гальваническим элементом – электрохимическим источником тока.

Одновременно были найдены серебряные изделия с чрезвычайно тонкой и равномерной позолотой. Такую позолоту, по мнению ученых, можно нанести только электрохимическим способом.

Значительные успехи в развитии практической химии, в том числе электрохимии, были достигнуты в Китае. На гробнице китайского полководца Чжао-Чжу, похороненного в 316 г., есть металлический орнамент. Когда химики сделали анализ металла, то оказалось, что он содержит 5 % магния, 10 % меди и 85 % алюминия. Сегодня известно, что алюминий можно получить исключительно электрохимическим способом.

Приведенные факты свидетельствуют, что еще в древности человек стремился познать тайны превращения веществ и достиг немалых результатов, используя химические и электрохимические процессы.

Так как при электрохимических превращениях веществ обязательным условием является участие электричества, то становится очевидным, что развитие электрохимии тесно связано с ассимиляцией достижений в познании электричества. Впервые мысль о глубокой взаимосвязи электрических и химических явлений высказал в 1765 году М.В. Ломоносов: «Без химии путь к познанию истинной природы электричества закрыт».

Электричество, как и химические процессы, было знакомо людям еще в древности. Они обнаружили, что при трении кусочка янтаря о шелковую ткань он приобретает удивительное свойство – может притягивать к себе легкие предметы. Греки назвали янтарь электроном. Отсюда и появилось слово электричество.

Особый интерес к электричеству проявили в XVII–XVIII веках. Тогда же появилась и первая теория о сущности электричества. Ее создатель – знаменитый Бенджамин Франклин – тот самый, известный деятель борьбы за независимость британских колоний в Америке. Самым значительным достижением ученого является попытка выяснить природу электричества. В соответствии с философскими представлениями своего времени о явлениях природы, Франклин ищет материальный носитель электричества, похожий на некоторое вещество – «электрический флюид», который содержится в телах и может переходить из одного тела в другое. По его мнению «электрическая материя» состоит из частиц, которые так малы, что могут легко и свободно проникать в обыкновенную, даже самую плотную материю.

Идею Франклина о существовании мельчайших материальных носителей электричества; «атомов электричества», с доверием встретили многие ученые.

Начались поиски атомов электричества. Следовало отделить их от атомов вещества, открыть и изучить процессы, в которых атомы электричества проявили бы свои свойства. Такая возможность представилась при исследованиях явлений в разряженных газах.

Было установлено, что при прохождении электрического тока в стеклянных трубках, наполненных разряженными газами, проявляются лучи, которые распространяются от катода к аноду. Их назвали катодными лучами.

Немецкий ученый Ф.Леонард установил, что катодные лучи могут проникать через очень тонкое окошко запаянной трубки.

Дальнейшие исследования Уильяма Крукса, Дж. Томсона и других ученых позволили определить, что катодные лучи – это поток отрицательно заряженных частиц, масса которых почти в 2000 раз меньше массы самого легкого атома – атома водорода. Таким образом стало ясно, что атом не является наименьшей неделимой частицей вещества. Было установлено, что атом состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов. При сообщении атому дополнительной энергии некоторые электроны могут утратить связь с ядром. При этом атомы превращаются в положительные ионы. Оторвавшись от одного атома, электрон может присоединиться к другому, образуя отрицательный ион. Таким образом была подтверждена гипотеза Франклина о существовании «электрического флюида». Им оказался поток электронов в металлах и поток положительных и отрицательных ионов в растворах и расплавах солей, растворах кислот и щелочей.

Первые научные представления о принципах взаимосвязи электрических и химических явлений относятся к концу XVIII – началу XIX века. Итальянский физик А.Вольта, один из основоположников учения об электричестве, в 1793–1801 годах предложил разместить металлы в так называемый электрохимический ряд напряжений в зависимости от того, насколько легко атомы металлов способны окисляться, т.е. переходить в состояние положительных ионов. А побудило его к этому наблюдение итальянского врача А. Гальвани, который обнаружил появление электрического тока в мышцах лапки лягушки (по сокращению мышцы) в тот момент, когда лапка лягушки, подвешенная на медной проволоке, касалась железной сетки. Обнаруженное явление привело к изобретению химического источника электрического тока – Вольтова столба.

С помощью Вольтова столба шведскому химику И. Л. Берцелиусу в 1802 году удалось электрически разложить водные растворы солей, а английскому химику Г. Дэви в 1807 году – расплавы солей.

Изучение таких электрохимических процессов привело к необходимости поиска механизма протекания электрического тока в этих системах.

К объяснению механизма протекания электрического тока в растворах солей ученые шли долго и настойчиво.

Первое и удачное объяснение принадлежит К. Гротгусу. По представлениям Гротгуса, компоненты воды – это частицы, несущие электрический заряд: кислород – отрицательный, а водород – положительный. Длинные цепи последовательно расположенных атомов кислорода и водорода простираются от одного электрода к другому. Крайние атомы этих цепей – на одном конце водород, а на другом кислород, разряжаются на электродах и выделяются в виде газов. Теория Гротгуса отличалась наглядностью и простотой, но не могла до конца объяснить механизм электропроводности растворов.

Новый крупный шаг в объяснении механизма протекания электрического тока в растворах сделал в первой четверти XIX века шведский химик И. Берцелиус. Он разделил все «тела» на два класса – с положительным электрическим зарядом и с отрицательным. При химическом соединении тел происходит нейтрализация противоположных зарядов. Далее Берцелиус предположил, что при пропускании электрического тока через раствор нейтрального «тела» последнее распадается на составляющие – положительно заряженное и отрицательно заряженное «тела». Так возникла электрохимическая теория химической связи. Простота теории и большой авторитет ее создателя определили ее широкое применение при объяснении химических процессов, несмотря на то, что данные экспериментов очень часто не согласовывались с теоретическими постулатами.

В начале XIX века свой вклад в электрохимию внес М. Фарадей. Он впервые вводит понятия: электролит, электрод, электролиз, анод, катод, ион, анион, катион, которые стали научными терминами и широко используются в наши дни. По мнению Фарадея, электролиты – это вещества, которые в водном растворе распадаются на положительные и отрицательные ионы (катионы и анионы). Он считал, что такой распад возможен только под действием электрического тока.

И далее усилия многих ученых были направлены на изучение электропроводности растворов. Русский физик А. Савельев в 1853 году установил существование зависимости электропроводности растворов от температуры и концентрации.

Немецкий физик и химик В. Гитторф всесторонне изучал движение ионов в растворах. Он доказал, что при протекании электрического тока в растворах катионы (положительные ионы) движутся к катоду, а анионы (отрицательные ионы) – к аноду. Впервые он высказал мысль, что «появление ионов не есть результат действия электрического тока». Но смелые идеи Гитторфа не были поддержаны известными учеными того времени. Г. Дэви, М. Де ла Гив, М. Фарадей продолжали считать, что ионы появляются только под действием электрического тока.

В 1857 году Р. Клаузиус предположил, что при тепловом движении между молекулами происходят столкновения, которые приводят к распаду их на ионы, которые в течение некоторого времени существуют самостоятельно. С повышением температуры увеличивается скорость движения молекул, растет число столкновений, увеличивается число столкновений, а следовательно растет электропроводность раствора. Теорию Клаузиуса ученые признали быстро, но при интерпретации экспериментальных результатов возникли затруднения. Теория не смогла объяснить, почему легче всего распадаются на ионы молекулы тех соединений, которые, как тогда считалось, состоят из элементов с наибольшим сродством друг к другу. И вскоре теория Р. Клаузиуса была забыта.

В истории электрохимической науки значительное место занимают исследования Г. Гельмгольца. Он считал, что при растворении электролитов некоторые молекулы распадаются на ионы, которые существуют в растворе независимо от того, протекает через него электрический ток или нет. Число положительных и отрицательных ионов в растворе одинаково, так что в целом он электронейтрален. Если погрузить в раствор электроды и приложить напряжение, то ионы начинают двигаться к электродам и, достигнув их, отдают свой заряд, т.е. разряжаются. Так они превращаются в электронейтральные атомы. В разных электролитах этот процесс происходит при различном напряжении между электродами. Теория Гельмгольца вплотную приблизилась к принятой позже и не потерявшей значения до сегодняшнего дня теории электролитической диссоциации Аррениуса.

Существование ионов в растворах кислот, оснований и солей независимо от протекания через раствор электрического тока научно доказал в 1884 году шведский химик Сванте Аррениус в своей докторской диссертации, в которой изложил учение об электролитической диссоциации.

Так же как Гельмгольц, Аррениус считал, что всегда в растворах часть молекул электролита диссоциирует на ионы. Этот процесс происходит при растворении, независимо от того, пропускается через раствор электрический ток или нет. Но в отличие от своего предшественника, он утверждал, что при этом в растворе устанавливается равновесие между ионами и недиссоциированными молекулами. Так впервые идея о химическом равновесии была использована для объяснения свойств растворов электролитов. С. Аррениус ввел понятие степени электролитической диссоциации, т.е. отношения числа молекул, распавшихся на ионы, к общему числу молекул электролита и разделил электролиты на сильные (у них степень электролитической диссоциации близка к 1) и слабые (у них диссоциирует лишь незначительная часть молекул). Результаты работ Аррениуса явились основой теории электролитической диссоциации, которая носит его имя.

С. Аррениус окончательно доказал, что электрический ток в растворах электролитов переносят ионы. Подводится электрический ток к раствору с помощью металлических проводов и металлических электродов. Возникшее «противоречие» (электричество подводится к раствору в виде потока электронов, а в растворе оно представляет поток ионов) привело к важному выводу: при прохождении электрического тока через растворы электролитов на электродах должны происходить химические превращения веществ, т.е. электрическая энергия должна превращаться в энергию химического процесса.

Впервые химический процесс (разложение воды) под действием электрического тока наблюдали в 1800 году У.Никольсон и К. Карлейль. Они обратили внимание, что на катоде выделяется водород, а на аноде кислород. Объясняется это следующим образом. Положительный ион водорода подходит к отрицательному электроду (катоде), получает подведенный от источника тока электрон и превращается в атом водорода. То есть на поверхности катода происходит процесс восстановления. К аноду подходят отрицательные ионы гидроксония (OH^-) и разряжаются там, отдавая электрон, и превращается в атом кислорода. На аноде происходит процесс окисления.

Процесс восстановления или окисления на электродах компонентов электролита, сопровождаемый приобретением или потерей электронов частицами реагирующего вещества в результате электрохимических реакций, называли электролизом.

Электролиз основательно изучал англичанин Майкл Фарадей. В 1833 году он открывает знаменитые законы электролиза, названные его именем. Фарадей установил, что электрический заряд, который должен пройти через электролит, чтобы выделить один моль вещества, не произволен. Так, например, для выделения 1 г водорода, 23 г натрия, 35,45 г хлора или 107,87 г серебра (т.е. по одному молю каждого из этих веществ) необходимо через электролит пропустить электрический заряд, равный 96500 кулонов (Кл). Для выделения одного моля магния (24,31 г), кальция (40,08 г) или цинка (65,38 г) пропущенный электрический заряд увеличивается в два раза, он равен 193000 Кл.

Результаты этих экспериментов можно легко объяснить, если учесть, что каждый атом водорода, натрия, хлора или серебра переносит через электролит один и тот же электрический заряд – e , а каждый атом магния, кальция или цинка вдвое больший – $2e$.

Изучая электролиз, Н. Леблан в 1891 году установил, что каждому электролиту свойственно определенное минимальное напряжение, ниже которого процесс электролиза невозможен. Он назвал это напряжение напряжением разложения. Оказалось, что электролиз солей щелочных металлов и кислородсодержащих кислот (например, сульфата натрия) начинается при напряжении 2,2 В, электролиз самих кислот – при 1,7 В, а остальных кислот – при еще более низких напряжениях.

Электролиз можно проводить не только в растворах, но и в расплавах. Причем, некоторые металлы (например, алюминий) можно получить только электролизом расплавов.

В 1888 году в Америке в результате кропотливой работы ученых и инженеров впервые был разработан метод промышленного получения алюминия путем электролиза расплава оксида алюминия и криолита. Процесс происходит при температуре 960 градусов. На катоде выделяется алюминий. Он тяжелее расплавленного электролита и поэтому собирается на дне электролизной ванны.

Металлический магний получил в 1852 году Р. Бунзен электролизом расплавленного безводного хлорида магния. Промышленный способ электролитического получения этого металла освоили в Англии в 1883 году.

Электрохимия в Российском государстве начинала свой путь с опытов М. В. Ломоносова по разложению воды электрическим током.

В дальнейшем большой вклад в развитие электрохимии внесли русские ученые В. В. Петров, С. П. Власов, Ф. Гротгус, Б. С. Якоби, Е. Х. Ленц, А. С. Савельев.

В. В. Петров впервые выделил электролитическим способом ртуть, свинец, олово; объяснил роль атмосферного кислорода при электролизе воды; открыл электрическую дугу (дуга Петрова). В 1803 году он опубликовал книгу по электролизу воды и водных растворов.

С. П. Власов впервые в 1807 году электролизом выделил щелочные металлы.

В 1806 году Ф. Гротгус впервые выступил с теорией электропроводности.

Б. С. Якоби создал гальванические цинк-медные элементы (элемент Даниэля-Якоби) и детально изучил процессы, происходящие в них.

Е. Х. Ленц и А. С. Савельев внесли значительный вклад в развитие теории поляризации.

В тесной связи с научными достижениями русских ученых – электрохимиков развивалась электрохимическая наука в Украине.

Первые экспериментальные исследования по электрохимии провел в Украине профессор Харьковского университета В. И. Лапшин в 1858 году. Он изучал действие электрического тока на ряд химических соединений, подвергая их электролизу.

С 1860 года начинаются работы исследователей – электрохимиков в Киеве, Харькове, Одессе. Но особенно интенсивно электрохимическая наука в Украине стала развиваться в 20-х годах прошлого столетия. Ученые и инженеры Киева, Харькова, Днепропетровска и других городов создали центры научных исследований. Они стали работать над такими проблемами электрохимии, как теория электродных потенциалов, коррозия металлов, антикоррозионные покрытия, кинетика электродных процессов, исследования в области химических источников тока.

Заслуга создания теории кинетики электродных процессов и связи их с построением приэлектродного слоя принадлежит в основном А. Н. Фрумкину. Научная деятельность Фрумкина началась в Одесском Институте народного образования в 1920–1922 годах, где он провел чрезвычайно важные исследования в области электрокапиллярных явлений.

Ученик А. Н. Фрумкина М. А. Лошкарев сформулировал теорию адсорбционной поляризации, описывающую связь адсорбции с кинетикой электрохимических реакций.

В разработке общей теории электрохимической кинетики значительное место занимают исследования, выполненные в Институте общей и неорганической химии под руководством А. В. Гордынского.

Созданию теории электрохимической кинетики способствовали разработки Л. И. Антропова в Киевском политехническом институте, Д. Н. Грицана в Харьковском государственном университете, В. А. Тягай в институте полупроводников и ряда других ученых.

Ф. К. Андрищенко и В. В. Орехова в Харьковском политехническом институте создали теоретические предпосылки подбора лигандов в комплексных системах, что послужило основой для разработки ряда бесцианистых электролитов.

Важное место в электрохимии занимают исследования расплавленных сред. Одним из основоположников электрохимии расплавленных сред является профессор Харьковского (а позже – Одесского) университета В. И.

Лапшин. В дальнейшем эту проблему успешно решал выдающийся химик Н. Н. Бекетов. Основной его вклад в науку – установление электрохимического ряда напряжений металлов (ряд Бекетова).

Большой вклад в развитие электрохимии расплавленных сред внес профессор Киевского политехнического института В. А. Избеков. Одним из наиболее важных аспектов его научной деятельности было определение напряжений разложения расплавленных солей. Полученный им ряд напряжений металлов существенно отличается от «водного» ряда.

Работы Избекова в области электродных потенциалов были продолжены академиком НАН Украины Ю. К. Делимарским.

Ионные расплавы дают более широкие возможности для управления электродными процессами по сравнению с водными растворами.

Успешно развивается также отечественная техническая электрохимия. В 1879 году был выдан первый в России патент на метод получения хлора электролизом поваренной соли (Н. Глухов и Ф. Ващук). Первый завод, где применили электролиз хлорида натрия с целью получения хлора, гипохлорита, хлорита и щелочи, был пущен в 1901 году в Украине (г. Славянск).

М. М. Воронин в Киевском политехническом институте разработал электролиз хлорида калия с целью получения бертолетовой соли. Он также доказал возможность получения перекиси водорода на специальных электродах с достаточно высоким выходом по току.

Решением проблемы электрохимического получения веществ высокой чистоты занимались сотрудники кафедры физической химии Киевского политехнического института под руководством О.К.Кудры.

Важные работы по электрохимическому синтезу органических соединений выполнены в НИИ Монокристаллов (В. Д. Безуглый).

Основоположником технического электролиза расплавленных сред в нашей стране был профессор Петербургского политехнического института П. П. Федотьев, разработавший теоретические основы электролитического получения алюминия. Его ученик М. М. Воронин впервые получил магний путем электролиза расплавленного карналлита.

В институте общей и неорганической химии АН УССР в результате детального изучения электродных процессов в ионных расплавах предложены и разработаны новые электрохимические методы, позволяющие быстро и экономично очищать металлы от примесей.

Работы в области технической электрохимии проводятся также на Днепропетровском алюминиевом заводе, Институте коллоидной химии, Харьковском политехническом институте, Днепропетровском химико-технологическом институте и других заведениях.

Так в Харьковском политехническом институте профессором Ф. К. Андрющенко была доказана возможность осуществления процесса электролиза воды со щелочными электролитами при плотностях тока 10000–20000 А/кв.м без увеличения расхода электроэнергии по сравнению с промышленными электролизерами ФВ–500. Полученные результаты позволяют интенсифицировать процесс электрохимического получения водорода.

Большинство разработок отечественных ученых в области технической электрохимии направлены на решение важных задач в промышленности.

В Украине проводятся обширные исследования по коррозии металлов и защите от коррозии.

Первые исследования по коррозии металлов выполнены в Институте общей и неорганической химии НАН Украины Н. Н. Грацианским. В 1936 году была организована первая исследовательская лаборатория по коррозии и защите металлов.

Вторым центром исследований по коррозии в Украине был Институт черной металлургии НАН Украины. Здесь под руководством И. Н. Францевича была решена проблема защиты газопровода Дашава – Киев и Дашава – Москва от грунтовой коррозии и блуждающих токов.

В Киевском политехническом институте под руководством Н. В. Воронина проведены работы в области антикоррозионных гальванических покрытий никелем, цинком, медью.

Важные исследования в области гальванических покрытий проводились в Харьковском химико-технологическом институте. Здесь В. П. Машовец и С. Я. Пасечник изучали процессы никелирования и пути интенсификации работы никелирующих ванн. Т. С. Филиппов исследовал процессы цинкования и свинцевания железных деталей.

Д. Н. Грицан в Харьковском государственном университете изучал процессы нанесения покрытий из сплавов марганец-никель и марганец-хром.

В последние десятилетия XX в. в Украине успешно продолжались исследования процессов нанесения гальванических, химических и конверсионных антикоррозионных покрытий. Отечественные ученые занимают

ведущее место в исследовании ингибиторов коррозии.

Получили развитие исследования новых процессов нанесения гальванопокрытий (серебрение, меднение, свинцевание) из расплавленных и неводных сред, получения тонкодисперсных порошков тяжелых металлов и интерметаллических соединений.

В Харьковском политехническом институте профессором Ф. К. Андриященко был предложен электрохимический способ получения оксидных пленок на титане, цирконии, ниобии. Работы успешно продолжались Б. И. Байрачным. Результаты исследований обобщены в работе Б. И. Байрачного и Ф. К. Андриященко «Электрохимия вентильных металлов».

Профессором Харьковского политехнического института В. В. Ореховой с сотрудниками созданы процессы нанесения гальванических защитно-декоративных покрытий, заменяющих покрытия драгоценными металлами.

В последние годы ученые Украины уделяют большое внимание электрохимической энергетике. Изучение проблемы непосредственного превращения химической энергии в электрическую впервые было начато в 1940-х гг. прошлого столетия О. К. Давтяном. В 1956 году в Одесском государственном университете была создана лаборатория топливных элементов. Здесь под руководством Давтяна проведен цикл исследований, посвященных механизму и кинетике токообразующих процессов горения газа.

В направлении усовершенствования классических химических источников тока проводятся работы в Харьковском и Киевском политехническом институтах.

В Институте общей и неорганической химии НАН Украины с конца 1970-х гг. XX века ведутся исследования в направлении создания новых химических источников тока на основе легких металлов с резко повышенными удельными характеристиками.

Проблемами создания новых химических источников тока занимаются в Институте материаловедения, Днепропетровском химико-технологическом институте, Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Важным вопросом современной электрохимии является преобразование солнечной энергии в электрическую. В Украине проблемой фотоэлектрохимии занимаются в Институте общей и неорганической химии, Институте физической химии (Киев), Физико-химическом институте (Одесса).

Ученые и инженеры Украины вносят значительный вклад в развитие электрохимии. Их исследования не только развивают электрохимическую науку, но и приносят большую практическую пользу. Достижения электрохимической науки успешно используются в различных отраслях промышленности.

Одним из наиболее важных направлений прикладной электрохимии является электролитическое нанесение металлических покрытий – гальванотехника. В зависимости от физико-химических свойств получаемых покрытий и их назначения в гальванотехнике выделяются два направления: гальваностегия и гальванопластика. Основное различие между ними заключается в том, что в гальваностегии добиваются наилучшего срачивания осаждаемого металла с катодной основой, а в гальванопластике – полного отделения осаждаемого металла от материала основы, но в том и другом случае нужны глубокие знания, высокая инженерная подготовка.

Многочисленные покрытия, применяемые в гальваностегии, по своему назначению можно разделить на несколько групп:

- покрытия, защищающие металлические изделия от коррозии (цинк, кадмий, свинец, олово, никель и их сплавы);
- защитно-декоративные покрытия (медь с оксидированием, хром, никель, кобальт, золото, серебро и их сплавы);
- покрытия, увеличивающие поверхностную твердость и износостойкость (хром, железо, никель, родий и некоторые сплавы);
- покрытия, повышающие отражательную способность (родий, серебро, золото, хром, никель);
- покрытия, повышающие электропроводящие свойства поверхности (серебро, золото, медь и их сплавы);
- покрытия, защищающие отдельные участки деталей от цементации углеродом (медь) и от азотирования (олово);
- покрытия, сообщающие поверхности антифрикционные свойства (олово, медь, серебро, свинец, индий и их сплавы);
- покрытия, служащие маской при избирательном травлении металлов в производстве печатных плат и изделий электронной техники (олово, свинец, никель, серебро, золото и их сплавы);
- покрытия, улучшающие способность деталей к пайке (олово и его сплавы).

Кроме того гальваностегия применяется в ремонтном производстве для восстановления размеров изношенных деталей.

Гальванопластика – способ получения или воспроизведения предмета путем электролитического осаждения металла – находит широкое применение во многих отраслях промышленности, где необходимо точно воспроизвести особенности конструкции и все тонкости сложной формы.

Наиболее широко используют гальванопластику в граммофонной промышленности для изготовления матриц. В радиотехнике и электронике нашли применение гальванопластическое изготовление волноводов и фольги. Методом гальванопластики изготавливают трубы различной формы и размера, сетки, решетки, сита, сопла, пресс-формы. Широкие возможности гальванопластики позволяют изготавливать легкие полые изделия сложной формы и высокой точности для авиации и космонавтики.

Второе очень важное направление практической электрохимии – электролиз растворов, в частности раствора хлорида натрия (или морской воды) с целью получения хлора и его соединений, щелочи и водорода. А если процесс проводить на ртутном катоде, то получается амальгама натрия, из которой выделяют чистый натрий.

При электролизе растворов щелочи получают чистые кислород и водород за счет электрохимического разложения воды.

Особую группу в электрохимических процессах составляет электроорганический синтез. Например, ежегодно электрохимическим окислением толуола получают сотни тонн бензойной кислоты – ценного сырья для парфюмерной и фармацевтической промышленности. Значительные количества уксусной кислоты получают электролизом этилового спирта и ацетальдегида. Благодаря электроорганическому синтезу были получены прекрасные антрахиноновые красители для текстильного производства. Особенно плодотворным оказалось использование электролиза в фармацевтической промышленности. Так получают, например, карбоновые кислоты пиридина никотиновую, которая входит в состав витамина РР, изоникотиновую – важное сырье для изготовления противотуберкулезных препаратов (римифона и др.).

Для многих современных машин, аппаратов, приборов, в том числе для бытовых радио- и электротехнических устройств, требуются химические источники тока, производство которых стало важной отраслью технической электрохимии. Химические источники тока подразделяются на первичные (гальванические элементы одноразового использования) и вторичные (аккумуляторы многократного использования).

В современной технике начали успешно применять новые источники электрического тока – топливные элементы. В них ток возникает в результате химического взаимодействия горючих веществ – водорода, бензина, дизельного топлива, угля, природного газа, амиака, металлов с разными окислителями, чаще с кислородом. Здесь мы имеем дело с прямым превращением химической формы энергии в электрическую.

Наибольшее распространение получили водородно-кислородные электрохимические генераторы. Электроды для них изготавливают из каталитически активных металлов (из губчатого никеля или платины – водородный электрод и активного серебра – кислородный). Электролитом служит раствор кислоты или щелочи. В этих элементах катод омывается струей водорода, а анод – струей кислорода. Электрический ток генерируется при непосредственном контакте трех фаз – газообразной (водород, кислород), жидкой (электролит) и твердой (материал электродов).

На поверхности катода молекулы водорода теряют свои электроны, соединяются с гидроксид-ионами электролита и образуют молекулы воды.

На аноде молекулы кислорода присоединяют электроны, которые движутся по проводнику от катода, соединяются с молекулами воды, в результате чего образуются гидроксид-ионы.

Топливные элементы имеют КПД почти в два раза выше, чем паровые турбины. Кроме того, у них нет движущихся частей, они долговечные, работают без шума, не образуют вредных отходов.

В космической технике наряду с солнечными батареями и радиоизотопными источниками энергии широко применяются и топливные элементы.

Для длительных полетов в космос немаловажное значение будут иметь биохимические топливные элементы. В них окислительно-восстановительные превращения осуществляются с помощью микроорганизмов, в результате чего и генерируется электрический ток. В условиях космического полета в биоэлементах будут перерабатываться отходы человеческой жизнедеятельности, а взамен образуются электрический ток, питьевая вода и неопасные побочные продукты (углекислый газ, азот, соли).

Но самая перспективная отрасль использования водородно-кислородных топливных элементов – энергетика. Так, при малой нагрузке электростанции (например, ночью) топливный элемент функционирует как электролизер – разлагает воду и накапливает водород и кислород в газгольдерах высокого давления. При перегрузке электростанции водородно-кислородный элемент «сжигает» сжатые водород и кислород, и работает как электрохимический генератор, то есть вырабатывает дополнительный электрический ток.

Современная техника, в основном ядерная энергетика, требует огромного количества тяжелой воды, которая служит прекрасным замедлителем нейтронов в ядерных реакторах и источником для получения дейтерия.

Тяжелую воду можно получить электрохимическим способом – электролизом обычной воды. Дело в том, что в молекуле воды атом дейтерия связан с атомом кислорода прочнее, чем атом водорода. А в растворе ион

дейтерия движется медленнее, чем ион водорода. Поэтому во время электролиза разлагается в основном обычная вода, а тяжелая вода накапливается в остатке. Высококонцентрированные растворы тяжелой воды можно разделить фракционной перегонкой и получить 100-процентную тяжелую воду.

Но специально разлагать воду электролизом с целью получения тяжелой воды не выгодно. Поэтому тяжелую воду выделяют из остатков в электролизерах при получении водорода, кислорода, хлора, едкого натра и т.п.

Электрохимия приходит также на помощь в деле охраны окружающей среды. При очистке сточных вод и отработанных газов применяется электролиз.

Второй вид помощи, который оказывает электролиз в борьбе за охрану окружающей среды, связан с возможностью заменять производства с выделением вредных, загрязняющих окружающую среду веществ, электрохимическими производствами, где загрязнение намного меньше. Очевидно, например, гидрометаллургические производства намного чище пирометаллургических, в результате работы которых выделяются и теплота, и пыль, и дым.

Важное место занимают электрохимические методы для количественного определения веществ в почве, воде, воздухе, и даже в живых организмах. Одним из таких методов является электроанализ, при котором проводится электролиз и взвешивается выделившееся за определенное время вещество. Таким методом является и полярография, где чаще всего электролиз происходит на ртутный электрод и о свойствах данного вида ионов можно судить по потенциалу разложения.

При потенциометрическом титровании наблюдают электродвижущую силу гальванического элемента, созданного при участии тех ионов раствора, которые следует определить.

ВЫВОДЫ

Возникнув в предисторические времена, пройдя многовековой путь развития, химия заняла видное место среди естественных наук, которые представляют собой систему познания материального мира и играют выдающуюся роль в жизни общества.

Электрохимия, представляющая обширнейшую и важнейшую область химии, развивалась бок о бок с наукой о веществах. Достижения электрохимии позволили изучить строение молекул, узнать о том, как они связаны между собой, как происходят окислительно-восстановительные реакции и многие другие закономерности превращения веществ.

Электрохимические методы лежат в основе многочисленных промышленных процессов, дающих необходимые человеку химические продукты: от простейшего электролиза воды с целью получения водорода и кислорода до электрохимического синтеза сложных органических соединений.

Благодаря достижениям электрохимии появилась возможность получения многих материалов, которые невозможно получить другими методами.

Электрохимия помогает людям бороться с коррозией, изготавливать сложнопрофильные, тонкостенные точные изделия, получать сверхчистые металлы.

Электрохимические процессы лежат в основе химических источников тока - элементов и аккумуляторов.

Немаловажна роль электрохимии в охране окружающей среды – очистке сточных вод и отработанных газов.

Не последнее место занимают и электрохимические методы количественного определения веществ в газообразных, жидких, твердых телах и даже в живых организмах.

Инженерная деятельность в области электрохимии отличается большим многообразием решения оригинальных инженерных задач, подходов, поисков. Усилиями коллективов ученых, инженеров, техников появляются материалы, осваиваются электрохимические методы, дающие возможность получать сложные органические соединения и многое другое.

Электрохимия занимает важное место среди других естественных наук в жизни человека.

ТЕМА XII. БИОТЕХНОЛОГИИ, ИХ СУЩНОСТЬ, ПРОШЛОЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ

Большинство из наших современников – инженеров-специалистов в какой-то мере готовы ответить на вопрос «технология», «технологический процесс», и могут в первую очередь рассказать о технологиях в машиностроении, самолетостроении, металлургических процессах, химических и космических технологиях и других.

Меньше людей могут ответить на вопрос о сущности биотехнологии. Это не случайно. Длительное время биологической науке, в том числе и отечественной, не уделялось должного внимания. Такое положение сохраняется, к сожалению, и в настоящее время. Вместе с тем, Организация Объединенных Наций официально признала технологией XXI века – биотехнологию.

Сегодня биотехнология, говоря языком транспарантов, – движущая сила научно-технического прогресса любой страны. Рассмотрение сущности биотехнологии, ее перспектив развития и применения в народном хозяйстве составляет содержание настоящей лекции.

1. Сущность биотехнологий и история зарождения.

2. Перспективы развития и применения, значение.

Мудрый царь Соломон когда-то говорил: «Словами мы познаем суть вещей». Последуем совету мудрого Соломона и попытаемся понять суть биотехнологии через посредство составляющих это слово частей «биос» и «техне». Это слова несомненно, греческого происхождения. С первой частью, означающей «жизнь», мы встречаемся в таких словах, как «биология» – изучение жизни, «биоценоз» – живое сообщество.

Вторая часть слова «биотехнология» – «техне» – восходит к «текс» – вить, прясть, делать что-то руками. Отсюда слово текстиль, текст, контекст, тектоника, архитектура, технология. Следовательно, возможен перевод слова «биотехнология» как производство с помощью живых существ или технология живого.

Из самого названия «биологическая технология» следует, что это – технологические процессы с использованием биологических систем: живых организмов и компонентов живой клетки. Системы могут быть разные – от микробов и бактерий до ферментов и генов. Таким образом, биотехнология – это производство, основанное на последних достижениях современной науки: генетической инженерии, физико-химических ферментов, молекулярной диагностики, селекционной генетики, микробиологии, химии антибиотиков, комбинаторной химии.

Современные методы анализа пыльцы растений говорят нам, что уже девять с половиной тысяч лет назад на территории современной Франции люди выращивали чечевицу. Несколько раньше началось земледелие на Ближнем Востоке, который многие ученые считают колыбелью цивилизации. Родившись в долинах полноводных рек, главным образом между реками Тигром и Ефратом, земледелие дало человеку один из первых продуктов биотехнологии – зерно. Здесь в Междуречьи (по-гречески – Месопотамия) существовали государства Шумер, Аккад, Ассирия. Древние шумеры изобрели клинопись на табличках, в шумерских городах функционировали школы, в которых детей учили решать задачи, о чем говорят глиняные таблички, которые находят археологи. Среди этих глиняных табличек встречаются и такие, где есть задачи на определение количества провианта, необходимого для определенного количества работников: меры зерна и кувшины ячменного пива. Наличие указаний на пиво является одним из древнейших свидетельств использования людьми биотехнологических процессов. Ведь пиво невозможно приготовить без применения микроорганизмов, превращающих сахар в спирт. К сожалению, на табличках ничего не говорится о выпечке хлеба. По-видимому, жители этого региона ели хлеб пресным.

Не так давно археологический мир заговорил об открытии величественной цивилизации в долине реки Инда, которая имела разносторонние связи с Шумером. С Индостана в Шумер поставлялись специи, шерсть, лен, растительное масло, кожи и многое другое. Археологи в долине Инда нашли в раскопках глиняные змеевики, с помощью которых древние жители перегоняли спирт – продукт жизнедеятельности дрожжей.

В Древнем Китае уже три тысячи лет назад в эпоху Западной империи Чжоу, жители провинции Шанси умели готовить рисовое вино. В древней «Книге песен» говорится, что «финики будем собирать в августе, а урожай риса в октябре, чтобы успеть к весне приготовить хмельной напиток и на веселом празднике пожелать друг другу здоровья».

Вообще, следует заметить, что само рисовое поле представляет собой прекрасно сбалансированную биотехнологическую систему симбиотирующих организмов. Рисовому кустику помогает расти и развиваться небольшой водяной папоротник, а сине-зеленые водоросли, которые способны усваивать азот непосредственно из воздуха, помогают накопить в рисовом зерне ценный белок.

Издравле в Китае культивировался шелк. Все знают, что шелк – это нить, получаемая при разматывании кокона, в котором прячется гусеница тутового шелкопряда. Кокон она делает из паутины, обматываясь ею со всех сторон. Меньше известно, что паутина представляет собой практически чистый белок, причем нить его прочнее стали. Еще Аристотель писал об этом удивительном продукте биотехнологии загадочного Востока. По великому шелковому пути ткани из него доставлялись в Египет, где очень высоко ценились на рынках Мемфиса и Александрии.

Древние Греция и Рим унаследовали эти знания, что отразилось в языке, а потом закрепилось и в современной научной терминологии. Сегодня химики и биохимики, не задумываясь, пользуются греческим словом «энзим» и латинским «фермент» для обозначения особых «рабочих» белков в клетках, которые и осуществляют все реакции в живом мире. В основе греческого слова лежит корень «зим» – поднимать (видимо, речь должна идти о поднявшемся дрожжевом тесте). Вообще о дрожжах как закваске часто говорили «ферментум – брожение», кипение, взрыв, разное увеличение в объеме.

Кстати, лингвисты считают, что латинское «ферментум» восходит к древнему «бреу», от которого произошло наше слово «брожение» и немецкое «брот» – хлеб, входящее составной частью в слово «бутерброт», то есть дословно «масло-хлеб». Сюда же можно добавить название морского ветра «бриз» и напиток «бренди».

Следует заметить, что в Александрии прекрасно знали процесс перегонки. Александр Афродизий писал о том, как матросы кипятили морскую воду, собирая пресные пары с помощью губок. Плиний описал другой метод конденсации летучих паров: холодный бараний мех с родниковой водой подвешивали над костром с кипящей смолой, собирая тем самым пары скипидара.

Много интересного известно о приготовлении вина. Само слово «вино» пришло в наш язык через латынь, которая заимствовала его из греческого, где оно называлось «ойнос». Еще древнеримский поэт Гораций писал о знаменитом фалернском вине, которое прославилось в 42 г. до н.э. в правление консула Минатиуса Планкуса. Кстати, в Древней Греции вино запрещалось пить неразбавленным. По римскому уголовному праву суд оправдывал мужа, если он убивал жену, подобравшую ключи к винному погребу.

В технологии производства вина накоплен огромный опыт. Имеются интересные факты, сохранились некоторые имена, вошедшие в историю. Известно, что Франция волею судьбы стала ведущей мировой державой винной биотехнологии, переняв эстафету от Египта и Греции. Теофраст, ученик Аристотеля, описывал способы выращивания виноградной лозы, а Александр Македонский брал лозу с собой в индийский поход. В Египте даже мумию в саркофаге клали на виноградные грозди.

Во Франции в конце XVII в. появились первые бутылки. Горлышки бутылок стали заливать сургучом что позволяло дольше выдерживать вино. Это заслуга донна Пьера Периньо из Шампани, расположенной к востоку от Парижа. Его по праву считают «отцом шампанского».

В 1775 г. было сделано интересное открытие: если виноградную гроздь оставить на лозе до заморозков, то это приводит к увеличению сахаристости благодаря гидролизу углеводов (гидролиз означает «лизис» – расщепление с помощью «гидры», то есть воды). В истории виноделия были и довольно сложные моменты, когда вино болело, закисало. Французские виноделы обратились за помощью к Луи Пастеру, который стал к этому времени известным химиком. В то время господствовало мнение не менее известного немецкого химика Ю. Либиха, который считал, что брожение вина представляет собой чисто химический процесс.

Пастер великолепно справился с задачей, поставленной перед ним виноделами Франции. По ходу ее решения он сделал еще одно величайшее открытие: брожение обусловлено жизнедеятельностью живых микроскопических существ, или микробов. Размножаясь неуправляемо, микробы уксуснокислотного брожения «выедают» накопившийся в вине спирт и окисляют его в уксусную кислоту. Пастер нашел простой способ приостанавливающий нежелательное размножение микроорганизмов: необходимо прогреть 2–3 раза до температуры 60–70 °С то, что желаем защитить от биологической опасности. Этот способ получил название «пастеризация». Мы часто видим молочные пакеты с надписью «пастеризованное». Такой чести удостоен величайший французский химик и микробиолог Луи Пастер.

По мере развития биологии вообще и биотехнологий, в частности, стало ясно, что многочисленные недуги, терзающие с незапамятных времен человека, имеют генетическую природу, то есть возникают в результате «поломки» того или иного гена. Задачи биотехнологии – найти этот дефектный ген, определить характер «поломки». Разумеется, все это полностью относится также к животным и растениям. Рассматривая сущность биотехнологий (если можно сказать так), историю ее становления и развития, следует остановиться на некоторых открытиях, имеющих методологическое значение, являющихся «становым хребтом» для биотехнологий, дающих возможность понимания многого из того, что мы сегодня называем биотехнологиями. С какими же открытиями в первую очередь, мы связываем биотехнологии? Это выделение нуклеина, а впоследствии нуклеиновых кислот из белых клеток крови больных. Этой проблемой занимались швейцарский врач Ф. Мишер, опубликовавший в 1871 г. свою знаменитую статью о выделении нуклеина из белых клеток крови больных, и биохимик К. Альбрехт Коссел, сделал свой вклад – выяснил причину подагры в результате отложения в суставах нуклеина.

В первой трети XX века рождается хромосомная теория наследственности, которая гласит, что гены, или наследственные факторы, локализируются в хромосомах, передаваясь от поколения к поколению. В разработке этой теории огромная заслуга Т. Х. Моргана и Г. И. Менделя. В 1943 году произошло эпохальное событие – была определена химическая природа гена. Произошло это в лаборатории, руководителем которой был Освальд Эйвери. 4 февраля 1944 г. считается днем рождения дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) в биологическом смысле слова. Стало ясно, что ген – это ДНК. Позже было доказано, что ДНК является носителем генетической информации, кодируя правильный порядок аминокислот в белковой цепи. В эти же годы впервые удалось прочитать три буквы генетического кода (М. Ниренберг). Это начало осознания того, что синтез белка начинается всегда с одной и той же аминокислоты.

В 60-е годы XX в. биология решила две величайшие загадки жизни. Она узнала, из чего состоят наши гены и как они работают, прочитав язык, на котором говорит вся жизнь. Биология поняла, что код жизни уникален и универсален. Биология получила в свое распоряжение инструмент с помощью которого можно говорить с любым живым существом. Открылась реальная возможность полного манипулирования геном.

Х. Г. Коран в лекции, прочитанной в Стокгольме в 1968 г., наметил путь дальнейшего развития науки о жизни – «научиться встраивать и вырезать гены... коренным образом изменить всю нашу биологию».

Со временем ученые овладели способом выращивания клеток в стеклянных чашках и пробирках, т.е. культурой ткани. Но метод культуры не мог получить широкого распространения до появления антибиотиков, которые предотвращали развитие болезненных микроорганизмов. Первые успехи на этом пути относятся к 1896 г., когда был выделен первый антибиотик (открыватель Б. Гозио). В 1918 г. К. Алсберг выделил пенициллиновую кислоту, а несколько позднее этой проблемой довольно успешно занимается Александр Флеминг. Он создает пенициллин, который спас сотни тысяч раненых в годы Второй мировой войны. Не случайно, что именно он вместе с другим ученым (П. Д. Флори) стал лауреатом Нобелевской премии. Следует заметить, что в годы Великой Отечественной войны и профессор З. В. Ермольева (СССР) создала свой собственный пенициллин, который оказался лучше английского (это признавали ученые многих зарубежных стран).

Выделение генов и создание способов их введения в клетки открыло перед биологами путь к началу современной биотехнологии, то есть технологии прямого манипулирования генами и их белковыми продуктами в промышленном масштабе.

Огромным достижением ученых являются работы в области выделения инсулина. Инсулин представляет собой один из важнейших гормонов человека, участвующих в сахарном обмене, недостаток которого приводит к гормональному заболеванию под названием «диабет». Только за открытие его роли канадскому исследователю Ф. Баншину в 1923 г. присудили Нобелевскую премию. В 1976 г. к решению проблемы выделения гена человека одновременно подошли сразу три группы исследователей: Гилберта в Гарварде, исследователи в Калифорнийском университете и сравнительно молодая, основанная в южном пригороде Сан-Франциско, биотехнологическая компания «Джинейтек», название которой переводится как «ген-технология».

Так была открыта возможность решения глобальной задачи получения инсулина с генетического продукта человека. Ранее диабетиков лечили и в настоящее время лечат введением им свиного или бычьего инсулина, добываемого на бойнях из поджелудочной железы забитых животных. Инсулин обоих животных слегка отличается по аминокислотной последовательности от человеческого, но для его получения нужно огромное количество животных. За расшифровку последовательности получения инсулина с генетического продукта англичанин Ф. Сэнджер из Кембриджа получил премию в 1958 году. Используя генноинженерную технологию можно получить такое количество инсулина которое нужно для лечения огромного количества больных.

В 1973 г. У. Гилберт создал метод чтения нуклеонидных последовательностей или генов. Сейчас уже не перечислить всех биотехнологических продуктов, которые появились на рынках развитых стран мира. Это инсулин и интерферон, интерлейкины и опухолнекротизирующий фактор, с помощью которых пытаются лечить рак, активатор тканевого плазминогена, хорошо помогающий при инфарктах. Достаточно сказать, что в настоящее время картировано, то есть точно определено их положение в хромосомах более шестисот генов.

Биотехнологии получают распространение на предприятиях пищевой промышленности (получение белков, аминокислот, витаминов, ферментов, дрожжей и др.); в фармацевтической промышленности (синтез гормонов, антибиотиков, ферментов, витаминов и др.); в химической промышленности (синтез полимеров, удобрений, сырья для текстильной промышленности и др.); в энергетике (получение метанола, этанола, биогаза, водорода и др.); в биометаллургии – извлечение металлов (золота, серебра, меди, олова и др.).

Успешное выделение и «прочтение» генов, получение биотехнологическим способом кодируемых им белков, картирование генов привело в конечном итоге к рождению одного из грандиозных проектов конца XX века – совокупности всех генов «Геном человека»! Для этой цели была создана специальная Организация по расшифровке человеческого генома. Английская аббревиатура его названия пишется и звучит как имя знаменитого французского писателя Гюго (1986 г.). На конец 1989 г. уже было «прочитано» более 30 млн нуклеотидов или «букв» генетических текстов. Расшифрована также последовательность, примерно, полутысячи генов, кодирующих конкретные белки. Некоторые из них уже производятся биотехнологически и продаются в аптеках. 30 млн, конечно, мало по сравнению с тремя миллиардами, содержащихся в нашем полном «тексте». Это огромная цифра и равняется она практически 300-м энциклопедическим томам.

Сейчас расшифрован геном вируса СПИДа длиной около десяти тысяч нуклеотидов, почти прочитан геном кишечной палочки в 4,5 млн. букв. Геном же человека составляет 3,5 млрд. букв. Он практически расшифрован на 95–98 процентов. Идет дальнейшая плодотворная работа в биологических лабораториях передовых стран мира. Гюго знакомит нас с новой биологией, биологией XXI века, даст возможность получить массу важной информации.

Биотехнологии занимают все больше место в системе экономики многих развитых стран мира. Биотехнологическим способом, как уже отмечалось, производят генно-инженерные белки (интерфероны, инсулин, вакцины против гепатита и т.п.), ферменты для фармацевтической промышленности, диагностические средства для клинических исследований (тест-системы на наркотики, лекарства, гормоны и т.п.), витамины, биоразлагаемые пластмассы, антибиотики, биосовместимые материалы. Ферментные препараты находят широкое применение в производстве пива, спирта, стиральных порошков, в текстильной и кожевенной промышленности. Особая роль отводится сельскохозяйственной технологии. Это создание и культивация трансгенных растений, микробиологический синтез средств защиты растений, производство кормов и ферментов для кормопроизводства. Для Украины, России и других стран СНГ особенно актуальны такие направления, как ресурсная биология – использование биосистем для разработки полезных ископаемых и биотехнологическая (с использованием бактериальных штаммов) переработка промышленных и бытовых отходов, очистка сточных вод, обеззараживание воздуха. Налицо актуальность тезиса: «биотехнология – направление приоритетное». И это не случайно. По прогнозам, к 2010 г. численность населения составит 11 млрд. человек. Человечество неумолимо

идет к истощению энергетических, минеральных и земельных ресурсов. Старые испытанные технологии уже не в силах справиться с этими глобальными проблемами. Поэтому на недавней встрече министров науки «большой восьмерки» 40 % времени было отведено обсуждению именно биотехнологии, 30 % – информационных технологий и лишь оставшиеся 30 % были посвящены другим проблемам науки и наукоемких технологий. Эти цифры говорят сами за себя. К сожалению, в странах СНГ традиционно недооценивают биологию. И это в то время, как цивилизация переходит в новую эру – эру биологических технологий. От современной биотехнологии зависит дальнейшее развитие сельского хозяйства, пищевой и медицинской промышленности. Человечество в конце второго тысячелетия научилось менять наследственность животных и растений. Когда человек меняет по своему усмотрению свою собственную генетическую программу, это называется генной терапией. С ее помощью можно будет обойтись без хирургического вмешательства, лечить не только наследственные, но любые другие болезни. Наверное, и клонирование живых организмов может очень скоро перейти из раздела научных разработок в разряд биотехнологии. У нас пока все это в зачаточном состоянии, в том числе и экологические технологии – восстановление «испорченной» среды обитания с помощью бактерий и микроорганизмов.

Ожидаемый биотехнологический взрыв неизбежен и он будет соизмерим с информационным. Многие слышали о том, что уже сегодня пытаются сделать компьютеры на «генах». На полном серьезе идет речь о «встраивании» компьютерных наносхем в человеческий организм. Недалек тот час, когда эти два направления сольются и кардинально повлияют на дальнейшее развитие цивилизации.

В современной биологии и биотехнологии превосходство принадлежит США. В области фундаментальных биологических исследований достижения американской науки составляют около 80 % общемировых. В промышленной биотехнологии они также сохраняют лидерство, однако не в таком впечатляющем соотношении. В бывшем СССР, несмотря на недооценку биологии и долгие годы упорной борьбы государства с генетикой, к концу 80-х годов все же был создан значительный научный и технологический потенциал. Но перемены, связанные с распадом СССР, к середине 90-х годов привели к тому, что микробные и ферментные производства, в связи с потерей конкурентоспособности, стали нерентабельны и практически свернуты. Значительная часть научных разработок так и не воплотилась в производство, произошел значительный отток научных кадров за рубеж. Все идет к тому, что отечественные научные биотехнологические разработки будут использоваться исключительно за рубежом из-за крайне низкого технологического уровня оставшихся в СНГ предприятий.

По мнению председателя президиума пущинского научного центра РАН академика А. С. Спирина, непонимание роли биологической науки в развитии общества грозит нам не только экономическим отставанием (это целиком относится и к Украине), но и потерей государственной безопасности, мы становимся беззащитны перед биотерроризмом. По этому поводу он сказал: «Что такое биологическое оружие сегодня?». Это – уже не просто сибирская язва, холера, чума, это – созданные человеком генетически измененные микроорганизмы и вирусы, против которых бессильны любые антибиотики; трансгенные растения и животные, в которых встроены гены веществ, вредных и даже смертельно опасных для человеческого организма, например, вирус достаточно безобидного герпеса со встроенным геном какого-либо ядовитого вещества. И наконец, третий самый современный вид биологического оружия – гены, несущие информацию о патогенных белках, способных встраиваться в клетки человеческого организма.

Биологическое оружие – это направленное невидимое оружие массового поражения. Причем противник тоже невидим – нападающая сторона остается инкогнито. Для его производства не нужны большие капиталовложения – достаточно производить его в малых масштабах. Нужна одна хорошая молекулярно-биологическая лаборатория. Сейчас нас спасает невежество террористов, но перспектива такого оружия страшна. Борьба с ним смогут только высококлассные молекулярные биологи. «Биотерроризм уже существует – продолжил мысль Спирина директор Института новых технологий РАН Н. Н. Карпищенко – и мы, действительно, перед ним беззащитны. Пусть – это жупел, но может быть, он нам поможет пробить стену непонимания серьезности проблемы правительственными чиновниками».

В бывшем СССР активно функционировал ГНТК «Биотехнология», у истоков которого стояли уже ушедшие из жизни академики А. А. Баев, Ю. А. Овчинников, Г. К. Скрябин. С распадом СССР был ликвидирован и этот орган, регулирующий деятельность всей биотехнологической индустрии. С приватизацией предприятий научные организации (институты), лаборатории потеряли связь с производством, «оторвались» от производства. Недопонимание роли науки тормозит развитие биотехнологии. Погоня за прибылями тормозит развитие фундаментальной науки. Нужна хорошо организованная государственная структура биотехнологии, нужно защитить и поддержать биологическую науку, финансировать ее на достаточном уровне, выработать законодательство которое сделало бы инвестиции в биотехнологическую промышленность выгодным предприятием. К слову, нормальное финансирование образования должно составлять 6–8 % от ВВП и науки 2–3 %. Ныне же они имеют соответственно 1 % и 0,2 %. Без решения этих, казалось бы явных задач, мы обречены на отставание.

Несмотря на известные экономические трудности, практически «развалившие» отечественную науку, по признанию ученых в нашем резерве еще имеются биотехнологические разработки мирового уровня.

Речь идет прежде всего о трансгенных растениях, в собственно генетический материал которых «встроены» чужеродные гены. В принципе, гены могут быть любыми, но обычно они делают растения абсолютно устойчивыми к вредителям, болезням или гербицидам. Несколько лет назад канадские молекулярные биологи передали винограду ген морозоустойчивости дикорастущего родственника капусты брокколи. В результате и в Канаде впервые появились виноградники. Правда, выращивают их на самом юге страны, в нескольких километрах от

Ниагарского водопада. Но и здесь бывают зимы с морозами ниже минус 25°. Получение трансгенной морозостойкой лозы заняло всего год. Обычно выведение нового сорта винограда занимает от 25 до 34 лет, да и переносить гены от других растений, не относящихся к виноградному роду, традиционные методы не позволяют.

Многие ученые уверены, что трансгенные растения здоровью не вредят, но некоторые опасаются, что изменение в геноме растений в будущем могут поменять генетическую программу животных и человека, т.е. точка зрения все же существует, что последствия такого вмешательства непредсказуемы. Этот факт и послужил поводом к запрещению импорта продуктов, содержащих компоненты трансгенных растений. Сложилось довольно парадоксальная ситуация. Во Франции фермеры уничтожают завезенные из США семена трансгенной кукурузы. Между тем в США, где широкая общественность к генной индустрии настроена одобрительно, до 60 % всех продуктов, включая и детское питание, содержат хотя бы один компонент, полученный из трансгенных животных или растений.

Необходимо остановиться на ряде фактов, дать некоторый анализ состояния и развития трансгенных растений, биотехнологии. В США и Канаде, примерно, на четверти всех площадей, отведенных под картофель, используется посадочный материал, сконструированный методами генной инженерии. В этих странах до 30 % кукурузы высевается семенами, созданными путем введения в них очень удачного набора генов. При таких масштабах потребовались не лабораторные, а широкие и всесторонние полевые испытания. Вместе с тем было создано уникальное крупное семеноводческое производство. Таким образом на основе достижений генной инженерии уже крупносерийно выпускаются семена для аграрного производства. В этом есть и некий символический смысл: генная инженерия как бы закладывает семена будущего не только для растениеводства, но и для животноводства, более того – для микробиологической промышленности и медицины.

Речь идет о создании условий для перехода сельского хозяйства в XXI столетии на принципы устойчивого развития, т.е. для получения нужного количества агропродукции при оптимальных затратах природных ресурсов и минимальном загрязнении окружающей среды. Что касается картофеля, достаточно того, что его новые сорта устойчивы к страшному и хорошо известному на всех континентах вредителю имя которому – колорадский жук. Это спасает (без ядохимикатов) третью часть урожая, ранее погибавшего, что особенно важно для нашей страны, где 90 % картофеля выращивается на приусадебных участках. Сегодня здесь нередко безконтрольно применяются для борьбы с жуком очень токсичные препараты.

Необходимо привести несколько фактов, которые как бы мазками рисуют картину событий и успехов генной инженерии.

Немало новых трансгенных (с «вшитыми» новыми генами) сельскохозяйственных культур вырабатывают вещества, токсичные для насекомых – вредителей и возбудителей болезней. Уже одно это спасает 30–50 процентов урожая.

ДНК-технологии резко изменили у ряда культурных растений чувствительность к гербицидам. Это позволяет в несколько раз уменьшить количество гербицидов при борьбе с сорняками и значительно ослабить химическую нагрузку на окружающую среду. Устойчивые к гербицидам хлопчатник, рапс, соя, кукуруза, сахарная свекла уже высеваются в США и Канаде на миллионах гектаров.

Ряд трансгенных культур во много раз эффективнее, чем исходные, извлекают из почвы фосфор и азот. Это позволит резко уменьшить количество вносимых в почву удобрений, которые, как известно, смываются дождями и становятся настоящей бедой для водоемов. Подсчитано, что американские фермеры только за счет экономии гербицидов и удобрений будут ежегодно получать от трансгенных культур дополнительный доход в 4–5 миллиардов долларов.

Из семечек модифицированного подсолнуха получают масло, по вкусу и составу близкое к оливковому. В практику входят трансгенные сорта гороха, сои, злаков с улучшенным составом белков. Получены трансгенные томаты, пригодные для длительного хранения. Это облегчает дальнюю транспортировку и может избавить от зимнего выращивания томатов в теплицах. Созданы трансгенные томаты без зернышек, на подходе другие бескосточковые овощи и фрукты, в частности вишня, черешня, цитрусовые, а также арбуз без семян.

Биотехнология становится приоритетной областью для крупнейших транснациональных химических и фармацевтических концернов, таких, как «Дюпон», «Рон-Пуленк», «Монсанто». Они во всем мире покупают сельскохозяйственные фирмы, прежде всего семеноводческие, планируя взять в свои руки широкое внедрение в практику трансгенных растений и животных. Происходит слияние крупных компаний для концентрации усилий по разработке биотехнологий. В 2000 году объединилась «Хосум продакс корпорейн» с «Монсанто», сумма ежегодных продаж продуктов которых составляет 96 миллиардов долларов.

В компании «Монсанто» создан банк из более 50 тыс. «сконструированных» ею трансгенных растений

Уже выбраны направления, продвигаясь по которым ДНК-технологии позволят резко увеличить мясную продуктивность крупного рогатого скота, кур, рыбы. В ближайшее время генная инженерия создаст сорта растений, устойчивые к засухе, низким температурам, повышенной засоленности или кислотности почв. Генная инженерия нашла возможность повысить содержание витамина С в ряде плодовых и овощных культур. Считается, что в натуральных продуктах он повышает иммунитет более эффективно, чем синтетический. В США созданы сорта чеснока, устойчивые к вирусу желтой карликовости (этот вирус снижает урожай на 30–50 %).

Нынешнее интенсивное земледелие дает высокие результаты (например, 5–7 тонн зерновых с гектара вместо нормальных когда-то 1–2 тонн), но создает при этом огромную нагрузку на окружающую среду. Вот один пример. На каждую дополнительную калорию, запасенную выращенным растением, приходится тратить 10 «внешних» калорий, взятых из топлива, сожженного при обработке земли, транспортировке, производстве и внесении удобрений. Одна из задач биотехнологии – снизить эти затраты, что даст и экологический, и экономический эффект. Для многих модифицированных растений затраты энергии на одну «растительную» калорию уже снижены в 2–3 раза, в частности, за счет снижения потерь от вредителей и болезней и за счет упрощения борьбы с сорняками. Консультативная группа Всемирного банка считает, что в начале XXI в. фермеры приобретут продукты биотехнологии на 10 млрд долларов.

США, Англия, Германия и Австралия создали биотехнологическую компанию для внедрения в различных регионах мира трансгенных сортов хлопка, устойчивых к вредителям и болезням. Уже внедряется 5 новых сортов. Во Франции построен крупный специализированный комплекс для разработки и тиражирования посадочного материала трансгенных овощей. В 1998 г. в Китае 100 тыс. гектаров уже было засеяно модифицированным хлопчатником. Идет процесс расширения посевных площадей.

В 2001 г. в США половина всех посевов кукурузы проводилась трансгенными семенами, устойчивыми к вредителям и болезням. Широкое испытание новых сортов показало, что они дают дополнительный доход – 120 долларов с гектара.

Компания «Монсанто» провела эксперименты на больших площадях и показала, что новые трансгенные сорта сои позволяют на 90 % ослабить эрозию почвы. Планировалось, что уже в 2001 г. в США и Аргентине будут выращивать только трансгенные сорта хлопка.

Практические успехи генной инженерии способствовали важнейшим фундаментальным исследованиям, прежде всего созданию подробных генетических карт ДНК многих животных и растений.

Лекарственных препаратов, полученных методами генной инженерии, только в 2000 г. выпускалось в США на 50 млрд. долларов.

Создаются трансгенные животные, в молоке которых содержится человеческий альбумин, способствующий снижению кровяного давления. В год требуется 440 тонн такого альбумина, сейчас затрачивается на это 1,5 млрд. долларов, а одна трансгенная корова будет производить 80 килограммов альбумина в год.

Идет последняя фаза испытаний нового американского препарата – антитромбина, полученного из молока трансгенных животных. Считается, что он произведет революцию в предупреждении инфарктов. Американские добровольцы успешно испытали на себе вакцину, полученную из генноинженерного картофеля. Вакцина повышает иммунитет к заболеваниям желудочно-кишечного тракта, а возможно, и к холере. Методами генной инженерии получен картофель с полным набором белков человеческого материнского молока. В частности, в одном клубне содержится 7 граммов В-казеина, в 30 раз больше, чем в чашке материнского молока. Такой картофель должен поднимать иммунитет у людей любого возраста.

В Канаде с помощью ДНК-технологий создан уникальный «химический реактор» – трансгенная коза, которая может ежедневно производить дефицитные белки человека на сумму 20 тыс. долларов. Запланировано в короткий срок иметь 1000 таких коз. Разработан метод выделения из спермы отдельно мужских и женских половых клеток. Это позволит в нужной пропорции формировать молочные (коровы) и мясные (быки) стада. Факты эти можно продолжать.

В Англии число опытов по генетической инженерии животных возросло с 40 тыс. до 300 тыс. в год.

В Украине и других государствах бывшего СССР (за исключением стран Прибалтики) разрешено реализовывать продукты питания с компонентами трансгенных растений после соответствующей сертификации. А вот выращивать – нельзя (во всяком случае до последнего времени). Между тем трансгенные растения, по мнению ученых, крайне необходимы на полях Украины, России и других стран СНГ.

Проблемы трансгенных растений в общих чертах обрисовал академик Российской академии сельскохозяйственных наук, директор центра «Биоинженерия» РАН К. Г. Скрябин: «Для того, чтобы все наглядно представили размеры площадей, которые засеяны трансгенными растениями, скажу, что с 1996 по 2000 год в мире было запаханно под них две территории Великобритании вместе с Ирландией. И можно спорить или не спорить о безопасности генетически модифицированных растений – дело сделано в мировом масштабе. На первом месте по размеру посевных площадей идет США и Дания соответственно Аргентина, Китай».

Конечно, вопрос безопасности – это важная проблема, состоящая в первую очередь в обнаружении компонентов трансгенных растений в импортных продуктах питания, не прошедших специальную сертификацию. Поэтому нужны хорошие тест-системы. Ученые давно говорят о том, что зарегистрированное, проверенное и прошедшее систему сертификации трансгенное растение не опасно для здоровья. Сегодня идет настоящая торговая война Европы с Америкой. Чтобы решить проблему «бешенства» скота, возникшего из-за белков из костной муки, необходимо отказаться от этих белков и использовать белки из «запретной» трансгенной сои. Следовательно необходимо разрешать и выращивание трансгенной сои. 34 % мирового производства сои генетически модифицировано (в Штатах – 62 %, а в Аргентине – 80 %). Подвижки есть и в России: там после пятилетних дебатов сертифицирована трансгенная соя.

Для России, Украины и других государств СНГ очень нужны трансгенные технологии. Россия, например, теряет из-за сорняков и вредителей 34,6 % злаковых культур, 42 % сахарной свеклы, 37 % подсолнечника, 46,2 % картофеля. Особо следует обратить внимание на картофель. Это «второй хлеб» и его потребляется 35 млн тонн ежегодно. В денежном выражении это приблизительно 7 млрд. долларов, а потери его исчисляются в 3,5 млрд. долларов. Кредит МВФ России – 2,8 млрд... Таким образом, колорадский жук съедает весь кредит МВФ. И в тоже время отечественные ученые предлагают трансгенный картофель, который не берет никакой колорадский жук. Кроме этого, 10 % картофеля гибнет от фитофтороза. В России есть уже свой трансгенный сорт, т.е. сорт сельскохозяйственных растений отечественного производства. Но нужно политическое решение – разрешение на их выращивание. Все это касается и Украины.

Трансгенные растения на столах потребителя уже есть. Около 70 наименований импортных трансгенных растений зарегистрировано и разрешено к применению. В этот разряд попали уже существующие продукты питания. Реально же провести экспертизу на наличие встроенного гена в какой-либо компонент продукта мы пока не в силах из-за отсутствия дорогостоящих тест-систем и оборудования. То есть если иностранная фирма-импортер не продекларирует наличие трансгенного растения в каком-либо продукте, то мы на сегодняшний день определить это не сможем.

Директор института молекулярной биологии и генетики НАН Украины академик Г. Х. Мацука в статье «Горизонты генноинженерных биотехнологий», пишет, что уже выращены трансгенные пшеница, кукуруза, соя, картофель, подсолнечник и др. Этим растениям введены гены, которые отвечают за стойкость против большинства пестицидов, гербицидов и ядохимикатов. Нужна законодательная база для внедрения и финансирования на достаточном уровне.

Благодаря генноинженерным методам появляются бактерии, которые извлекают из обедненных руд остатки урана, он переводится в состояние раствора, а затем концентрируется. Подобные разработки ведутся и в Украине, в частности в Институте коллоидной химии и химии воды НАН, но не с ураном, а с золотом. Золото добывается из обедненных руд Мужиевского месторождения в Закарпатье. Бактерии осуществляют селективную гетерокоагуляцию с частицами золота. Эта разработка зарегистрирована как открытие в 1986 г. Внедрение данной технологии дало возможность ежегодно Мужиевской обогатительной фабрике получать десятипроцентный прирост золота.

Новые методы ресурсной биотехнологии очень важны, скажем, для России, живущей за счет продажи ресурсов. Так, средняя отдача нефтяных месторождений не превышает 50 процентов. Новая же уникальная микробиологическая технология регулирования микрофлоры пластов уже позволила компании «Татнефть» получить дополнительно около полумиллиона тонн «черного золота» на месторождениях в Башкирии. Сегодня микробная технология используется для повышения нефтеотдачи во многих странах, а также извлечения азота, в том числе и из сточных вод и др.

В Украине введение микроорганизмов, которые фиксируют атмосферный азот и передают его растениям дало возможность увеличить урожайность гречихи до 12,3 ц. с гектара, против 8 ц. (без введения азота), озимой пшеницы соответственно 52,4 и 45, ячменя – 50 и 42, томатов – 56,8 и 23 ц. Количество белка увеличивается на 7–10 %, а уровень нитратов уменьшается в 10–100 раз, радиоактивного цезия – в 2,5 раза. Этот препарат проходит испытания и на него возлагаются большие надежды как наэкологически чистый препарат.

Большие перспективы имеет новый способ снижения концентрации метана с использованием метанотрофных бактерий. Для украинских шахт проблема метана была и остается одной из самых тяжелых. По статистике из-за взрывов метана каждый добытый миллион тонн угля уносит жизнь одного шахтера. Перед распадом СССР активно велись работы в направлении снижения концентрации метана, но вот уже десяток лет о жизненно важной перспективной технологии вспоминают редко, не говоря уже о ее применении. Что касается биотехнологий то надо отметить, что появляются совершенно неожиданные направления исследований. Например, есть реальная перспектива использования новых источников энергии. Водоросли, которые состоят на 70 % из углеводов – это фактически полноценное горючее. Ареал их распространения – австралийские озера. Задача генной инженерии – повысить содержание углеводов в этих водорослях.

Еще один интересный объект – ген фотосинтеза. Речь идет о преобразовании света в углеводород. Здесь бескрайнее поле исследований для генетиков. Возьмем всем знакомые светлячки. Оказывается, из них можно сделать фонарики. В Японии принят пятилетний план создания фонаря на основе люциферина – люциферазной реакции. Для этих опытов выделено 1,8 млрд. иен. Японцы собираются выделить гены светлячков, которые отвечают за эту реакцию, и ввести их деревьям, которые с наступлением темноты будут светиться вместо фонарей. Воистину генноинженерные технологии открывают перед человечеством невиданные перспективы.

ВЫВОДЫ

Биотехнологии – это процессы с использованием биологических систем живых организмов и компонентов живой клетки, основанные на достижениях науки. Создание новых биотехнологий – фундаментальные результаты целого комплекса наук, особенно биологии: расширение сферы исследования в области генной инженерии, физико-химии ферментов, молекулярной диагностики, селекционной генетики, микробиологии и других.

Биотехнология объединяет новые достижения технической микробиологии, прикладной генетической, клеточной инженерии, иммунобиотехнологии. Этот раздел науки охватывает культивирование клеток растений, животных и людей, гибридов, макрорематов, водорослей, объектов генетической инженерии (плазмиды, векторы, рекомбинатные ДНК, ферменты).

Немало новых рентабельных биотехнологий появились в Украине благодаря разработкам Института проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Института молекулярной биологии и генетики НАН Украины, Института агроэкологии и биотехнологии УААН и других. Можно сказать, что по уровню научно-исследовательских работ в области биотехнологий Украина не отстает от мировых лидеров – Японии, США, Англии, Германии, Франции. Об этом свидетельствует множество публикаций отечественных ученых, презентаций, количество международных грантов и стипендий, привлечение украинских ученых для сотрудничества в различные научно-исследовательские лаборатории мира.

Большие перспективы имеет генная инженерия. Успехи генетической инженерии ознаменовали начало качественно нового этапа в развитии биотехнологии. Важнейшим достижением стал переход от производства технических соединений до получения химически чистых продуктов биосинтеза: инсулина, α -интерферона, гормонов роста человека и крупного рогатого скота, а также поверхностных антигенов вирусов для получения так называемых молекулярных вакцин против герпеса, гепатита, краснухи, кори и других.

С помощью генной инженерии решаются вопросы, связанные с охраной окружающей среды, в частности, получение биополимерных флокулянтов для очистки воды, получения ряда важных для медицины препаратов, среди которых незаменимые аминокислоты, гормональные препараты, антибиотики и другие. Разработаны технологии получения генноинженерных антигенов, антител, вакцин, которые используются для профилактики, лечения и диагностики заболеваний.

Развитие таких наук как генетика, прикладное накопление новых биологических дисциплин, таких как биоинформатика, протеомика, метаболика и других имеют огромное значение для биотехнологии.

Необходимо возродить биотехнологии на новом современном уровне. Этого требуют потребности общества, экономики. Для этого нужна выработка необходимых законов, продуманная финансовая политика в области фундаментальной биологической науки и биотехнологии.

ТЕМА XIII. ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И НАНОТЕХНОЛОГИИ: СУЩНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ, ЗНАЧЕНИЕ

Человечество уверенно вступило в XXI век, который, как мы часто слышим, будет проходить под знаком генетики, биотехнологий и информационных технологий. Мы также слышим, что ученые свои порой «сумасшедшие» идеи, прения подают под вывеской нанотехнологий. Оказывается, биотехнологии и информационные технологии лишь детали в картине, название которой – Наноланд. Хотя еще 3,5 млрд лет назад возникли первые живые клетки, именно они содержат наномасштабные биомашин, выполняющие такие задачи, как манипуляции с генетическим материалом и энергообеспечение. Но только сейчас возникли возможности реального использования этих особенностей.

С использованием нанотехнологий человек подошел к таким рубежам познания материи, которые позволят ему в ближайшее время изменять свойства материи в соответствии с нуждами потребителя. Речь идет о вмешательстве в строение материи на молекулярном и атомарном уровнях. Возможности нанотехнологии такие огромные, что они вдохновляют инженеров и ученых на подвиги, сближают людей в достижении реальной власти над природой и инженерная деятельность наполняется новым содержанием.

Целью настоящей лекции является рассмотрение сущности нанотехнологий, ее зарождения, развития основных направлений и дальнейших перспектив.

1. Сущность нанотехнологий и основные направления развития.

2. Настоящее нанотехнологий и перспективы развития.

История нанотехнологий не имеет, на наш взгляд, четкого временного значения. Она достаточно старая, и в то же время молодая.

400 лет до н. э. грек Демокрит вводит термин «атом» (неделимый), и это уже начало «наномира». Впервые же промышленность воспользовалась преимуществами нанотехнологии в 1902 г., когда для вулканизации были использованы мелкие частички (размером в несколько нанометров) сажи с чрезвычайно развитой поверхностью. Интересен и такой факт. В области нанотехнологий успели отметить едва не все выдающиеся ученые XX века. К примеру, Альберту Эйнштейну в докторской диссертации впервые удалось считать размеры характерной представительницы наномира – молекулы сахара. Тогда выяснилось, что ее диаметр составляет приблизительно один нанометр, то бишь миллиардную частицу метра, или одну миллионную булавочной головки, или одну тысячную длины бактерии...

Значительный вклад сделал Эрнст Резерфорд, который еще в 1912 г. в серии тонких опытов доказал, что атом похож на солнечную систему, в центре которой массивное ядро, а вокруг него вращаются легкие электроны. Так появилась планетарная модель атома, а уже в 1918 году Владимир Иванович Вернадский высказывал мнение о неисчерпаемых возможностях атомных технологий.

Для понятия нанотехнология, пожалуй, не существует исчерпывающего определения, но по аналогии с существующими ныне микротехнологиями следует, что нанотехнологии – это технологии, оперирующие величинами порядка нанометра. Поэтому переход от «микро» к «нано» – это качественный переход от манипуляции веществом к манипуляции отдельными атомами.

Нам знакомы такие понятия, как микроколичество (масса веществ, измеряемая микрограммами), микроанализ (анализ микроколичеств), микроэлектроника (упрощенно: электронные устройства с наименьшим размером отдельных деталей в микрометры или доли микрометров). Приставка «микро-» в числах означает миллионную долю.

Аналогичных терминов с приставкой «нано-» (миллиардная доля) нет, приставка чаще всего употребляется в числах. Однако если вспомнить, что размер отдельных несложных молекул определяется нанометрами, можно понять, какие объекты интересуют нанотехнологию.

Нанотехнология пересекается с различными научными и инженерными дисциплинами, единое ее определение дать трудно, и под ней понимают близкие, но все же отличающиеся области. Вот лишь некоторые определения:

- миниатюризация технологии: проектирование и изготовление разумных миниатюрных машин, запрограммированных на выполнение определенных задач;
- искусство манипулирования материалами в атомном и молекулярном масштабах, особенно для создания микроскопических устройств (роботов);
- способность производить объекты и структуры буквально атом за атомом, подобно процессам в клетках живых организмов.

Можно сказать, что когда речь идет о развитии нанотехнологий, имеются в виду три направления:

- изготовление электронных схем (в том числе и объемных) с активными элементами, размерами сравнимыми с размерами молекул и атомов;
- разработка и изготовление наномашин;
- манипуляция отдельными атомами и молекулами и сборка из них макрообъектов.

Основные положения нового направления НТР были намечены в хрестоматийной речи отца нанотехнологий Ричарда Фейнмана *There's Plenty of Room at the Bottom* («Там внизу – море места»), произнесенной им в Калифорнийском технологическом институте (Caltech) еще в 1959 году. Тогда его слова казались фантастикой только лишь по одной причине: еще не существовало технологии, позволяющей оперировать отдельными атомами на атомарном же уровне (подразумевается возможность опознать отдельный атом, взять его и поставить на другое место). Такая возможность появилась лишь в 1981 году, когда в швейцарском отделении IBM инженерами был разработан сканирующий туннельный микроскоп – прибор, чувствительный к изменениям туннельного тока между поверхностью материала и сверхтонкой иглой.

Р. Фейнман высказал мысль, что «принципы физики, насколько я понимаю, не говорят о невозможности создавать вещи атом за атомом».

В 1981 г. в США была опубликована статья К. Э. Дрекслера, содержащая основы новой науки, в 1986 г. – его книга «Средства созидания. Грядущая эра нанотехнологии», ставшая первым пособием по этому направлению.

К. Э. Дрекслер ввел новые понятия, которые стали широко использоваться. В его понимании молекулярная технология – создание функциональных структур и устройств путем их сборки атом за атомом или молекула за молекулой с помощью запрограммированных роботов (ассемблеры), способных к самовоспроизведению (репликация). По расчетам, ассемблер, снабженный молекулярным компьютером, может иметь массу не более 10⁹ а. е. м. Сборка происходит в соответствии с законами химии, но эти законы в условиях «позиционного» синтеза (когда атом или молекула доставляется в нужное место) действуют иначе, чем при проведении химических реакций, а преодоление активационных барьеров – небывалое дело! – может происходить за счет механической энергии.

Работы Эрика Дрекслера – пионера молекулярной нанотехнологии – носят в основном научно-популярный характер, но при этом глубоко отражают все технические проблемы, которые сейчас стоят перед нанотехнологией. Безусловно, чтение этих работ необходимо для ясного понимания того, что могут делать наномашинки, как они будут работать и как их построить. Что касается классификации нанотехнологии, то пока единства мнений нет.

Встречается классификация нанотехнологии с выделением трех направлений: «мокрого», «сухого» и компьютерного.

Под «мокрой» нанотехнологией понимают изучение биологических систем, которые существуют предпочтительно в водной среде и включают генетический материал, мембраны, ферменты (биокатализаторы) и другие компоненты клеток. Такие структуры нанометрового размера, как известно, возникли и развиваются в результате эволюции организмов.

«Сухая» нанотехнология берет начало от физической химии и науки о поверхностных явлениях, сосредоточена на получении структур из углерода (например, нанотрубки), кремния, различных металлов и вообще из неорганических материалов. Конечная ее цель – создание функциональных устройств, обладающих такой же способностью к самосборке, как и «мокрые» структуры, но без опоры на эволюцию.

Компьютерная нанотехнология позволяет моделировать сложные молекулы и системы, вычислять их относительную устойчивость и предсказывать поведение. Для формирования аналогов созданного природой за сотни миллионов лет требуется немалое время. Моделирование и расчеты позволяют резко – до нескольких десятилетий – сократить этот период.

Многие специалисты под нанотехнологией понимают получение и использование материалов, частицы или слои которых измеряются несколькими нанометрами или десятками нанометров. При этом широко применяют такие термины, как наноматериалы, нанокристаллы, нанокompозиты.

В этой связи можно разделить нанотехнологию на два направления – технологию наноматериалов и молекулярную нанотехнологию – и коротко рассмотреть их по отдельности.

Большое значение для развития нанотехнологии имели некоторые открытия XX века, которые стали как бы методологией проблемы, теорией и практикой.

1931 год. Немецкие физики Макс Кнолл и Эрнст Руска создали электронный микроскоп, который впервые позволил исследовать нанообъекты.

1968 год. Альфред Чо и Джон Артур, сотрудники научного подразделения американской компании Bell, разработали теоретические основы нанотехнологии при обработке поверхностей.

1974 год. Японский физик Норио Танигучи ввел в научный оборот слово «нанотехнологии», которым предложил называть механизмы размером менее одного микрона. Греческое слово «нанос» означает примерно «старичок».

1981 год. Германские физики Герд Бинниг и Генрих Рорер создали микроскоп, способный показывать отдельные атомы.

1985 год. Американские физики Роберт Керл, Хэрольд Крото и Ричард Смейли создали технологию, позволяющую точно измерять предметы диаметром в один нанометр.

1986 год. Нанотехнология стала известна широкой публике. Американский футуролог Эрик Дрекслер опубликовал книгу, в которой предсказывал, что нанотехнология в скором времени начнет активно развиваться.

1989 год. Дональд Эйглер, сотрудник компании IBM, выложил название своей фирмы атомами ксенона.

1998 год. Голландский физик Сеез Деккер создал транзистор на основе нанотехнологий.

1999 год. Американские физики Джеймс Тур и Марк Рид определили, что отдельная молекула способна вести себя также, как молекулярные цепочки.

2000 год. Администрация США поддержала создание Национальной Инициативы в Области Нанотехнологии / National Nanotechnology Initiative. Нанотехнологические исследования получили государственное финансирование. Тогда из федерального бюджета было выделено 500 млн. долларов. В 2002 сумма ассигнований была увеличена до 604 млн. долларов. На 2003 год «Инициатива» уже запрашивала 710 млн. долларов.

Это далеко не полный перечень изобретений, открытий. Все более и более увеличивается их количество.

Авторитетный сетевой журнал для инвесторов в сфере высоких технологий RedHerring.com опубликовал рейтинг десяти самых выдающихся изобретений в секторе IT за 2002 г.

На восьмой позиции в этом престижном списке – генеральный директор Нижегородской лаборатории .linksarGay[0]. Олег Суитин. Он признан автором уникальных изобретений в сфере нанотехнологий – революционных разработок, которые позволят осуществлять вычисления на атомарном уровне с колоссальной производительностью, в сотни раз превышающей возможности самых современных процессоров, выполненных на кремниевой основе.

Все составляющие нанокompьютера и, прежде всего, устройства ввода-вывода и обработки информации представляют собой молекулы ДНК. Работа на молекулярном уровне позволяет нанокompьютерам ставить рекорды в сфере миниатюризации ЭВМ: триллионы компьютеров, вычислительная способность которых по сегодняшним меркам кажется фантастической, будут уместиться в простой лабораторной пробирке. Плотность размещения данных в таких машинах примерно в 100000 раз выше, чем на обычном жестком диске.

С помощью нанотехнологий, как полагают ученые, удастся решить такие проблемы, как синтез веществ на молекулярном уровне, когда станет возможным производство любых предметов путем сбора их по отдельным атомам. Именно так, по мнению футурологов, жителям Земли удастся решить проблему голода – еда будет просто синтезироваться из любого соответствующего сырья.

Большое значение развитие нанотехнологий будет иметь для так называемых малобюджетных стран, в том числе России, Украины, тем более, что здесь есть существенное отставание, например, в микроэлектронике, и поэтому в экономическом плане переход к нанoeлектронике в тысячи раз снижает затраты на создание и промышленное освоение современного производства нанoeлементов по сравнению с созданием промышленного комплекса микроэлектроники. Новые научные решения позволяют совершить качественный скачок и преодолеть ряд технологических барьеров, свойственных микроэлектронике.

По оценкам ученых, экономистов, строительство современного завода по производству элементной базы микроэлектроники на основе сверхчистого кремния с разрешением в активной зоне порядка 0,1 микрон будет стоить государству около 100 млрд долларов. Переход к гетероструктурам на основе соединений A_3B_5 , созданным с использованием технологий нанoeлектроники с той же производственной мощностью, потребует затрат порядка 200–300 млн. долларов. Это оставляет шанс таким странам, как Украина и Россия, не только догнать по уровню технологической оснащенности мировые державы, но и выйти по некоторым позициям в мировые лидеры.

Кроме того, от нанотехнологий ждут решения проблемы человеческого бессмертия, которое будет достигнуто за счет внедрения в организм молекулярных роботов, предотвращающих старение клеток, а также перестройки и «облагораживания» тканей человеческого организма.

Нанороботы будут запущены в атмосферу и полностью ликвидируют вредное влияние жизнедеятельности человека на окружающую среду. Любые выбросы будут расщепляться на атомарном уровне и трансформироваться в естественные природные вещества. Эти же роботы смогут, например, сделать пригодной для обитания Луну и другие небесные тела. На них будут созданы вода, земная атмосфера и привычная землянам среда.

Эдвард Теллер, один из создателей термоядерной бомбы, заметил: «Тот, кто раньше овладеет нанотехнологией, займет ведущее место в техносфере следующего столетия» (имеется в виду XXI столетие). Высказывание, безусловно, верное, но нанотехнология не должна становиться предметом соперничества. Она обладает столь мощным потенциалом, что нужно вести разработки в этой области полностью открыто, с тщательным контролем, исключающим создание орудия.

Эрик Дрекслер пишет: «Но мощь новых технологий можно обратить и на создание военной силы. Перспектива создания новых вооружений и их быстрого производства является причиной для серьезного беспокойства. Это ведет к идее установления тщательного контроля даже для тех из нас, кто является убежденным сторонником свободного развития технологии».

На данный момент возможно наметить следующие перспективы нанотехнологий:

- 1. Медицина.** Создание молекулярных роботов-врачей, которые «жили» бы внутри человеческого организма, устраняя или предотвращая все возникающие повреждения, включая генетические. Срок реализации: первая половина XXI века.
- 2. Геронтология.** Достижение личного бессмертия людей за счет внедрения в организм молекулярных роботов, предотвращающих старение клеток, а также перестройки и улучшения тканей человеческого организма. Оживление и излечение тех безнадежно больных людей, которые были заморожены в настоящее время методами крионики. Срок реализации: третья – четвертая четверти XXI века.
- 3. Промышленность.** Замена традиционных методов производства сборкой молекулярными роботами предметов потребления непосредственно из атомов и молекул. Срок реализации: начало XXI века.
- 4. Сельское хозяйство.** Замена природных производителей пищи (растений и животных) аналогичными функциональными комплексами из молекулярных роботов. Они будут воспроизводить те же химические процессы, что происходят в живом организме, однако более коротким и эффективным путем. Например, из цепочки «почва – углекислый газ – фотосинтез – трава – корова – молоко» будут удалены все лишние звенья. Останется «почва – углекислый газ – молоко (творог, масло, мясо)». Такое «сельское хозяйство» не будет зависеть от погодных условий и не будет нуждаться в тяжелом физическом труде. А производительности его хватит, чтобы решить продовольственную проблему раз и навсегда. Срок реализации: вторая – четвертая четверть XXI века.
- 5. Биология.** Станет возможным внедрение нанoeлементов в живой организм на уровне атомов. Последствия могут быть самыми различными – от «восстановления» вымерших видов до создания новых типов живых существ, биороботов.
- 6. Экология.** Полное устранение вредного влияния деятельности человека на окружающую среду. Во-первых, за счет насыщения экосферы молекулярными роботами-санитарами, превращающими отходы деятельности человека в исходное сырье, а во-вторых, за счет перевода промышленности и сельского хозяйства на безотходные нанотехнологические методы. Срок реализации: середина XXI века.

7. **Освоение космоса.** По-видимому, освоению космоса «обычным» порядком будет предшествовать освоение его нанороботами. Огромная армия роботов-молекул будет выпущена в околоземное космическое пространство и подготовит его для заселения человеком – сделает пригодными для обитания Луну, астероиды, ближайшие планеты, соорудит из «подручных материалов» (метеоритов, комет) космические станции. Это будет намного дешевле и безопаснее существующих ныне методов.

8. **Кибернетика.** Произойдет переход от ныне существующих планарных структур к объемным микросхемам, размеры активных элементов уменьшаться до размеров молекул. Рабочие частоты компьютеров достигнут терагерцовых величин. Получат распространение схемные решения на нейроноподобных элементах. Появится быстродействующая долговременная память на белковых молекулах, емкость которой будет измеряться терабайтами. Станет возможным «переселение» человеческого интеллекта в компьютер. Срок реализации: первая – вторая четверть XXI века.

9. **Разумная среда обитания.** За счет внедрения логических наноэлементов во все атрибуты окружающей среды она станет «разумной» и исключительно комфортной для человека. Срок реализации: после XXI века.

Посмотрим критически на перечисленные выше перспективы.

- Производство объектов. Необходима согласованная работа гигантского количества наномашин. Этой совокупности машин каким-то образом должен передаваться огромный объем информации. Вероятно, что существование такой легко управляемой и надежной системы невозможно. Кроме того, как сделать, чтобы в отходах производства (неиспользованных элементах мусора и самоликвидировавшейся системе наномашин) не содержалось высокотоксичных радикалов? И, наконец, главный вопрос: не будут ли произведенные таким способом объекты ненастоящими, «бездушными» и негодными к употреблению в связи с тем, что микромир при низких энергиях (которым живут обычные вещи) не «заканчивается» на атомах, как мы сейчас полагаем?

- Медицина. Внедрение наномашин в живой организм – эту сложнейшую систему – может привести к возникновению ряда новых болезней и появлению страшных вирусов. С другой стороны, излечение всех болезней, продление жизни и оживление людей из криоанабиоза усиливает проблему перенаселения Земли и увеличивает конфликт «отцов и детей».

- Экология. Возможны непредвиденные нарушения в экосистемах.

- «Облагораживание среды». Разумная среда должна обладать крайне высокими «интеллектуальными способностями». Почему она должна служить человеку, а не развиваться самостоятельно и непредсказуемо, возможно во вред ему?

Наряду с указанными выше проблемами возникают следующие четыре группы проблем:

1. Применение молекулярной нанотехнологии в военных целях.
2. «Поломка» наносистем или даже выход их из-под контроля.
3. Проблемы, связанные с этификацией (облагораживанием) окружающей среды.
4. Проблемы бессмертия человека.

Следует заметить, что уже с 1994 года практически начинается применение нанотехнологических методов в промышленности.

Многие из перспективных направлений в материаловедении, нанотехнологии, наноэлектронике, прикладной химии связываются в последнее время с фуллеренами, нанотрубками и другими похожими структурами, которые можно назвать общим термином углеродные каркасные структуры. Что же это такое?

Углеродные каркасные структуры – это большие (а иногда и гигантские!) молекулы, состоящие исключительно из атомов углерода. Можно даже говорить, что углеродные каркасные структуры – это новая аллотропная форма углерода (в дополнение к давно известным: алмазу и графиту). Главная особенность этих молекул – это их каркасная форма: они выглядят как замкнутые, полые внутри «оболочки». Самая знаменитая из углеродных каркасных структур – это фуллерен C_{60} , абсолютно неожиданное открытие которого в 1985 году вызвало целый бум исследований в этой области (Нобелевская премия по химии за 1996 год была присуждена именно первооткрывателям фуллеренов Роберту Керлу, Гарольду Крото и Ричарду Смалли). В конце 80-х, начале 90-х годов, после того как была разработана методика получения фуллеренов в макроскопических количествах, было обнаружено множество других, как более легких, так и более тяжелых фуллеренов: начиная от C_{20} (минимально возможного из фуллеренов) и до C_{70} , C_{82} , C_{96} и выше.

Однако разнообразие углеродных каркасных структур на этом не заканчивается. В 1991 году, опять-таки совершенно неожиданно, были обнаружены длинные, цилиндрические углеродные образования, получившие названия нанотрубок. Визуально структуру таких нанотрубок можно представить себе так: берем графитовую плоскость, вырезаем из нее полосу и «склеиваем» ее в цилиндр (предостережение: такое сворачивание графитовой плоскости – это лишь способ представить себе структуру нанотрубки; реально нанотрубки растут совсем по-другому). Казалось бы, что проще – берешь графитовую плоскость и сворачиваешь в цилиндр! – однако

до экспериментального открытия нанотрубок никто из теоретиков их не предсказывал! Так что ученым оставалось только изучать их – и удивляться!

А удивительного было много. Во-первых, разнообразие форм: нанотрубки могли быть большие и маленькие, однослойные и многослойные, прямые и спиральные. Во-вторых, несмотря на кажущуюся хрупкость и даже ажурность, нанотрубки оказались на редкость прочным материалом, как на растяжение, так и на изгиб. Более того, под действием механических напряжений, превышающих критические, нанотрубки также ведут себя экстравагантно: они не «рвутся» и не «ломаются», а просто-напросто перестраиваются! Далее, нанотрубки демонстрируют целый спектр самых неожиданных электрических, магнитных, оптических свойств. Например, в зависимости от конкретной схемы сворачивания графитовой плоскости, нанотрубки могут быть и проводниками, и полупроводниками! Может ли какой-либо иной материал с таким простым химическим составом похвастаться хотя бы частью тех свойств, которыми обладают нанотрубки?!

Наконец поражает многообразие применений, которые уже придуманы для нанотрубок. Первое, что напрашивается само собой, это применение нанотрубок в качестве очень прочных микроскопических стержней и нитей. Как показывают результаты экспериментов и численного моделирования, модуль Юнга однослойной нанотрубки достигает величин порядка 1–5 Тпа, что на порядок больше, чем у стали! Правда, в настоящее время максимальная длина нанотрубок составляет десятки и сотни микронов – что, конечно, очень велико по атомным масштабам, но слишком мало для повседневного использования. Однако длина нанотрубок, получаемых в лаборатории, постепенно увеличивается – сейчас ученые уже вплотную подошли к миллиметровому рубежу (2 мм), как синтез многослойной нанотрубки. Поэтому есть все основания надеяться, что в скором будущем ученые научатся выращивать нанотрубки длиной в сантиметры и даже метры! Безусловно, это сильно повлияет на будущие технологии: ведь «трос» толщиной с человеческий волос, способный удерживать груз в сотни килограмм, найдет себе бесчисленное множество применений.

Нанотрубки могут выступать не только в роли исследуемого материала, но и как инструмент исследования. На основе нанотрубки можно, к примеру, создать микроскопические весы. Берем нанотрубку, определяем (спектроскопическими методами) частоту ее собственных колебаний, затем прикрепляем к ней исследуемый образец и определяем частоту колебаний нагруженной нанотрубки. Эта частота будет меньше частоты колебаний свободной нанотрубки: ведь масса системы увеличилась, а жесткость осталась прежней (вспомните формулу для частоты колебаний груза на пружинке). Было обнаружено, что груз уменьшает частоту колебаний с 3,28 МГц до 968 кГц, откуда была получена масса груза 22 ± 8 фг (фемтограмм, т.е. 10^{-15} грамм!).

Другой пример, когда нанотрубка является частью физического прибора – это «насаживание» ее на острие сканирующего туннельного или атомного силового микроскопа. Обычно такое острие представляет собой остро заточенную вольфрамовую иглу, но по атомным меркам такая заточка все равно достаточно грубая. Нанотрубка же представляет собой идеальную иглу диаметром порядка нескольких атомов. Прикладывая определенное напряжение, можно подхватывать атомы и целые молекулы, находящиеся на подложке непосредственно под иглой, и переносить их с места на место.

Необычные электрические свойства нанотрубок сделают их одним из основных материалов нанoeлектроники. Уже сейчас созданы опытные образцы полевых транзисторов на основе одной нанотрубки: прикладывая запирающее напряжение в несколько вольт, ученые научились измерять проводимость однослойных нанотрубок на 5 порядков!

Еще одно применение в нанoeлектронике – создание полупроводниковых гетероструктур, т.е. структур типа металл/полупроводник или стык двух разных полупроводников. Теперь для изготовления такой гетероструктуры не надо будет выращивать отдельно два материала и затем «сваривать» их друг с другом. Все, что требуется – это в процессе роста нанотрубки создать в ней структурный дефект (а именно, заменить один из углеродных шестиугольников пятиугольником). Тогда одна часть нанотрубки будет металлической, а другая – полупроводником!

Разработано уже и несколько применений нанотрубок в компьютерной индустрии. Например, созданы и опробованы прототипы тонких плоских дисплеев, работающих на матрице из нанотрубок под действием напряжения, прикладываемого к одному из концов нанотрубки, с другого конца начинают испускаться электроны, которые попадают на фосфоресцирующий экран и вызывают свечение пикселя. Получающееся при этом зерно изображения будет фантастически малым: порядка микрометра!

С помощью того же атомного микроскопа можно производить запись и считывание информации с матрицы, состоящей из атомов титана, лежащего на γ - Al_2O_3 подложке. Эта идея уже также реализована экспериментально: достигнутая плотность записи информации составляла 250 Гбит/см². Однако в обоих этих примерах до массового применения пока далеко – слишком уж дорого обходятся такие наукоемкие новшества. Поэтому одна из главных задач здесь – разработать дешевую методику реализации этих идей.

Пустоты внутри нанотрубок (и углеродных каркасных структур вообще) также привлекали внимание ученых. В самом деле, а что будет, если внутрь фуллерена поместить атом какого-нибудь вещества? Эксперименты показали, что интеркаляция (т.е. внедрение) атомов различных металлов меняет электрические свойства фуллеренов и может даже превратить изолятор в сверхпроводник! А можно ли таким же образом изменить свойства нанотрубок? Оказывается, да. Ученые смогли поместить внутрь нанотрубки целую цепочку из фуллеренов с уже внедренными в них атомами гадолиния! Электрические свойства такой необычной структуры сильно отличались как от свойств простой, полой нанотрубки, так и от свойств нанотрубки с пустыми

фуллеренами внутри. Как, оказывается, много значит валентный электрон, отдаваемый атомом металла во всеобщее распоряжение! Кстати, интересно отметить, что для таких соединений разработаны специальные химические обозначения. Описанная выше структура записывается как Gd @ C₆₀ @ SWNT, что означает «Gd внутри C₆₀ внутри однослойной полый нанотрубки (Single Wall Nano Tube)».

В нанотрубки можно не только «загонять» атомы и молекулы поодиночке, но и буквально «вливать» вещество. Как показали эксперименты, открытая нанотрубка обладает капиллярными свойствами, то есть она как бы втягивает в себя вещество. Таким образом, нанотрубки можно использовать как микроскопические контейнеры для перевозки химически или биологически активных веществ: белков, ядовитых газов, компонентов топлива и даже расплавленных металлов. Попав внутрь нанотрубки, атомы или молекулы уже не могут выйти наружу: концы нанотрубок надежно «запаяны», а углеродное ароматическое кольцо слишком узкое для большинства атомов. В таком виде активные атомы или молекулы можно безопасно транспортировать. Попав в место назначения, нанотрубки раскрываются с одного конца (а операции «запаивания» и «распаивания» концов нанотрубок уже вполне под силу современной технологии) и выпускают свое содержимое в строго определенных дозах. Это – не фантастика, эксперименты такого рода уже сейчас проводятся во многих лабораториях мира. И не исключено, что через 10–20 лет на базе этой технологии будет проводиться лечение заболеваний: скажем, больному вводят в кровь заранее приготовленные нанотрубки с очень активными ферментами, эти нанотрубки собираются в определенном месте организма некими микроскопическими механизмами и «вскрываются» в определенный момент времени. Современная технология уже практически готова к реализации такой схемы.

Стремительное развитие науки и техники, осуществляемое на основе развитой нанотехнологии, называют наноиндустриальной революцией. В развитых странах активно ведутся такие работы.

В Японии ежегодно ведутся работы примерно по 12 нанотехнологическим проектам. Крупнейшим в 1992 г. был «Angstrom Technology Project» – самый значительный из серии проектов, направленных на разработку приборов нанометрового размера (стоимость 185 млн долл., рассчитан на 10 лет). В его реализации участвуют 50–80 фирм. Проведена реорганизация четырех министерских лабораторий в исследовательском центре «Цукуба», а также создан новый междисциплинарный центр по исследованиям в данной области.

Можно отметить также проект «Atom Craft Project», связанный с атомной сборкой, проект квантовых функциональных приборов и др. По словам их руководителей, они формируют технологию XXI в. и планируют заложить основу для технологии терабитных кристаллов.

Из пяти направлений научных программ с 1995 г. главным является создание функциональных приборов на основе наноструктур. В ряде специализированных журналов опубликовано большое число новых работ, посвященных нанотехнологическим комплексам, применению их для конструирования нанороботов и использованию не только на Земле, но и в космосе.

Во Франции открыт клуб нанотехнологов, объединяющий ученых и промышленников различных отраслей. В Великобритании издаются журналы «Нанотехнология» и «Нанобиология», а в 1998 г. состоялась пятая международная конференция по данным проблемам.

Что касается России, то по масштабам фундаментальных и прикладных исследований в области нанотехнологий она отстает от ведущих стран. Тем не менее в ряде институтов Российской академии наук проводятся серьезные работы в этой сфере. Так, в Физико-техническом институте им А.Ф. Иоффе под руководством Нобелевского лауреата Ж. Алферова осуществляются передовые разработки наногетероструктур, получившие международное признание (об этом свидетельствует проведение в институте в еще июне 2001 г. десятой международной конференции «Наноструктуры: физика и технологии»). Значительные результаты нанотехнологических исследований достигнуты в Институте проблем технологии и макроэлектроники под руководством В.Аристова, а также в ФИАНе под руководством Ю.Ковалева.

Фундаментальные исследования в области химических технологий позволили получить нанокристаллические (НК) и сверхмикрорекристаллические (СМК) материалы с размером зерен менее 1 микрометра, обладающие комплексом особых физико-химических и механических свойств. Они могут успешно использоваться в экстремальных условиях эксплуатации – при низких температурах, в зоне интенсивного радиационного излучения, в высоконагруженных конструкциях и агрессивных средах. На основе НК- и СМК-структур можно создать металлические и интерметаллические материалы с высокими демпфирующими свойствами, высокопрочные и сверхлегкие металл-полимерные композиты для применения в высокоэрозионных постоянных магнитах, высоковольтных контактах, катализаторах и фильтрующих элементах, а также в медицине для изготовления сверхпрочных, сверхлегких, коррозионностойких имплантатов.

В области прикладных нанотехнологических исследований можно отметить работы, проводимые корпорацией МДТ (Molecular Device Tools for Nanotechnology), которая была создана в 1991 г. в Зеленограде группой выпускников Московского физико-технического института. Основные направления бизнеса корпорации – молекулярные технологии.

Дочерняя компания корпорации – НТ-МДТ специализируется на оборудовании для молекулярной технологии – сканирующих зондовых микроскопах (СЗМ), изделиях кремниевой микромеханики для нанотехнологий, установках для исследования и формирования пленок Ленгмюра-Блоджетт. В настоящее время корпорация производит СЗМ третьего поколения: СОЛВЕР-Р4, высоковакуумный (до 10⁻¹⁰ торр) СОЛВЕР-37-UHV, широкопольный зондовый

микроскоп СОЛБЕР-34-SPMLS-MDT для контроля качества матриц, применяющихся при производстве компакт-дисков, и др. Будучи не только измерительными приборами, но и инструментами, с помощью которых можно формировать и исследовать наноструктуры, зондовые микроскопы призваны стать базовыми физическими метрологическими инструментами XXI в.

Каков конкретный вклад ученых, стран в развитие нанотехнологии?

На долю США ныне приходится примерно треть всех мировых инвестиций в нанотехнологии. Другие главные игроки на этом поле – Европейский Союз (примерно 15 %) и Япония (20 %). Исследования в этой сфере активно ведутся также в странах бывшего СССР, Австралии, Канаде, Китае, Южной Корее, Израиле, Сингапуре и Тайване. Если в 2000 году суммарные затраты стран мира на подобные исследования составили примерно \$800 млн., то в 2001 году они увеличились вдвое и процесс увеличения затрат на эти работы продолжается высокими темпами. По мнению экспертов, чтобы нанотехнологии стали реальностью, ежегодно необходимо тратить не менее 1 трлн. долларов.

По прогнозам Национальной Инициативы в Области Нанотехнологии США, развитие нанотехнологий через 10–15 лет позволит создать новую отрасль экономики с оборотом в \$15 млрд. и примерно 2 млн. рабочих мест. Ряд нанотехнологий используется на практике – к примеру, при изготовлении цифровых видеодисков (DVD).

В области медицины возможно создание роботов-врачей, которые способны «жить» внутри человеческого организма, устраняя все возникающие повреждения, или предотвращая их возникновение. Теоретически нанотехнологии способны обеспечить человеку физическое бессмертие, за счет того, что наномедицина сможет бесконечно регенерировать отмирающие клетки. По прогнозам журнала *Scientific American*, уже в ближайшем будущем появятся медицинские устройства размером с почтовую марку. Их достаточно будет наложить на рану. Это устройство самостоятельно проведет анализ крови, определит, какие медикаменты необходимо использовать и вприснет их в кровь.

Ожидается, что уже в 2005–2006 гг. появятся первые роботы, созданные на основе нанотехнологий. Теоретически возможно, что они будут способны конструировать из готовых атомов любой предмет. Нанотехнологии способны произвести революцию в сельском хозяйстве. Молекулярные роботы способны будут производить пищу, заменив сельскохозяйственные растения и животных. К примеру, теоретически возможно производить молоко прямо из травы, минуя промежуточное звено – корову. Нанотехнологии способны также стабилизировать экологическую обстановку. Новые виды промышленности не будут производить отходов, отравляющих планету, а нанороботы смогут уничтожать последствия старых загрязнений. Невероятные перспективы открываются также в области информационных технологий. Нанороботы способны воплотить в жизнь мечту фантастов о колонизации иных планет – эти устройства смогут создать на них среду обитания, необходимую для жизни человека.

Нанотехнологии имеют и блестящее военное будущее. Военные исследования в мире ведутся в шести основных сферах: технологии создания и противодействия «невидимости» (известны самолеты-невидимки, созданные на основе технологии *stealth*), энергетические ресурсы, самовосстанавливающиеся системы (например, позволяющие автоматически чинить поврежденную поверхность танка или самолета), связь, а также устройства обнаружения химических и биологических загрязнений. На военные наноисследования уже только в 2003 году США планировалось потратить \$201 млн. Как предполагается, в 2008 году будут представлены первые боевые наномеханизмы.

Производители уже получают первые заказы на наноустройства. К примеру, армия США заказала компании *Friction Free Technologies* разработку военной формы будущего. Компания должна изготовить носки с использованием нанотехнологий, которые должны будут выводить за пределы носков пот, но сохранять ноги в тепле, а носки в сухости. Неизвестно, будут ли такие носки нуждаться в стирке.

Кое-какие подвижки чувствуются и у нас. К сожалению, пока лишь на уровне Национальной академии наук, которой, как говорится, сам Бог велел держать руку на пульсе науки. Как сообщил академик-секретарь отделения физики и астрономии НАНУ Антон Наумовец, Национальная академия наук, Министерство образования и науки Украины и научно-производственный концерн «Наука» совместно с Российской академией наук разработали программу «Нанофизика и наноэлектроника». Сопредседатели программы – лауреат Нобелевской премии, академик РАН и иностранный член НАНУ Жорес Алферов и академик НАНУ Николай Находкин. Перспективное сотрудничество в области нанотехнологий налаживается между научными организациями Украины и Германии. К сожалению, финансирование с украинской стороны является крайне скудным. Но, как говорится, лед все-таки тронулся.

Важнейшей проблемой нанотехнологии, как мы выяснили, является здоровье человека, продление жизни. Здесь очень много интересных проектов, предложений.

Что же может дать нанотехнология для продления жизни? Ответ естественен – мы можем создать микроскопических роботов для внутренней молекулярной хирургии даже для отдельных клеток. И прототипы подобных устройств уже созданы.

Национальный институт рака (США) и управление космонавтики НАСА приняли решение выделить в течение ближайших трех лет 36 миллионов долларов для разработки нанодатчиков – устройств размером в тысячу раз меньше толщины человеческого волоса. Эти устройства смогут сканировать человеческий организм в поисках молекулярных признаков рака – например, дефектных белков, характерных для злокачественных клеток, – и

определения местонахождения и формы опухолей. Приспособленные для переноса лекарств или «сменных» генов, такие устройства смогут атаковать только раковые клетки, не затрагивая здоровые, и обрабатывать их одну за другой. Это сделает излишними химиотерапию и рентгеновскую бомбардировку организма со всеми их печальными последствиями. Так что через каких-нибудь пятнадцать лет лечение самых страшных сегодня видов рака будет сводиться к приему таблетки, содержащей миллионы микроустройств, приспособленных для обнаружения и уничтожения раковых клеток внутри организма. И это не научная фантастика.

На конференции по молекулярной нанотехнологии, прошедшей еще в 2002-м году в Штатах, группа инженеров из штата Юта доложила о проекте совершенно нового типа микродвигателя, основанного на... «бактериальной тяге». Этот мотор предлагается для создания миниатюрного биоробота, который был бы способен двигаться внутри человеческого организма.

Молекулярные двигатели уже разработаны, но инженеры из Юты предложили новый подход. Они планируют использовать бактериальные клетки для преобразования теплового движения атомов в механическую энергию поступательного движения микроробота. Благодаря малости бактериального источника энергии размеры такого плавающего устройства можно будет уменьшить всего до нескольких микронов. А на следующем этапе авторы намерены приспособить для движения своего робота одни лишь флаголлы с их броуновскими моторами, без бактерий. В таком случае, по предварительным расчетам, размеры биомотора можно будет снизить до 100 и менее нанометров. Продолжительность его работы будет определяться продолжительностью жизни бактерий или флаголл, использованных для его перемещения, и авторы надеются довести этот срок службы до часа и более. Фирма «Renaissance Technologies» из штата Кентукки уже объявила, что первый прототип такого микробиоробота размером в один миллиметр будет выпущен на рынок в течение года.

А если это будут еще и саморазмножающиеся устройства, то они смогут осуществлять не только экстренные операции, но и текущий мониторинг – коррекцию состояния организма. Это сулит гигантские перспективы. Робот-симбиот может избавить нас от многих проблем. Ведь недаром Foresight Institute обещал 250 тыс. долларов тому, кто построит нано-робота («руку», которая сможет оперировать на молекулярном уровне) и тому, кто создаст 8-ми битный сумматор, уместяющийся в кубике со стороной в 50 нанометров.

Как известно в 1986 г., усилиями ученых и инженеров был создан атомно-силовой микроскоп, позволивший, в отличие от туннельного микроскопа, осуществлять взаимодействие с любыми материалами, а не только с проводящими. Именно тогда открылась перспектива создавать нанотехнические устройства. Дело в том, что для столь маленьких механизмов классическая технология не приемлема, и приходится опираться на разработки самой природы, которая, как известно, предпочитает углерод и органику.

Еще в 1991-м году удалось создать углеродные нанотрубки диаметром около 1 нм, однако лишь в 1997–1998 гг. им нашлось практическое применение в виде сверхчувствительных весов, на которых можно взвешивать вирусы. Более того, на основе нанотрубок были сделаны микротранзисторы.

По сообщению агентства «Информнаука» от 18 апреля 2000 г., японские ученые, испаряя в луче импульсного лазера таблетки из смеси нитрида бора, углерода и окиси кремния, обнаружили в продуктах реакции нанокатушку индуктивности, созданную самой природой.

В октябре 1998-го датские ученые продемонстрировали функционирование атомного бинарного триггера (позволяющего запоминать два состояния). Туннельный микроскоп использовался для удаления одного или двух атомов водорода от атома кремния, вследствие чего оставшийся атом водорода «переключался» в одно из двух положений.

13 января 1999 г. CNN сообщила о построении группой исследователей Надриана Симана (Nadrian C. Seeman) молекулярного двигателя на основе ДНК. Размер сгибающегося по команде механизма шарнирного типа составляет четыре десятитысячных толщины человеческого волоса. Устройство изготовлено при помощи соединения двух двойных спиралей ДНК посредством ДНК-моста. При подаче определенного химического сигнала часть этой структуры изгибается.

Это лишь первая «ласточка». «Мы пока не знаем, способен ли подобный механизм передавать нагрузку; мы продемонстрировали лишь то, что при движении правильно выдерживаются исходное и конечное положения. Что происходит в промежутке между ними, неизвестно, – сказал Ж. Симан. – Но мы постараемся использовать это открытие и надеемся, что в случае неудач сможем внести изменения, которые сделают конструкцию более полезной».

29 января 1999 г. Исследовательская группа Чикагского Северо-западного Университета (Northwestern University) опубликовала метод, названный ими **dip-pin lithography**, позволяющий чертить линии шириной в несколько атомов на поверхности золота. В июне 2000 г. они представили на суд публики 8-ми перьевой наноплоттер, способный создавать 8 идентичных изображений молекулярными чернилами с точностью рисунка до 1 молекулы и шириной линии 30 молекул.

И вот 25 января 2001 г. «АК&М» сообщил, что в Японии создан первый в мире молекулярный двигатель. Суперминиатюрная конструкция состоит из трех частей: иона металла и двух молекул порфирина – сложного циклического соединения, в состав которого входит хлорофилл, преобразующий свет в органические вещества. При определенной температуре ион притягивает с двух сторон молекулы, и под воздействием света и электрического напряжения те начинают вращаться. По мнению создателей, эта разработка открывает

фантастические возможности в области молекулярных технологий. Энергия такого двигателя может быть использована в медицине при создании макроскопических препаратов или клеток-трансплантантов.

В июне 2001 г. нанотехнологи осуществляют новый прорыв. Роботы размером с рисовое зерно созданы Казуши Ишиямой (Kazushi Ishiyama) из японского Tohoku University. Этими машинками, имеющими внутри цилиндрические магниты длиной 8 мм и диаметром менее 1 мм, можно управлять с помощью электромагнитного поля, под воздействием которого роботы вкручиваются туда, куда надо вкрутиться. К. Ишияма разработал два прототипа – для жидкой и для плотной среды. Результаты первых испытаний обнадеживают: робот для жидкости успешно передвигался в емкости, заполненной силиконом, а «плотный» робот оказался в состоянии проходить сквозь двухсантиметровый бифштекс. Одно из устройств К. Ишияма оснастил металлическим шипом: предполагается, что, нагреваясь, он будет разрушать раковые клетки. Вводить в вены такую машинку можно через обычную иглу.

По словам К. Ишиямы, его разработка в перспективе может оказаться намного эффективнее используемых сейчас катетеров. Если удастся сконструировать еще более миниатюрные устройства, они смогут проникнуть и в самые мелкие, а потому пока недоступные сосуды, находящиеся, например, в головном мозге. Это дело будущего и проблема настоящего.

С древних времен человек всей душой восстает против смерти, которая неизбежно отнимает у него близких людей, и, в конце концов, одолевает каждого. Н. Ф. Федоров считал важнейшей задачей человека – борьбу со смертью. Эта идея должна объединить всех людей. Бессмертия, по мнению Федорова, можно достичь, преобразуя слепую природу, управляя ею.

С точки зрения молекулярных нанотехнологий если не идея бессмертия, то идея неограниченного продления жизни человека не кажется невозможной. Человеческий организм, как и организм любого живого существа на Земле, возник под действием эволюции. При этом для сохранения вида не нужно долголетия и бессмертия – достаточно достижения репродуктивного возраста. Частая смена поколений даже благоприятствует сохранению и развитию вида, так как обеспечивает быстрый естественный отбор.

Эволюционным путем не может возникнуть бессмертное или длительно живущее существо. Скорее наоборот – генетически закодировано прекращение жизни по достижении определенного возраста.

Развитие молекулярной нанотехнологии даст возможность тщательно изучить процессы, протекающие внутри клеток организма. Есть большие основания полагать, что точное знание того, как функционируют клетки, позволит создать наномашинки, ликвидирующие негативные изменения, происходящие в клетках и тканях живого организма с течением времени. Возможно, удастся переделать программу, записанную в ДНК, так, чтобы «выключить» старение. Тогда функции регулирующих наномашин возьмут на себя органеллы клетки.

Но не нарушит ли человек гармонию мира, искусственным путем достигнув бессмертия? Кроме проблемы перенаселенности Земли, которую, в принципе, можно решить, расселяясь по Вселенной, есть другие доводы против бессмертия человека.

Во-первых, поколение людей несет с собой определенные моральные устои, мировоззренческие взгляды, и длительная жизнь одного поколения может привести к застою в развитии общества. «Если бы организм, – пишет Страхов, – в эпоху своей зрелости стал вдруг неизменным, следовательно, представил бы только повторяющиеся явления, но в нем прекратилось бы развитие, в нем не происходило бы ничего нового, следовательно, не могло бы быть жизни. Итак, одряхление и смерть есть необходимое следствие органического развития, они вытекают из самого понятия развития. Вот те общие понятия и соображения, которые объясняют значение смерти».

Во-вторых, с возрастом человек проявляет все меньше интереса к жизни, в нем растет усталость, груз накопленных знаний и переживаний гнетет его, так что смена поколений необходима для поддержания активности все время на высоком уровне. «Боги, боги мои! Как грустна вечерняя земля! Как таинственны туманы над болотами. Кто блуждал в этих туманах, кто много страдал перед смертью, кто летел над этой землей, неся на себе непосильный груз, тот это знает. Это знает уставший. И он без сожаления покидает туманы земли, ее болотца и реки, он отдается с легким сердцем в руки смерти, зная, что только она одна успокоит его». В этих словах Михаила Булгакова заключена печальная и примиряющая со смертью истина. Ибо на пути жизни для того, кто смертельно устал – не пресытился удовольствиями, а именно устал, подобно мастеру, завершившему непосильный труд, – для утомленного путника покой небытия не внушает страха. Такова великая справедливость судьбы.

Эту связь вопроса о смысле человеческой жизни с проблемой долголетия, смерти и бессмертия человека можно проследить через всю историю философии и науки, и ее хорошо выразил уже Л. А. Сенека, сказавший, что важно не то, долго ли, а правильно ли ты прожил. Всякая жизнь, хорошо прожитая, есть долгая жизнь, отмечал и Леонардо да Винчи. Эту же мысль подчеркивал и М. Монтень, говоря, что мера жизни не в ее длительности, а в том, как вы ее использовали.

В-третьих, опыт говорит нам, что любой развивающийся процесс в природе имеет свое начало и свой конец. Бесконечным может быть лишь стационарный или циклический процесс. Так как неотъемлемым атрибутом жизни является развитие, то любой жизненный процесс рано или поздно должен заканчиваться смертью. Ф. Страхов пишет: «Смерть – это финал оперы, последняя сцена драмы, – как художественное произведение не может тянуться без конца, но само собою обособливается и находит свои границы, так и жизнь организмов имеет пределы. В этом выражается их глубокая сущность, гармония и красота, свойственная их жизни. Если бы опера была только совокупность звуков, то она могла бы продолжаться без конца, если бы поэма была только набором

слов, то она также не могла иметь никакого естественного предела. Но смысл оперы и поэмы, существенное содержание требуют финала и заключения».

Но отрицание возможности бессмертия не означает невозможность долголетия. Нет никаких принципиальных ограничений на длительность жизни человека, допустим, в 1000 лет. Таким долгожителем, скорее всего, можно стать с помощью молекулярной нанотехнологии. А дальнейшее увеличение длительности жизни будет зависеть от состояния общества и настроения каждого человека лично. «Любопытные в этом плане мысли попытались объединить в некоторый закон более долгой жизни С. Норкот Паркинсон и Герман Ле Конт: существует много средств продления жизни, но следует помнить, что вопрос жить или умереть во многом зависит от состояния ума. Мы умираем, по крайней мере отчасти, потому что прожили достаточно долго, мы живем потому, что надо что-то сделать».

«Истинному» – временному долголетию человека можно противопоставить альтернативный вариант «внутреннего» долголетия, которое может дать молекулярная нанотехнология. В этом случае внедренные в мозг наносистемы так изменяют процессы мышления, что ход «внутреннего» времени человека многократно ускоряется. За прежний промежуток времени человек субъективно будет проживать во много раз больше. Но такому мозгу будет казаться, что весь мир впал в дрему, так как для него все физические перемещения будут выполняться очень медленно, будто в вязком сиропе. Вряд ли такое «долголетие» придется по вкусу многим людям.

Переделка человеческого организма с целью излечения от болезней и увеличения продолжительности жизни с помощью молекулярных нанотехнологий будет возможна в достаточно отдаленном будущем (хотя, по оптимистическим прогнозам, это произойдет в конце XXI – начале XXII веков). Но даже для ныне живущих людей есть возможность стать такими долгожителями. Этот шанс предоставляет замораживание организма до сверхнизких температур после клинической смерти. Правда, такое «удовольствие» могут себе позволить лишь достаточно богатые и смелые люди. Ведь когда появится возможность разморозить и вылечить человека, скорее всего, никого из его родственников и знакомых, не разделивших его участь, не будет в живых. «Размороженный» человек попадет в незнакомый мир новой эпохи. И это тоже проблема!

ВЫВОДЫ

Различные наноматериалы уже стремительно ворвались в нашу жизнь. Молекулярная нанотехнология, еще не вышедшая из стен лабораторий, широко заявит о себе через 10–20 лет, когда будут созданы молекулярные компьютеры, ассемблеры и репликаторы. Сначала, видимо, появятся различные наноэлектромеханические устройства для космических полетов и военных целей. Планируется, например, разработать «самолет» размером со стрекозу или муху для проведения радиационной, химической и иной разведки, для наблюдения за полем боя. Существенно изменятся средства поражения противника и защиты от поражения (но увеличится риск пострадать от вооруженных научными достижениями террористов).

Появятся совершенно новые средства диагностики и лечения заболеваний (полный анализ крови по одной небольшой капельке; миниатюрные механические устройства, перемещающиеся внутри организма, например, по кровеносным сосудам, распознающие больные ткани и доставляющие лекарства непосредственно к ним, не вызывая побочных эффектов).

Будут созданы средства полной автоматической очистки вредных выбросов с «разборкой» и утилизацией выбрасываемых компонентов. Путем молекулярного синтеза удастся ликвидировать недостаток пищевых продуктов и обеспечить их высокое качество. Развитие и удешевление компьютерной сети сделает образование доступным любому жителю Земли, где бы он ни находился. Появление и развитие нанотехнологии – новая техническая революция. Чтобы осмыслить масштабы грядущих перемен и их значение для развития цивилизации, требуются усилия философов, социологов, психологов и других представителей гуманитарных наук. Но представляется, что у России, Украины, как и у всего человечества, нет выбора, развивать или не развивать нанотехнологию.

На трудном пути в Наномир предстоит еще очень и очень много сделать. И химики разных специальностей будут здесь среди самых востребованных работников. Химия – и ключевая наука, и связующее звено с другими отраслями знаний в таком междисциплинарном направлении, как нанотехнология.

Нанотехнология сделает возможным создание гигагерцовых компьютеров размером меньше кубического микрона (одна миллиардная кубического миллиметра); машин для ремонта живых клеток; бытовых универсальных производственных устройств и устройств для переработки отходов; дешевых средств колонизации космоса и многого другого. Вообще говоря, основная идея нанотехнологии состоит в том, что практически любую химически стабильную структуру, которую можно описать, на самом деле, можно и построить.

Последние несколько лет ознаменовались бурным ростом интереса к этой области и ростом инвестиций в нанотехнологию. Поскольку они смогут копировать себя, ассемблеры будут дешевыми. Это становится понятным, если вспомнить, что многие другие продукты молекулярных машин – дрова, сено, картофель – стоят совсем мало. Работая в больших группах, ассемблеры и специализированные наномшины смогут создавать любые объекты с небольшими затратами. Обеспечив точное размещение каждого атома, они будут производить надежные

продукты с высокой точностью. Неиспользованные молекулы будут контролироваться столь же тщательно, что сделает производственный процесс практически безотходным. На самом деле, практически любая структура, описанная с атомарной точностью и не противоречащая химическим законам, может быть построена молекулярными ассемблерами дешево и практически без отходов.

Широко распространено убеждение, что развитая нанотехнология также сделает возможным оживление пациентов в криогенном анабиозе и загрузку сознания в компьютер. Хотя принципиальная возможность молекулярной нанотехнологии довольно хорошо обоснована, сложнее определить, сколько времени понадобится для ее появления.

Среди экспертов распространено мнение, что первый универсальный ассемблер будет создан в районе 2017 г. плюс-минус десять лет, но до полного согласия по этому вопросу еще далеко. Поскольку последствия нанотехнологий столь обширны, и не всегда предсказуемы, необходимо, чтобы люди уже сейчас начали серьезно размышлять об этих вопросах. Злоупотребление нанотехнологиями может иметь разрушительные последствия; общество нуждается в выработке путей минимизации этого риска. Загрузка (иногда называемая «загрузка сознания» или «реконструкция мозга») – это гипотетический процесс переноса сознания из биологического мозга в компьютер. Сканирование мозга с достаточным разрешением может быть выполнено путем разборки мозга атом за атомом с помощью нанотехнологии. Это тоже подтверждает, что мы должны изучать и обсуждать возможные проблемы до того, как они станут реальностью. Биотехнология, нанотехнология и искусственный интеллект могут оказаться источником серьезной опасности, если их использовать неосторожно или злонамеренно. Нужна информированность общества, гражданский контроль, прозрачность в исследованиях.

С развитой молекулярной нанотехнологией мы получим способ производить практически любые товары, без каких бы то ни было отходов или загрязнения. Более того, эта технология позволит нам исправить вред, нанесенный довольно примитивными технологиями, которые мы используем сегодня. Это устанавливает высокий стандарт, которому другие подходы к защите окружающей среды не могут ничего противопоставить. Нанотехнология также делает экономически эффективным строительство космических солнечных электростанций, добычу руды и минералов на астероидах или других планетах и перенос тяжелой промышленности за пределы Земли.

ТЕМА XIV: ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАТИКИ: СУЩНОСТЬ, ОСНОВЫ, ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

Термин «информатика», который используется для обозначения совокупности научных направлений, связанных с появлением компьютеров и их стремительным входением в ноосферу, относительно новый. Он получил «права гражданства» в начале 80-х гг. XX в. До этого, согласно определению Большой советской энциклопедии, информатика рассматривалась как дисциплина, изучающая структуру и общие свойства научной информации, закономерности ее создания, преобразования, передачи и использования в различных сферах человеческой деятельности. Подобное определение связывало информатику, прежде всего, с библиотечковедением, библиографией, методами поиска информации в массивах документов.

То, что стало сегодня называться информатикой, совершенно иное. Ближе всего содержание этого понятия подходит к тому, что в большинстве стран называется «компьютерные науки». Они концентрируют свое внимание на различных аспектах, связанных с протеканием и использованием информационных процессов, с теми сотрудниками, которым представляется информация, и теми процедурами, которые применяются при ее переработке. В их область включается и разработка теорий машин – компьютеров – и методов их использования в системах переработки информации.

Поэтому, говоря об истории информатики, по сути, надо излагать историю кибернетики, в том числе и отечественной, частично прикладной математики, а также вычислительной техники.

Целью настоящей лекции является изложение истории зарождения механических, электромеханических и электронных устройств, нацеленных на выполнение массовых вычислений, зарождения, становления и развития кибернетики, а затем и информатики.

1. Сущность кибернетики – информатики, их основы.

2. Становление и развитие вычислительной техники как основы кибернетики – информатики.

Длительное время совокупность научных направлений, называемых теперь информатикой, именовались по-разному. Сначала объединяющим был термин «кибернетика», затем общим названием той же области исследований стала «прикладная математика». Ясно одно, что кибернетика – интегральное научное направление и как таковое в значительной степени базируется на знаниях и идеях, накопленных в рамках большого числа различных дисциплин, развивающихся независимо друг от друга. Необходимо выделить то, что можно называть кибернетики, рассмотреть состояние соответствующих знаний к моменту зарождения идей, которые допустимо именовать кибернетическими.

Известно, что термин «кибернетика» дал обозначение науке об управлении общественными системами, который использовали греческий философ Платон (428–348 г. до н.э.), французский физик А. М. Ампер (1775–1836),

польский ученый Ф. Бронислав Тренповский (1808–1869) – ученик Гегеля. Он происходит от греческого «кюбернетес», что первоначально значило «рулевой», «кормчий», но впоследствии стало обозначать и «правитель над людьми». Платон в своих сочинениях в одних случаях называет кибернетикой искусство управления кораблем или колесницей, а в других – искусство править людьми. Примечательно, что римлянами слово «кюбернетес» было преобразовано в «губернатор». А. М. Ампер в своей работе «Опыт о философии наук, или Аналитическое изложение естественной классификации всех человеческих знаний», (первая часть вышла в 1834 г.) назвал кибернетикой науку о текущем управлении государством (народом), которая помогает правительству решать конкретные проблемы с учетом разнообразных обстоятельств в свете общей задачи – принести стране мир и процветание. Термин «кибернетика» вскоре был забыт, и возрожден в 1948 г. Норбертом Винером в качестве названия науки об управлении техническими, биологическими и социальными системами. Общепринятой датой рождения кибернетики, как самостоятельной науки, считается 1948 год – год публикации книги Н. Винера (1894–1964) «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине». Одна из основных идей книги – наличие аналогии в процессах управления и связи машин, живых организмов и сообществ, поскольку в них происходит передача, запоминание и преобразование информации, т.е. сигналов различной природы и назначения. В своей «Кибернетике» Н. Винер сформулировал две фундаментальные идеи: о едином подходе к различным процессам управления и об информации как одной из важнейших характеристик материи.

Формирование кибернетики как науки было подготовлено предшествующим развитием знаний в различных областях, а также практическими достижениями в технике. Из рассматриваемых кибернетикой принципов и концепций наиболее длительную историю, по-видимому, имеют принцип обратной связи и концепция общности живого организма и машины. Первой убедительной технической реализацией принципа обратной связи можно назвать маятниковые часы, изобретенные Х. Гюйгенсом (1657) или более раннее устройство - водяная мельница, рассмотренная в книге А. Рамелли «Различные искусственные машины» (1588).

Теория общности процессов в живом организме и машинах основывается на идеях Р. Декарта, сформулированных в «Трактате о человеке» (1649), и механических концепциях Ж. Ламетри, изложенных в его работе «Человек-машина». Теория искусственного интеллекта, отправной точкой которой является общность живых организмов и машин, также восходит к весьма отдаленным во времени представлениям. Например, идеей о возможности технической реализации умственных процессов руководствовался Б. Паскаль создавая свою суммирующую машину (1641). Еще более ранней по времени является идея механического устройства для получения разумной и новой по содержанию информации. Подобное весьма простое устройство, обеспечивающее механическое сочетание различных слов («вертушка Луллия»), было сконструировано испанским философом и богословом Р. Луллием (1235–1315). Длительную историю имеет также развитие математических идей и методов, которые подготовили теоретическую базу кибернетики.

В целом предыстория кибернетики включает весьма обширный круг научных открытий, идей и технических достижений. Создание кибернетики стало одним из наиболее впечатляющих проявлений тенденций к интеграции наук. Среди дисциплин, достижения которых были использованы при формировании кибернетики, важное место занимает теория автоматического регулирования. Эта теория связана с именами Дж. Максвелла (1831–1879), И. А. Вышнеградского (1832–1895), А. М. Ляпунова (1875–1918), А. Стодоль (1859–1942) и других ученых. Не менее важную роль в формировании кибернетики сыграло развитие ряда разделов физиологии, в частности, теории условных рефлексов и исследования механизма обратных связей в биологических системах. Огромный вклад в эти направления был сделан, прежде всего, И. П. Павловым (1849–1936) исследованиями в области условных рефлексов, Н. А. Бертейном (1929) и П. К. Анохиным (1935) работами в области обратных связей.

Математические основы кибернетики были заложены предшествующим развитием теории вероятности, математической статистики и математической логики. Важную роль сыграли исследования в области физики таких ее разделов, как термодинамика статистической физики. К области техники, оказавшим непосредственное влияние на формирование кибернетики, следует отнести энергетику, технику связи, автоматику и вычислительную технику, которая после создания ЭВМ сыграла исключительную роль в последующем развитии кибернетической техники.

Параллельно с развитием самих научных дисциплин, влиявших на формирование кибернетики, имели место поиски общих черт, характеристик и закономерностей функционирования объектов, исследуемых физикой, химией, биологией и экономическими науками. Эти поиски исторически предшествовали созданию двух научных направлений: общей теории систем и кибернетики.

Другое направление формирования кибернетики связано с вычислительной техникой и математической логикой. В программе создания вычислительных машин, проводимой в США В. Бушем, принимал участие Корберт Винер, который в 1940 г. детально изучил возможности разработки вычислительной машины для решения дифференциальных уравнений в частных производных. Счетно-решающая техника привлекала его внимание с точки зрения общности в ее нервных сетях. Важным показателем такой общности явилось применение аппарата математической логики к анализу данных процессов, что в перспективе могло рассматриваться как первый шаг на пути моделирования не только нервной деятельности, но и мышления.

Следует заметить, что концепция общности процессов в вычислительных машинах на релейных схемах и в нервной системе, разделяемая Н. Винером и объединив вокруг него группой ученых, обсуждалась совместно с конструкторами цифровых вычислительных машин Г. Айкеном и Г. Голдстейном, а также с математиком Дж. фон Нейманом.

Вместе с тем необходимо иметь в виду, что личная роль Н. Винера в формировании кибернетики существенно отличается, например, от роли Эйнштейна в разработке специальной и общей теории относительности или Менделеева в построении периодической системы элементов. Кеплер, Ньютон, Дарвин, Менделеев, Павлов, Эйнштейн и некоторые другие великие ученые создали в известном смысле «завершенные» (для определенного уровня развития науки) фундаментальные теории.

Норберт Винер предложил ряд идей и концепций, частично опирающихся на точные результаты, частично – на предположения и аналогии. Вклад Винера в формирование кибернетики как точной науки (если рассматривать последнюю только как систему точных результатов), по-видимому, не превышает вклада ряда его современников (хотя подобные оценки в «целом» всегда спорны). Из зарубежных ученых это в первую очередь Дж. фон Нейман (1903–1957), оказавший глубокое влияние на создание теории автоматов, теории игр и теории цифровых вычислительных машин; А. Тьюринг (1912–1954), который внес выдающийся вклад в формирование теории алгоритмов и получил важные результаты в области математической логики, проектирования ЭВМ и программирования; К. Шеннон, с именем которого во многом связано создание теории информации и теории автоматов и другие.

Ряд крупнейших результатов получен советской школой кибернетики, сложившейся в конце 1950 – начале 60-х гг. В 1959 г. в СССР был создан научно-организационный центр, осуществляющий координацию важнейших научно-исследовательских работ по кибернетике, – научный совет по комплексной «кибернетике» АН СССР, председателем которого со дня основания являлся адмирал А. И. Берг (1893–1979). Имена выдающихся советских ученых – А. А. Андропова (1901–1952), В. М. Глушкова (1923–1982), Л. В. Канторовича, А. Н. Колмогорова (1903–1978), С. А. Лебедева (1902–1974), А. А. Ляпунова (1911–1973), Л. А. Маркова (1903–1979), Л. С. Понтрягина, М. Л. Цетлина (1924–1966) и других – прочно вошли в историю кибернетики, существенно повлияли на общий ход ее развития.

Например, выдающийся вклад в кибернетику, вычислительную технику и математику академика В. М. Глушкова, работающего в УССР, высоко оценен еще при жизни ученого. Он сумел объединить обширные знания в одно научное направление – информатику – и стал основоположником этой науки в республике. Благодаря усилиям В. М. Глушкова был создан Институт кибернетики НАН Украины, в котором в 1960–70-е гг. были развернуты фундаментальные и прикладные исследования, составившие в совокупности то, что сейчас называется информатикой. В 1996 г. международное компьютерное общество (IEEE Computer Society) за основание первого в СССР Института кибернетики НАН Украины, создание теории цифровых автоматов и работы в области макроконвейерных архитектур вычислительных машин присудило В. М. Глушкову медаль «Пионер компьютерной техники».

Большой вклад в развитие информатики внесли также ученые Украины Е. Л. Ющенко, В. Л. Рабинович, Ю. В. Капитонова, А. А. Летичевский и др.

В бывшем СССР, в том числе и в Украине, понятие «вычислительная техника» долгое время использовалось как для обозначения технических средств, так и для науки о принципах их построения и проектирования.

Можно считать, что «основы» кибернетики были заложены во второй половине XIX в. и существовали сравнительно самостоятельно до конца первой половины XX в. Они представляют собой как элементы чисто инженерного знания, так и некоторые локальные обобщения – результат развития теоретического знания в отдельных естественно-научных и научно-технических дисциплинах. К ним относятся:

- системы автоматического регулирования и управления, теория автоматического регулирования;
- элементы моделирования и локальные теории моделей для различных областей техники;
- счетно-решающие машины и математические инструменты;
- цифровые вычислительные машины;
- элементы программирования для ЦВМ;
- релейно-контактные схемы управления и защиты, элементы теории релейно-контактных схем;
- средства связи и некоторые вопросы теории связи;
- биомедицинские исследования - биомеханика, общая физиология, физиология высшей нервной деятельности;
- вопросы административного и производственного управления, элементы общей теории систем;
- элементы психологии труда и инженерной технологии;
- математическая логика как часть математики.

Следует отметить, что своеобразным знаком завершения начального этапа развития кибернетики стало издание в середине 1970-х гг. двухтомной энциклопедии и толкового словаря по кибернетике. Обе книги были подготовлены и выпущены в свет по инициативе В. М. Глушкова, который привлек к работе над этими изданиями многих специалистов не только из руководимого им института, но и из других ведущих в этой области организаций

страны. После 1982 г. «Словарь по кибернетике» был выпущен повторно. Через несколько лет, знаменуя новый этап в развитии информатики, вышли толковый словарь и трехтомный справочник по искусственному интеллекту, опубликован энциклопедический словарь по информатике, согласно которому разделы «Кибернетика» и «Искусственный интеллект» вошли, наряду с другими разделами, в состав информатики.

В 1986 г. вышел сборник с символическим названием «Кибернетика. Становление информатики». Он открывался статьями президента АН СССР А. П. Александрова и вице-президента Е. П. Велихова, в которых говорилось об определяющем значении информатики для развития человеческого общества в грядущем столетии. В этом же сборнике помещены статьи наиболее авторитетных ученых и организаторов науки в области информатики. Основная идея авторов статей состояла в том, что информатика уже оторвалась от своей прародительницы кибернетики и стала самостоятельной научной дисциплиной.

Характеризуя информатику 1980-х гг., один из ведущих специалистов в области теоретического и системного программирования А. П. Ершов (1931-1988) пишет: «...этот термин слова, уже в третий раз, вводится в русский язык в новом и куда более широком значении – как название фундаментальной естественной науки, изучающей процессы передачи и обработки информации» и несколько далее подчеркивает, что информатика определяется как «наука об информационных моделях, обретающих фундаментальное философское понятие «информация».

Термин «информатика» получает широкое распространение, а термин «кибернетика» исчезает из обращения, сохранившись лишь в названиях тех институтов, которые возникли в эпоху «кибернетического бума» конца 1950 - начала 60-х гг. В названиях новых организаций термин «кибернетика» уже не используется.

Информатика как отрасль науки изучает структуру и общие свойства научной информации, а также вопросы, связанные с ее сбором, хранением, поиском, переработкой, преобразованием, распространением и использованием в различных сферах человеческой деятельности, и состоит из множества разделов знаний. К ним можно отнести:

- теорию алгоритмов (формальные модели алгоритмов, проблемы вычислимости, сложность вычислений и т.п.);
- логические модели (дедуктивные системы, сложность вывода, нетрадиционные исчисления - индуктивный и абдуктивный вывод, вывод по аналогии, правдоподобный вывод, немонотонные рассуждения и т.п.);
- базы данных (структура данных, ответы на запросы, логический вывод в базах данных, активные данные и т.п.);
- искусственный интеллект (представления знаний, вывод на знаниях, обучение, экспертные системы и т.п.);
- бионика (математические модели в биологии, модели поведения, генетические системы и алгоритмы и т.п.);
- расположение образов и обработка зрительных сцен (статистические методы распознавания, использование призрачных пространств, теория распознающих алгоритмов, трехмерные сцены и т.п.);
- теория роботов (автономные роботы, представление знаний о мире, децентрализованное управление, планирование целесообразного поведения и т.п.);
- инженерия математического обеспечения (языки программирования, технологии создания программных систем, инструментальные системы и т.п.);
- теория компьютеров и вычислительных сетей (архитектурные решения, многосчетные системы, новые принципы переработки информации и т.п.);
- компьютерная лингвистика (модели языка, анализ и синтез текстов, машинный перевод и т.п.);
- числовые и символьные вычисления (компьютерно-ориентированные методы вычислений, модели переработки информации в различных прикладных областях, работа с естественно-языковыми текстами и т.п.);
- системы человеко-машинного взаимодействия (модели дискурса, распределение работ в смешанных системах, организация коллективных процедур, деятельность в телекоммуникационных системах и т.п.);
- нейроматематика и нейросистемы (теория формальных нейронных сетей, использование сетей для обучения, нейрокомпьютеры и т.п.);
- использование компьютеров в замкнутых системах (модели реального времени, интеллектуальное управление, системы мониторинга и т.п.).

Информатика есть естественное порождение науки XX века. Она глубоко пронизывает все сферы человеческой жизни. Информатика прошла за полвека огромный путь отделяющий нынешнее время от начала эпохи компьютеров, без которых люди уже не представляют своей жизни.

История формирования кибернетики, а затем и информатики тесно связана с вычислительной техникой, математической логикой. Эта история богата на имена, события, факты и прошла несколько этапов становления и развития.

В доисторическом прошлом люди считали на пальцах или делали насечки на костях. Примерно около 4 тыс. лет назад, на заре человеческой цивилизации, были изобретены уже довольно сложные системы исчисления, позволявшие осуществлять торговые сделки, рассчитывать астрономические циклы, проводить другие вычисления. Несколько тысячелетий спустя появились первые ручные вычислительные инструменты. А в наши дни сложнейшие вычислительные задачи, как и множество других операций, казалось бы, не связанных с числами, решаются при помощи «электронного мозга» - компьютера.

Закладка фундамента компьютерной революции происходила медленно и далеко не гладко. Отправной точкой этого процесса можно считать изобретение счетов, сделанное более 1500 лет назад, по-видимому, в странах Средиземноморья. Этим нехитрым устройством купцы пользовались для своих расчетов. Счеты оказались очень эффективным инструментом и вскоре распространились по всему миру, а в некоторых странах применяются и по сей день. Вплоть до XVII в., ознаменовавшегося невиданным подъемом творческой мысли, счеты как вычислительный инструмент оставались практически вне конкуренции. В течение почти пяти веков цифровая вычислительная техника сводилась к простейшим устройствам для выполнения арифметических операций над числами, основой для их изобретения было зубчатое колесо, рассчитанное на фиксацию десяти цифр десятичной системы исчисления. Первый в мире эскизный рисунок тринадцатирядного десятичного суммирующего устройства на основе колес с десятью зубцами принадлежит Леонардо да Винчи. Он был сделан в одном из его дневников (ученый начал вести дневник еще до открытия Америки в 1492 г.).

В 1623 г., через 100 с лишним лет после смерти Леонардо да Винчи, немецкий ученый Вильгельм Шиккард предложил свое решение той же задачи на основе шестирядного десятичного вычислителя, состоявшего также из зубчатых колес и рассчитанного на выполнение сложения, вычитания, а также табличного умножения и деления. Оба проекта были обнаружены лишь в наше время и оба остались только на бумаге.

Заметный след в истории оставило изобретение Джоном Непером логарифмов, о чем сообщалось в публикации 1614 г. Его таблицы, расчет которых требовал очень много времени, позже были «встроены» в удобное устройство, чрезвычайно ускоряющее процесс вычисления, – логарифмическую линейку. Она была создана в конце 20-х годов XVII в. В 1617 г. Непер придумал и другой способ перемножения чисел. Инструмент, получивший название «костяшки Непера», состоял из набора сегментированных стерженьков, которые можно было располагать таким образом, что, складывая числа в прилегающих друг к другу по горизонтали сегментах, получали результат их умножения.

Теории логарифмов Непера суждено было найти обширное применение. Однако его «костяшки» вскоре были вытеснены логарифмической линейкой и другими вычислительными устройствами, в основном, механического типа. Первым изобретателем их стал гениальный француз Блез Паскаль. Сын сборщика налогов, наблюдая бесконечные утомительные расчеты отца, задумал построить вычислительное устройство. Суммирующая машина Паскаля, «паскалина», представляла собой механическое устройство – ящик с многочисленными шестеренками. Приблизительно за десятилетие он построил до 50 различных вариантов машины. Хотя «паскалина» вызвала всеобщий восторг, она не принесла изобретателю богатства. Основным недостатком «паскалина» состоял в неудобстве выполнения на ней всех операций, за исключением простого сложения. Тем не менее изобретенный им принцип связанных колес явился основой, на которой строилось большинство вычислительных машин на протяжении следующих трех столетий. Первая машина, позволявшая легко производить вычитание, умножение и деление, была изобретена в том же XVII в. в Германии Готфридом Вильгельмом Лейбницом.

В 1672 г., находясь в Париже, Лейбниц познакомился с голландским математиком и астрономом Христианом Гюйгенсом. Видя, как много вычислений приходится делать астроному, он решил изобрести механическое устройство, которое облегчило бы расчеты. «Поскольку это недостойно таких замечательных людей, подобно рабам, терять время на вычислительную работу, которую можно было бы доверить кому угодно при использовании машины», – заметил Лейбниц.

В 1673 г. он изготовил механический калькулятор. «Арифметический прибор» Готфрида Вильгельма Лейбница – двенадцатирядное десятичное устройство для выполнения арифметических операций, включая умножение и деление, для чего, в дополнение к зубчатым колесам использовался ступенчатый валик. «Моя машина дает возможность совершать умножение и деление над огромными числами мгновенно» - с гордостью писал Лейбниц своему другу. Но прославился он прежде всего не этой машиной, а созданием дифференциального и интегрального исчисления. Он заложил также основы двоичной системы счисления, которая позднее нашла применение в автоматических вычислительных устройствах.

Прошло еще более ста лет и лишь в конце XVIII в. во Франции были осуществлены следующие шаги, имеющие принципиальное значение для дальнейшего развития цифровой вычислительной техники – «программное» управление ткацким станком с помощью перфокарт, созданным Жозефом Жакаром, и технология вычислений при ручном счете, предложенная Гаспаром де Прони, который разделил численные вычисления на три этапа: разработка численного метода, составление программы последовательности арифметических действий, приведение собственно вычислений путем арифметических операций над числами в соответствии с составленной программой.

Эти два новшества были использованы англичанином Чарльзом Беббиджем, осуществившим качественно новый шаг в развитии средств цифровой вычислительной техники – переход от ручного к автоматическому выполнению согласно составленной программе. Им был разработан проект аналитической машины – механической универсальной цифровой вычислительной машины с программным управлением (1830-1846 гг.). Машина

включала пять устройств – арифметическое (АУ), запоминающее (ЗУ), управления, ввода (как и первые ЭВМ появившиеся 100 лет спустя). АУ строилось на основе зубчатых колес, на них же предлагалось реализовать ЗУ (на 1000 50-разрядных чисел!). Для ввода данных и программы использовались перфокарты. Предполагаемая скорость вычислений: сложение и вычитание за 1 с., умножение и деление – за 1 мин. Помимо арифметических операций имелась команда условного перехода. Программы для решения задач на машине Беббиджа, а также описание принципов ее работы были составлены Адой Августой Лавлейс – дочерью Байрона.

Были изготовлены отдельные узлы машины. Всю машину из-за ее громоздкости построить не удалось. Только зубчатых колес для нее понадобилось бы более 50 тыс. Заставить такую машину работать можно было только с помощью паровой машины, что и намечал Беббидж. Гениальную идею Беббиджа осуществил Говард Айкен, американский ученый, создавший в 1944 г. первую в США релейно-механическую ВМ – Марк – I. Ее основные блоки – арифметики и памяти были использованы на зубчатых колесах! Если Беббидж намного определил свое время, то Айкен, использовал все те же зубчатые колеса, т.е. в техническом плане при реализации идеи Беббиджа использовал устаревшие решения. Еще десятью годами ранее, в 1934 г. немецкий студент Конрад Цузе, работавший над дипломным проектом, решил сделать (у себя дома) цифровую вычислительную машину с программным управлением и с использованием – впервые в мире! – двоичной системы счисления. В 1937 г. машина Z1 (Цузе 1) заработала! Она была двоичной, 22-х разрядной, с плавающей запятой, с памятью на 64 числа и все это на чисто механической (рычажной) основе! В том же 1937 г., когда заработала первая в мире двоичная машина Z1, Джон Атанасов (болгарин по происхождению, живший в США) начал разработку специализированной ВМ, впервые в мире применив электронные лампы (300 ламп).

Пионерами электроники оказались и англичане – в 1942-43 гг. в Англии была создана (с участием Алана Тьюринга) ВМ «Колос». В ней было 2 тыс. электронных ламп! Машина предназначалась для расшифровки радиogramм германского вермахта.

Работы Цузе и Тьюринга были секретными. О них в то время знали немногие. Они не вызывали какого-либо резонанса в мире. И только в 1946 г., когда появилась информация об ЭВМ «ЭНИАК» (электронный цифровой интегратор и компьютер), созданной в США Д. Мочли и П. Эккертом, перспективность электронной техники стала очевидной. (В машине использовалось 18 тыс. электронных ламп и она выполняла около трех тысяч операций в секунду). Однако машина осталась десятичной, а ее память составляла лишь 20 слов. Программы хранились вне оперативной памяти.

Завершающую точку в создании первых ЭВМ поставили почти одновременно, в 1949-1952 гг. ученые Англии, Советского Союза и США (Морис Уилкс, ЭДСАК, 1949 г. Сергей Лебедев, МЭСМ, 1951 г., Джон Мочли и Преспер Эккерт, Джон фон Нейман ЭДВАК, 1952 г.), создавшие ЭВМ с хранимой в памяти программой.

В истории вычислительной техники есть немало интересных фактов и событий. К ним относится забытая «Мыслительная машина» профессора А. Н. Щукарева. В апреле 1914 г., за четыре месяца до начала Первой мировой войны профессор Харьковского технологического института Александр Николаевич Щукарев по просьбе Политехнического музея приехал в Москву и прочитал лекцию «Познание и мышление». Лекция сопровождалась демонстрацией созданной А. Н. Щукаревым «машины логического мышления», способной механически осуществлять простые логические выводы на основе исходных смысловых посылок. Лекция имела большой резонанс. Присутствовавший на ней профессор А. Н. Соков откликнулся статьей с провидческим названием «Мыслительная машина» (журнал «Вокруг света», № 18, 1914 г.), в которой написал: «Если мы имеем арифмометры, складывающие, вычитающие, умножающие миллионные числа поворотом рычага, то, очевидно, время требует иметь логическую машину, способную делать логические выводы и умозаключения одним нажатием соответствующих клавиш. Это сохранит массу времени, оставив человеку область творчества, гипотез, фантазии, вдохновения – душу жизни».

«Машина логического мышления» А. Н. Щукарева представляла собой ящик высотой 40, длиной – 25 и шириной 25 см. В машине имелись 16 штанг, приводимых в движение нажатием кнопок, расположенных на панели ввода исходных данных (смысловых посылок). Кнопки воздействовали на штанги, те на световое табло, где высвечивался (словами) конечный результат (логические выводы из заданных смысловых посылок).

А. Н. Щукарев родился в 1864 г. в Москве в семье государственного чиновника. Окончил Московский университет. В 1909 г. защитил докторскую диссертацию. В 1911 г. был приглашен в Харьковский технологический институт на должность профессора химии. Последующие 25 лет его педагогической и творческой деятельности были связаны с этим институтом (впоследствии Харьковский политехнический). Кроме химии Щукарева интересовали вопросы логики мышления. Приезд в Харьков сыграл большую роль в его жизни. Дело в том, что в Харьковском университете много лет работал хорошо известный в то время в России профессор Павел Дмитриевич Хрущев (1849-1909). По специальности он также был химиком и также, как Щукарев, был увлечен проблемой мышления и методологией науки. Еще в 1897 г. он прочитал для профессорско-преподавательского состава Харьковского университета курс лекций по теории мышления и элементам логики. Вероятно в это время у него возникла мысль повторить (воспроизвести) «логическое пианино» - машину, изобретенную в 1870 г. английским ученым математиком Вильямом Стенли Джевоном (1835-1882), профессором Манчестерского университета, книга которого «Основы науки» была переведена на русский язык в 1881 г. и, очевидно, была известна П. Д. Хрущеву. К тому же по материалам книги профессором математики Одесского университета И. В. Слешинским в 1893 г. была опубликована статья «Логическая машина Джевона» («Вестник опытной физики и элементарной математики», семестр XY, № 7). Джевоном не придавал своему изобретению практического значения. «Логическое пианино» трактовалось и использовалось только как учебное пособие при преподавании курса логики. Судя по всему,

профессор П. Д. Хрущев, воссоздавший машину Джевонса, (в начале 1900-х гг. или несколько ранее), намеревался использовать ее подобно Джевонсу как учебное пособие во время своих лекций по логике и мышлению.

После смерти П. Д. Хрущева в 1909 г. его вдова передала машину Харьковскому университету, где он долгое время работал. Каким образом А. Н. Щукарев отыскал машину, сконструированную П. Д. Хрущевым – неизвестно. Сам А. Н. Щукарев в статье «Механизация мышления» (1925 г.) пишет, что она досталась ему «по наследству». А. Н. Щукарев вел большую просветительскую работу, выступал с лекциями на тему познания и мышления во многих городах Украины, а также в Москве и Ленинграде. Первое время он демонстрировал машину, построенную Хрущевым, а затем – сконструированную им самим. В указанной выше статье он сообщает: «Я сделал попытку построить несколько видоизмененный экземпляр, вводя в конструкцию Джевонса некоторые усовершенствования. Усовершенствования эти, впрочем, не носили принципиального характера. Я просто придал инструменту несколько меньшие размеры, сделал его весь из металла и устранил кое-какие конструктивные дефекты, которых в приборе Джевонса, надо сознаться, было довольно порядочно. Некоторым дальнейшим шагом вперед было присоединение к инструменту особого светового экрана, на который передается работа машины и на котором результаты «мышления» появляются не в условно-буквенной форме, как на самой машине Джевонса, а в обыкновенной словесной форме».

К сожалению, машины Хрущева и Щукарева не сохранились. Однако, в статье «Механизация мышления» (логическая машина Джевонса), опубликованной профессором А. Н. Щукаревым в 1925 г. («Вестник знания», № 12), дается фотография машины сконструированной Щукаревым и ее достаточно подробное описание, а также, что очень важно – рекомендации по ее практическому применению.

Главное, что сделал Щукарев, заключалось в том, что он, в отличие от Джевонса и Хрущева, видел в машине не просто школьное пособие, а представлял ее своим слушателям как техническое средство механизации формализуемых сторон мышления. Статью «Механизация мышления» он начинает с изложения истории создания технических средств для счета. Упоминает абак, суммирующую машину Паскаля, арифметический прибор Лейбница, логарифмическую линейку и аналоговые дифференцируемые машины для решения уравнений. Механизация формализуемых логических процессов рассматривается им как следующий шаг в развитии подобных устройств, оказывающих существенную помощь человеку в умственной работе. В качестве примера в статье приводится решение задачи прогнозирования электрических свойств водных растворов окислов химических элементов. С помощью машины были найдены восемь вариантов растворов электролитов и неэлектролитов. «Все эти выводы совершенно правильны, - пишет ученый, - однако мысль человеческая сильно путалась в этих выводах».

Как и в наше время, когда в бывшем Советском Союзе кибернетику посчитали вначале лженаукой, так и в 20-е годы воззрения А. Н. Щукарева, помимо доброжелательного отношения, оценивались рядом ученых резко отрицательно. Профессор И. Е. Орлов в 1926 г. на страницах журнала «Под знаменем марксизма» написал: «... Претензии профессора Щукарева, представляющего школьное пособие Джевонса в качестве «мыслящего» аппарата, а также наивное изумление его слушателей, - все это не лишено некоторого комизма. ...Нас хотят убедить в формальном характере мышления, в возможности его механизации» (Орлов И. О механизации умственного труда // Под знаменем марксизма. - № 12. - 1926 г.). К чести журнала – его редакция не согласилась со взглядами автора статьи.

Последнюю лекцию А. Н. Щукарев прочитал в Харькове в конце 1920-х гг. Свою машину он передал Харьковскому университету на кафедру математики. В дальнейшем след ее потерялся. В истории развития информационных технологий в Украине и в бывшем Советском Союзе имя А. Н. Щукарева связано с важным шагом в области обработки информации – пониманием и активной пропагандой важности и возможности механизации (в дальнейшем автоматизации) формализуемых сторон логического мышления.

Немногим более 50 лет прошло с тех пор, как появилась первая электронная вычислительная машина. За этот короткий для развития общества период сменилось несколько поколений вычислительных машин. Что же является определяющим признаком при отнесении ЭВМ к тому или иному поколению? Это, прежде всего, их элементная база (из каких основных элементов они построены). Элементной базой машин первого поколения были электронные лампы – диоды и триоды, ЭВМ второго поколения – полупроводниковые элементы, ЭВМ третьего поколения - интегральные схемы (ИС), ЭВМ четвертого поколения – большие интегральные схемы (БИС).

Конечно же, деление ЭВМ на поколения в определенной мере условно. Кроме элементной базы должны учитываться такие важные характеристики, как быстродействие, емкость памяти, способы управления и переработки информации. Существует немало моделей, которые по одним признакам относятся к одному, а по другим – к другому поколению. И все, же несмотря на эту условность, каждое поколение ЭВМ можно считать качественным скачком в развитии электронно-вычислительной техники.

Следует заметить, что первая ЭВМ (ЭНИАК) с программным управлением разрабатывалась в США в условиях Второй мировой войны и была построена к 1946 г. При сравнении ее с современной вычислительной техникой эту машину образно называют «динозавром в мире млекопитающих». Действительно, она представляла собой огромный по объему агрегат длиной более 30 м., содержала до 18 тыс. электронных ламп и потребляла около 150 кВт электроэнергии. Однако для своего времени она знаменовала большое достижение, так как применение электронных реле (триггеров) вместо электромеханических реле позволило почти на три порядка ускорить выполнение арифметических операций. В самом деле, если машина «МАРК II» могла выполнять в секунду около

пяти сложений или одно умножение, то «ЭНИАК» способна была произвести до 5 тыс. сложений или 500 умножений в секунду.

Истекшие более 40 лет истории электронной вычислительной техники характеризовались стремительным улучшением характеристик ЭВМ и, прежде всего, увеличением быстродействия и емкости памяти.

Быстродействие, или, другими словами, скорость работы ЭВМ (V), измеряют количеством простейших операций (типа сложения или вычитания) в секунду, а емкость памяти (M) – количеством байтов. Напомним, что 1 байт = 8 бит.

Быстродействие ЭВМ определяет ее производительность, а емкость памяти – сложность задач, которые ЭВМ может решать (длину программы и количество исходных данных, необходимых для решения задачи). Но в конечном счете емкость памяти определяет также и производительность ЭВМ, так как при малой емкости быстродействующая машина быстро использует все размещенные в памяти данные в программу и будет простаивать и ждать, когда же извне будут введены новые данные и программа.

Рассмотрим теперь, как изменялись основные характеристики ЭВМ (быстродействие и емкость памяти) с момента их создания до настоящего времени. Первые ЭВМ имели быстродействие от сотен до тысяч операций в секунду и емкость памяти от сотен до тысяч байт. Заметим, что, говоря о памяти, мы здесь будем иметь в виду оперативную или внутреннюю память ЭВМ. Так называют ту часть памяти, в которой хранятся выполняемая программа и данные (или часть их), непосредственно используемые при выполнении этой программы. Очевидно, что оперативная память должна функционировать в темпе работы арифметического устройства ЭВМ. Кроме оперативной, различают внешнюю память на магнитных лентах и дисках. Внешняя память (особенно на магнитных лентах) может иметь практически неограниченную емкость.

Уже в 1960 г. существовали системы ЭВМ, выполнявшие миллионы операций в секунду, а емкость их памяти достигла сотен тысяч байт. Следует отметить что здесь речь идет о характеристиках лучших в мире, уникальных ЭВМ. Естественно, что ЭВМ серийного выпуска имели характеристики на один-два порядка ниже.

В 1970 г. уже были созданы системы ЭВМ с быстродействием около сотен миллионов операций в секунду и емкостью памяти до десятков миллионов байт. Нужно сказать, что отдельно взятая ЭВМ в лучшем случае работает со скоростью до десятков миллионов операций в секунду, а большее быстродействие достигается созданием комплексов ЭВМ (машинных комплексов), состоящих из десятков и сотен компьютеров, которые одновременно могут решать отдельные части (фрагменты) одной и той же задачи.

Сейчас быстродействие наиболее совершенных многомашинных комплексов равняется миллиардам операций в секунду, а емкость памяти – сотням миллионов байт. Наконец, быстродействие комплексов может составлять несколько десятков миллиардов байт. Одновременно с увеличением быстродействия и емкости памяти стремительно уменьшаются габариты и стоимость ЭВМ, что достигается применением новых элементов и, главное, усовершенствованием технологии изготовления ЭВМ.

Весь путь развития электронных вычислительных машин можно разделить на несколько периодов, которым соответствуют отдельные поколения ЭВМ, характеризующиеся, как уже отмечалось, прежде всего, определенной элементной базой.

Первое поколение ЭВМ (1945 г. – конец 50-х гг.) представляли машины на вакуумных электронных лампах, вначале больших, затем миниатюрных. Их оперативная память работала на специальных запоминающих электронно-лучевых трубках, подобных кинескопам телевизоров, а с середины 1950-х гг. – на ферритовых сердечниках (колечках).

Примером машины первого поколения служит «БЭСМ» (быстродействующая электронная счетная машина), созданная в СССР под руководством академика С. А. Лебедева. Она была введена в эксплуатацию в 1952 г. и в течение нескольких последующих лет являлась одной из наиболее совершенных в Европе. Ее быстродействие достигало 10 тыс. простых операций в секунду. Под простыми операциями понимают операции типа сложения и вычитания. В дальнейшем во всех случаях, когда будет указываться быстродействие в операциях в секунду, будут подразумеваться простые операции. К машинам первого поколения относятся также несколько модификаций ЭВМ «Урал», «Минск» и др.

В конце 50-х гг. XX в. большое распространение получили машины второго поколения. В них на смену электронным лампам пришли диоды и транзисторы – значительно более экономичные и малогабаритные элементы, а основными элементами запоминающих устройств по-прежнему являлись ферритовые сердечники. Среди ЭВМ второго поколения в СССР наиболее широкое применение получили различные модификации машин «Урал» и «Минск».

Крупным шагом вперед в развитии отечественной и мировой вычислительной техники стало создание машины БЭСМ-6 под руководством С.А.Лебедева (1966 г.). Эта ЭВМ была в свое время одной из наиболее совершенных в мире. Быстродействие ее достигало миллиона операций в секунду. Модифицированные машины «БЭСМ-6» продолжают успешно работать до настоящего времени.

Во второй половине 1960-70-х гг. широко развернулось проектирование и производство ЭВМ третьего поколения. Это машины, построенные на интегральных схемах (ИС). Интегральная схема представляет собой

микроминиатюрное полупроводниковое электронное устройство, элементы которого (транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы и др.) конструктивно объединены (интегрированы), соединены между собой электрически и размещены на одной общей подложке (обычно на кристалле особо чистого кремния или германия).

ЭВМ третьего поколения строились на интегральных схемах малой или средней степени интеграции, которые содержали от десятков до сотен электронных элементов. Такая ИС являлась обычно самостоятельным схемным узлом – усилителем, триггером, многоходовой логической схемой. Эта ИС может заменить собой один или несколько схемных каскадов, которые ранее монтировались из отдельных (дискретных) компонентов.

Типичными представителями ЭВМ третьего поколения являются машины серии «IBM-360», выпускавшиеся со второй половины 1960-х гг. XX в. фирмой «IBM» (США). К этим машинам близки по своим характеристикам, технологии и структуре машины Единой системы – ЕС ЭВМ. Их разработка – результат совместных усилий стран – Болгарии, Венгрии, Польши, СССР, Чехии и Словакии, между которыми в 1969 г. было подписано соответствующее многостороннее соглашение. Важной особенностью ЕС ЭВМ, предназначенных для решения широкого класса научно-технических, экономических, управленческих и других задач, была их программная совместимость. Это означает, что программа, составленная для решения некоторой задачи, может быть реализована на любой из машин серии, даже если эти машины существенно отличаются по быстродействию, емкости памяти, аппаратному составу. Производительность машин первой очереди ЕС ЭВМ (Ряд-1) составляла от 20 до 500 тыс. операций в секунду. Их последующие модели (Ряд-2 и Ряд-3) имели быстродействие от 30 тыс. до 4 млн операций в секунду. Продолжается разработка все более совершенных ЕС ЭВМ. В частности, изготовлена машина ЕС-1066 с максимальной производительностью 12,5 млн операций в секунду и оперативной памятью – 8-16 Мбайт.

В начале 70-х гг. XX в. появились первые машины четвертого поколения. Нужно сказать, что четко отделить четвертое поколение от третьего трудно, и это деление в значительной степени условно. Машины четвертого поколения характеризуются широким использованием больших интегральных схем (БИС), которые могут содержать тысячи и десятки тысяч элементов на одном кристалле. Ферритовая память в этих ЭВМ уступила место полупроводниковой.

В машинах четвертого поколения увеличен набор команд, широко применяются встроенные подпрограммы, автоматизирована отладка программ, повышена надежность, расширено использование специализированных процессов, получили распространение многопроцессорные и многомашинные вычислительные комплексы. К вычислительным системам четвертого поколения относят, например, высокопроизводительную американскую вычислительную машину ИЛЛИАК-IV, эксплуатируемую с середины 1970-х гг., быстродействие которой достигает 100-200 млн. операций в секунду.

Отечественные ЭВМ четвертого поколения - это вычислительные комплексы «Эльбрус-1» (10 млн операций в 1 с.) и «Эльбрус-2» (100 млн операций в 1 с.). К настоящему времени у нас созданы и освоены в серийном производстве универсальные ЭВМ с быстродействием 125 млн.операций в 1 с.

Наряду с ЕС ЭВМ, в течении последних десятилетий XX вв. странами СЭВ была разработана и выпускалась система мини-ЭВМ (СМ ЭВМ) средней мощности для решения производственных и экономических задач малой и средней сложности, а также для отбора, подготовки и предварительной обработки информации. Например, вычислительный комплекс типа СММ-1210.01 имел производительность около 1 млн операций в 1 с. и емкость памяти 4 Мбайт.

В настоящее время выпускаются и продаются дешевые карманные бытовые, инженерные и программируемые микрокалькуляторы для решения самых разнообразных не слишком сложных задач. Нужно отметить, что сегодняшний миниатюрный программируемый микрокалькулятор по ряду параметров намного превосходит, скажем, ЭВМ «Урал» или «Минск» середины XX в., которые занимали целую комнату и стоили несколько десятков тысяч рублей. Двумя из самых распространенных отечественных микрокалькуляторов до сих пор остаются «Электроника БЗ-36» и программируемый калькулятор «Электроника БЗ-34».

Наконец, широко разворачивается, особенно в последнее десятилетие, выпуск персональных компьютеров (ПК), предназначенных для автоматизации рабочего места инженера, конструктора и др.

Факты свидетельствуют, что материальной базой реализации управления с использованием методов кибернетики является электронная вычислительная техника. При этом «кибернетическая эра» вычислительной техники характеризуется появлением машин с «внутренним программированием» и «памятью», т.е. таких машин, которые в отличие от логарифмической линейки, арифмометров и простых клавишных машин могут работать автономно, без участия человека, после того как человек разработал и ввел в их память программу решения сколь угодно сложной задачи. Это позволяет машине реализовать скорости вычислений, определяемые их организацией, элементами и схемами, неожидая подсазки «что дальше делать» со стороны человека-оператора, не способного выполнять отдельные функции чаще одного-двух раз в секунду. Именно это и позволило достичь в настоящее время быстродействия ЭВМ в сотни тысяч, миллионы, а в уникальных образцах – сотни миллионов арифметических операций в секунду.

Современный компьютер – это универсальное, многофункциональное, электронное автоматическое устройство для работы с информацией. Компьютеры в современном обществе взяли на себя значительную часть работ, связанных с информацией. По историческим меркам компьютерные технологии обработки информации еще очень

молоды и находятся в самом начале своего развития. Пока еще ни одно государство на Земле не создало информационного общества. Еще существует множество потоков информации, не вовлеченных в сферу действия компьютеров. Компьютерные технологии сегодня преобразуют или вытесняют старые, докомпьютерные технологии обработки информации. Текущий этап завершится построением в индустриально развитых странах глобальных всемирных сетей для хранения и обмена информацией, доступных каждой организации и каждому члену общества. Надо только помнить, что компьютерам следует поручать то, что они могут делать лучше человека, и не употреблять во вред человеку, обществу.

ВЫВОДЫ

Появление и развитие кибернетики как науки об управлении было подготовлено многочисленными работами ученых в области математики, механики, автоматического управления, вычислительной техники, физиологии высшей нервной деятельности.

Кибернетика явилась первым комплексным научным направлением, общность которого столь велика, что приближает его к философскому видению мира. Неудивительно, что вслед за ней появились теории системного подхода, глобального моделирования, синергетики и некоторые другие столь же широкие интеллектуальные и технологические концепции.

Основная цель кибернетики как науки об управлении — добиваться построения на основе изучения структур и механизмов управления таких систем, такой организации их работы, такого взаимодействия элементов внутри этих систем и такого взаимодействия с внешней средой, чтобы результаты функционирования этих систем были наилучшими, т.е. приводили бы наиболее быстро к заданной цели функционирования при минимальных затратах тех или иных ресурсов (сырья, энергии, человеческого труда, машинного времени, горючего и т.д.). Все это можно определить кратко термином «оптимизация». Таким образом, основной целью кибернетики является оптимизация систем управления.

Кибернетика, а потом синтетическая информатика-кибернетика прошла путь становления и развития, глубоко отличный от путей «обычных», «классических» наук. Ее идеи, формальный аппарат и технические решения вызревали и формировались в рамках разных научных дисциплин, в каждой по-особому; на определенных этапах развития научного знания между ними «перекидывались мосты», приводившие к концептуально-методологическим синтезам. Идеи управления и информации — как и весь связанный с ними арсенал понятий и методов — были подняты до уровня общенаучных представлений.

Огромную роль в становлении и дальнейшем развитии кибернетики-информатики сыграла вычислительная техника. Вычислительная техника как основа кибернетики имеет продолжительную историю поисков, становления и совершенствования — от механических, цифровых устройств к электромеханическим, а далее к электронным машинам высочайшей производительности. За достаточно короткое время, пройден путь от цифровых машин до гигантской супер ЭВМ и до персонального компьютера и микрокалькулятора, которые могут решать различные задачи научного, экономического, производственного, бытового характера.

До середины XX в. почти все создаваемые человеком механизмы предназначались для выполнения хотя и разнообразных, но в основном исполнительных функций. Их конструкция предусматривала всегда более или менее сложное управление, осуществляемое человеком, который должен оценивать внешнюю обстановку, внешние условия, наблюдать за ходом того или иного процесса и соответственно управлять машинами, движением транспорта и т.д. Умственная деятельность, психика, сфера логических функций человеческого мозга казались до недавнего времени совершенно недоступными для автоматизации.

Современный уровень развития радиоэлектроники позволил ставить и решать задачи создания устройств, которые освободили бы человека от необходимости следить за производственным процессом и управлять им. Появился новый класс машин — ЭВМ, которые могут выполнять самые разнообразные и очень сложные задачи управления производственными процессами, движением транспорта, т.е., образно говоря, «нажимать кнопки» вместо человека. Создание таких ЭВМ позволило перейти от автоматизации отдельных станков и агрегатов к комплексной автоматизации конвейеров, цехов, целых заводов.

Интегративно-синтетическая и генерализующе-обобщающая функция кибернетики-информатики будет возрастать по мере того, как будут множиться успехи в учете человеческого фактора, выступающего и как важнейшая компонента сложных систем, и как объект исследования.

Главным в этом вкладе, по-видимому, станет выработка новых методов формализации человеческих знаний и информационно-кибернетическая их реализация — приобретение, накопление, распространение, поиск, использование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Артоболовский И. Н.* Очерки истории механики в России. – М., 1978.
- Бардин И. П.* Жизнь инженера. – М., 1938.
- Бляхман Л. С., Маркин А. А.* Пути развития коллективной организации. – Л., 1984.
- Боголюбов А. Н.* Механика в истории человечества. – М., 1978.
- Гумилевский Л. И.* Русские инженеры. – М., 1947.
- Гумилевский Л. И.* Мастера техники. – М., Л., 1949.
- Головачев А. С., Скаржинский М. И.* Эффективность инженерного труда. – М., 1988.
- Корнилов И. К.* Инновационная деятельность и инженерное искусство. – М., 1996.
- Карпенков С. Х.* Основные концепции естествознания. – М., 2002.
- Крыштановская О. В.* Инженеры. Становление и развитие профессиональной группы. – М.: Наука, 1989.
- Лебедев О. Т.* Инженерные кадры. Подготовка и повышение квалификации. – Л., 1982.
- Любомиров П. Г.* Очерки по истории русской промышленности (XVII, XVIII и начало XIX века). – М., 1947.
- Зворыкин А. А. и др.* История техники. – М., 1962.
- Залкина З.* История русской фабрики. – М., 1923.
- Струмилин С.Г.* Очерки экономической истории России и СССР. – М., 1996.
- Мартынюк И. О.* Инженер в зеркале времени. – К., 1989.
- Мангутов И. С.* Инженер: социально-экономический очерк. – М., 1980.
- Шаповалов Е. А.* Общество и инженер. – Л., 1984.
- Яншин А. Л., Мелуа А. И.* Уроки экологических просчетов. – М.: Мысль, 1961.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

Тема I. Зарождение инженерной деятельности, ее сущность и функции

Тема II. Появление знаний в области механики и их роль как теоретической и методологической основы инженерной деятельности

Тема III. Развитие механики как науки – условие успешной инженерной деятельности

Тема IV. Развитие инженерной деятельности, профессии инженера и специального образования

Тема V. Особенности становления и развития инженерной деятельности и профессии инженера в России

Тема VI. Вклад отечественных ученых в развитие инженерных наук

Тема VII. Развитие инженерного дела и профессии инженера в России в XIX веке

Тема VIII. Развитие химических знаний и технологий ремесленной и технической химии на Руси (X – XVII вв.)

Тема IX. Формирование научно-технической интеллигенции в бывшем СССР, особенности этого процесса

Тема X. Сущность и содержание современной научно-технической революции и ее влияние на развитие инженерного дела

Тема XI. Электрохимия и инженерная деятельность

Тема XII. Биотехнологии, их сущность, прошлое перспективы развития и применения

Тема XIII. Инженерная деятельность и нанотехнологии: сущность, перспективы развития, значение

Тема XIV. Инженерная деятельность в области информатики: сущность, основы, прошлое и настоящее

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

НИКОЛАЕНКО Виталий Иванович

МОРОЗОВ Валентин Валентинович

Ответственный за выпуск М.Г.Качахидзе

Работу рекомендовал А.Н.Поступной

Редактор Ефремова М.П.

План 2007 р., п.

Підп. до друку 2007 р. Формат 60x84 1/16. Папір Сору Рарер.

RISO-друк. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. Облік. вид. арк.

Наклад 300 прим. Зам. № Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.

61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ «ХПІ»

ПРИМЕЧАНИЯ

[1] Маркс К. Капитал, Т.1. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. –Т.23. – С.190-191.

[2] Маркс К. Капитал, Т.1. // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. – Т.21. – С.29.

[3] Маркс К. Капитал. Т.1 // Маркс К.; Энгельс Ф. Соч. 2-е изд.

[4] Там же. Т.23.С.169. Т.3.С.24.

[5] Шаповалов Е.А. Общество и инженер: Философско-социологические проблемы инженерной деятельности. – Л.,1984. – С.76.

[6] Маркс К., Энгельс Ф. // Соч. 2-е изд. Т.47. – С.418.

[7] Рузавин Г.И. // Философские вопросы технического знания. – М.1984.

[8] Богаевский Б.Л. Техника коммунистического общества. – М.–Л., 1936. – С.110.

[9] Стуль Я.К., Суханов К.И. // Философские вопросы технического знания. – М., 1984. – С.17.

[10] Козлов Б.И. // Вопросы истории естествознания и техники, 1984. – № 3. – С. 19–20.

[11] Маркс К., Энгельс Ф. // Соч. 2-е изд. – Т.47. – С.461.

[12] Волков Г.Н. Истоки и горизонты прогресса. – М., 1976. – С.158-159.

[13] Маркс К., Капитал. Т.1 // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т.23. С.397.

[14] Вопросы философии. 1985. – № 9. – С.13– 14.

[15] Цит. по кн.: А.Н.Боголюбов. Механика в истории человечества. – М.: Наука, 1978. – С. 43 – 44.

[16] Цит. по кн.: Богомолов А.Н. Механика в истории человечества – М.: Наука. – 1978. – С.61.

[17] Последователи Р. Декарта в философии и естествознании. Основа картезианства – последовательный дуализм, т.е. разделенного мира на две самостоятельные и независимые субстанции – протяженную и мыслящую.

[18] Гомогенная масса – однородная.

[19] Маркс К., Энегельс Ф. Соч., 2-е изд. Т.23. Стр. 343-344.

[20] Civil Engineer – гражданский инженер.

- [21] Слово "интеллигенция" вошло в обиход с подачи русского писателя П.Д.Боборыкина в 60-х годах XIX века.
- [22] Техницизм – см.: Характер инженерного труда, основанный на расчетах, анализе, алгоритмизации, обуславливая формирование особого мировоззрения. Суть ее в том, что инженеры оказываются как бы вне морали и вне политики, что формировало этику ограниченной ответственности за все то, что было связано с человеческим фактором.
- [23] Разин Е.А. История военного искусства. – М., 1957. т. 2. – С 367.
- [24] Табели «Генина» – документ, составленный выдающимся инженером и знатоком горнозаводских дел Вилимом Гениным о состоянии заводов. 2
- [25] Любомиров П.Г. Очерки по истории русской промышленности (XVII, XVIII и начало XIX в. – М., 1997. – С. 206–208.
- [26] Дружинин Н.М. Избранные труды (Социально-экономическая история России). – М., 1987. – С. 356.
- [27] Струмилин С.Г. Очерки экономической истории России и СССР. - М., 1966. - С. 72.
- [28] Худяков П.К. Краткий очерк развития машиностроения в России // Производительные силы России. СПб. 1996. - С.6.
- [29] Горький М. Машинный отдел // Русские очерки. М., 1956, т. 3. – С.739.
- [30] Сборник материалов по техническому и профессиональному образованию СПб. 1896. Вып.2.С.44.
- [31] Лоранский А. Исторический очерк Горного института. СПб, 1973. – С.65.
- [32] Свод законов Российской империи. СПб. 1857. – Т.3. – С.49.
- [33] Там же. – С.58, 65.
- [34] См.: Крыжановская О.В. Инженеры. Становление и развитие профессиональной группы – М.: Наука. 1989. С.79.
- [35] Крыжановская О.В. Инженеры. Становление и развитие профессиональной группы. – М.: Наука. 1989. – С.80.
- [36] При восстановлении в горнах с древесным углем болотной руды получался кусок рыхлого железа – «крица», который затем проковывался и сваривался с другими такими же крицами.
- [37] Журнал «Инженерный работник» прекратил свое существование в 1932 г., «Инженерный труд» -1935 г., «Изобретатель» - в 1938 г., «За промышленные кадры» - в 1937 г., «Научно-технический вестник» в 1936 г., «Борьба за технику» - в 1937 г.
- [38] См.: Крыштановская О.В. Инженеры. Становление и развитие профессиональной группы. – М.: Наука. 1984. - С. 86-87.
- [39] См.: там же. - С. 87.
- [40] Дуализм – двойственность, двойная.
- [41] Революция (позднелат. Revolutio - поворот, переворот) – глубокое качественное изменение в развитии каких-либо явлений природы, общества или познания (например, геологическая революция, промышленная революция, научно-техническая революция, культурная революция, революция в естествознании, революция в философии и т.д.)
- [42] В этой связи в литературе различают основные этапы НТП. I – ручной труд (с помощью орудий ручного труда); II – механизированный (с помощью машин) и III – автоматизированный, базирующийся на применении автоматов.
- [43] См.: Научно-техническая революция и духовное развитие личности. – М., 1986. – С. 67.
- [44] См.: Философский энциклопедический словарь. М., 1983. – С.408.
- [45] Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд. – Т.46. – Ч II. – С. 213.
- [46] См.: Гуревич П.С. Новая технократическая волна на Западе. – М., 1986. – С. 45.
- [47] См.: Критику технократических теорий в кн.: Косолапов В.В. НТП: мифы и иллюзии буржуазной Футурологии. – К., 1985; США 80-х: Взгляд изнутри. – М, 1984; Гуревич П. С. Новая технократическая волна на Западе. – М., 1986; Буржуазная социология на исходе XX века: критика новейших тенденций. – М., 1986.