

# МЕХАНИКА В ВЕК ПРОСВЕЩЕНИЯ

*П. В. Боярский*

XVIII век стал для Франции важнейшим периодом подготовки, а затем и окончательной ломки отжившего феодально-абсолютистского строя. Большую роль в борьбе за социальные и экономические преобразования в стране сыграли не только философские концепции, но и достижения естественных наук, на которые широко опирались представители передовой общественной мысли Франции. Впервые в истории научные идеи оказались столь тесно связанными с общим революционным процессом в стране, а сами ученые приняли широкое участие в политической жизни общества.

Механика, ее основные достижения и следствия из них занимали ведущее место среди других разделов естествознания. Связь механики с новой идеологией имела глубокие исторические корни, сущность которых наиболее ярко раскрылась в XVIII в.: механика, философская и общественная мысль долгое время развивались в тесном контакте с материальным производством, во многом зависели от тех достижений, которые человеческие руки и разум достигли в преобразовании материальных объектов. Но если философия и общественная мысль развивались на основе новых возникающих взаимоотношений в сфере материального производства, то механика базировалась на непосредственном обобщении накопленных веками знаний о свойствах материальных тел. Поэтому, когда французской буржуазии XVIII в. потребовалось мировоззрение, учитывавшее современные формы материального производства, знания, полученные в механике, нашли свое место в философских воззрениях. Тем более, что взгляды буржуазии, тесно связанной с промышленностью и торговлей, а также ремесленников и зарождающегося класса рабочих,

формировались во все большей зависимости от освоения и изучения сил природы, их объективных связей, закономерностей. Это целиком совпадало с интересами науки, которая, развиваясь совместно (но не прямолинейно-тождественно) с материальным производством, основную свою цель видела в изучении материи. Естествознание становилось опорой революционного класса буржуазии, устремленного на новые формы материального производства.

Механику и философию во Франции XVIII в. объединяли и некоторые внутренние фундаментальные тенденции; они вели обе дисциплины к новому современному уровню развития. Поэтому столь много аналогий можно найти в этих науках, поэтому столь много связей намечается и развивается между ними.

В философских концепциях середины XVIII в. главенствующая роль была отдана природе: «Люди... не зная природы и законов ее... — писал один из идеологов французской революционной буржуазии Поль Анри Гольбах

(1723—1789),— придумали какую-то особенную силу и назвали ее богом... Мы не можем сомневаться в могуществе природы: она производит всех наблюдаемых нами животных при помощи сочетаний материи» [1, с. 298—299]\*. Здесь сказались не только внешние процессы, связующие философию и механику, но и внутренние: поставить природу во главу угла можно было, только имея стройную, логичную теорию ее «жизни», «целей» и «движений», т. е. охватить ее связанными законами и следствиями, и обратно — если бы имелись такие связанные друг с другом законы, то на их основе человеческая мысль непременно бы постаралась «соорудить» новую систему. Такие законы и следствия были и их изучала механика, которая в ту эпоху была единственной областью знаний, более или менее стройно описывавшей внешние процессы физического мира — и, что очень важно, как космические (небесная механика), так и земные.

Перейдя от статики к динамике, механика стала способной описывать (или дать повод к такой возможности) все видимые движения и взаимодействия материальных тел. Философская мысль должна была опереться на механику, ибо других движений пока не знала и не представляла, и черпала в ней новые понятия новой философии.

«Всякое существо,— писал Гольбах,— имеет свойственные ему законы движения и действует постоянно согласно этим законам... Сообщение движения или переход действия от одного тела к другому тоже происходит по определенным и необходимым законам» [1, с. 16]; и ниже: «...если мы будем знать общие законы существ и законы их движений, нам достаточно будет разложить и проанализировать, чтобы открыть те движения, которые комбинируются между собой, а опыт покажет нам те следствия, которые мы можем ожидать от них» [1, с. 32].

Из значения материальной природы в существовании и развитии Вселенной, человека и общества вытекала необходимость изучения материи, ее движения и воздействия на человека через его ощущения. Философская концепция французских энциклопедистов с ее основополагающей ролью материи, движения в природе, а ощущений в познании ее человеком, теснее сближала механику с опытными данными, с практикой, что привело к связи механики с новыми запросами промышленности и через нее цивилизации в целом.

Связь философии, эксперимента, науки, производства, общества нашла свое отражение в работе основателя и редактора «Энциклопедии» Дени Дидро (1713—1784)\*\* «Об объяснении природы»: «Истинный метод философствования был и будет заключаться в том, чтобы умом проверять ум, чтобы

---

\* См. литературу в конце статьи, с. 70—71.

\*\* Дидро вместе с Д'Аламбером организовал издание «Энциклопедии, или Толкового словаря наук, искусств и ремесел» (1751—1780). Работа над «Энциклопедией» объединила представителей новой философии, нового естествознания, нового общества. Получившая имя энциклопедистов, эта группа философов, ученых и литераторов не только рассмотрела, но и систематизировала с точки зрения единства новой мировоззренческой системы духовные и материальные знания современного ей общества.

умом и экспериментом контролировать чувства, чувствами познавать природу, изучать природу для изобретения различных орудий, пользоваться орудиями для изысканий и усовершенствования знаний, которые необходимо предоставить народу, чтобы научить его относиться с уважением к философии» [2, с. 32].

В рассматриваемый период теоретическая механика не стояла на месте — постепенно она становилась аналитической дисциплиной, целиком опиравшейся на логику и структуру математического мышления. Философия не осталась в стороне от этого процесса, что наиболее ярко свидетельствует о ее тесной связи с развитием естествознания. Опираясь на механику, философия переносила в структуру своих построений структурные элементы не только механики, но и математики. Старому мировоззрению, основанному на схоластических рассуждениях, необходимо было противопоставить!, новые взгляды, опиравшиеся и на новый язык. Прямолинейность математического языка, его прочные причинно-следственные связи, однозначность были взяты на вооружение механикой, а в XVIII в. через механику проникли в философию. О проникновении математических методов и языка в логические построения человеческой мысли, о включении математической логики в структуру философии, литературы писал французский механик, математик и философ Жан Лерон Д'Аламбер (1717—1783): «Наш век, век синтеза и анализа, точно хочет ввести холодные и дидактические рассуждения в произведения, обращающиеся к чувству. Не то чтобы страсти и вкус не имели *своей логики* (здесь и везде далее подчеркнуто нами.— П. В.); но *принципы этой логики совершенно отличны от принципов обыкновенных...* Эта анатомия души проникла и в наши беседы: теперь не говорят, а рассуждают; и наши общества лишились своих главных развлечений, теплоты и веселости» [3, с. 151]. Д'Аламбер предостерегает от дальнейшего проникновения принципов математической логики, анализа в литературу, театр, беседы в салонах. Что же говорить тогда о философии, которая, восприняв эти методы и этот язык, уже переносила их в различные гуманитарные области знаний и в искусство! Но все предостережения остаются напрасными — языковые взаимоотношения даже вне рамок науки или философии начинают трактоваться на основе восприятия языка математики и механики.

Французский философ-просветитель и политический деятель Жан Антуан Кондорсе (1743—1794) в «Эскизе исторической картины прогресса человеческого разума» с уверенностью заявляет об универсальности «алгебраического языка» в любых областях человеческих идей: «Излагая образование и принципы существующего еще теперь алгебраического языка, единственно истинно точного, истинно аналитического, сущность технических процессов этой науки, сравнивая эти процессы с естественными операциями человеческого ума, мы покажем, что этот метод, употребляющийся как частное средство в науке о величинах, заключает в себе принцип универсального орудия, применимый ко всем сочетаниям идей» [4, с. 190—191]. Кондорсе даже предлагает создать «всемирный язык» для науки, искусства и философии,

который, вобрав бы в себя логику научного языка, «внес бы во все области знания, доступные человеку, строгость и точность, которые позволили бы легко познать истину и сделали бы почти невозможным заблуждение. Тогда развитие каждой науки отличалось бы уверенностью, характерной для математических наук, и положения, образующие ее систему, имели бы всю геометрическую достоверность, т. е. все то, что может дать природа их предмета и их метод» [4, с. 254].

Отправной точкой создания нового мировоззрения, необходимого для дальнейшего познания окружающего мира, было механистическое мировоззрение. XVIII в. стал знаменательным для естествознания: его новые завоевания и области языка (математики) и стиля мышления (механистическое) совпадали с подготовительным периодом буржуазной революции во Франции (1789—1794). Естествознание XVIII в. было тесно связано с развитием мировоззрения, а значит и с развитием культуры. И, являясь одним из опорных пунктов нового мировоззрения, идеи естествознания через него влияли на литературу и искусство, на их содержание: достаточно убедительно это доказывает литературное творчество Вольтера (1094—1778), Руссо (1712—1778), Дидро... Следовательно, естествознание через призму механистических взглядов, основанных на развивающемся математическом аппарате, оказывало влияние на всю культуру общества, и, охватив различные сферы духовной жизни и влияя на усовершенствование техники и производства, механика и ее язык — математика — воздействовали на цивилизацию в целом.

Важным для развития общественной мысли во Франции было объединение, взаимное обогащение философии и механики в борьбе за новое, против мертвого груза неоправданных положений и сложившихся традиций. Борясь со старыми взглядами в политике, общественной жизни и естествознании, философы и ученые одним из главных требований во всех областях человеческих знаний выдвинули критический пересмотр фундаментальных идей и следствий из них с точки зрения их «естественности», «логичности» и «приемлемости» для новых, основанных на материальном бытии природы, концепций. Общая направленность, характер отношения к старому здесь целиком совпадает и в развитии философии, и в развитии механики. Встав на путь антидогматизма, философия и механика взаимно усилили роль последнего в развитии общественной мысли, ускорили ломку отжившей феодальной системы во Франции. Кондорсе, оценивая в годы революции роль различных факторов в развитии общества в эпоху, предшествующую французским энциклопедистам, писал: «Всюду в эту эпоху мы видим, что авторитет и разум оспаривают друг у друга власть, — ведут борьбу, которая подготовляла и предвещала торжество последнего.

Тогда же должен был зародиться тот дух критики, который один только может сделать образование действительно полезным» [4, с. 151].

Критицизм был необходим для того, чтобы отречься от старого мировоззрения, охватывавшего систему взглядов на общественную жизнь, философию, науку. Поэтому наравне с отрицанием гипотез, привычек, предрассуд-

ков критике подвергается сам «дух системы», стремление создать нечто полностью замкнутое, завершенное, застывшее. Необходимость борьбы со старой мировоззренческой системой взглядов породила и отрицание самого понятия «система», как накладывающего на все старые, отжившие связи. «Дух системы» невозможно было устранить и его подменили понятием единства окружающего мира, связанного с законами механики. И уже отсюда — стремление в рамках механики свести все к единому принципу. «Познать природу,— писал Д'Аламбер в «Предварительном рассуждении об Энциклопедии»,— мы можем надеяться не посредством смутных и произвольных гипотез, а путем внимательного изучения явлений, сравнивая их между собой и помощью искусства — по возможности сводить большее количество явлений к одному, который мог бы рассматриваться как принцип. В самом деле, чем более уменьшаются численно основоположения науки, тем более увеличивается их объем; ибо, так как предмет науки необходимо определен, то применяемые к этому предмету принципы будут тем плодотворнее, чем меньше будет их число. Это сокращение, которое, сверх того, облегчает их понимание, составляет истинный дух их систематизации,— и нужно остерегаться от смешения его с духом системы, с которым он не всегда совпадает» [3, с. 108].

Но если философия и механика единым фронтом вели борьбу против «духа системы», то это не значит полного совпадения их аргументации. В обоих случаях борьба велась против идеального «духа» за реальность причин, следствий и изучаемых объектов, субъектов. Если для философии самым реальным и наглядным был опыт, то для ученых-теоретиков был таковым и математический метод. Но и в том, и другом случае видим стремление к специфической ясности и наглядности изучаемых явлений. Яркое подтверждение этому — своеобразие позиций французских энциклопедистов Дидро и Д'Аламбера.

Взгляды Дидро, изложенные им в трактате «Об объяснении природы», свидетельствуют о той границе, которая существовала между философией и точными науками даже в критической переоценке одних и тех же понятий: для философа Дидро только опыт разрушает ложные системы, механик и математик Д'Аламбер считает, что только математические методы могут дать ответ на истинность системы. «Обобщение лишает понятия всего осязательного,— пишет Дидро, — по мере того, как этот процесс обобщения развивается, материальный облик рассеивается; понятие из сферы воображения переходит в область ума, и идея становится чисто интеллектуальной»; и ниже: «Если в голове сложилась какая-нибудь система, подлежащая подтверждению на опыте, не следует ни упрямо ее держаться, ни быстро ее бросать» [2, с. 115—117]. Для установления истинности системы Дидро считает необходимым сделать допущение правильности любого прямо противоположного взгляда. Для проверки прямого и обратного взглядов он рекомендует «повторять опыты, чтобы вскрыть детали обстоятельств и установить границы. Опыты нужно переносить на различные объекты, усложнять их и комбини-

ровать всевозможными способами...» [2, с. 117]. Дидро не выступает против систем, по требует подвергать их обязательной и многосторонней проверке.

Несколько иной подход к критике «духа системы» мы находим у Д'Аламбера. Он связывает с системой вообще все гипотезы и догадки и выступает против них. Д'Аламбер подчеркивает решающую роль математических методов, которые способны разрушить «дух системы» и стать основой любых исследований: «Дух системы является для физики тем же, что метафизика для геометрии. Если он иногда необходим, чтобы поставить нас на путь истины, он сам почти всегда неспособен быть путеводителем. Просвещенный наблюдением природы, он может приблизительно видеть причины явлений; но только вычисление призвано, так сказать, удостоверить существование этих причин, точно определяя следствия, которые они могут производить, сравнивая таковые с теми, которые открывает нам опыт. Всякая гипотеза, лишенная такой помощи, редко приобретает ту степень достоверности, которая всегда необходима в естественных науках и которая, тем не менее, так мало встречается в этих легкомысленных догадках, украшаемых именем систем. Если бы другого пути исследования не существовало, то главной заслугой физики было бы, собственно говоря, обладать духом системы и никогда им не пользоваться. Что касается употребления его в других науках, то тысячи опытов доказывают, насколько он опасен» [3, с. 150]. Итак, гипотезы, служащие основой систем, у Д'Аламбера должны опираться на опыт и проверку «вычислением». Это второе требование и есть то специфическое отличие борьбы с системой в философии и в естествознании. Но если в философии отрицание систем было необходимо для борьбы с схоластикой за новую материалистическую концепцию французской буржуазии, то какую же роль сыграла борьба против старых систем в механике? Не ограничилась ли она только признанием значения математических методов и языка в естествознании и философии?

Скептицизм французских энциклопедистов, борьба против «духа систем» и гипотез привели к окончательному разрыву естествознания с схоластикой и религией и к отделению его от философии в самостоятельную ветвь. Признание роли опыта, обоснованного только математической теорией, отвергло споры о различных «скрытых качествах», о первотолчках, о метафизике понятий и законов механики. Как в философии того периода часто отвергалось «идеальное» на основании опыта, не давшего почувствовать «идеальное» через ощущения, так в механике отвергалось «философствование» по тему таинственных первооснов природы на основании «неощущения» их через физические законы и через язык и методы математики. Борьба в механике со скрытыми качествами и гипотезами последовательно велась одним из главных создателей французской «Энциклопедии» — Д'Аламбером. Исходя из необходимости ясности и строгости доказательств, Д'Аламбер и механике при рассмотрении движения тел игнорирует «движущие причины» и рассматривает «исключительно движение, которое производится ими». Он считает, что этим полностью изгоняет «присущие движущемуся телу силы, как

попытил неясные и метафизические, способные лишь распространить мрак над ясной самой по себе наукой» [5, с. 24]. Таким же было и отношение Д'Аламбера к спору о живых силах и о мере движения. Д'Аламбер не хотел вникать в философское значение введения в обиход механики той или иной меры движения; антифилософствуя, он не заметил, что это была борьба за границы механики, как системы, а может, и, отвергая «старую» систематизацию, он все свел к спору о словах. Пытаясь избавиться в своей «Динамике» от понятия силы дальнего действия, Д'Аламбер определяет науку о силах как науку о причинах движения, поэтому механика у него наука «скорее о действиях, чем наука о причинах» [5, с. 33]. Но это совершенно не означает, что в механике он был последователем Декарта.

В введении к «Энциклопедии» Д'Аламбер пишет о теории тяготения Декарта, как одной из «красивейших и остроумнейших гипотез, которые философия когда-либо придумывала» [3, с. 141] и которые Д'Аламбер последовательно отвергал, как первооснову науки. Именно поэтому он пишет о вихрях, ставших «ныне почти смешными», но в тот период «нельзя было ничего лучшего вообразить» [3, с. 141]. Отношение к теории тяготения Ньютона у Д'Аламбера более сложно: он признает, что доказательство тяготения планет Ньютоном «составляет действительную заслугу его открытия» [3, с. 143]. И если Ньютон опроверг Декарта и показал, «что есть сила, благодаря которой планеты стремятся одни к другим и начало которой нам совершенно не известно», то Д'Аламбер не на стороне тех ученых, которые «хотели бы сделать Ньютону более основательный упрек, обвиняя его, что он ввел в физику скрытые качества схоластиков и древних философов» [3, с. 143]. В то же время Д'Аламбер с радостью покончил бы с неизвестностью понятия силы и поэтому, говоря о Ньютоне, подчеркивает: «Он не отрицал влияния удара; он ограничился требованием, чтобы им пользовались более удачно, чем это делали до сих пор для объяснения движений планет: его желания не выполнены еще и, пожалуй, еще долго останутся неосуществленными» [3, с. 143]. Позиция Д'Аламбера была впоследствии четко воспринята Лазаром Карно, о чем мы будем говорить подробнее ниже.

Одним из основных средств борьбы за новое общество прогрессивные мыслители Франции XVIII в. считали просвещение нации. Опорой нового мировоззрения стали естественнонаучные знания, и именно поэтому французские мыслители придавали большое значение широкому их распространению. В трактате «Об объяснении природы» Дидро определяет будущее любой ветви науки ее полезностью: «Впрочем, все определяется полезностью. Через несколько веков полезностью определятся границы экспериментальной физики, подобно тому как это произошло с математикой. Я готов опустить века для этих занятий, потому что область их полезности гораздо шире сферы любой абстрактной науки...» [2, с. 95].

Своеобразное отношение Дидро к полезности тех или иных знаний, определило его подход к технике и ремеслам, что плодотворно повлияло на характер «Энциклопедии»: практические достижения были поставлены на

один уровень с научными.

Как мы увидим в дальнейшем, такой взгляд нашел свое воплощение во французской науке конца XVIII — начала XIX в. и привел к окончательному становлению прикладной механики.

«Энциклопедия» Дидро и Д'Аламбера была первым изданием, в котором столь большое внимание было уделено технике и ремеслам. Неразрывная связь практики и теории подчеркнута в вступительном рассуждении Д'Аламбера к «Энциклопедии»: «Кто хоть сколько-нибудь размышлял о связи, существующей между открытиями, тому легко заметить, что наука и искусства (ремесла.— П. Б.) оказывают друг другу взаимную помощь и что они, следовательно, являются звеньями одной цепи» [3, с. 100]. Такой взгляд определил подход Д'Аламбера к механике в его статье «Механика» в «Энциклопедии»: на новом этапе развития и достижений теоретической механики Д'Аламбер напоминает, что «объектом механики является рассмотрение сил в машинах» [6, с. 310]. И, вслед за Ньютоном, Д'Аламбер далее показывает, что «необходимо различать две основные механики: одну практическую, другую — рациональную или умозрительную, которая опирается на точные расчеты; практическая механика включает все ручные искусства, которые ей дали название» [6, с. 310]. И хотя здесь указывается только связь двух отделов механики, но само включение практики, ремесел в «Энциклопедию», показ их первичной роли в промышленности для прогресса разума и общества оказало влияние на развитие техники, промышленности и самой науки в эпоху бурного выхода революционного тогда класса французской буржуазии на ведущее место в обществе. Именно поэтому Д'Аламбер в «Энциклопедии» выступил против принижения роли механических искусств, непосредственно связанных с производством: «...подобно тому, как существуют правила для операций ума или души, точно так же регулируются нормами и действия тел, т. е. те, которые, ограничиваясь внешними телами, нуждаются для своего восполнения только в руке. Отсюда различие между искусствами свободными и механическими и предполагаемое превосходство первых над последними. Это последнее предположение, без сомнения, несправедливо во многих отношениях» [3, с. 119].

Вопросы взаимодействия науки и практики, теоретической и практической механики были вызваны к жизни своеобразием развития цивилизации в целом, что оказывало стимулирующее воздействие на их широкую постановку и решение. Идеи энциклопедистов, многочисленные статьи в «Энциклопедии», раскрывавшие роль и значение науки и техники в прогрессе общества, стали одной из основ идеологии третьего сословия в годы, предшествовавшие революции. В этот период, наряду с сугубо теоретическими исследованиями, ведутся работы, непосредственно связанные с практикой, особенно с промышленностью, гражданским строительством и военным делом.

Одним из важных стимулов развития промышленности и науки во Франции в рассматриваемый период была непрекращающаяся политическая и экономическая конкуренция с Англией. Если в Англии к концу XVIII в.

промышленный переворот в основном закончился, то во Франции единственной возможностью конкуренции с Англией было создание промышленных предприятий, оснащенных более современной техникой и введение новых технологических процессов. Борьба с внутренней и внешней конкуренцией вынуждала французских предпринимателей создавать исследовательские лаборатории при заводах, а к работе в них привлекать ученых.

Хозяевами промышленных предприятий становились порой и сами ученые, как, например, Ж. К. Перье, деятельность которого способствовала применению паровых двигателей во Франции в конце XVIII в., Ж. Л. Шапель, содействовавший развитию химического производства, Г. Монж, изучавший металлургию на собственном предприятии.

Таковы были общие мировоззренческие и практические тенденции в жизни Франции, которые определили многие события предреволюционного периода и самой революции. Они помогут нам понять истоки своеобразного развития механики во Франции в эти годы.

Роль математических методов в точных науках, все ускоряющееся развитие различных областей математики наложили свой отпечаток на характер механики. В 1788 г. была издана «Аналитическая механика» Жозефа Луи Лагранжа (1736—1813), в которой, впервые используя только аналитические методы, автор последовательно изложил основные законы и принципы механики. То, к чему стремился в свое время Д'Аламбер — свести «большое количество явлений к одному, который мог бы рассматриваться как принцип» [3, с. 108], было осуществлено Лагранжем. Главным принципом статики Лагранжа стал принцип виртуальных скоростей, который использован им исчерпывающе и фундаментально. Общая формула динамики у него основана на объединении принципа виртуальных скоростей с «петербургским принципом» Германа — Эйлера. Более того, Лагранж вовсе опустил в своей работе все философские вопросы, связанные с механикой Лагранж продолжил линию Эйлера и Д'Аламбера к вытеснению из механики синтетическо-геометрических методов и замене их аналитическими.

В годы, предшествовавшие революционным событиям, одним из основных достижений в механике было создание чисто теоретической работы — «Аналитической механики» Лагранжа, которая оказала глубокое влияние на молодых ученых, современников Лагранжа. Но это влияние не было господствующим — оно было ограничено геометрическими методами, которые развивал в статике Гаспар Монж (1746—1818), а в динамике Лазар Карно (1753—1823). И этому во многом способствовали чисто политические события в стране. Стремление французских энциклопедистов привлечь внимание к вопросам, непосредственно связанным с ролью опыта, практики, производства, смогло получить реальное развитие только в годы Великой Французской революции (1789—1794). Наметившиеся в механике тенденции к более тесным узам с практикой получили столь широкое развитие лишь на фоне общего социально-экономического и политического переворота во Франции. Отставшая от Англии в промышленном отношении, Франция, став республи-

кой, оказалась в окружении стран коалиции. В годы революции (и особенно в годы войны с коалицией) с особой остротой встал вопрос о скорейшей организации хорошо вооруженной армии. Для этого было необходимо в кратчайшие сроки создать мощную промышленную базу страны. Наука была поставлена на службу государства, призвана к решению наиболее актуальных задач, стоящих перед промышленностью и военным строительством. От ученых требуют быстрого решения прикладных вопросов. Для производства пороха не хватало селитры, добываемой из естественных залежей, — и 16 сентября 1793 г. Комитет общественного опасения постановил выделить средства на опыты по производству селитры искусственным путем. Руководителем этих экспериментов был назначен Г. Монж. Одновременно комитет всячески поощрял исследования К. Л. Бертолле по производству взрывчатых составов, которые могли бы помочь вовсе отказаться от производства селитры: так была создана бертоллетова соль.

Политические круги страны видели ту большую практическую помощь, которую наука оказывала производству. Да и в самих руководящих органах революционного государства было немало крупных ученых. Математик и механик Карно был членом Комитета общественного спасения и проявил выдающийся организаторский талант в создании вооруженных сил республики. Монж был назначен морским министром. Поэтому большую поддержку получили в годы революции предложения ведущих ученых страны по реорганизации старых научных учреждений и по созданию новой системы подготовки будущих специалистов. Франции нужны были хорошо подготовленные военные и инженерные кадры, преданные республике и способные не только заменить эмигрировавших за границу офицеров и инженеров, но и решить задачи, никогда ранее не стоявшие перед страной.

Новая система образования во Франции, которая складывалась в годы революции, питалась идеями французских энциклопедистов о роли просвещения нации. А эти идеи, как мы видели выше, были тесно связаны с развитием естествознания и с ролью практики в прогрессе общества. Именно поэтому наибольшего успеха добились учебные организации, в которых задачи образования объединились с практическими запросами общества. Примером может служить Политехническая школа в Париже, которая открылась в 1794 г. и сыграла не только выдающуюся роль в общем развитии физико-математических наук, но и в становлении прикладной ветви механики.

Среди всех вопросов, которые встали перед наукой Франции в конце XVIII в., одно из ведущих мест занимали проблемы, связанные с прикладной механикой. Острая необходимость в их разрешении, помощь государства, привлечение крупнейших ученых страны не только к разработке задач прикладной механики, но и к подготовке специалистов в этой новой области науки привело к ее быстрому становлению, ускоренному развитию и необычайному расширению круга лиц, занимающихся вопросами прикладной механики.

Необходимость большого числа военных и гражданских инженеров за-

ранее определила прикладной характер нового учебного заведения. А прикладные задачи, вставшие перед механикой, предопределили общую подготовку будущих специалистов.

Основная цель, поставленная перед Политехнической школой — скорейшая подготовка широко образованных инженеров и ученых, способных решать разнообразные практические задачи, оказала благотворное влияние на научные работы выпускников Школы. Важно здесь подчеркнуть, что прикладная механика в Политехнической школе успешно развивалась благодаря связям с теоретической механикой и математикой. К концу XVIII в. взаимодействие науки и техники усиливается, как никогда раньше. Прикладная механика достигла такого быстрого развития во Франции под воздействием промышленных, инженерных и технических запросов. Теоретическая база механики и развитого математического аппарата явственно подводили механику к решению более сложных конкретных проблем, какими оказались прикладные задачи. В свою очередь прикладные задачи механики дали не только толчок новым теоретическим исследованиям, но через запросы нового высшего технического

образования во Франции повлияли на стиль и содержание научных работ преподавателей Политехнической школы. Ученые механики, физики, математики и химики, прославившие науку Франции в последующие два десятилетия, в подавляющем большинстве вышли из стен этой школы, так как она — единственная в стране — долгие годы занималась первоначальной подготовкой будущих специалистов. Учебный процесс в Политехнической школе, впитавший в себя многие прогрессивные традиции века Просвещения и революционной ломки старого, оказывал глубокое воздействие на развитие и интересы учащихся.

Как мы уже писали выше, важным этапом в механике предреволюционной Франции была разработка Лагранжем аналитических методов. Лагранж стал профессором Политехнической школы и непосредственно мог влиять на интересы своих учеников. Но и то, что казалось менее замечательным в истории науки, чем «Аналитическая механика», имело свое глубокое воздействие на последующие поколения ученых. Прикладные работы по механике Монжа, Карно и других французских ученых, опираясь на многие идеи и традиции механиков, философов и инженеров середины XVIII в., стали основой для бурного развития прикладного направления в механике. В них нашли различное отражение многие научные, философские и инженерные вопросы подготовительного периода Великой Французской революции.

В 1786 г. был опубликован «Элементарный учебник статики для морских школ» Мошка. В этой работе формально-логической строгости книги Лагранжа противостоит, порой не строгое, но всегда ясное и доходчивое изложение Монжа. «В его рассуждениях ощущается то ясное представление о действительных явлениях и о всех их деталях, которым теоретик мог бы пренебречь, но которое, несомненно, ценно для практика» [7, с. 315]. Свою статику Монж начинает с раздела «Определения», и уже первое из них показы-

вает нам генетическую связь нового поколения французских механиков с энциклопедистами: «...телом (материальным веществом), — пишет Монж, — называется все то, что может действовать на наши чувства» [8, с. 1]. Целая глава в этом учебнике по механике посвящена «равновесию машин» — важному вопросу практики, который был связан с назревшей необходимостью создания теории механизмов. Учебник статики Монжа, хотя и был выдержан в традиционных рамках геометрического направления в механике, сыграл большую роль в формировании будущих ученых. Во Франции он переиздавался восемь раз, вплоть до середины XIX в.

Теоретическое мышление Монжа смогло в такой мере реализоваться благодаря многочисленным соприкосновениям с техническими проблемами. «Монж и Пуансо, решив геометрическими методами проблему приведения системы сил, приложенных к неизменяемой системе (первый — к двум ортогональным силам, второй — к силе и паре), завершили оформление геометрической статики» [9, с. 164].

Влияние научных идей и методов Монжа, его высокое искусство педагога, непосредственная связь работ ученого с техническими запросами стали основой возникновения «Школы Монжа» — плеяды замечательных ученых, последователей идей крупнейшего геометра, создателя начертательной геометрии. Учениками Монжа и продолжателями его работ были: Л. Карно и Ж. Мепьс — слушатели лекций Монжа в Мезьерской школе — и выпускники Политехнической школы Ш. Дюпен, Ж. Понселе, Л. Пуапсо, О. Коши, который в юности написал несколько работ по геометрии. Даже Э. Малюс, рассматривая лучи, отраженные от кривой поверхности, развил теорию конгруэнции, которую впервые рассмотрел Монж в мемуаре о выемках и насыпях.

Такая же связь с практическими задачами, о необходимости которой писали еще энциклопедисты, осуществлена в работе Л. Карно «Опыт о машинах вообще» (1783). Истоки своеобразного научного мировоззрения Карно тесно связаны с развитием научных, философских, политических и литературных взглядов прогрессивных деятелей в эпоху назревания революционной ситуации во Франции.

Одним из преподавателей Карно в Мезьерской военной школе был Монж, что во многом объясняет истоки инженерной направленности работ Карно по механике. От своего учителя Карно воспринял и стремление к ясности и наглядности изложения научных работ. Карно живо интересовался социально-политическими и философскими вопросами, занимался политикой и литературой. Учитывать возможность влияния последней на научные взгляды и методы Карно, на наш взгляд, также необходимо и правомерно: став одним из интересов его жизни, литература могла вполне влиять и на другие стороны его творчества. Литература не оставалась в стороне от общего потока прогрессивных тенденций в сфере идей рассматриваемой эпохи. Более того, она могла усилить общие закономерности в развитии человеческой мысли. Мы указывали выше на влияние математического языка на литературу. Впитав в себя новые идеи и закономерности, литература, и свою

очередь, могла оказывать непосредственное влияние на стиль и метод ученого. Эпохе Французской буржуазной революции сопутствовало развитие искусства классицизма, которое «было строго рационалистичным, т. е. требовало полного логического соответствия всех элементов художественной формы предельно ясно выраженному замыслу» [10, с. 610].

Интерес к философии, политике, литературе и стремление к полной ясности и последовательности изложения научных работ, которое Карно воспринял от Монжа в Мезьерской школе, а также запросы инженерной практики слились в своеобразное единство взглядов ученого на основные принципы и понятия механики.

Без учета сложного переплетения идей у предшественников Карно невозможно понять и оценить его научные труды. Он занимался исследовательской работой в годы, когда в подавляющем большинстве работ французских механиков нашли свое применение идеи дальнего действия Ньютона и его понятие силы. Учитель Карно Монж широко использует и опирается на представления силы в ньютоновском понимании. Карно, хорошо знакомый с философией энциклопедистов, не смог формально отнестись к силам Ньютона. Поэтому в работе Карно «Опыт о машинах вообще» динамические принципы носят четкий отпечаток влияния механики Декарта. Пытаясь избавиться от понятия силы, Карно, следуя картезианской традиции, рассматривает его как вторичное, только как эффект передачи и сообщения движения от одного тела к другому в момент их соударения. Поэтому основными понятиями механики Карно становятся количество движения и импульс, а главное место отводится явлениям соударения тел. В этом механика Карно противостоит механике Лагранжа.

Правда, при анализе работ Карно по механике, рассматривая последовательное изложение основных принципов и задач этой дисциплины, замечаешь, что своеобразие построений и изложение вызвано здесь не только исходными философскими и математическими идеями ученого, но и тем, что можно было бы назвать прикладными интересами— стремлением создать динамику машин. Под таким углом зрения и строил Карно свою механику: «Хотя теория, которая здесь излагается, применима ко всем вопросам, имеющим отношение к передаче движения, — писал он в предисловии к книге, — эта небольшая по объему работа названа «Опыт о машинах вообще», во-первых, потому, что здесь прежде всего рассматриваются машины, как являющиеся наиболее важным предметом механики, и, во-вторых, потому что здесь речь идет не о какой-нибудь отдельной машине, а только о свойствах, которые являются общими для всех машин» [11, с. 7].

Такой подход позволил Карно избрать направление исследования, которое было органически присуще ученому и давало возможность обойти принципы и категории (например, силы), по его мнению, внутренне противоречивые, вводя при этом собственные понятия (например, геометрического движения). Идеи Карно, связанные с понятием геометрического движения, оказали большое воздействие на Андре Мари Ампера (1775—1836), который в

«Опыте по философии наук» (1834) выделил в механике новый раздел — кинематику.

В работе Карно объединились два стремления энциклопедистов: борьба со скрытыми качествами и борьба за роль практики в развитии не только общества, но и пауки. И комплекс этих идей к концу века воспринимался не только из исследований механика Д'Аламбера, но и из произведений философов-энциклопедистов. Работы последних были направлены не только против скрытых качеств вообще, но и против скрытых причин движения в частности. Отголоском такого подхода явился ответ создателя «небесной механики» Пьера Симона Лапласа (1749—1827) Наполеону на вопрос — есть ли в его исследовании место для бога? Ученый ответил: «Ваше величество, я не нуждаюсь в этой гипотезе». Ответ Лапласа целиком созвучен словам Дидро: «Невозможно предположение чего-либо, что существует вне материальной вселенной; никогда не следует делать подобных предположений, потому что из этого нельзя сделать никаких выводов» [2, с. 138].

Таким образом, научная деятельность Монжа и Карно, их работы по теории машин сыграли значительную роль при становлении индустриального направления в механике.

В годы революции во Франции прикладные тенденции в рамках механики настолько окрепли, что влияние чисто аналитических методов Лагранжа не смогло стать доминирующим. Более того, как мы увидим ниже, идеи французских философов-просветителей продолжали оказывать прямое или косвенное воздействие на направление, характер и методы исследований ряда ученых-механиков. Этому во многом способствовали цели и задачи, поставленные перед высшей технической школой в годы революции, прикладной уклон подготовки будущих инженеров и ученых.

Эпоха Великой Французской революции не осталась в стороне от развития механики: она во многих случаях осознанно и преднамеренно вводила механику в русло собственного движения. Некоторое, пусть небольшое, влияние оказали различные факторы эпохи даже на знаменитую работу Лагранжа. Во втором издании «Аналитической механики» (1813—1816) появились новые теоремы и практические советы, важные при применении теории к конкретным задачам. В отличие от первого издания, Лагранж рассматривает колебания струны, движение воды в каналах, распространение волн и другие вопросы, непосредственно связанные с практическими запросами его времени. Под воздействием методов и результатов, разработанных и полученных в механике Лагранжем, сформировалась не только сильная группа ученых-теоретиков, но и представителей прикладной механики: М. Р. Прони (1755—1839), Ж. В. Понселе (1788—1867), О. Л. Коши (1789-1857).

Но несмотря на развитие формального аппарата механики, у нового поколения ученых сохранялось стремление к физически наглядному представлению своих исследований, к наиболее возможной ясности и простоте теоретических выкладок. Такой подход, с одной стороны, был вызван новыми запросами высшего образования и техники, а с другой — являлся продолжени-

ем традиции предшественников. Ставшее необходимым требование общедоступности изложения научных работ вызвало дальнейшее усиление геометрических методов. Эти методы широко применялись в механике и математике одним из представителей нового поколения ученых — Луи Пуансо (1777—1859). Но Пуансо пошел даже дальше своих учителей и предшественников (Мошка, Л. Карно и др.) в понимании значения геометрических методов и в требовании ясности и наглядности представлений механики: в отличие от них, он не только не дает основных положений и выводов аналитической механики (принцип виртуальных скоростей в работе Л. Карно и своеобразная его формулировка в конце книги Монжа по статике), но и последовательно выступает противником аналитических методов в механике. Критикуя аналитический подход к решению задач механики у Д'Аламбера, Эйлера и Лагранжа, Пуансо в работе «Новая теория вращения тел» (1834) писал: «...то, что создает иллюзию в некоторых умах относительно силы, которую они приписывают формулам анализа,— это легкость, с которой можно извлечь из них истины, уже известные и, так сказать, нами самими туда вложенные» [12, с. 508]. Принцип виртуальных скоростей — основа «Аналитической механики» Лагранжа — неприемлем для Пуансо, поскольку рассматривается им как отвлеченная закономерность, не обладающая достаточной степенью наглядности.

Одно из фундаментальных достижений Пуансо — введение в механику понятия пары сил, изложено им в «Началах статики» (1803). Интересно подчеркнуть, что, в отличие от Л. Карно, он уже широко опирается в этой работе на понятие силы. Но и по отношению к силе Пуансо стремится дать четкое и ясное представление, связанное с опытными человеческими знаниями. «Не зная силы как таковой,— писал он в «Предварительных замечаниях»,— мы тем не менее ясно представляем себе, что она действует в некотором направлении и с некоторым напряжением. Представление о направлении и напряжении силы мы приобретаем почти с рождения; ощущение тяготения, действующего всегда в одном направлении, вид тела, падающего или остающегося подвешенным на конце нити, различие веса, испытываемое рукой, и множество других не менее простых явлений дают нам представление о направлении и напряжении силы столь же неоспоримое, как и самое наше существование.

Итак, мы считаем очевидным, что всякая сила действует на точку, к которой она приложена, в некотором направлении и с некоторым напряжением» [13, с. 3—4]. В этих словах четко проступают следы представителя наглядного направления в механике. К очевидности апеллирует Пуансо и когда вводит закон Ньютона: «Но если тело находится в покое, то оно и будет находиться в нем до тех пор, пока какая-нибудь посторонняя причина не выведет его из этого состояния» [13, с. 3—4]. При этом нет выделения этого положения в отдельный закон, так как оно необходимо Пуансо только для следующего заключения: «Сила есть некоторая причина движения» [13, с. 3].

Четвертая глава книги Пуансо названа «О машинах». Рассмотрим

машин Пуансо не только продолжил традицию своего учителя Монжа и Л. Карно. Это было и ответом Пуансо на задачи, поставленные еще в годы революции перед наукой и высшей технической школой, — о необходимости дальнейшего развития инженерного характера научных работ для использования их в технике и промышленности. «Начала статики» Пуансо имели практический, прикладной характер, что подтверждают и заключительные слова книги: «В двух последних главах нашей основной задачей было приложить к нескольким весьма простым примерам принципы, которые мы установили и развили в двух предшествующих главах. В то же время мы считали необходимым указать путь, которому можно следовать, чтобы найти условия равновесия каких угодно машин» [13, с. 208].

В своем желании сделать геометрическое направление в статике всеобъемлющим Пуансо достиг больших результатов: используя понятия пары и момента пар и дав для них теорию, он охватил геометрической статикой многие достижения, полученные применением аналитических методов в механике. Его большой заслугой явилось то, что вместе со своим учителем Монжем он завершил оформление геометрической статики.

Еще более сильное и яркое влияние оказали идеи французских просветителей на Шарля Дюпена (1784—1873) — одного из крупнейших ученых-теоретиков, принадлежавших к школе геометрических методов исследований Монжа. Дюпен под воздействием этих идей, развитых в годы Великой Французской революции, решил посвятить себя организации технического образования во Франции и отдать свой талант и силы решению важной практической задачи — более быстрому подъему промышленного уровня своей страны. Хотя Дюпен начал свою деятельность в эпоху правления Наполеона, но на его решение, несомненно, повлияли революционные события, свидетелем и современником которых он был. Отсюда его желание сделать образование доступным для всех. Более того, Дюпен одним из первых выступил за право женщин на получение высшего образования [14, с. 134—138; 15, с. 91—92].

Став профессором Консерватории прикладных искусств и ремесел, Дюпен основал в 1819 г. народный университет, в котором пропагандировал свои идеи, относящиеся к промышленности, технике и экономике страны. Интересно замечание по этому поводу Ф. Клейна: «Мы видим, — пишет он, — как здесь уже сказываются социальные интересы, черта, характерная для современной нам эпохи развития науки» [16, с. 109]. В 1824—1826 гг. Дюпен читает в Консерватории курс геометрии и механики для рабочих, среднего технического персонала и художников. В своих лекциях Дюпен использовал опыт, приобретенный им при ознакомлении с промышленностью Англии и Франции. На основе курса лекций Дюпеном была написана трехтомная книга (1-й том — геометрия, 2-й — механика, 3-й — динамика) под названием «Геометрия и механика искусств и ремесел» [17]. Эта работа имела неоценимое значение как пособие для промышленных кругов не только Франции, но и других стран (в частности, в 1830—1833 гг. книга Дюпена вышла в России) и сыграла большую роль в становлении и развитии идей индустриального

направления в механике.

Весь арсенал геометрических и механических знаний Дюпен по возможности пытается применить к чисто практическим вопросам, охватив и рассмотрев их со всех сторон. Например, в 1-м томе, в главе «О параллельных линиях и сопряжении с перпендикулярными и наклонными линиями» приводится применение ее положений к железным дорогам, к движению выдвигаемых ящиков, применение зависимостей параллельных линий к начертательной геометрии, к кораблестроению и т. д. В связи с общим названием этого тома — «Геометрия» — представляет интерес для нас содержание главы четвертой — «О различных формах, которые можно давать произведениям промышленности с помощью прямой линии и круга». Само название этой главы, как и остальных разделов книги Дюпена, говорит об огромном таланте ученого, о глубине и обширности его мышления и, стало быть, о понимании значения взаимосвязи теории и практики. Творчеству Дюпена свойственно сопоставление различных понятий и явлений и установление между ними прочной логической связи, когда сами понятия могут рассматриваться с новой и неожиданной для обычного мышления точки зрения. В этой главе говорится, среди прочего, и о мощении улиц, архитектуре, искусстве профилирования и о составлении архитектурных планов.

2-й том — «Механика» — начинается с главы о единицах измерений, применяемых в геометрии и механике. Далее следует глава «Первые законы движения и приложение их к машинам», где Дюпеном выделяются два закона инерции. Выбор основных законов механики у Дюпена может, на первый взгляд, показаться не характеризующим его геометрическую направленность при рассмотрении проблем механики. Но из дальнейшего изложения видна их связь с геометрией: здесь дается понятие о направлении движения, как об одном из основных свойств рассматриваемых объектов, и, кроме того, устанавливается связь с чисто прикладными задачами, когда говорится о препятствиях движению, которые затем приводят при исследовании свойств простых машин к изучению трения и сопротивления в них. Таким образом, в изложении этих законов главным становится не их общепринятость со времен Ньютона, а акцент на их формулировки.

После основных законов движения Дюпон вводит понятие равномерного движения, а затем равнодействующей и составляющей силы и разъясняет понятие «равновесие сил». Далее дается понятие тяжести и рассматриваются пропорции между скоростями падающих тел и временем падения, пройденными расстояниями и временами, скоростями падающих тел и пройденными расстояниями. В приложении к этому разделу Дюпен пишет: «Заметим это первое и превосходное отношение геометрии и механики, с помощью которого, смотря на часы, мы можем найти высоту зданий и глубину ям и которое равным образом дает простое средство находить протекшее время измерением пройденного пространства. Маятники представляют собой еще более замечательный пример этого близкого отношения двух наук, которые соединяют свои начала и следствия для объяснения и для руководства промышлен-

ленностью» [18, с. 34]. Последнее утверждение Дюпена для нас важно, как его программное заявление о наибольшем значении для развития промышленности двух дисциплин — геометрии и механики и как точка зрения Дюпена о важности использования в механике геометрических методов.

Анализ научных работ Монжа, Л. Карно, Пуансо и Дюпена показывает, что дальнейшее развитие геометрических методов в механике в эпоху Великой Французской революции было связано с становлением прикладной механики.

Экономика, политика, философия и естествознание в эту эпоху направляли механику к решению тех задач, которые выдвигала перед наукой и обществом практика, промышленность, техника.

Весь сложный и противоречивый период подготовки революционных преобразований в стране механика развивалась в тесной связи с прогрессивными тенденциями и идеями общественно-политической и философской мысли.

Революция способствовала широкой моральной, материальной и административной поддержкой становлению новой системы высшего технического образования во Франции, что создало необходимые условия для более быстрого развития науки, и в частности механики.

Характер изменений в механике Века Просвещения не был однозначно обусловлен формированием новых общественных отношений. Внутренняя логика развития науки способствовала постепенному закреплению внешних воздействий, что во многом объясняет своеобразное «запаздывание» процесса превращения прикладной механики в самостоятельную дисциплину. Решающие события в ее истории относятся к концу XVIII — началу XIX столетий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. П. Гольбах. Система природы. М., Соцэргиз, 1940.
2. Д. Дидро. Избранные философские произведения. М., ГИПЛ, 1941.
3. Ж. Л. Д'Аламбер. Очерк происхождения и развития науки.— В кн.: Родоначальники позитивизма. СПб.. 1910.
4. Ж. А. Кондорсе. Пекин исторической картины прогресса человеческого разума. М., Соцэргиз, 1936.
5. Ж. Цалпмбёр. Динамика. М.— Л., ГИТТЛ, 1950.
6. Encyclopedic, on dictionnaire raisonne des sciences, des arts et de metiers, par une societe de gens des lettres. Lausanne et Berne, 1780, t. XXI.
7. 7?. Taton. L'oenvre scientifique de Monge. Paris, 1951.
8. G. Monge. Traite elementaire de statiqne a l'nsage des Ecoles de la marine. Paris, an IX.
9. И. Б. Погребыский. От Лагранже к Эйнштейну. М., «Наука», 1966.
10. Н. И. Конрад, Л. З. Копелев. Классицизм.— В кн.: Всемирная история, т. VI. М., 1959.

11. L. Carnal. Oeuvres mathematique du citoyen Carnot. Basle. 1797.
  12. L. Polnsot. Elements de statique. Paris, 1851.
  13. Л. Пуансо. Начала статики. Пг., 1920.
  14. А. Н. Боголюбов. История механики машин. Киев, «Наукова думка», 1964.
  15. Ch. Dupin. Forces productives et commerciales, v. I. Paris, 1827.
  16. Ф. Клейн. Лекции о развитии математики в XIX столетии, ч. 1. М.—Л., ОНТИ, 1937.
  17. Ch. Dupin. Geometrie et mecanique des Arts et Metiers et des Beaux — Arts, v. I — III. Paris, 1825—1826.
  18. К. Дюпен. Геометрия и механика искусств, ремесел и изящных художеств, ч. 2. Механика. СПб., 1831.
- 

**Источник:** Механика и физика второй половины XVIII в. — М.: Наука, 1978. — 200с.