

МЕХАНИКА И ТЕХНИКА

А. Ю. Ишлинский

(Москва)

Механика занимает одно из центральных мест среди наук, непосредственно обеспечивающих ускорение научно-технического прогресса. Ей принадлежит ведущая роль в разработке научной базы инженерного дела на основе использования арсенала методов физического исследования, математического анализа и вычислительной техники. Достижения космической техники, авиации, гидротехники, машино- и приборостроения, строительной индустрии, судостроения опираются на глубокое понимание законов механики и расчет, в свою очередь основанный на данных экспериментов и теоретических исследований.

Выросшая из знаний, накопленных при создании орудий труда, сооружений и первых машин, понимаемая в древности как наука о машинах, механика всегда развивалась главным образом под влиянием практических потребностей общества, связанных с производством, техникой, изучением движения небесных тел (необходимым прежде всего для целей навигации).

Развитие механики происходило в тесной связи с развитием математических методов. Появление и совершенствование самих математических методов приводило к возможности постановки и решения более сложных задач механики. В свою очередь, задачи механики стимулировали интенсивное развитие математических методов. Само возникновение механики в ее современном виде явилось результатом одновременного качественного скачка сразу в двух областях: характеристики движения тел были сформулированы как математические понятия и было создано дифференциальное и интегральное исчисление, с помощью которого возможно было выразить законы движения и равновесия твердых, жидких и газообразных тел, составляющие основу механики.

Успехи механики, объяснившей на единой основе подавляющую совокупность явлений природы и техники от движения Земли, Луны и других небесных тел до работы машин и механизмов, были настолько впечатляющими, что в течение длительного времени и вообще все явления окружающего мира пытались свести к механическим. Лишь в конце XIX — начале XX в. с развитием знаний об электромагнетизме, атомных и ядерных явлениях, возникновением квантовой теории и теории относительности окончательно стала ясной принципиальная невозможность такого сведения.

Важно отметить, что так называемые законы сохранения, считаемые в современной физике незыблемыми, представляют собой обобщение

известных законов классической механики об изменении количества движения (импульса) и момента количества движения (кинетического момента), а также теоремы живых сил (о кинетической энергии). Потребовалось, разумеется, введение ряда новых понятий — спина, импульса поля, эквивалентности энергии и массы.

Уже с начала XIX в. механика становится теоретической основой все увеличивающегося числа прикладных технических дисциплин, непосредственно связанных с развитием промышленности, разработкой новых технологических процессов, машин, промышленных установок. Значительный толчок развитию механики был дан в связи с проблемами железнодорожного транспорта, быстро прогрессирующего кораблестроения, двигателей внутреннего сгорания, автомобилей и особенно авиации.

Механика — древнейший раздел физики. В долгой истории механики неоднократно возникало мнение, будто развитие ее как фундаментальной науки должно остановиться. В последний раз этому немало способствовали блестящие успехи вычислительной техники. Стало казаться: раз основные уравнения механики установлены, то любую конкретную задачу можно решить с помощью быстродействующих машин. Однако практика решительно опровергла такое мнение. Современная техника и естествознание ставят перед механикой все новые вопросы, связанные с открытием ранее неизвестных явлений. Их выяснение требует, в основном, развития самой механики, а также смежных с нею разделов физики, химии, биологии и других научных дисциплин. Вместе с тем появление современных вычислительных средств расширило возможности исследователей, позволило преодолеть ряд технических трудностей и перенести центр тяжести на главную задачу — выделить существенные черты изучаемых явлений или процессов, представить их в виде достаточно простой схемы («модели»), поддающейся количественному расчету и качественному анализу.

В годы, предшествовавшие второй мировой войне, были получены важные результаты в актуальных областях техники и естествознания, опиравшиеся на высокие научные достижения в области механики. Среди них можно назвать крупные достижения в области аэродинамики и практических вопросов авиации, теории упругости, теории пластичности и прочности машин, сооружений, фундаментов, общей механики, теории гироскопов, устойчивости движения и решения практических задач автоматического регулирования, навигации, приборостроения. Были поставлены на научную основу вопросы, связанные с изменением климата и предсказанием погоды. Были разработаны основы нефтепромысловой механики, создавшие базу для рациональной эксплуатации нефтяных и газовых месторождений и транспортировки нефтепродуктов.

Вместе с тем в начале нашего века возникли и к настоящему времени широко развились направления, устанавливающие тесную связь механики с другими областями физики. Благодаря этому важное развитие получили вопросы горения, ударных волн, взрыва, физические вопросы деформируемости и прочности твердых тел.

Значительная часть этих достижений обязана исследованиям, проводившимся в единственном тогда в мире социалистическом государстве — Советском Союзе. Развитие советской промышленности, энергетики, добычи полезных ископаемых, механизации и мелиорации сельского хозяйства, а также военной авиации, танкостроения, ракетной техники в большой мере опиралось на достижения механики в Советском Союзе. В свою очередь, перед механикой ставились все новые и новые практические задачи, резко ускорившие ее собственный прогресс. Это особенно проявилось во время войны, сыграв важную роль в победе над фашизмом. В самое тяжелое военное время в Советском Союзе работала большая сеть научно-исследовательских институтов, где велись исследования по механике, в том числе и такие, которые имели в виду обеспечение послевоенного развития страны.

Одним из важнейших достижений послевоенного прогресса отечественной техники, несомненно, явились запуск первого искусственного спутника Земли, первый полет на Луну и полет первого человека в космос, а также последовавшее за этим дальнейшее освоение космического пространства. Большую роль в осуществлении этой давней мечты человечества сыграла и продолжает играть механика. Нельзя не отметить также большой роли механики при решении практических задач освоения атомной энергии и создания ряда узлов электронных вычислительных машин.

Уходя корнями в физику, все теснее взаимодействуя с другими ее областями, применяя математические методы и черпая свою основную проблематику из техники и технологии, явлений, связанных с атмосферой и океаном, с земной корой и космическими объектами, механика является могучим орудием, обеспечивающим прогресс техники.

Два основных фактора оказали революционизирующее влияние на расширение возможностей современной механики.

Во-первых, громадный прогресс в технике экспериментов. В механику пришли тонкие оптические, спектро- и радиометрические, электромагнитные, ультразвуковые, ядерные методы измерений; настоящий переворот в измерениях вызвало широкое применение лазеров. При помощи всех этих методов стало возможным исследование не только явления в целом, но и определяющих его более глубоких внутренних процессов, установление связи механических явлений с тонкими деталями структуры материалов.

Во-вторых, скачок в развитии вычислительной техники. Основанная в настоящее время на быстродействующих электронных вычислительных машинах, она, как уже было упомянуто выше, в корне изменила представление о степени доступности решения математических задач механики. Целые области механических явлений в природе оказалось возможным математически воспроизводить при помощи современных вычислительных машин: движение жидкостей и газов, ограниченное стенками сложной формы, сопровождающееся возникновением ударных волн; деформирование и разрушение твердых тел самой разнообразной формы — от массивных до тонких оболочек — как при медленном, так и при ударном

нагрузении; движение космических объектов, естественных и искусственных, включая управление последними, и многое другое.

Многообещающие перспективы открывают перед механикой создаваемые в последнее время системы, которые объединяют современную экспериментальную технику с вычислительной, используемой в них как для управления экспериментом, так и для обработки его данных.

Для современной техники и естествознания первостепенное значение имеет изучение явлений, происходящих в экстремальных условиях очень больших скоростей, высоких или крайне низких температур, явлений, в которых механическое равновесие и движение существенно зависят от электромагнитных излучений, атомных и ядерных процессов, химических реакций, в свою очередь изменяя условия их протекания.

Ярким примером являются проблемы механики, связанные с плазмой. Знание законов движения плазмы имеет большое значение в энергетике, в космической технике.

При попытках осуществить термоядерную реакцию создают плазменные шнуры в сильных магнитных полях. Они неустойчивы. Однако можно значительно продлить их жизнь, если образовать магнитное поле нужной конфигурации. Расчет таких полей и движение в них плазмы составляет содержание актуальной области современной механики. Любопытно, что в ряде случаев плазму приходится рассматривать как бы состоящей из двух взаимодействующих жидкостей — электронной и ионной.

С вопросами плазмы тесно связано имеющее непосредственное отношение к механике изучение технологических процессов, осуществляемых мощным лазерным лучом: резка, сварка, термическая обработка металлов. В то же время сама современная техника создания мощных газовых лазеров требует газодинамических исследований.

Весьма эффектно стерильная плазма, образующаяся в инертном газе при фокусировке излучения непрерывного лазера. Возникает своеобразная миниатюрная шаровая молния, ослепительное свечение которой поддерживается сколь угодно долго энергией луча. Явление, которое, несомненно, будет использовано в практических целях, совершенно аналогично горению и исследуется, в сущности, точно так же, посредством одних и тех же уравнений. Плазма, образующаяся при горении, в свою очередь используется для создания новых типов мощных лазеров.

Уже родилось новое направление техники — плазмохимия — образование химических продуктов при очень высоких температурах. И здесь видная роль в решении технологических задач принадлежит именно механике.

Горение относится к разделу механики, называемому аэротермохимией. Помимо энергетики, горение может быть использовано для получения новых видов химических соединений и создания новых технологических процессов. Для решения практических задач, связанных с горением, необходимо провести еще много исследований — теоретических и экспериментальных. Немаловажную роль играют здесь вопросы устойчивости пламени.

Новую жизнь обрели области механики, которыми занимались многие десятилетия: теория машин и механизмов, насчитывающая более двух столетий, теория навигационных систем, прежде всего гироскопов. Полезные для практики вопросы анализа и синтеза плоских и пространственных механизмов близки к завершению. Основными направлениями теории машин становятся теперь исследования по механике роботов, манипуляторов и шагающих машин, управляемых электронными вычислительными машинами.

В последнее время большое внимание уделяется виброакустике — анализу шума и колебаний машин. Это нужно не только для борьбы с шумом, но также для диагностики неисправностей и оценки внутреннего состояния машин. Специально создаваемые вибрации нашли полезное применение в ряде технологических процессов, например при погружении свай в грунт и при транспортировке предметов, в частности вверх по наклонной плоскости при ее поступательной вибрации.

Изучение трения и износа поверхностей сочленяющихся деталей машин привело к необходимости учета механических, химических и даже электрических свойств смазки и материалов, из которых изготавливаются шипы и подшипники. Молекулярно-механический подход к явлению трения позволил в ряде случаев создавать материалы с наперед заданными характеристиками, например, материалы для тормозов, сохраняющие свои свойства при сильном нагреве, и самосмазывающиеся материалы, работающие даже в условиях глубокого (космического) вакуума. Физико-химическое модифицирование трущихся поверхностей и смазочных веществ позволило разработать новые способы (избирательный перенос, трибополимеризация), резко снижающие трение и повышающие износостойкость трущихся пар. Тем самым представляется возможным существенное улучшение качества и увеличение долговечности машин, значение чего для народного хозяйства трудно переоценить.

В громадной степени возросшие требования к точности и надежности навигационных систем, используемых в авиации, флоте, космических аппаратах, поставили перед исследователями в этой области множество новых задач, связанных с гидродинамикой, электростатикой, электродинамикой, техникой низких температур, ядерной физикой. На этом примере видно, как происходит взаимодействие с другими областями физики, даже в таком классическом разделе механики, каким является теория гироскопов. Полеты автоматических космических кораблей на Луну с последующим возвращением на Землю — яркое свидетельство совершенства советских навигационных систем.

При создании современных гироскопических устройств и приборов требуется тонкий учет обстоятельств механической природы. Особенно это относится к пространственному гироскопическому компасу, гироазимуту, гироскопическим указателям горизонта для морских кораблей и самолетов и гироскопическим стабилизаторам. Следует упомянуть также гиросtabilизированные платформы, гироскопические интеграторы кажущихся ускорений и гиротахометры, которые находят себе применение на ракетах

и космических кораблях и, кроме того, большой гироскоп, посредством которого стабилизируются на орбите спутники для метеорологических целей и радиосвязи.

Заметим, что понимание механики поведения Луны, обращенной к нам все время одной и той же стороной, привело к практическому осуществлению так называемой пассивной или гравитационной стабилизации спутника, вообще без гироскопов.

Механика подвешенного на струне вращающегося твердого тела, в частности с жидким наполнением, уже нашла практическое применение при создании новых конструкций центрифуг. Посредством подвеса на струне возможна также эффективная балансировка роторов быстровращающихся турбин и других машин.

Традиционные проблемы механики — теория колебаний и теория устойчивости — дополнились в советское время рядом исследований принципиального значения. Возникла теория нелинейных колебаний с ее многочисленными приложениями к изучению пространственных вибраций твердых тел, жидкостей со взвешенными в них частицами, самосинхронизации вращающихся роторов электродвигателей, расположенных на общем основании, прерывистого, скачкообразного движения тел, скользящих одно по другому, колебаний воды в уравнивательных резервуарах гидроэлектростанций, а также к широкому кругу вопросов радиотехники и регулирования технологических процессов. Важны и приложения теории параметрического резонанса. Во многих случаях оказалось существенным использование статистического подхода к изучению воздействия на колеблющиеся системы случайных сил.

Теория устойчивости оказалась полезной для многих вопросов техники, включая обеспечение устойчивости движения судов, автомобилей, самолетов, ракет, а также следящих систем, гироскопических устройств и процессов, происходящих в химических реакторах. Не всегда неустойчивость является помехой. Напротив, она необходима для возбуждения автоколебаний, происходящих с неизменной амплитудой за счет стороннего источника энергии. В иных случаях, как, например, при инерциальном управлении баллистическими ракетами, неустойчивость просто не успевает развиться из-за краткого времени действия двигателей на так называемом активном участке полета ракеты.

Объяснение причин и закономерностей возникновения и развития неустойчивости течения жидкости (при достаточно большой ее скорости, точнее некоторого безразмерного параметра — числа Рейнольдса), в частности проблема возникновения турбулентности, до сих пор не нашли еще сколько-нибудь полного решения, несмотря на их исключительную важность для многих проблем физики и техники.

Тем не менее выполнены существенные исследования турбулентного движения как с применением методов подобия и глубоких статистических методов, так и на основе численного решения общих нестационарных уравнений течения вязкой жидкости. Практическому определению величины турбулентного трения при движении тел в жидкости и самой жид-

кости или газа в трубах способствуют результаты многочисленных экспериментальных исследований и полуэмпирические методы расчета турбулентных течений.

Загадочность явления турбулентности усугубилась открытием факта снижения в несколько раз сопротивления движению жидкости в трубах и движению тел в самой жидкости в условиях турбулентности, если в жидкости растворить в малых дозах (до миллионных долей от веса самой жидкости) некоторые высокомолекулярные соединения. Этот удивительный феномен уже успешно используется в технике, хотя его механизм детально не выяснен.

Значительную область механики представляет исследование течений дисперсных и неоднородных сред — взвесей твердых частиц в жидкостях и газах, суспензий, аэрозолей, эмульсий и газожидкостных смесей. При этом во многих случаях происходят химические реакции, возникает кипение и необходим учет испарения. Уметь рассчитывать подобные явления необходимо для многих задач химической промышленности, тепловой и атомной энергетики, решения проблем очистки воздуха от вредных примесей, воды от разлившейся по ней нефти. Следует отметить практическую полезность учета механических явлений в процессах флокуляции и флотации при добыче и переработке (обогащении) полезных ископаемых, а также исследований по механике концентрированных суспензий мелких частиц типа глинистых растворов, применяемых при бурении.

Для химических производств имеют также существенное значение результаты исследования по механике псевдооживленного слоя, образующегося при прохождении газа сквозь слой твердых частиц катализатора. Химические реакции происходят несравненно энергичнее, если этот слой в результате поддува снизу вспухнет. При этом все частицы катализатора окажутся во взвешенном состоянии и придут в движение турбулентного характера. Однако на практике это удается осуществить далеко не всегда. Сквозь слой могут прорываться газовые пузыри, а при малом поддуве псевдооживление не охватывает всего объема катализатора.

Знание механических свойств так называемых аномальных жидкостей — растворов и расплавов полимеров — важно при организации ряда процессов химической технологии, в частности производства полимерных волокон и пленок, играющих значительную роль в народном хозяйстве. Такие жидкости наряду с вязкостью обладают также свойствами упругости, что в ряде случаев осложняет расчет и осуществление необходимого технологического процесса.

Не следует сбрасывать со счета результаты исследований по многим классическим вопросам механики несжимаемой жидкости, вязкой жидкости и идеального газа. Примерами могут служить полезные приложения этих исследований к движению судов на подводных крыльях, глиссированию по поверхности спокойных водоемов, к планерам и самолетам местной авиации, вертолетам, промышленной аэродинамике, транспорту на воздушной подушке, движению уединенной волны и цунами, несущих большую разрушительную энергию, к гидродинамической и газодинами-

ческой теории подшипников, точечному взрыву в неограниченном газе, прорыву продуктов взрыва в атмосфере за ее пределы.

Вопросы механики пограничного слоя играют существенную роль при расчете обтекания крыльев самолета, сопротивления движению тел в воде, в теории турбомашин (обтекание решеток роторов турбин гидроэлектростанций и других энергетических установок) и в других вопросах, связанных с движением жидкости, газа и плазмы, в частности для магнитногидродинамических генераторов энергии, а также для геофизики.

До сих пор представляют интерес вопросы кавитационного течения жидкости и теория куммуляции, особенно в связи с новыми попытками обжата дейтерия с целью получения термоядерной реакции.

Механохимические явления разыгрываются при движении тел в воздухе с большой скоростью, например, в случае возвращения космических кораблей и аппаратов на Землю. Описать процесс смыва, точнее сдува, переходящей в плазменное состояние защитной обмазки оболочки корабля и обеспечить, в результате, его благополучное возвращение невозможно без предварительного проведения сложных газодинамических и термодинамических расчетов. Не менее сложны газодинамические расчеты, связанные с конструированием сверхзвуковых самолетов и ракетных двигателей. Остается пока недостаточно выясненной причина возникновения в соплах двигателей значительных колебаний звуковой частоты, приводящих к разрушению конструкции.

В гидродинамической теории прогноза погоды, достигшей за последнее время больших успехов, имеются нерешенные проблемы механики, например проблемы, связанные с зарождением и распространением ураганов. Даже такое обычное явление, как грозовое облако, изучено далеко недостаточно, и пока неизвестно, можно ли регулировать его поведение и каким образом. Проблему борьбы с лесными пожарами сейчас можно рассматривать также как одну из задач механики.

В океанологии не полностью ясна природа недавно обнаруженных вихрей, простирающихся на сотни километров посреди океана и несущих в себе заметную часть всей энергии течения в этих областях.

Теория фильтрации, т. е. просачивания жидкостей и газа сквозь поры их заключающих пластов, легла в основу расчетов разработки нефтяных и газовых месторождений. Известно, что извлечение нефти из пластов происходит подчас не более чем на одну треть, да и газа далеко не полностью. Поэтому увеличение эффективности разработки месторождений требует решительного подъема теоретических и экспериментальных исследований в этой области механики. После установления уравнений фильтрации жидкости и газа и решения многих полезных задач для мелиорации и строительства гидроэлектростанций были исследованы вопросы движения контура нефтеносности и вытеснения нефти водой. Учет реальных свойств пластов и пластовых жидкостей привел к новым постановкам — теории упругого режима, учитывающей сжимаемость жидкости и деформируемость пласта, теории фильтрации газированной жидкости, модели движения в трещиновато-пористом пласте, где определяющую роль иг-

рает обмен между порами и трещинами, теории движения в пористой среде аномальных жидкостей. Для расчета сложных течений при вытеснении нефти водой теперь развиты и успешно применяются численные методы с использованием электронных математических машин.

Создание промышленных и энергетических сооружений, транспорта, спортивных комплексов и высотных зданий потребовало от механики широкого развития методов расчета на прочность и устойчивость различных строительных конструкций — стержневых систем, пластинок и оболочек, фундаментов, плотин и подпорных стенок, корпусов судов, самолетов и ракет, башен телевидения.

Особенно сложным оказалось исследование напряженного состояния оболочки — тела, имеющего вид искривленного листа, бака, купола. Немало математических трудностей пришлось преодолевать при расчете плит, в частности, нагруженных силами, лежащими в их срединной плоскости (плоская задача теории упругости), при определении напряжений в месте контакта двух тел, например колеса и рельса (контактная задача теории упругости) при расчете фундаментов, лежащих на грунтах различного свойства — скальном, связном и сыпучем.

Предельные нагрузки на песчаный грунт, после превышения которых грунт начинает выдавливаться из-под фундамента, определяются методами механики сыпучих сред. Сюда же относятся практические задачи о нахождении предельного давления сыпучей среды на подпорную стенку и задача о форме необрушающегося откоса.

Сжатые элементы конструкции — стержни, пластинки и оболочки — могут при их нагружении (в том числе и собственным весом сооружения) потерять устойчивость и выпучиться в сторону, что, как правило, кончается разрушением конструкции в целом. Поэтому помимо расчета на прочность таких элементов приходится проводить проверку запаса устойчивости конструкции в соответствии с положениями теории устойчивости упругих систем. Любопытно, что при внезапном нагружении элементы конструкции могут в течение короткого времени выдерживать усилия, значительно превышающие критические, соответствующие потере устойчивости при медленном нагружении. Полая стальная цилиндрическая оболочка после воздействия достаточно сильного подводного взрыва становится, например, гофрированной, а не сплюсненной.

Если на конструкцию воздействуют периодические нагрузки, то методами теории колебаний определяется спектр частот ее упругих вибраций, чтобы, если потребуется, последующим изменением параметров избежать возникновения губительного резонанса. В ряде случаев сооружение должно противостоять нагрузкам, возникающим при землетрясениях, сильных ураганах и воздействии взрыва. Соответствующие расчеты особенно ответственны; они требуют предварительного проведения больших теоретических исследований и анализа натуральных наблюдений, а подчас и специально поставленного эксперимента.

В некоторых случаях поток воздуха, обтекая ту или иную конструкцию, раскачивает ее — явление флаттера. Теперь флаттер в значительной мере

изучен и известно, как его избежать. Однако ранее он был причиной многих серьезных аварий самолетов из-за поломки колеблющихся крыльев и даже разрушения подвесных мостов.

Задача механики о распространении волн в средах находит большое практическое приложение в сейсмологии — науке о землетрясениях. Посредством анализа прохождения волн, вызванных, например, взрывом, можно в некоторых случаях произвести георазведку, в частности полезных ископаемых. Не прекращаются попытки решения средствами механики важнейшей проблемы предсказания землетрясений.

С целью уменьшения веса конструкций и экономии металла в современных сооружениях допускаются такие напряжения, при достижении которых превосходит предел упругости материала, и в нем возникают пластические деформации. Нередко расчет на прочность ведется по так называемой предельной несущей способности конструкции. При еще большем нагружении она как бы превращается в механизм и разрушается.

Законы пластического деформирования материалов — теории пластичности — сложнее законов теории упругости, согласно которым деформируются тела упругие, возвращающиеся к своей первоначальной форме после снятия действовавших на них нагрузок. В упругопластических телах, деформация которых превзошла предел упругости, при этом могут возникнуть так называемые остаточные деформации и остаточные напряжения, что не всегда желательно.

Пластическая деформация тел зависит, например, от того, в каком порядке к телу прикладываются силы; в ряде случаев, особенно при высоких температурах, она с течением времени медленно возрастает — явление ползучести. Существенное значение имеет расчет на ползучесть, т. е. определение необратимой деформации как функции времени, аппаратов химической промышленности и других агрегатов машиностроения, работающих при высокой температуре, включая лопатки газовых турбин и сопла ракетных двигателей. Свойства ползучести обнаруживает бетон и другие строительные материалы.

Пластическая деформация сопровождает многие технологические процессы — ковку, штамповку, волочение, обработку металлов резанием. Этим объясняется, что построение различных вариантов теории пластичности, а также теории ползучести, приложимых к конкретным случаям деформирования элементов конструкций, деталей машин и материалов, участвующих в тех или иных технологических процессах, продолжается и по сей день.

Продолжаются и исследования по механике вязкопластических и упруговязких тел, сред со статическим распределением трещин и посторонними включениями большой жесткости и тел, механические свойства которых меняются с течением времени (процесс старения).

Современная техника с характерными для нее экстремальными высокоинтенсивными режимами работы, осложняемыми воздействием химически активных сред и излучений, предъявляет совершенно особые, не встречавшиеся ранее и зачастую противоречивые требования к матери-

алам. Среди них важнейшие касаются механических свойств материалов, идущих на изготовление надежно работающих машин, сооружений, аппаратов, приборов. Значительное развитие в последнее время получила и продолжает оставаться в центре внимания проблема разрушения материалов, предотвращения катастрофических внезапных разрушений, вызываемых трещинами. Острота этой проблемы усугубляется необходимостью использовать в конструкциях легкие и в то же время прочные материалы. Но именно высокопрочные материалы подвержены такого вида разрушению, и задача заключается в изыскании путей повышения их трещиностойкости, т. е. сопротивления развитию в них трещин.

В свою очередь, решение этой задачи требует рациональных основ регулирования структуры материалов, что опять-таки представляет проблему механики, но относящуюся уже к «конструированию» самих материалов. Здесь механика тесно смыкается с физикой твердого тела и химией. Химические реакции с окружающей материал средой и происходящие в нем самом могут оказывать сильное влияние на механические свойства. При этом одновременное действие таких химических реакций и механических нагрузок может приводить к быстрому разрушению, которое не происходит, если каждый из этих факторов при той же интенсивности действует в отдельности. Эти проблемы составляют лишь небольшую часть бурно развивающейся механики материалов, лежащей в основе создания новых материалов и среди них — обладающих поистине уникальными свойствами — композитов.

В число основных выдвигается проблема изучения взаимосвязи деформирования и разрушения материалов с их структурой и ее дефектами, как начальными, возникшими в процессе изготовления, так и появляющимися и развивающимися в процессе нагружения. Построение теории сложных процессов деформирования и разрушения материалов на этой основе — важнейшая задача современной механики.

С этим кругом задач тесно связана проблема деформирования и прочности горных пород, важная для рационального проектирования гидротехнических сооружений и разработки месторождений полезных ископаемых (прежде всего угля и руд).

Следует отметить остающуюся пока недостаточно исследованной проблеме деформирования и прочности пород, насыщенных газом и жидкостью. С ее решением связана разработка мер борьбы с таким грозным явлением, как внезапные выбросы угля, породы и газа в шахтах.

Необходимо также упомянуть о разрушении в связи с такими процессами, где требуется производить его с минимальными затратами. Здесь снова можно назвать проблемы горной механики, связанные с проходкой горных выработок и добычей полезных ископаемых, а также ряд задач технологии химической, пищевой и сельскохозяйственной промышленности.

Особенно следует подчеркнуть комплексный характер проблем, возникающих перед механикой технологических процессов. Достаточно в качестве примера назвать электросварку. Здесь требуется анализ газоди-

намических процессов в дуге, гидродинамических процессов в зоне оплавления, процессов затвердения и механического поведения высокого нагретого твердого металла, в который из расплава проникают примеси и в котором происходят фазовые превращения, влияющие на его деформируемость и прочность, наконец, процессов возникновения остаточных напряжений и деформаций и возможного образования трещин.

Большое внимание привлекает сейчас биомеханика: изучение движения крови и других биологических жидкостей, механика мышцы сердца, почек, легких, изучение движения живых существ, например, рыб и пр. Здесь механика смыкается с медициной и биологией.

Наконец, имеется общая проблема, относящаяся к различным разделам механики и ее приложений. Это проблема управления и оптимизации систем и процессов. Оптимальное управление движением летательных аппаратов, оптимизация конструкций и сооружений, выбор наилучших режимов работы машин, построение оптимальных форм тел в потоках жидкостей и газов, оптимизация технологических процессов — все это примеры задач оптимального управления механическими системами.

* * *

Механика в прошлом понималась как наука о движении, равновесии и изменении геометрической формы тел под действием сил и о самих силах. Агрегатное состояние тел и их химический состав полагались неизменными. Затем практические приложения и логика развития самой науки привели к тому, что в механику прочно вошла термодинамика и, если угодно, покинула ее наука о движении частиц, называемых элементарными, а также учение о природе электромагнитных волн. Далее механика включила в себя изучение процессов, связанных не только с плавлением, затвердением, испарением, кипением и конденсацией, с теплопередачей вообще, но и с капиллярными силами, диффузией и химическими реакциями, в частности с горением, взрывами и детонацией. Методы механики распространились на движение в магнитных и электрических полях, а механика материалов, в частности наука о прочности и разрушении, стала учитывать обстоятельства тонкой физической и химической природы, например, действие поверхностно-активных сил и химически агрессивной среды, радиоактивного и лазерного излучений.

Механика в настоящем как бы пронизывает все естественные научные дисциплины и с полным правом может считаться одним из краеугольных камней современной науки и техники.