УДК 378.4.4:622.233 (093)

А.П.ГОСПОДАРИКОВ, С.А.ТОЛСТУНОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИКИ НА РАЗВИТИЕ ГОРНОЙ ТЕХНИКИ ДО НАЧАЛА XX в.

Рассматривается становление механики как науки в ее историческом развитии до начала XX в. Особенность исторического развития механики обусловлена развитием техники. В начальный период (конец XVIII – начало XIX в.) техника опережала развитие механики, а затем с развитием дифференциального и интегрального исчислений механика начинает опережать технику и обеспечивает ее дальнейшее развитие. Приводятся этапы развития техники и механики, при этом отмечаются направления развития отдельных разделов механики. В связи с возникающими потребностями горного производства появляются и совершенствуются как простые, так и сложные машины (насосы, подъемные установки, воздуходувные машины и т.д.). С их появлением возникает необходимость их обслуживания и ремонта. Особое внимание уделено вкладу российских ученых и изобретателей в развитие техники и механики.

In the article the development of mechanics, as sciences, in its historical development prior to the beginning XX of century is esteemed. The feature of historical development of mechanics is conditioned by an advance in technology. In an initial stage up to the end XVIII and beginning XIX centuries engineering advanced development of mechanics, and then with development of differential and integral numerations the mechanics starts to advance engineering and provides its further development. In the article the phases of an advance in technology and mechanics are resulted, thus the development trends of separate sections of mechanics are marked. In connection with arising needs of mining occur and are perfected both simple, and composite machines (pumps, winding plants, pressure-blowing machines etc.). With their occurrence there is a necessity of their service and repair. The special attention is given to the contribution of the Russian scientists both inventors in an advance in technology and mechanics.

Существующий материальный мир находится в процессе непрерывного движения. Под движением понимается всякое изменение вообще. Механическое движение как частный случай движения вообще представляет собой перемещение материальных тел относительно друг друга, совершающееся в пространстве и во времени. Это простейшая форма движения. Таким образом, объектом изучения в механике является механическое движение как одна из простейших форм движения. Простейшие формы движения сопутствуют более сложным формам, которые, в свою очередь, не могут быть целиком сведены к простейшим.

Механика как наука начинает формироваться уже в условиях рабовладельческого строя, когда с развитием скотоводства и земледелия, строительства городов и различных гидротехнических сооружений возникает потребность в развитии математики, механики, астрономии и других наук.

Появление простых машин одновременно привело к появлению механики машин, изучающей строение, кинематику и динамику. Появление машин также обусловило выделение основного понятия «машина». Смысл этого понятия менялся с изменением самих машин, зависел от места, которое занимали машины в жизни общества. Первыми приспособлениями для облегчения физического труда были рычаги, наклонная плоскость и клин. Дальнейшим развитием рычага явилось изобретение колеса, гребного весла и рычажных весов. Все эти изобретения используются человеком более пяти тысяч лет. В более позднее время на базе рычага был создан ворот и винт. Дальней-

шее развитие механики привело к появлению сложных машин, которые в той или иной степени включали простые приспособления. Напомним, к простым машинам в технике относят пять приспособлений, а именно: рычаг, полиспаст и блоки, ворот с колесом и приводом, клин и винт.

Непрерывное развитие механики вплоть до XVIII-XIX вв. осуществлялось на основе развития техники. Техника опережала развитие науки и тем самим создавала благоприятные условия для развития самой механики. Методы научных исследований до этого периода, в основном, сводились к применению основных задач статики к решению прикладных задач механики. Резкий перелом в развитии механики как науки наступил после появления аналитической и начертательной геометрии, развития дифференциального и интегрального исчислений. В руках практиков и ученых появились совершенно новые инструменты научных исследований, позволившие рассматривать физические процессы и предсказывать заранее неизвестные в технике явления. Начиная с середины XIX в., развитие науки, в том числе и механики, постепенно опережает развитие техники и выходит на новый качественный уровень. Механика рассматривает более широкий круг задач, связанных не только с действием машин или механизмов, но и с взаимодействием машин со средой либо действием среды на машины.

Дальнейшее накопление практического и научного материала создало благоприятную почву для развития самостоятельных разделов механики: аналитической механики, механики сплошной среды, гидрогазодинамики, механики тел переменной массы, релятивистской механики, механики деформируемого твердого тела и др. В частности, появление совершенных и сложных машин и механизмов в горной практике, исследование процессов проявлений горного давления привело к формированию в начале XIX в. особого раздела механики – горной механики.

Первые дошедшие до нас наиболее крупные работы в механике выполнены Архимедом (287-212 гг. до н.э.). Эти работы содержат основы геометрической статистики: учение о равновесии рычага, о центре тяжести, о равновесии плавающих в жидкости тел. Архимед вычислил с большой точностью отношение длины окружности к ее диаметру (число $\pi \cong 22/7 \cong 3{,}14$), создал теорию выпуклых полуправильных многогранников, вывел формулу для определения площади треугольника по длинам его сторон (неверно приписанную Герону) [1,11].

Исследовав спираль специального вида, Архимед построил касательную к ней и нашел площадь ее витка, что, фактически, стало предшественником создания методов дифференциального и интегрального (вычисление площадей фигур и объемов тел) исчислений.

На смену рабовладельческому строю пришел феодальный, способствовавший дальнейшему развитию производительных сил. Однако дешевый труд крепостного недостаточно стимулировал развитие техники и науки в целом. Лишь в эпоху Возрождения с середины XV в. происходит быстрое развитие техники в связи с возникновением и развитием капиталистического способа производства. Потребность производства в использовании новых машин и механизмов ставила новые задачи перед механикой.

Это эпоха великих творений Леонардо да Винчи (1452-1519), итальянского художника, физика и инженера. Ему принадлежат исследования влияния трения в простейших машинах, а также исследования движения тел по наклонной плоскости и др. Другой великий польский ученый Николай Коперник (1473-1543) создал гелиоцентрическую систему мира. Н.Коперник привнес в астрономию новый критический дух, дал правильную оценку эстетической формы и заново отредактированным текстам античных авторов. Идея вращения Земли была сформулирована Аристархом еще в III в. до н.э. Эта идея всегда существовала как альтернативная, хотя и абсурдная, ибо предполагалось, что Земля неподвижна, тогда как движение Солнца, Луны и звезд можно было наблюдать. Необходимы были мужество и соответствующий уровень развития науки, чтобы опровергнуть эту точку зрения.

Н.Коперник, при всей своей природной застенчивости, обладал незаурядным мужеством, что позволило ему осуществить этот решительный разрыв с прошлым.

Учение Н.Коперника стало основой небесной механики, что позволило в дальнейшем И.Кеплеру (1571-1630) установить три основных закона движения планет, которые, в свою очередь, привели И.Ньютона к известному закону всемирного тяготения. Для вычисления объемов тел вращения И.Кеплер применял метод исчерпывания; он разбивал тело на множество элементарных частей, объемы которых поддавались вычислению. Находя объем тела как сумму таких элементарных объемов, И.Кеплер использовал выражение Summa omnium – «сумма всех». В ряде своих работ для краткости И.Кеплер ставил просто букву *S*. Этот прием позднее был введен в общее употребление Г.Лейбницем (удлиненная буква *S*) для сокращенного обозначения выражения «сумма всех», которое стало знаком интеграла. И.Кеплер также участвовал в разработке теории логарифмов, способствовал изобретению первой вычислительной машины В.Шикардом. И.Кеплер ввел в научный оборот термин «фокус» для кривых второго порядка (параболы, гиперболы, эллипса) [4, 9, 14].

Впервые натуральные логарифмы были введены в 1614 г. шотландским математиком Джоном Непером (1550-1617). Сравнивая арифметическую и геометрическую прогрессии, Д.Непер нашел, что между членами этих двух прогрессий имеется определенная связь, которую он и выразил в виде логарифма. Иобст Бюрги (1552-1632) – механик и часовщик, швейцарец по происхождению, впервые создал таблицу логарифмов, опубликованную в 1620 г. в работе «Арифметические и геометрические таблицы прогрессий». Более совершенную таблицу натуральных логарифмов создал Д.Непер, который дал оригинальное определение логарифмов и предложил основные формулы сферической тригонометрии (неперовы аналогии). Слово логарифм образовано из греческих слов, обозначающих «число отношения», которое впоследствии было вытеснено термином «показатель степени». Д.Непер также более точно вычислил число «е». Со времен Л.Эйлера число e = 2,7182818…, являющееся основанием натурального логарифма, называют неперовым числом [10, 14].

В этом направлении работал также Г.Бригг (1561-1630) – английский математик, профессор Оксфордского университета. Он составил большие (четырнадцатизначные) таблицы десятичных логарифмов, используя свои методы вычислений. Название натуральный (натуральный – значит естественный) противопоставлено их десятичным логарифмам (за основание принято число 10). Особая роль десятичных логарифмов во многих приложениях математики объясняется тем, что число 10 есть основание десятичной системы счисления. Однако возможны и другие системы счисления, при которых десятичные логарифмы не играли бы существенной роли. В настоящее время широкое распространение получили две системы логарифмов: неперова (натуральная) с основанием 2,718… и обыкновенная (бриггова) с основанием 10. Другие системы логарифмов менее употребительны.

Новый этап в развитии механики открылся работами итальянского ученого Г.Галилея (1564-1642). Г.Галилей заложил основы динамики в механике. Ему удалось получить математическое описание движения тел, вывести закон свободного падения тел. Достижения Г.Галилея стали возможными в силу того, что он овладел в совершенстве математикой, достигшей расцвета в эпоху Возрождения. В.Виет (1540-1603) сделал решающий шаг, введя символику во все доказательства на основе применения буквенных обозначений для выражений известных и неизвестных величин в алгебре и в тригонометрии. Этот прием ускорил вычисления и устранил путаницу, вносимую словесными выражениями.

Огромным практическим шагом было введение в 1585 г. С.Стивеном (1548-1620) десятичных дробей. В сочинении И.Ньютона (1642-1727) «Математические начала натуральной философии» заканчивается построение здания классической механики.

Законы классической механики достаточно точно отражают объективную реальность лишь при определенных условиях. Они применимы лишь в тех случаях, когда имеют дело с движением больших масс, скорости которых значительно меньше скорости света.

И.Ньютон открыл математический метод обращения физических законов в количественно измеримые результаты, которые могли быть подтверждены наблюдениями и, наоборот, в выводе физических законов на основе таких наблюдений. Средство, с помощью которого Ньютон это осуществил, было исчисление бесконечно малых величин, или, как он называл его, метод дифференциального исчисления (равномерного течения непрерывной функции). Закон силы тяготения, открытый И.Ньютоном, вытекает из закона движения И.Кеплера, взятый в обратном отношении. Иными словами: одна и та же задача решалась разными путями.

Математический анализ, развитый И.Ньютоном, использовался им для решения множества механических и гидродинамических проблем. И поэтому он сразу стал математическим аппаратом понимания переменных вопросов механической техники [1].

В 1724 г. Петром I был подписан Указ об организации Российской академии наук в Санкт-Петербурге, которая вскоре становится крупнейшим центром научной мысли России.

Самим ходом истории была поставлена задача создания основ русской горной науки, которую блестяще разрешил великий русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов (1711-1765). В 1741 г. он приступил к основному своему труду «Первые основания горной науки», переименованному в 1742 г. в «Первые основания металлургии или рудных дел». Этот труд, изданный в 1763 г., высоко поднял русскую горную науку, создал ей всемирную славу, явился первым учебником по горному искусству. В нем были отражены все основные вопросы: теория происхождения ископаемого угля, вскрытие месторождений, проходка и крепление выработок, система и способ управления кровлей при разработке пологих месторождений («лежачих жил»), крепление очистных забоев, подъем, водоотлив, проветривание и т.д. М.Ломоносов создал теорию естественной тяги воздуха, описал существующие в то время вентиляционные устройства, разработал новые машины, в том числе собственную вентиляционную установку (имеет сходство с современным эжектором), впервые высказал идею химической переработки ископаемых углей и т.д.

М.Ломоносов впервые открыл закон сохранения материи и убедительно подтвердил его наглядным опытом. В запаянной колбе под действием света происходило окисление цинка и превращение его в оксид цинка. При этом масса тела оставалась неизменной. Примечательно, что Лавуазье только спустя 23 года в своих трудах вернулся к этому закону и сформулировал его заново. М.Ломоносов правильно установил природу электричества, возникающего при движении воздушных масс. Его теория теплоты, вызванной движением молекул, и предсказания о возможности существования абсолютного нуля подтвердилась последующими научными исследованиями. Практические приложения науки всегда были в центре внимания М.Ломоносова [12].

Исключительная роль в применении математических методов для развития механики принадлежит Леонарду Эйлеру (1707-1783). Л.Эйлер приехал в Россию (1727) двадцатилетним юношей и здесь обрел свое новое отечество. Развивая аналитические методы механики, Л.Эйлер дал полную теорию свободного и несвободного движения материальной точки и рассмотрел ряд задач динамики твердого тела, в частности, задачи о движении твердого тела вокруг неподвижной оси и вокруг неподвижной точки. Работы Л.Эйлера, посвященные вопросам гидромеханики, теории механизмов и машин, внешней баллистике, весьма актуальны и сегодня.

Исключительную ценность представляют работы Л.Эйлера по определению устойчивости стержневых систем. Полученные им формулы по определению предельных устойчивых состояний используются и в настоящее время для проверки устойчиво-

сти горных крепей разных конструкций. Знаменитый труд Л.Эйлера «Новая теория Луны», переведенный на русский язык А.Н.Крыловым, содержит математические приемы и методы, которые используются при решении различных технических задач. Л.Эйлер указывал, что основным признаком каких бы то ни было машин является движение, поэтому изучать их необходимо только в состоянии движения. Каждая машина должна состоять из трех частей: силы, приводящей в движение машину, передающего механизма и полезной нагрузки. На основе такой конструкции Л.Эйлер предложил метод составления уравнений движения, метод определения коэффициента полезного действия машины и наметил методы исследования таких машин [6, 7].

Значительны заслуги в развитии механики Д.Бернулли (1700-1762), академика Российской академии наук. Вместе с М.Ломоносовым он стоял у истоков возникновения кинетической теории газов. В его трудах можно найти предвосхищение законов Гей-Люссака, Клапейрона, Шарля. В работе «Гидродинамика», изданной в Страсбурге в 1738 г., приводится уравнение установившегося движения идеальной несжимаемой жидкости, которое является главным в гидро- и газодинамике. Одним из первых Д.Бернулли исследовал колебания различных систем, в том числе системы грузов, подвешенных на гибких нитях. Идеи Д.Бернулли и сегодня применяются при исследованиях колебаний канатов, используемых в горных выработках. Отметим также, что его математические работы по теории рядов, теории специальных функций и теории вероятностей известны во всем мире [8].

Академик Я.Герман (1673-1733) впервые сформулировал основной принцип кинетостатики – «Петербургский принцип», позволяющий многие задачи динамики формально сводить к статическим задачам [20].

Значительное развитие принципов механики отражено в трудах представителей французской школы механиков, наиболее ярким из которых является Жан Д'Аламбер (1717-1783). В своем «Трактате о динамике» (1743) он сформулировал важный принцип: для каждой точки материальной системы геометрическая сумма потерянной силы P и дополнительной силы N, появляющейся в результате наличия связей, равна нулю. Этот принцип назван именем Д'Аламбера.

В современных учебниках по теоретической и аналитической механике можно встретить различные варианты формулировок этого принципа. С помощью принципа Д'Аламбера осуществляется переход от динамической задачи к статической, а для решения последней можно применять методы решения статических задач.

Д'Аламбер доказал существование воздушных приливов, обосновал теорию возмущения планет. В математике он разработал метод решения дифференциального уравнения второго порядка с частными производными, описывающего поперечные колебания струны. Для решения некоторых дифференциальных уравнений впервые применил функцию комплексного переменного. Его именем назван один из достаточных признаков сходимости числовых рядов [14, 17, 18].

Ж.Лагранж (1736-1813) разработал общую методику решения динамических задач в отличие от подхода Д'Аламбера, пригодного только для ограниченного круга задач.

В своей «Аналитической механике» (1788) Ж. Лангранж показал тесную связь «принципа Д'Аламбера» с «Петербургским принципом». Опираясь на принцип Д'Аламбера и принцип возможных перемещений, Ж.Лагранж разработал общую методику решения задач динамики и статистики аналитическим путем. Аналитическая механика Ж.Лангранжа, благодаря общности полученных в ней результатов, сыграла весьма важную роль в развитии науки и техники, поскольку результаты успешно применялись в самых различных областях.

Наряду с дальнейшим развитием аналитических методов в XIX в. в механике получают широкое распространение геометрические методы. Исследования Ж.Лагранжа подвели итог значительного этапа работы механиков и математиков конца XVIII в. [10]. Возникновение механики машин в конце

XVIII в. также связано с работами Л.Эйлера, Л.Карно и Г.Монжа.

Конец XVIII в. характеризуется началом промышленного переворота. В Англии он протекал примерно с 1780 по 1830 гг. Эти годы ознаменовались тем, что появилось огромное количество машин в разных отраслях производства. Для производства этих машин потребовалась совершенно новая отрасль – машиностроение. Формирование новой отрасли создавало, с одной стороны, повышенные требования к механике машин и математике, а с другой стороны – обеспечивалось их быстрое развитие. Появился круг совершенно новых задач, решение которых старыми методами становилось невозможным. Машины стали изготавливать из железа, чугуна и стали вместо дерева, а задачи кинематики и динамики таких машин стали выходить на первый план. В частности, в 1810 г. вышла работа А.Гениво «Опыт науки о машинах», в которой приведен простой расчет маховика (зависимость веса обода маховика от мощности машины и его диаметра). Позднее А.Навье дает строго точный расчет веса обода маховика [11, 18].

Представитель другого (геометрического) направления в механике Л.Пуансо (1777-1859) дал чисто геометрическое изложение статики и применил геометрические методы в кинематике и динамике.

Дальнейшее развитие графические методы решения задач статики получили в трудах швейцарского ученого К.Кульмана. Гаспар Монж одним из первых установил, что основной функцией машины являются передача и преобразование движений и предложил классифицировать машины по их кинематическим признакам. На базе идей Г.Монжа его ученики Бетанкур и Ланц составили классификацию движений машин и разбили их на 21 группу. Отметим, что работы Г.Монжа положили начало развитию начертательной кинематической геометрии как самостоятельного раздела механики. Само понятие «кинематика» неоднократно уточнялось и наиболее точно сформулировано в трудах польского ученого И.Гене-Вронского и французского физика А.Ампера [1, 5, 10].

Немецкому ученому К.Гауссу (1777-1855) принадлежат классические исследования в области математики, астрономии и математической физики. К.Гауссом был установлен один из принципов механики, носящий его имя. К этому же времени относится деятельность немецкого ученого К.Якоби (1804-1851), заслугой которого является разработка методов интегрирования дифференциальных уравнений динамики машин [3].

Работы немецких ученых Ю.Вейсбаха и Ф.Редтенбахера способствовали появлению нового раздела науки о машинах, так как немецкие исследователи стали рассматривать узлы машин как реальные физические тела. Впоследствии этот раздел механики стал называться «Детали машин».

Г.Гельмгольц (1821-1894) первым в строгой форме выразил закон сохранения энергии (1847). Классические исследования по гидродинамике, в том числе вихревых движений в жидкости, принесли ему мировую славу. Для механики и других областей физики большое значение представляет установленный Г.Гельмгольцем принцип наименьшей величины потенциала. Г.Герц (1857-1894) разработал теорию удара и усовершенствовал основные вариационные принципы механики.

Один из важных вариационных принципов механики – принцип Гамильтона – установлен английским ученым Г.Гамильтоном (1805-1863). Г.Гамильтон известен как один из разработчиков общих методов интегрирования дифференциальных уравнений движения.

В первой половине XIX в. отмечается значительный подъем русской культуры вообще и, соответственно, русской математической культуры. В это время ряды крупных ученых пополняют Николай Иванович Лобачевский (1793-1856) и Михаил Васильевич Остроградский (1801-1862). Н.Лобачевский является создателем неэвклидовой геометрии. В своих научных исследованиях он уделяет большое внимание обоснованию точных наук. В трудах Н.И.Лобачевского содержатся основные идеи теории относительности, из которых следует, что введение

неэвклидовой геометрии неизбежно должно вызвать изменение и в основах механики. Идеи Н.И.Лобачевского получат дальнейшее развитие в трудах других ученых спустя 50 лет, когда будет создана релятивистская механика. Гениальный Н.Лобачевский предвидел, что новая механика найдет свое применение как в условиях микромира, так и в условиях мирового пространства при больших расстояниях [6, 15, 16].

Чрезвычайно велика заслуга и М.Остроградского, например, в развитии аналитических методов механики и их приложении в решении конкретных задач. Его работы, в которых излагается обобщение принципа возможных перемещений на случай неудерживающих связей, распространение метода возможных перемещений на явление удара, решение ряда задач с интегрированием дифференциальных уравнений движения, занимают достойное место в ряду выдающихся достижений механики. Принцип Г.Гамильтона был распространен М.В.Остроградским на случай нестационарных связей.

Среди учеников и продолжателей дела М.Остроградского необходимо отметить целый ряд деятелей русской науки, создавших ей мировую славу. Знаменитый мостостроитель Дмитрий Иванович Журавский (1821-1891) разработал более совершенные методы расчета балок и мостовых опор. Его формулы для расчета напряжений высоких балок используются и в настоящее время. Д.Журавский также является создателем расчета раскосных ферм и теории скалывания при изгибе [16].

История автоматического регулирования машин начинается с патента Д.Уатта (1784) на паровую машину двойного действия. Для регулирования числа оборотов машины при сильно меняющихся нагрузках Д.Уатт применил центробежный регулятор. Этот регулятор хорошо работал при относительно низких (до 80 об/мин) оборотах машины. Установка такого регулятора на быстроходных машинах приводила к их отказу в работе. Попытки многих механиков мира улучшить данную ситуацию путем изменения геометрии регулятора, уменьшением трения в трущихся парах не приводили к желаемым результатам. Многие ученые, в том числе и Д.Максвелл, считали, что желаемого результата можно достичь при наличии астатического регулятора. Русский ученый Пафнутий Львович Чебышев в своей работе показал, что астатичность может быть получена и в обычном регуляторе Уатта путем изменения искривления стержней. Д.Эри предложил присоединить к муфте регулятора водяной катаракт. Однако отсутствие теоретических доказательств делало все эти предложения более чем сомнительными. Только появление строгих теоретических работ И.А.Вышнеградского (1831-1895) в этом направлении рассеяло все сомнения: в них было доказано, что астатический регулятор вообще непригоден для регулирования. Выводы автора заключаются в следующем: без неравномерности нет регулятора; без катаракта нет регулятора. Тема о регуляторах сразу стала прозрачной [11, 21, 22].

Истории развития учения о силах трения известны два крупнейших открытия: первое – это установление Амонтоном (1699) и затем Кулоном (1781) основных законов трения несмазанных (сухих) и плохо смазанных (загрязненных) тел; второе открытие – закон трения при смазке и создание основ математической теории смазки принадлежит русскому ученому Н.П.Петрову (1883). Классические исследования Амонтона и Кулона являются практически экспериментальными. Эти работы способствовали утверждению в механике плодотворных, и в некоторой степени формальных, представлений о механизме сухого трения. Работы Н.Петрова имеют строгую математическую трактовку и экспериментальное подтверждение, что способствовало созданию прочного фундамента гидродинамической теории смазки. В 1883 г. появилась работа Н.Петрова «Трение в машинах и влияние на него смазывающей жидкости», в которой была разрешена, в основном, одна из труднейших проблем техники – проблема смазки.

Идея Н.Петрова заключалась в том, что при смазке (жидкостном трении) силы тре-

ния определяются вязким сопротивлением смазочного слоя и, в соответствии с законом Ньютона, пропорциональны первой степени скорости. В своем исследовании он рассмотрел наиболее распространенный в машинах фрикционный узел в виде двух соосных цилиндров, разделенных тонким слоем жидкой смазки. На основе закона Ньютона Н.Петров показал, что при установившемся движении смазку можно рассматривать состоящей из множества бесконечно тонких цилиндрических слоев, расположенных соосно относительно друг друга. Для этих условий рассмотрено влияние внутреннего и внешнего трения жидкости на момент внешних сил, вращающих внутренний цилиндр. Решение именно этой задачи привело к установлению закона трения при смазке. Интересно отметить, что большинство современных двигателей, имеющих подшипники трения, смазываются принудительно проточной струей смазки, что обеспечивает минимальное сопротивление вращению и минимальный износ трущихся пар.

Исследования Н.Петрова по определению эффективности непрерывных тормозных систем показали, что наибольшая скорость остановки вращающегося колеса на рельсах наблюдается тогда, когда удается удержать колесо на границе перехода от качения к скольжению. Это важнейшее условие на практике реализовано совсем недавно. Большинство современных автомобилей имеют специальное устройство автоматической блокировки скольжения, назначение которого и состоит в обеспечении указанного условия торможения. Этим обеспечивается исключительная надежность и эффективность торможения [16].

После Крымской войны (1854-1856) началось интенсивное перевооружение русской армии, в том числе нарезной артиллерии, применяющей продолговатые снаряды вместо круглых. Первые крепостные и береговые нарезные пушки российского производства были изготовлены на основе расчетов Н.В.Маиевского. Им же составлены первые специальные таблицы стрельб из этих орудий. Н.Маиевский произвел расчеты свойств сплавов, используемых для обтюраторов и направляющих поясков снарядов нарезных орудий. Его расчеты более точны по сравнению с зарубежными авторами и признаны во всем мире. Таким образом, труды основоположника теории автоматического регулирования машин И.Вышнеградского (1831-1895), создателя гидродинамической теории смазки Н.Петрова и крупнейшего ученого в области внутренней и внешней баллистики Н.Маиевского занимают достойное место в мировой механике [Там же].

Полученные академиком П.Чебышевым фундаментальные результаты в теории чисел и теории вероятностей в значительной степени определяют направление развития этих наук и в настоящее время. П.Чебышев внес существенный вклад в развитие механики, был одним из создателей русской школы теории шарнирных механизмов и машин и аналитического синтеза механизмов. Разработанные им принципы синтеза механизмов привели к созданию новых конструкций, в частности приближенно-направляющих механизмов. Такие механизмы используются для получения криволинейного движения, сколь угодно мало отклоняющегося от прямолинейного. П.Чебышев создал математическую теорию полиномов, наименее отклоняющихся от нуля. Он также провел точный расчет шарнирного параллелограмма Уатта, изобрел механический арифмометр.

Следует иметь в виду тот факт, что сегодня в современных конструкциях механизированных крепей, особенно оградительно-поддерживающего типа, применяется особое устройство рычажного типа – «многоугольник Чебышева» – для обеспечения прямолинейности опускания верхнего перекрытия крепи.

Дальнейшее развитие идеи П.Чебышева прослеживается в трудах Алексея Михайловича Ляпунова (1857-1918), продвинувшего вперед проблему устойчивости движения механических систем [10, 14].

Большую ценность представляют работы Софьи Васильевны Ковалевской (1850-1891), посвященные задаче движения твердого тела около неподвижной точки.

Решить задачу о вращении абсолютно твердого тела относительно одной неподвижной точки – означает определить, как оно будет двигаться под действием всех приложенных сил.

Л.Эйлер составил в 1758 г. уравнение движения такого тела и смог проинтегрировать его для одного частного случая. Французский математик Л.Пуансо построил для этого случая впервые эллипсоид инерции и дал геометрическое толкование этого случая. Ж.Лагранжу удалось проинтегрировать уравнение Эйлера для другого случая, а С.Ковалевской удалось проинтегрировать уравнение Эйлера для третьего случая; сформулированный принцип назван ее именем. Этот принцип лег в основу дальнейшей разработки гироскопа, а также дальнейшего совершенствования нарезного оружия. Исходя из принципа С.Ковалевской можно определить, сколько и каких надо нарезать в канале ствола винтовых линий для придания снаряду вращения вокруг своей оси, чтобы он не опрокидывался в полете и попал в цель своей передней, а не задней частью. С.Ковалевская была первой женщиной, принятой в Российскую академию членом-корреспондентом в 1889 г. [14].

Дальнейшее развитие русской механики тесно связано с именем «отца русской авиации» Николая Егоровича Жуковского (1847-1921). Наряду с вопросами общей механики, Н.Жуковский занимался гидравликой, теорией упругости и астрономией. Он являлся одним из основоположников теоретической и экспериментальной аэродинамики. Н.Жуковским были разрешены две основные проблемы авиации: получена формула для определения подъемной силы крыла самолета и создана вихревая теория гребного винта, на основании которой проектируются пропеллеры современных самолетов. Вихревая теория винта, созданная Н.Жуковским, лежит в основе конструирования современных рудничных вентиляторов и насосов и имеет большое значение для горной промышленности. Большое практическое значение имеет разработанная Н.Жуковским теория гидравлического удара, а также его работы, посвященные отдельным конкретным задачам механики, в частности задачам, связанным с железнодорожным делом. В своих теоретических исследованиях Н.Жуковский опирался на эксперимент, проведение которого потребовало первоклассных для того времени аэродинамических лабораторий.

Дальнейшее развитие аналитической механики представлено в работах Сергея Алексеевича Чаплыгина (1869-1942). С.Чаплыгин показал, что уравнение Лагранжа не распространяется на системы с дифференциальными связями. Для этих систем он вывел свои уравнения движения. Знаменитые работы С.Чаплыгина по гидроаэродинамике и теории самолета являются основополагающими и в настоящее время. В своей работе «О газовых струях» (1896) он впервые предложил метод учета сжимаемости газа при движении в нем твердого тела. Основные положения этой теории стали весьма актуальны с развитием скоростной авиации. В 1914 г. С.Чаплыгин выполнил работу «Теория решетчатого крыла», значительно опередившую свое время. В этой работе он пришел к парадоксальному, на первый взгляд, выводу: крыло в виде жалюзи обладает б□льшей подъемной силой и более устойчиво в полете, чем сплошное крыло таких же размеров [14, 19]. Сегодня практически все самолеты имеют составные крылья, понятия о которых в то время отсутствовали. Указанная работа С.Чаплыгина является основной для проектирования винтов, турбин и других гидравлических машин.

Значительный вклад в развитие механики внесли работы Андрея Николаевича Крылова (1863-1945), которому принадлежат исследования девиации компасов, килевой качки корабля, вибрации судов и др. Созданные А.Крыловым в 1904 г. таблицы непотопляемости судна приняты на вооружение не только в России, но и спустя 10 лет во всех флотах иностранных держав. Например, в Англии таблицы непотопляемости введены только в 1926 г. Многие расчеты плит и балок выполнены им в оригинальном изложении и, в ряде случаев, используются по-прежнему успешно в горном деле.

Современные представления о творчестве И.Ньютона, Л.Эйлера, К.Гаусса, П.Дирихле и других ученых складываются у нас на основе перевода А.Крыловым научных трудов с латинского языка на русский. Добавим, что перевод «Математических начал натуральной философии» И.Ньютона с латинского языка на русский появился раньше, чем на английский.

Русской науке принадлежит приоритет в создании механики тел переменной массы. В этой области работал знаменитый деятель науки Константин Эдуардович Циолковский (1857-1935) в связи с проблемой межпланетных путешествий, а также профессор Иван Всеволодович Мещерский (1859-1935). Последний в своих трудах впервые дает в общем виде решение задачи о движении точки переменной массы, и полученные им выводы применяются к решению различных частных задач. Советские ученые являются достойными наследниками своих великих предшественников. Так, в работах советских ученых, посвященных вопросам устойчивости движения, находят дальнейшее развитие идеи А.М.Ляпунова (работы Н.Г.Четаева, Н.Д.Моисеева, Г.Н.Дубошина и др.) [13, 19].

Развитие горной промышленности происходит в тесной связи с развитием механики. Действительно, изучение горного давления способствует решению весьма сложных задач теории упругости, пластичности, ползучести; создание необходимых пролетов подземной выработки связано с устойчивостью подземных сооружений, а проблемы водоотлива и вентиляции приводят к задачам гидроаэромеханики, определение притока воды в шахту из водоносных пластов является предметом подземной гидравлики; проблемы рудничного транспорта, шахтного подъема, закладки выработанного пространства, создание новых машин и комплексов приводят в ряде случаев к задачам теоретической механики и теории механизмов и машин. С тех пор как наука стала необходимой отраслью, обеспечивающей техническое развитие производственных сил в государстве, русские ученые успешно применяли и применяют механику для решения различных проблем горной промышленности.

Среди таких ученых необходимо отметить основоположника горно-заводской механики профессора Горного института Ивана Августовича Тиме (1838-1920). Перу И.А.Тиме принадлежат более шестисот работ, многие из которых актуальны и в настоящее время. Примечательно, что курсовое проектирование в учебных заведениях было впервые подготовлено и введено И.А.Тиме. Дальнейшее развитие горной механики связано с именами академиков М.М.Федорова, А.П.Германа, В.С.Пака и др. Академику А.А.Скочинскому принадлежат фундаментальные исследования в области рудничной аэрологии и рудничных пожаров.

Капитальные труды в области рудничного транспорта и проектирования шахт А.М.Терпигорева, Л.Д.Шевякова, Б.И.Бокия, А.О.Спиваковского, Н.К.Полякова созданы с многочисленными примерами использования задач механики [2].

Таким образом, вступая в XX в., Россия имела уже достаточно много научных школ, получивших мировую известность и обеспечивших рост научных достижений в последующие периоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Берналл Д.* Наука в истории общества. М.: Наука, 1953.

2. *Бокий Б.И.* Аналитический курс горного искусства. Л.,1926.

3. *Гаусс К.* Об одном новом общем принципе механики // Вариационные принципы механики / Под ред. Л.С.Полака. М.: Физматгиз, 1959.

4. *Зворыкин А.А.* История техники. М., 1962.

5. *Зернов Д.С.* Прикладная механика. Л.: Госиздат, 1925.

6. Историко-математические исследования (Н.И.Лобачевский. История математики на Украине). М.: Госгортехиздат, 1956.

7. Историко-математические исследования (Л.Эйлер. К 250-летию со дня рождения. История математики на Украине). М.: Госгортехиздат, 1957.

8. История естествознания в России: В 3 т. М.: Изд-во АН СССР, 1962.

9. История механики в России / А.Н.Боголюбов, И.З.Штокало, Э.Г.Цытанкова и др. Киев: Наук.думка, 1987.

10. История механики с древнейших времен до конца XVIII в. / Под ред. А.Т.Григорьяна. М.: Наука, 1971.

11. История механики с конца XVIII в. до середины XX в. / Под ред.А.Т.Григорьяна. М.: Наука, 1972.

12. *Капица П.Л.* Эксперимент, теория, практика. М.: Наука, 1974.

13. *Кудрявцев П.С.* История физики и техники / П.С.Кудрявцев, И.Я.Конфедератов. М.: Просвещение, 1965.

14. *Лишевский В.П.* Охотники за истиной. М.: Наука, 1990.

15. *Лобачевский Н.И.* О началах геометрии // Полн.собр.соч. М., Л.: Госгортехиздат, 1946. Т.1.

16. Люди русской науки: Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники / Под ред. С.И.Вавилова. М., Л.: Гостехтеоретиздат, 1948.

17. *Мерцалов Н.И.* Общая теория механизмов. М., 1904.

18. *Мерцалов Н.И.* Избранные труды. М.: Машгиз, 1950. Т.3.

19. *Микулин А.А.* Принцип реактивного движения // Современные проблемы науки и техники. М.: Молодая гвардия, 1949.

20. *Осоцкий В.М.* Механика в горном деле. М.: Углетехиздат, 1957.

21. *Радциг А.А.* История теплотехники. М., Л., 1936.

22. *Радциг А.А.* Джемс Уатт и изобретение паровой машины. Петроград, 1924.