

МЕХАНИКА ПРОСВЕЩЕНИЯ

Кузьмин А.А.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(Технический университет), Санкт-Петербург*

Ключевые слова: просвещение, академия, образование, математика, паровая машина, промышленная революция.

Аннотация. Эпоха просвещения позволила идеям научной революции XVII века проникнуть в широкие слои европейского общества. Это привело к изменению сознания, формированию общественного мнения, секуляризации церкви, относительной доступности образования, открытию высших технических школ, появлению качественно новых технологий в ткацкой промышленности и машиностроении. Все более широкое применение находил паровой двигатель, появились первые пароходы. К концу XVIII века были созданы все условия для совершения промышленного переворота.

MECHANICS OF ENLIGHTENMENT

Kuzmin A.A.

Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University), Saint-Petersburg

Keywords: enlightenment, academy, education, mathematics, steam engine, industrial revolution.

Abstract. The age of Enlightenment allowed the ideas of the scientific revolution of the 17th century to penetrate into the broad strata of European society. This led to a change of consciousness, the formation of public opinion, the secularization of the church, the relative accessibility of education, the opening of higher technical schools, the emergence of qualitatively new technologies in the weaving industry and mechanical engineering. The steam engine found more and more widespread use, the first steamships appeared. By the end of the 18th century, all conditions were created for an industrial revolution.

XVIII век называют Веком Просвещения. Прямым результатом Эпохи Просвещения были промышленная революция, бессловное образование, формирование общественного мнения, секуляризация общественной жизни и церковных владений, победа рационализма над предрассудками, теория общественного договора, вера в возможности человека. Фундамент идеологии Просвещения заложили философы XVII века: Рене Декарт (1596-1650), Томас Гоббс (1588-1679), Джон Локк (1632-1704), Бенедикт Спиноза (1632-1677) и др. Огромный вклад в формирование идей Просвещения внесли представители точных и естественных наук: Галилео Галилей (1564-1642), Готфрид Лейбниц (1646-1716), Исаак Ньютон (1643-1727) и т.д. К знаковым представителям Просвещения, благодаря которым и произошло становление эпохи относят французских мыслителей Ш. Л. Монтескье (1689-1755), Вольтера (1694-1778), Ж. Ж. Руссо (1712-1778), Д. Дидро (1713-1784), Ж.Л. д'Аламбера (1717-1783), а также представителей других западноевропейских стран.

Наряду с развитием общественной мысли на основе достижений научной революции XVII века происходило интенсивное развитие технологий, подготавливая первую промышленную революцию. Так через паровой насос

Томаса Севери (1650-1715), атмосферную паровую машину Томаса Ньюкомена (1663-1729) в паровой машине Джеймса Уатта (1736-1819) была реализована идея парового двигателя, позволившего модернизировать производство и создать транспортные средства нового типа: паровозы и пароходы. Применение челнока-самолета Джона Кея (1704-1779) кратно повысило производительность труда в ткацкой промышленности и стало основой первого технологического цикла. Токарно-винторезный станок с суппортом явились базой машиностроения, которое позволило Европе качественно превзойти остальной мир по уровню технологического развития. Это особенно проявилось в военной сфере и позволило европейским странам полностью доминировать в политике и экономике. Активизировалась торговля, что способствовало не только товарообмену, но и обмену информацией, технологиями, развитию кораблестроения, навигации, картографии, сокращению «белых пятен». Вместе с ростом промышленности шло развитие образования – наряду с открытием традиционных университетов появились технические учебные заведения: в 1707 году Сословная инженерная школа в Праге, в 1747 году Национальная школа мостов и дорог в Париже, в 1765 году открылась Фрайбургская горная академия, в 1773 – Санкт-Петербургское горное училище, в 1782 Институт геометрии и гидротехники в Будапеште, в 1794 – Парижская политехническая школа, которая заложила фундамент существующей по настоящее время системы образования. В 1799 году были основаны Мадридская школа мостов, каналов и портов, в 1799 году Королевский институт Великобритании, в 1809 году Институт инженеров путей сообщения в Санкт-Петербурге. Уже существующие в течение достаточно длительного времени Академии наук, а также вновь открывающиеся высшие технические учебные заведения стали центрами развития математики, механики и смежных наук.

Классическим представителем французского просвещения является Антуан Парран (1666-1716). Парран был разносторонним ученым: занимался химией, анатомией и др. Правовед по образованию впервые в аналитической геометрии ввел трехмерные координаты x , y , z и дал описание ряда поверхностей в этих координатах. В механике оставил яркий след, решив задачу изгиба консольной балки и определив положение нейтральной линии. Немецкий современник Паррана – физик, инженер, изготовитель инструментов Даниэль Габриэль Фаренгейт (1686-1736) родился в Данциге, который тогда входил в состав Речи Посполитой, но большую часть своей жизни провел в Нидерландах. Ученый прославился как изобретатель удобного для практического применения ртутного термометра и температурной шкалы, носящей имя автора. За нулевую точку Фаренгейт принял температуру таящей смеси снега с нашатырем и солью, за 32°F температуру тающего льда и за 98°F нормальную температуру человеческого тела. С незначительными корректировками эта шкала до сих пор имеет практическое применение. Чтобы перевести градусы Цельсия $^{\circ}\text{C}$ в градусы Фаренгейта $^{\circ}\text{F}$ следует $^{\circ}\text{C}$ умножить на 1,8 и добавить 32 ($^{\circ}\text{C}\cdot 1,8+32=^{\circ}\text{F}$). Фаренгейт обнаружил зависимость температуры кипения жидкости от давления, изготовил ареометр, термобарометр. Выдающимся экспериментатором был доктор медицины из Нидерландов Питер ван Мусшенбрук, широко известный

как изобретатель первого конденсатора (лейденской банки). Также ученый исследовал тепловое расширение твердых тел, составил таблицу удельных весов. Механика обязана Мусшенбруку экспериментальным, в отличие от расчетного метода Эйлера, определением критической силы при продольном изгибе, а также системными испытаниями на растяжение на специально построенной для этого машине [1]. Гордостью русской технической мысли является деятельность личного токаря Петра I, учителя токарному делу короля Пруссии Фридриха-Вильгельма I А.К. Нартова (1693-1756). Токарный станок с созданным Нартовым механическим суппортом принципиально не изменился до сих пор. Кроме этого фундаментального изобретения, мастеру принадлежит целый ряд оригинальных станков, устройств и конструкций: токарно-копировальные станки, станок для сверления канала ствола артиллерийских орудий, скорострельная мортирная батарея и др. Андрей Константинович был высоко образованным человеком и понимал ценность образования – закончил Навигацкую школу, во Франции обучался у известного и сейчас математика Пьера Вариньона и астронома де Лафая. По результатам своих работ написал трактат «Театрум махинарум или Ясное зрелище махин», Ученики Нартова внесли большой вклад в развитие русской артиллерии поддерживали ее на очень достойном уровне [2].

Огромный вклад в развитие механики внесли представители семейства Бернулли. Научная деятельность большинства представителей этого семейства связана с Базелем, но их предки были из Нидерландов и переехали в Швейцарию по религиозным соображениям. По окончании Базельского университета магистр философии Якоб Бернулли (1654-1706) читал проповеди, путешествовал по Европе и с 1683 года преподавал физику и математику в Базельском университете. Он автор основополагающих трудов по теории чисел, дифференциальному исчислению, теории вероятности и т.д. Ему принадлежит исследование прогибов консольной балки, гипотеза плоских сечений. Племянники Якоба Николай (1795-1726) и Даниил (1700-1782) в 1725 году приняли приглашение Петербургской Академии наук возглавить кафедры математики и физиологии соответственно. Наиболее известный представитель семейства Даниил в 1728 году там же возглавил кафедру математики, а в 1733 году вернулся в Базель. Автор известных трудов по гидродинамике и теории колебаний Даниил получил широкое признание и был членом ряда академий наук Европы. Следует отметить, что многие представители семейства были ведущими учеными Европы, а Якоб Бернулли (1759-1789) был профессором математики в Петербурге. Ученик известных математиков из семейства Бернулли Якоба и Иоганна Леонард Эйлер (1707-1783) родился в Базеле. В 13-летнем возрасте поступил в Базельский университет и в 16 лет получил степень магистра искусств за работу, посвященную сравнению философии Декарта и Ньютона [1]. При содействии Николая и Даниила Бернулли в 1727 году Эйлер получил должность адъюнкта, а в 1730 профессора по кафедре физики в Петербургской Академии наук. С 1733 по 1741 г.г. Эйлер – профессор кафедры математики. В 1741 году ученый принял приглашение короля Пруссии Фридриха II и переехал в Берлин, где оказывал существенное влияние на работу Берлинской Академии наук, но статуса ее президента не получил. Также возникли расхождения во взглядах с

королем Фридрихом на работу Академии наук и в 1766 году по приглашению Екатерины II вернулся в Петербург, где занимал достойное положение и имел все условия для своей деятельности до конца жизни. Большинство трудов Эйлера посвящены математике, но он был человеком широкой эрудиции внес вклад в механику, астрономию, кораблестроение, баллистику, теорию музыки и т.д. Эйлер дал определение модуля упругости, нормальных и касательных напряжений, решил задачу продольного изгиба стержня, задачу поперечного изгиба жестко-защемленной балки переменного сечения при больших перемещениях, а также задачу изгиба кривого бруса малой кривизны, исследовал колебания мембраны [1]. Эйлер заложил основы теории гироскопа и предложил уравнения, описывающие вращение твердого тела вокруг центра масс, в работе «Корабельная наука» изложил теорию устойчивости корабля, построил уравнения гидравлической машины, разработал теорию эвольвентного зацепления в зубчатых передачах, выполнил расчет клиноременной передачи и т.д. Ученый обладал высокой работоспособностью, ему принадлежит около 900 научных трудов. Эйлер воспитал плеяду русских ученых: С.К. Котельникова, С.Я. Румовского и др. Близким другом Эйлера, оказавшим на него существенное влияние был известный математик-специалист по теории чисел Христиан Гольдбах (1690-1764). В 1742 году последний перешел на службу из Академии наук в министерство иностранных дел, где дешифровал секретную переписку французского и прусского дворов. Был произведен в тайные советники и до самой смерти в Москве в 1764 году занимал видное положение при русском дворе.

Огромное влияние оказал Эйлер на М. В. Ломоносова (1711-1765) – первого русского ученого, достигшего мирового признания. Ломоносов был универсальным ученым, широко известен его вклад в естественные науки: создание молекулярно-кинетической теории тепла, принцип сохранения вещества. Фундаментальный характер имеют работы ученого по физической химии и технологии силикатов. Результаты научных работ по технологии стекла нашли практическое применение на основанной и руководимой ученым Усть-Рудицкой фабрике. Известны заслуги Ломоносова в астрономии, оптике, приборном обеспечении своих экспериментов, а также геологии, картографии и т.д. Ученый не был математиком, но блестяще владел математическим аппаратом. Это признавал даже Эйлер и просил, чтобы предисловие к его трудам писал Ломоносов. Также Ломоносову давали на рецензирование труды по математике. Михаил Васильевич был национально ориентированным ученым: ему принадлежит «Проект о приумножении русского народа», идея и активное участие в становлении Московского университета – базиса русского высшего образования. Ломоносов является одним из создателей русского научного языка: он впервые прочитал курс лекций по физике на русском языке, также велик вклад в становление русского литературного языка, выступал за секуляризацию церкви. По службе достиг звания статского советника, академика, был почетным членом Стокгольмской и Болонской академий наук. Если Ломоносов, Котельников, Румовский были русскими учеными, достигшими мирового уровня, то Кулибин и Ползунов были практиками, которые обеспечивали России достойное место

среди Европейских держав по уровню технического развития. Механик, заведующий механической мастерской, член Санкт-Петербургской академии наук Иван Петрович Кулибин (1735-1818) был сыном торговца, который поощрял изобретательские способности сына и создал все условия для их проявления. Изготовленные и преподнесенные императрице Екатерине II уникальные карманные часы открыли Кулибину дорогу в Академию и позволили реализовать ряд проектов по созданию станков, приборов и т.п. Наиболее известными изобретениями самоучки являются прожектор, водоход, микроскоп по проекту Эйлера-Фусса, проект моста через Неву. Другим известным изобретателем эпохи Русского Просвещения является Иван Иванович Ползунов (1728-1766) – создатель первой паровой машины в России, чья преждевременная смерть приостановила внедрение в стране парового двигателя. Наряду с Ползуновым нельзя не вспомнить его состоявшегося современника Козьму Дмитриевича Фролова (1726-1800) – выдающегося инженера – гидротехника, сумевшего воплотить в жизнь и довести до логического завершения и практического применения свои изобретения.

Россия XVIII века была великой державой с сильной армией, военно-морским флотом, промышленностью и передовой наукой. Но самой развитой в технологическом отношении страной – родиной промышленной революции была Англия. Локомотивом промышленного переворота была текстильная промышленность и челнок-самолет Джона Кея сыграл здесь знаковую роль. Запатентованный в 1733 году челнок позволил одному рабочему вместо двух обслуживать широкий ткацкий станок. Однако английские ткачи не хотели платить автору за использование изобретения. Так возникало сейчас очень актуальное патентное пиратство. В поисках большей выгоды Джон Кей в 1747 году уехал во Францию, но и там искомого благополучия не достиг. Окончательно увеличивший производительность труда в сорок раз механический ткацкий станок с ножным приводом в 1785 году запатентовал английский изобретатель, поэт и агроном Эдмунд Картрайт (1743-1823). Это и было началом промышленного переворота. Вторым локомотивом промышленного переворота была паровая машина. Первой паровой машиной, нашедшей широкое практическое применение, был созданный в 1711 году пароатмосферный двигатель Ньюкомена, приводивший в движение насос для откачки воды. Несмотря на низкий к.п.д. и большие габариты машина эксплуатировалась на шахтах даже в XX веке, поскольку была малочувствительна к качеству топлива. Следующим этапом развития была паровая машину двойного действия Джеймса Уатта. Джеймс Уатт был человек, который сделал себя сам. Благодаря врожденной любознательности, хорошему домашнему образованию и приобретенным трудовым навыкам несмотря на материальные затруднения молодой Джеймс освоил высокие технологии той эпохи – изготовление точных инструментов: квадранта, циркуля, теодолита и др. В 1763 году Уатт начал реконструкцию модели паровой машины Ньюкомена в университете Глазго и в январе 1769 года получил привилегию на «Способы уменьшения потребления пара, и вследствие того – топлива, в огневых машинах». Это был патент на конденсатор, а в 1782 году привилегию «Некоторые усовершенствования в

паровых или огневых машинах для поднятия воды и других механических целей». Это и была паровая машина двухстороннего действия, без которой промышленный переворот был невозможен. С 1775 по 1785 год машина подвергалась постоянной модернизации. При этом следует отметить, что Уатт является автором целого ряда изобретений: микрометрического винта, отражательного квадранта, копировального пресса и др. Уатт был широко образованным человеком, успешным предпринимателем, активным членом «Лунного общества». Производство оборудования для ткацкой промышленности, строительство паровых машин, пароходов, паровозов и других агрегатов, возникших в ходе промышленного переворота, создали условия для появления новой отрасли машиностроения – станкостроения. Токарный станок А.К. Нартова не был востребован мануфактурным производством, которое господствовало в то время в России и других странах Европы. Станок и технологию современного машиностроения создал английский изобретатель Генри Модсли (1771-1831). Генри Модсли был пятым ребенком в семье отставного солдата, служившего на арсенале плотником. С двенадцати лет он начал работать на этом же арсенале и в пятнадцать лет овладел профессией кузнеца, а к восемнадцати годам стал искусным механиком. В 1789 году Генри устроился в мастерскую известного изобретателя Джозефа Брама, автора ряда изобретений, в том числе по сложным замкам. Работая у Брама, Модсли прошел хорошую школу, изготовил для себя набор инструментов, скопил немного денег и созрел для открытия собственного дела. В 1797 году он снял мастерскую и параллельно с выполнением заказов занялся модернизацией токарно-винторезного станка. К 1800 году был создан станок с поворотным суппортом, приводимым в движение с помощью передачи винт-гайка, за счет вращения ходового винта. Последний получал вращение от шпинделя, при этом для регулирования скорости вращения ходового винта имелся набор сменных шестерен, что обеспечивало необходимую подачу, а при нарезании резьбы требуемый шаг [3]. Постоянство и высокая точность шага были началом стандартизации, которая обеспечивала взаимозаменяемость деталей, которая лежит в основе современного машинного производства. Станок Модсли хорошо обеспечивал массовое производство деталей поточной линии по изготовлению корабельных блоков. Это было началом станкостроения, то есть создание станков для производства других станков. Выполнение заказа сделало изобретателя состоятельным человеком и позволило выйти на другой социальный уровень. К 1810 году Модсли был авторитетный промышленник, имел массу заказов на изготовление различного промышленного оборудования и в Ламбете – одном из районов Лондона основал собственный завод, на котором работали станки различного назначения. Продукция завода и организация производства принесли Модсли мировую известность.

Если к концу XVIII века технологическим лидером Европы была Англия, то научным Франция. Лидером она была и в образовании. К началу XVIII века благодаря строительству Версаля, серии пограничных крепостей и других сооружений французская инженерная школа накопила большой практический и теоретический опыт, что создало условия для открытия высшей инженерной школы. В 1747 году в Париже была основана Национальная школа мостов и

дорог, а в 1794 – ом Парижская политехническая школа. Школу мостов и дорог возглавил крупный мостостроитель, инженер, архитектор Жан Родольф Перроне (1708-1794). Сын солдата швейцарской гвардии поступил учеником к главному архитектору Парижа, где и получил хорошую подготовку. Каменные мосты Перроне были новым словом в строительстве и архитектуре: они отличались от предшественников повышенной пологостью, увеличением длины пролетов, снижением размеров опор. Это было достигнуто за счет одновременного раскружаливания арок. Наиболее известен построенный архитектором в 1787 году мост Согласия в Париже. Перроне известен также как крупный педагог и ученый, член Французской и Шведской академий наук.

Символом французского просвещения являются энциклопедисты: Дени Дидро, Жан Лерон д'Аламбер и др. Незаконно рожденный сын европейских аристократов д'Аламбер получил хорошее образование и возможность показать свои рано проявившиеся способности. Ученый известен главным образом как математик, в том числе автор принципа, носящего его имя. Уже при жизни был оценен его вклад в небесную механику, теорию музыки, теорию познания, философию и т.д., д'Аламбер был членом ведущих академий Европы. Фундаментальный вклад в математику и механику внес другой представитель Франции – Жозеф Луи Лагранж (1736-1803). Лагранж родился в Турине во франко-итальянской семье. Поступив в Королевскую артиллерийскую школу, еще до ее окончания он начал преподавать в ней математику [1], а в восемнадцатилетнем возрасте стал профессором этой школы. В 1759 году по рекомендации Эйлера Лагранж был избран в Берлинскую академию наук, которую в 1766 году и возглавил после отъезда Эйлера в Санкт-Петербург. В Берлине и был написан фундаментальный труд «Аналитическая механика», отличительной чертой которого было отсутствие графических материалов. Механике как традиционно геометрической науке была дана алгебраическая трактовка, Лагранжу принадлежит разработка метода возможных перемещений, введение понятий обобщенных сил и обобщенных перемещений и решение ряда задач на основе интегрирования дифференциального уравнения. Лагранж занимался вариационным исчислением, математическим анализом, дифференциальными уравнениями, математической картографией и т.п. Современники признавали заслуги ученого перед наукой и обществом, Наполеон выразил свое отношение словами: «Лагранж - величественная пирамида математических наук» и присвоил ему титул графа. Равновеликим Лагранжу, но благодаря не только математике был другой великий француз – Шарль Огюстен де Кулон (1736-1806). Дворянское происхождение позволило будущему ученому получить хорошее образование в Коллеже Мазарини и Военно-инженерной школе в Мезьере, по окончании которой девять лет занимался строительными работами на Мартинике. В 1773 году избран членом-корреспондентом Парижской академии, благодаря представленному им мемуару по статике. Мемуар посвящен исследованию песчаника на растяжение и сжатие, плоско-поперечному изгибу, поведению сыпучих тел и т.д. Исследуя крутильные колебания, Кулон заложил применяемые до сих пор теорию кручения и одну из классических теорий прочности. Особо следует отметить носящие имя ученого

законы, которые лежат в основе электростатики и теории трения [4]. В 1781 году был избран в Парижскую академию наук. Имя Шарля Кулона входит в список ученых на первом этаже Эйфелевой башни. Основатель начертательной геометрии Гаспар Монж (1746-1818) несмотря на принадлежность к третьему сословию получил хорошее образование и уже в 16 лет стал преподавателем физики в колледже Святой Троицы в Лионе. После двух лет преподавания Гаспар поступил в Военно-инженерную школу Мезьера. Именно в Мезьере, где Монж остался преподавателем по окончании школы, начали формироваться контуры будущей науки. К 1780 году Гаспар Монж был уже автором значимых трудов по математическому анализу, химии, механики, за что был избран академиком и стал преподавателем Луврской школы в Париже. Революцию ученый принял, стал ее активным сторонником и занимал ответственные посты в новом руководстве страны, но главным его детищем стала открытая в 1794 году Политехническая школа. Это было бессловное учебное заведение нового типа, которое заложило систему существующего сейчас образования. С этой школой также связана деятельность крупнейших ученых Франции первой половины и середины XIX века. Школа оказала огромное влияние на формирование технического образования континентальной Европы. В 1799 году вышел главный труд ученого – «Начертательная геометрия». Суть новой науки состоит в проектировании пространственного тела на взаимно перпендикулярные плоскости. Эта наука проложила путь практической реализации идеи от разработчика до рабочего и создала язык общения двух последних, что и отличает эпоху промышленной революции от мануфактурного производства. Там же Монж заложил основы теории перспективы. Приняв революцию, ученый совершенно бескорыстно принял Наполеона, был одним из его сподвижников и с крахом последнего не отрекся от императора [5]. После реставрации Бурбонов Гаспар Монж был отовсюду изгнан и в 1818 году скончался в нищете. Имя ученого на юго-восточной стороне Эйфелевой значится под №54. Убежденный атеист, пробывший шесть недель министром внутренних дел у Наполеона Пьер-Симон маркиз де Лаплас (1749-1827) избежал печальной участи Гаспара Монжа. Выходец из крестьянской семьи получил хорошее образование и по протекции д'Аламбера в 1771 году стал профессором Военной школы. Пережив перипетии начального этапа революции, он участвовал в создании Политехнической школы, был председателем Палаты мер и весов, но основную жизнь посвятил науке. Главным трудом ученого создавшим ему имя является «Небесная механика», которая не требует каких-либо комментариев. Другим фундаментальным трудом Лапласа является «Аналитическая теория вероятностей», опубликованная в 1812 году. Помимо математики ученый серьезно занимался теплотехникой, механикой, магнетизмом, оптикой. Ему удалось легко пережить реставрацию Бурбонов, сменив лишь при этом титул графа на маркиза и место в палате пэров.

Испанский аристократ французского происхождения Августин де Бетанкур и Молина (1758-1824) прошел обучение в самых престижных учебных заведениях своего времени: Королевском училище Святого Исидора и Королевской академии искусств по классу рисования в Мадриде, Национальной школе мостов и дорог в Париже, изучал применение паровых машин на фабриках

Англии. Полученный опыт он успехом реализовал у себя на родине: организовал систему оптической связи, основал Школу мостов и дорог в Мадриде. Начало XIX века в Испании было временем беспокойным и ученый в 1807 году уехал в Париж, где принял приглашение русского посла и вскоре поступил на службу к Александру I. В 1809 году Бетанкур основал и возглавил Институт Корпуса инженеров путей сообщения, который был и остается одним из ведущих учебных и научных центров страны. Помимо преподавания и руководства институтом ученый осуществил ряд крупных инженерных проектов: разработал и внедрил технологию производства новых более защищенных ассигнаций, спроектировал ярмарочный городок в Нижнем Новгороде, здание Манежа в Москве [6], Каменоостровский мост, подъемные механизмы для колонн Исаакиевского собора и др. Возможностью реализовать свой талант обязаны Бетанкуру архитекторы К. Росси, В. Стасов, О. Монферран.

Список литературы

1. Малинин Н.Н. Кто есть кто в сопротивлении материалов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 248 с.
2. Евграфов А.Н., Андриенко П.А. Вклад ученых Санкт-Петербурга XVIII-XIX веков в развитие теории механизмов и машин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2016. – № 4. – С. 126-140.
3. Загорский Ф.Н. Очерки по истории металлорежущих станков до середины XIX века. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. – 282 с.
4. Михалев А.Р. Г. Кавендиш и Ш. Кулон в установлении закона электрического взаимодействия. – СПб.: Виола, 2010. – 107 с.
5. Гаспар Монж. 1746-1818 / Под ред. И.И. Артоболевского – М.: Наука, 1978. – 184 с.
6. Егорова О.В. Августин де Бетанкур – выдающийся инженер, ученый, создатель Московского Манежа // Новая и новейшая история. – 2009. – №6. – С. 176-192.

Сведения об авторе:

Кузьмин Александр Алексеевич – к.т.н., доцент.