

АСТРОНОМИЯ

УДК 521:527:93/94

**РАБОТЫ АКАДЕМИКА А. Н. КРЫЛОВА
ПО АСТРОНОМИИ, МЕХАНИКЕ,
ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКЕ И ИСТОРИИ НАУКИ***К. В. Холшевников^{1,2}, Е. Н. Поляхова¹, В. С. Королев¹*

¹ Санкт-Петербургский государственный университет,
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7-9

² Институт прикладной астрономии РАН,
Российская Федерация, 191187, Санкт-Петербург, наб. Кутузова, 10

Широко известно выдающееся научное наследие А. Н. Крылова в области судостроения и теории корабля. Здесь мы хотим сосредоточить внимание на менее известных аспектах его работ по механике, астрономии, прикладной математике и истории науки. А. Н. Крылов по своему образованию и научному окружению во время обучения принадлежал к Петербургской математической школе XIX в., слушал лекции П. Л. Чебышёва, А. М. Ляпунова, А. Н. Коркина. Однако во время преподавания в Морской Академии в Петербурге он также заинтересовался прикладными вопросами математики, механики, астрономии и навигации. Этот раздел его научного наследия к настоящему времени исследован недостаточно полно. Сделана попытка оценить вклад А. Н. Крылова в эту область прикладных математических наук. Известно, что заслуга развития классической небесной механики в России в XIX в. принадлежит, главным образом, именно математикам и механикам Петербургской научной школы, а не астрономам. Охарактеризованы как научные, так и педагогические аспекты научного наследия А. Н. Крылова в области небесной механики, навигации и прикладной математики, а также истории науки, где ему принадлежат непревзойденные переводы классиков науки с обширными комментариями, являющиеся фактически научными трудами. Библиогр. 26 назв.

Ключевые слова: механика, астрономия, прикладная математика, навигация, история науки.

1. Введение. В 2013 г. научная общественность отмечала 150-летие со дня рождения академика Алексея Николаевича Крылова (1863–1945). Ему посвящена обширная биографическая, научная и научно-популярная литература разных лет [1–5].

Академик А. Н. Крылов — выдающийся российский и советский математик [1, 6, 7], механик и инженер-кораблестроитель [8], астроном [9–15], педагог [16, 17], историк науки [3, 13, 18–21].

Человек яркий, выдающегося ума и силы воли, Крылов всю жизнь отдал науке и решению практических задач. По поводу 100-летия Крылова в АН СССР был

подготовлен и издан сборник «Памяти Алексея Николаевича Крылова». В честь российского ученого А. Н. Крылова 1 сентября 1993 г. названа малая планета Крылов (5247), открытая 20 октября 1982 г. астрономом-наблюдателем Людмилой Георгиевной Карачкиной в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР.

2. Основные исследования А. Н. Крылова по прикладной математике.

А. Н. Крылов приобрел мировую известность своими трудами и заложил основы строительной механики корабля. Поле исследований А. Н. Крылова чрезвычайно широко. Оно включает труды по теории корабля, гидромеханике, теории гироскопов, теории дифференциальных уравнений, методам вычислений, небесной механике, баллистике, теории реактивного движения. Менее известны его исследования по астрономии, механике, прикладной математике и истории науки, которым мы уделим здесь большее внимание.

В области баллистики Крылов рассмотрел продольные и поперечные колебания стволов орудий во время выстрела и вращательное движение снаряда. В строительной механике обосновал и развил оригинальный метод расчета балок, лежащих на упругом основании. Обращаясь к работам по теории гироскопов, необходимо отметить, что основы вращательного движения около неподвижной точки были заложены Эйлером и Лагранжем, а затем развиты С. В. Ковалевской, Н. Е. Жуковским, Г. Гессом, Д. К. Бобылевым, В. А. Стекловым. Применением и техническим воплощением гироскопов в XIX в. занимался Л. Фуко. Именно он ввел понятие *гироскоп*. С помощью гироскопа Фуко доказал суточное вращение Земли, указал на принципиальную возможность существования свободного гироскопа и гироскопического компаса, применил гироскоп для определения географической широты места корабля.

В XIX в. были созданы навигационные приборы — гиригоризонты, изучались прецессия и демпфирование. А. Н. Крылову принадлежат публикации по механике гироскопического компаса с различными гидравлическими успокоителями и по теории баллистических девиаций двухроторного гироскопа. В 1932 г. А. Н. Крылов в соавторстве с Ю. А. Крутковым выпустил книгу «Общая теория гироскопов и некоторых их технических применений». В книге было дано систематическое изложение теории гироскопических успокоителей бортовой и килевой качки на море и в железнодорожных вагонах. Несколько статей о гироскопах вышли в 1938 и 1940 гг.

А. Н. Крылов предложил лучший для того времени метод решения векового уравнения в теории колебаний, который опубликовал в статье «О численном решении уравнения, которым в технических вопросах определяются частоты малых колебаний материальных систем» еще в 1931 г. Способ Крылова основан на преобразованиях, при которых система дифференциальных уравнений, породивших вековое уравнение, приводится к одному уравнению высшего порядка. Термин «вековое уравнение» пришел из небесной механики, где это уравнение издавна служит для определения вековых неравенств в движении планет под действием взаимного притяжения, причем периоды отдельных колебаний орбитальных элементов составляют десятки и сотни тысяч лет. Крылов продемонстрировал простой способ составления этого уравнения с помощью такого определителя, в котором неизвестные частоты колебаний располагаются не по диагонали как в классических методах, а в одном только его первом столбце, тогда как все остальные места занимают постоянные известные числа.

Другой важный результат А. Н. Крылова по математике относится к теории рядов Фурье. Он предложил новый метод улучшения сходимости рядов Фурье, впоследствии получивший название *метода Крылова* и доложенный в 1913 г. на заседании Московского математического общества. Перу Крылова принадлежат учебные

руководства по математике, написанные на базе его лекций в Морской академии в Петербурге с 1900 по 1913 г.

В Петербургском университете Крылов читает курс приближенных вычислений. Всего по приближенным вычислениям Крылов издал более десятка статей и учебных пособий.

А. Н. Крылов построил первую в России вычислительную машину для интегрирования дифференциальных уравнений, сконструировал ряд корабельных и артиллерийских приборов.

Истоки творчества А. Н. Крылова восходят к знаменитой петербургской математической школе, основателями которой были академики М. В. Остроградский, П. Л. Чебышёв и А. М. Ляпунов [4, 14, 15, 22]. В 1902 г. после возвращения А. М. Ляпунова из Харькова в Петербург научные контакты Ляпунова и Крылова успешно возобновились. В 1915 г. они оба, наряду с академиками А. А. Марковым, В. А. Стекловым, Д. К. Бобылевым входили в Комиссию по обсуждению вопросов преподавания математики в средней школе.

Отличительной особенностью А. Н. Крылова, как педагога, является его умение ясно и наглядно представить слушателям сущность каждой рассматриваемой задачи или явления, отделить главное от второстепенного, сосредоточить внимание на главном и требовать доведения решения каждого рассматриваемого вопроса до численного примера [6, 8]. А. Н. Крылов считает, что для хорошего усвоения механики необходима более глубокая подготовка по математике. Основные понятия механики и ее основные законы следует излагать менее догматически, чем это обычно делают. Нужно подражать изложению великих механиков: Ньютона, Эйлера и Лагранжа [6, 13, 18–21].

3. А. Н. Крылов — исследователь научного наследия классиков науки.

Изумительны работы Крылова как выдающегося историка науки. Он написал более десятка работ по истории, в том числе биографические работы, посвященные юбилейным датам ученых: «Галилей как основатель механики» (В сб. «Галилео Галилей», М.: Л., Изд-во АН СССР, 1943), «Жозеф Луи Лагранж» (1936), «Леонард Эйлер» (1933) [18], «Ньютон и его значение в мировой науке» (1943), «П. Л. Чебышёв» (1944), «Памяти А. М. Ляпунова» (1919, 1927), «Краткий биографический очерк А. Н. Коркина», «Мысли и материалы о преподавании механики». Многие из них можно найти в мемуарах Крылова «Воспоминания и очерки» (1956) и «Мои воспоминания» (1984) [8].

Огромную ценность имеют его труды, посвященные наследию классиков науки по механике и астрономии и переводам на русский язык сочинений знаменитых европейских ученых. Выполненный перевод с латыни «Начал» И. Ньютона, снабженный обширными комментариями, представляет собой в первую очередь его самостоятельный труд по классической и небесной механике, помогающий глубже осмыслить гениальный замысел книги Ньютона.

Действительно, наиболее существенным вкладом в историю науки следует считать перевод книги Ньютона «Математические начала натуральной философии» [6] и мемуаров «Теория движения Луны» Л. Эйлера [21]. При этом некоторые методы решения задач небесной механики, предложенные Ньютоном, Крылов преобразовал к современной математической форме. Многие модификации методов, выполненные Крыловым, применяются и в настоящее время. Крылов прекрасно владел латинским текстом Ньютона, не уставая одновременно комментировать его мысли как физического, так и философского содержания.

Книга И. Ньютона была издана в Англии три раза: в 1687, 1713 и 1726 г. Крылов понимал, что замечательный труд Ньютона нужен молодым ученым и инженерам для расширения кругозора и для решения практических задач. Сначала он переводит каждое слово буквально, потом редактирует текст, затем переписывает все начисто, снабжая выводы Ньютона примечаниями, пояснениями и комментариями. Большую роль сыграло знание Крыловым латыни. По поводу латыни Крылов напишет: «Много раз в течение моей жизни и научной деятельности мне с пользой служила латынь. Конечно, я не мог читать ни Цицерона, ни Ювенала, но зато я свободно разбирался в элементарно простой латыни Эйлера, несколько труднее в превосходной латыни Ньютона и еще труднее в чисто классической латыни Гаусса и Якоби».

Как известно, И. Ньютон начал интенсивно размышлять над идеями «Начал» около 1680 г., однако вопросом природы тяготения он начал заниматься значительно раньше, еще в середине 1660-х гг., когда из-за эпидемии чумы был закрыт Кембриджский университет и Ньютон уехал в деревню, где пробыл два года.

Результаты, полученные Ньютоном в этот период, не были каким-то сверхъестественным озарением. Это были плоды его размышлений, расчетов, критического анализа работ Кеплера, Галилея, Декарта, Гука и других. Ньютон, страстно увлеченный научными проблемами своего времени, был прекрасно осведомлен во всех их тонкостях и деталях. И для решения многих из этих проблем достаточно было его таланта, упорства и трудолюбия. Он не торопился с публикацией своих сочинений, оставляя недописанными свои предыдущие работы, идеи и решения, которые долгие годы оставались в черновиках. Ньютон и позже не переставал думать о законе тяготения, причем к 1680-му г. к формулировке закона всемирного тяготения кроме него вплотную подошли еще и другие крупнейшие английские ученые того времени:

1) Эдмунд Галлей (1656–1742), астроном и геофизик, профессор Оксфордского университета, а также первооткрыватель известной кометы 1682 г., член Лондонского королевского общества с 1678 г., друг Ньютона и его восторженный поклонник;

2) Кристофер Ренн (1632–1723), профессор астрономии в Оксфорде с 1661 г., математик, астроном, механик, инженер-конструктор приборов, один из членов-основателей Лондонского королевского общества с 1662 г. и его президент в 1681–1683 гг.;

3) Роберт Гук (1635–1703), физик, изобретатель, инженер, архитектор, метеоролог, член Лондонского королевского общества со времени его основания и заведующий экспериментальным отделом, многолетний ученый секретарь Общества с 1677 по 1682 г., а также постоянный оппонент И. Ньютона в научных вопросах.

Они все сходились на том, что притяжение следует закону обратных квадратов, но никто из них не знал, как из этого закона получить эллиптическую форму планетных орбит, т. е. первый закон Кеплера.

Действительно, Р. Гук в своей лекции «Опыт доказательства вращения Земли» в 1674 г. высказал идею закона всемирного тяготения в форме закона обратных квадратов. Эта лекция в качестве первой главы вошла в сборник гуковских лекций «*Lectioes Cutleriana or a Collection of Lectures Physical, Mechanical, Geographical and Astronomical made before the Royal Society*», изданный в 1679 г. в Лондоне.

В 1684 г. Э. Галлей пишет письмо И. Ньютому и ставит перед ним задачу: какая должна быть орбита тела, движущегося под действием силы тяготения, обратно пропорциональной квадрату расстояния. Ньютон немедленно сообщил Галлею, что он уже владеет решением и что ему уже давно, в 1679 г., удалось вывести из этого закона эллиптические орбиты планет, и обещал Галлею выслать ему подробное дока-

зательство, что и было им вскоре сделано. С этого момента и начинается напряженная работа Ньютона, приведшая к созданию «Начал».

4. Работы А. Н. Крылова по астрономии. Труды Крылова по переводам научного наследия Ньютона по астрономии на русский язык составляют огромную научную ценность. Знаменательно, что А. Н. Крылов пришел к мысли о необходимости полного перевода «Начал» на русский язык именно после сделанных им ранее переводов ряда работ Ньютона по астрономической тематике.

А. Н. Крылов посылает статьи в Англию в журнал Королевского астрономического общества. В них он раскрывает цель своих астрономических исследований: «Моя цель — привлечь внимание к этим изумительным страницам ньютоновских *Начал* и обнаружить, что они в той же мере совершенны, как и все, что он когда-либо писал».

В 20-е гг. XX в. Крылов возвращается к ньютоновым методам определения параболических орбит комет. Он с большой тщательностью восстанавливает классические методы определения орбит, а при изложении метода Ньютона проводит колоссальную работу. К общетеоретическим выкладкам добавляет примеры, просчитанные самим Крыловым, в том числе пример перевычисления орбиты кометы Галлея 1682 г. [11, 12, 23–25].

Дело в том, что объяснение Ньютоном кометных движений явилось одним из важнейших аргументов в пользу истинности выдвинутого им закона тяготения. Единственно твердо установленным к XVII столетию фактом было практическое отсутствие у комет суточного параллакса, что впервые открыл еще Тихо Браге (1546–1601). Отсюда следует вывод об удаленности комет от Земли и их гелиоцентрическом движении. Зная это, Ньютон успешно аппроксимировал вытянутую эллиптическую орбиту параболической и определил орбиту по трем наблюдениям.

Что касается именно кометной тематики, то Крылов еще в «Беседах» доказал, что основная (десятая) лемма Ньютона совпадает с теоремой, которую астрономы традиционно связывают с именами Эйлера и Ламберта [19]. На это тождество впервые обратил внимание Лагранж, но не представил обоснования. Крылов излагает свой оригинальный и простой вывод теоремы Эйлера–Ламберта для определения орбиты непосредственно из десятой леммы Ньютона, заключая: «Множество доказательств этой основной формулы можно найти в современных трактатах, но ньютоново доказательство остается непревзойденным по его изумительной динамической проникновенности». Задача о взаимном притяжении двух сфероидов тоже привлекла внимание Крылова как задача из теории потенциала.

Работы по астрономии, в частности его перевод «Теоретической астрономии» К. Ф. Гаусса [26], представляют для нас не только ценность по существу содержания и использования в них методов прикладной математики, но и одновременно служат выдающимся образцом исследований в области истории астрономии. Упомянутыми выше работами, а также переводом [21] второй лунной теории Эйлера (*Leonardo Eulero «Theoria motuum Lunae, nova methodo pertractata», 1772*), Крылов открыл в творениях великих классиков те идеи, которые могли быть полезны для новых отраслей наук XX столетия. Действительно, Крылов показывает, что Эйлер пользовался приемом, эквивалентным разложению в кратные ряды Фурье, хотя во времена Эйлера не были известны даже простейшие гармонические ряды.

Примечательна и сама история перевода лунной теории Эйлера. Подготавливая доклад к мемориальному заседанию Академии наук СССР 5 октября 1933 г. по поводу 150-летия со дня смерти Эйлера, Крылов обратил внимание на нелинейные диффе-

ренциальные уравнения, которые Эйлер составлял для определения прямоугольных координат Луны. Для решения этой системы уравнений, представляющей собой весьма общий случай движения, Эйлер во всех подробностях развивает фундаментальный метод интегрирования этой системы, доводя его до численного результата. Обратив внимание на метод решения, Крылов так говорит о практической роли лунной теории для своих современников: «Это сочинение Эйлера представляется настолько замечательным, что его первую общую часть Академии наук следовало бы издать в переводе на русский язык, ибо вид дифференциальных уравнений, рассмотренных Эйлером, настолько общий, что подобного рода уравнения, но гораздо более простые, встречаются во множестве прикладных и технических вопросов, и сделать методы Эйлера доступными техникам и инженерам вполне соответствует задачам Издательства академии наук». Это мнение ученого еще раз подчеркивает тот очевидный факт, что эйлерова теория Луны опередила свою эпоху более чем на 100 лет. Действительно, в ней можно найти элементы современной теории нелинейных колебаний и методов усреднения из прикладной математики.

С одобрения Академии наук Крылов предпринял перевод общетеоретической части сочинения Эйлера по теории движения Луны, где содержатся уравнения движения Луны и общий метод их интегрирования. Эти уравнения Эйлер записал в принципиально новой по сравнению со своей первой теорией Луны координатной системе.

Поскольку Л. Эйлер предназначал свое сочинение для астрономов, Крылов снабдил свой перевод примечаниями, содержащими все необходимые астрономические сведения для ясного понимания оригинального текста Эйлера. Практическое применение эйлерова метода разложения решений дифференциальных уравнений в ряды по степеням малого параметра было связано с появлением вековых слагаемых. Чтобы избавиться от них, необходимо было ввести в рассмотрение частоту основных колебаний системы, измененную в результате присутствия нелинейности. Значение этой частоты Эйлер определил из наблюдений. Составление и решение уравнения для определения измененной частоты колебаний системы было выполнено через сто лет после Эйлера американским астрономом Дж. У. Хиллом, создавшим новый вариант лунной теории.

К творческому воссозданию и реконструкции наследия классиков науки Крылов вернется в 1935 г. в статье о ньютоновой теории астрономической рефракции [13], т. е. изменении направления лучей света, идущих от небесных светил, под влиянием их преломления в земной атмосфере. Само явление рефракции было известно еще Птолемею, а строгая теория была дана Ньютоном в 1694 г. Учет этого эффекта является весьма важным для проведения астрономических наблюдений на море, что и привлекло внимание Крылова к необходимости этого перевода.

Крылов расшифровал составленные Ньютоном таблицы атмосферной рефракции. Здесь помогло глубокое знакомство Крылова со всем творчеством Ньютона, в том числе и с оптическими работами ученого. В результате перед читателями — астрономами, физиками, математиками и историками науки предстала простая и ясная теория атмосферной рефракции, созданная Ньютоном и оставшаяся практически неизвестной вплоть до этой работы Крылова. Он полностью восстанавливает ньютоново доказательство основной теоремы в своей статье. Выполняя доказательство в аналитическом виде, Крылов пользуется современными ему математическими методами, однако не выходя за пределы того, чем в то время Ньютон владел, чтобы, сохраняя сущность и метод его рассуждения, представить их в привычной теперешнему читателю форме.

Итак, работы Крылова по небесной механике и орбитальной астрономии оказались важными не только с точки зрения истории науки, но и как пример осуществления конкретных практических потребностей в области навигации, а также как весомый успех применявшихся им методов прикладной математики. И теперь историки науки постоянно используют исследования Крылова [5, 15, 16].

5. А. Н. Крылов — издатель трудов классиков науки. Большое внимание А. Н. Крылов уделял изданию трудов деятелей русской науки. Уже в 1918 г. он пишет очерк-заявление «Об издании трудов классиков математики», который был напечатан в «Известиях Академии наук СССР» за 1918 г. (Т. 12. Ч. 1, № 14). Он убедительно предлагает Академии наук СССР издать труды математиков: академика Остроградского, профессора Лобачевского, академика Золотарева, профессора Коркина. Крылов пишет: «До настоящего времени издания полных собраний трудов наших выдающихся ученых находятся в весьма печальном положении. Из трудов наших известных математиков, например, выпущено лишь полное собрание сочинений Чебышёва. В 1911 г. было начато издание трудов профессора А. Н. Коркина, но удалось издать только первый том, издание пришлось прекратить за недостатком средств». Упомянутый том, изданный в 1911 г., вышел под редакцией А. Н. Крылова.

А. Н. Крылов принял участие в торжественном заседании АН СССР в память величайшего ученого XVIII в. Леонарда Эйлера (150 лет со дня смерти), где произнес юбилейную речь [18]. Крылов дал подробный разбор важнейших трудов Эйлера, в частности его «Механики», изданной в Петербурге в 1736 г., обосновав значимость книги еще и тем, что в ней Эйлер развил только что зародившийся тогда математический анализ. «В этом смысле *Механика* бесподобна и служит лучшим свидетельством гениальности Эйлера. Приложив математический анализ к решению задач механики, Эйлер создал свою механику, исследующую движение воображаемой точки под действием воображаемых сил».

А. Н. Крылов с удовольствием занимается историей науки, исследует научное наследие ученых, знакомит широкие круги читателей с работами таких великих математиков как Ньютон, Эйлер, Лагранж, Гаусс, Чебышёв, Остроградский, Коркин, Ляпунов и другие. Подчеркивая значение их трудов для науки и часто творчески их перерабатывая, Крылов вносил поправки в эти произведения, не считая их неприкосновенными, развивал их идеи дальше в соответствии с новыми потребностями практики [8, 20].

Существенный вклад в историю механики был сделан Крыловым [14] в работе по редактированию трудов М. В. Остроградского: Собрание сочинений М. В. Остроградского. Под ред. акад. А. Н. Крылова. М.; Л.: Изд-во АН СССР. (Лекции алгебраического и трансцендентного анализа. 1940); (Лекции по аналитической механике. 1946).

Известно, что сочинения П. Л. Чебышёва, о которых упоминает А. Н. Крылов, были изданы на русском языке в 1899 г. в двух томах и на французском языке — тоже в двух томах в 1907 г. В 1944 г. в связи с 50-летием со дня кончины П. Л. Чебышёва А. Н. Крылов на совместном заседании Физико-математического отделения Академии наук и Московского университета произнес речь о необходимости издания полного собрания трудов П. Л. Чебышёва. Сам А. Н. Крылов принял участие в издании в 1936 г. в Академии наук СССР книги П. Л. Чебышёва «Теория вероятностей. Лекции, читанные в 1879–1880 гг., по записям А. М. Ляпунова, изданные академиком А. Н. Крыловым». В предисловии к этим лекциям А. Н. Крылов рассказывает историю возникновения творческого замысла книги и дает сжатую характеристику всего

творчества П. Л. Чебышёва. Про Чебышёва А. Н. Крылов написал пять очерков, в основном научно-биографического характера, базируясь на материалах своих лекций и докладов в Академии наук [4].

После смерти академика А. М. Ляпунова (1857–1918) состоялось мемориальное заседание Академии наук, посвященное творчеству выдающегося математика. Доклады сделали академики В. А. Стеклов о научном творчестве Ляпунова и А. Н. Крылов о его педагогической деятельности. Доклад А. Н. Крылова в виде очерка «Памяти Александра Михайловича Ляпунова (1857–1918)» вышел в «Известиях Академии наук» за 1930 г., а также включен в сборник «Мои воспоминания» А. Н. Крылова (1984).

В 1943 г. А. Н. Крылов издает книгу «Мысли и материалы о преподавании механики», в которую были включены «Очерки истории установления основных начал механики» — вступительная лекция к курсу теоретической механики в Морской академии, опубликованная им в 1921 г. в «Успехах физических наук». Здесь были изложены педагогические взгляды А. Н. Крылова по основным проблемам механики. Это в значительной мере философское произведение, в котором он пришел к выводу, что «материя есть одно из тех фундаментальных понятий, которые можно пояснить примерами, но которому, как понятию первоначальному дать определение невозможно». Давая обзор новейших достижений физики, он указывает, что судить о практической ценности механики, построенной на основных ньютоновых положениях, можно по правильным предсказаниям положений небесных тел с любой степенью точности.

Знаменательно, что последней, неоконченной работой А. Н. Крылова оказалась историко-астрономическая статья «История открытия планеты Нептун».

Литература об А. Н. Крылове обширна и разнообразна по тематике. Мы ограничиваемся только несколькими ссылками на ведущие биографические статьи, в которых также можно найти многочисленные ссылки на другие работы [2–5, 7, 8, 14–17, 20, 22]. Вопросы педагогического мастерства ученого освещены в [16, 17]. Обзоры работ классиков российской науки — предшественников А. Н. Крылова по астрономии и небесной механике на фоне исторической эпохи развития отечественной науки даны в [15, 22]. Подробный обзор работ А. Н. Крылова по астрономии дал Н. И. Идельсон в [10].

Литература

1. *Алешков Ю. З.* Замечательные работы по прикладной математике. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2004. 309 с.
2. Библиография основных трудов А. Н. Крылова // Крылов А. Н. Избранные сочинения / под ред. акад. Ю. Ш. Шиманского. Л.: Изд-во АН СССР, 1958. С. 792–802.
3. *Лопатухина И. Е., Поляхов Н. Н., Поляхова Е. Н., Сабанеев В. С.* Основные научные достижения академика А. Н. Крылова по математике, механике и истории науки // Сборник материалов междунар. конференции «Восьмые Окуневские Чтения», 25–28 июня 2013 г. СПб.: Изд-во БГТУ «Военмех», 2013. С. 422–424.
4. Люди русской науки // Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники. (Математика. Механика. Астрономия. Физика. Химия). Сборник ст. / под ред. И. В. Кузнецова. М.: Физматлит, 1961. 600 с.
5. *Штрайх С. Я.* Краткий очерк жизни и деятельности академика А. Н. Крылова // А. Н. Крылов. Воспоминания и очерки. М.: Воениздат, 1949. С. 5–72.
6. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. Перевод с латинского с примечаниями и пояснениями А. Н. Крылова // Известия Николаевской морской академии. Петроград. Книга 1. 1915, Книга 2. 1916.
7. *Чаплыгин С. А.* Научная деятельность Алексея Николаевича Крылова // А. Н. Крылов. Мои воспоминания. Л.: Изд-во Судостроение, 1984. С. 451–458.

8. Основные даты жизни и научно-технической деятельности академика А. Н. Крылова // А. Н. Крылов. Мои воспоминания / под ред. А. П. Капицы. Л.: Изд-во Судостроение, 1984. С. 466–474.
9. Гаусс К. Ф. Теоретическая Астрономия / пер. с нем. А. Н. Крылова. Петроград, Типогр. Адмиралтейства, 1919. 187 с.
10. Идельсон Н. И. Работы А. Н. Крылова по астрономии // Труды Ин-та истории естествознания и техники АН СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Вып. 15. С. 24–31.
11. Крылов А. Н. Беседы о способах определения орбит комет и планет по малому числу наблюдений. Вып. 1. СПб.: Известия Николаевской морской академии, 1911.
12. Krylov A. N. On Sir Isaac Newton's Method of Determining the Parabolic Orbit of a Comet // Monthly Not. Roy. Astron. Soc. 1925. Vol. 85, N 7. P. 640–656.
13. Крылов А. Н. Ньютонова теория астрономической рефракции // Архив истории науки и техники. Серия 1. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1935. Вып. 5. С. 183–250.
14. Поляхова Е. Н., Холшевников К. В. Некоторые задачи прикладной математики — небесная механика, геодезия, картография — в работах академика М. В. Остроградского и его научной школы (к юбилею ученого) // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 10. 2007. Вып. 1. С. 112–136.
15. Холшевников К. В. Небесная механика // История астрономии в России и СССР / под ред. акад. В. В. Соболева. М.: Изд-во Янус-К, 1999. Гл. 3. С. 78–132.
16. Тюлина И. А., Чиненова В. Н. История механики сквозь призму развития идей, принципов и гипотез. М.: URSS (Либроком), 2012. 252 с.
17. Тюлина И. А., Чиненова В. Н. Об основах преподавания механики (к 150-летию со дня рождения академика А. Н. Крылова) // Труды XI Международных Колмогоровских чтений. Ярославль, 2013. С. 324–330.
18. Крылов А. Н. Леонард Эйлер. Л.: Изд-во АН СССР, 1933. 39 с.
19. Крылов А. Н. Судьба одной знаменитой теоремы Эйлера—Ламберта // Архив Института истории науки и техники. Серия 1. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. Вып. 8. С. 281–299.
20. Поляхова Е. Н., Королев В. С., Холшевников К. В. Переводы трудов классиков науки академиком А. Н. Крыловым // Естественные и математические науки в современном мире. № 2(26). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2015. С. 108–128.
21. Эйлер Л. Новая теория движения Луны. Перевод с латинского с примечаниями и пояснениями академика А. Н. Крылова. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. 208 с.
22. Поляхова Е. Н. Классическая небесная механика в работах Петербургской школы математики и механики в XIX веке. СПб.: Изд-во «Нестор-История», 2012. 140 с.
23. Krylov A. N. Sur la variation des éléments des orbites elliptiques des planètes = Об изменении элементов эллиптических планетных орбит // Известия Императорской С.-Петербургской академии наук. 6-я серия. 1915. Т. IX. Т. 10. С. 999–1016.
24. Krylov A. N. On a Theorem of Sir Isaac Newton // Monthly Not. Roy. Astron. Soc. 1924. Vol. 84, N 5. P. 392–395.
25. Krylov A. N. On Sir Isaac Newton's Formula for the Attraction of a Spheroid on a Point of its Axis // Monthly Not. Roy. Astron. Soc. 1925. Vol. 85, N 6. P. 571–575.
26. Гаусс К. Ф. Избранные труды по земному магнетизму / пер. с нем. акад. А. Н. Крылова. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 279 с. (Серия «Классики Науки»).

Статья поступила в редакцию 9 октября 2015 г.

Сведения об авторах

Холшевников Константин Владиславович — доктор физико-математических наук, профессор; kvk@astro.spbu.ru

Поляхова Елена Николаевна — кандидат физико-математических наук, доцент; pol@astro.spbu.ru

Королев Владимир Степанович — кандидат физико-математических наук, доцент; vokorol@bk.ru

ACADEMICIAN A. N. KRYLOV'S WORKS IN ASTRONOMY, MECHANICS, APPLIED MATHEMATICS AND HISTORY OF SCIENCE

Konstantin V. Kholshchevnikov^{1,2}, Elena N. Polyakhova¹, Vladimir S. Korolev¹

¹ St. Petersburg State University, Universitetskaya nab., 7-9, St. Petersburg, 199034, Russian Federation; kvk@astro.spbu.ru, pol@astro.spbu.ru, vokorol@bk.ru

² Institute of Applied Astronomy RAS, nab. Kutuzova, 10, St. Petersburg, 191187, Russian Federation; kvk@astro.spbu.ru

The scientific legacy of Alexei Nikolaevich Krylov (1863–1945) in applied mathematics, astronomy, celestial mechanics and navigation is discussed on the occasion of his recent 150th jubilee in 2013. Alexei Krylov belonged to the outstanding scientific St. Petersburg School in Mathematics, Mechanics and Astronomy, the latter especially with regard to classical celestial mechanics and practical navigation. Celestial mechanics in Russia was developed in the 19th century not by professional astronomers, but mainly by theoretical works of scholars in mathematics and mechanics. Alexei Krylov published many scientific works in applied mathematics, classical and applied mechanics, hydrodynamics, elasticity theory, ballistics, ship dynamics, navigation and orbital celestial mechanics.

His interest in the history of science was focused on the scientific legacy of such outstanding thinkers as Galilei, Newton, Euler, Lagrange, Ostrogradsky, Tchebyshev, Lyapunov and others. He translated Isaac Newton's "Principia" and Leonard Euler's "Theory of the Moon" from Latin into Russian. His multiple comments found in these publications has contributed greatly to our modern understanding of these theories.

Krylov's outstanding scientific legacy in ship theory is widely known. However, in this publication we evaluate his works in applied mathematics, celestial mechanics and navigation. His interest in these sciences emerged in the 1880s during his course of study at the Naval School, the Naval Academy in St. Petersburg, and later during his pedagogical work as Professor of the Naval Academy, where he lectured for many years. Krylov's textbooks based on his lectures in applied mathematics were widely used by educators in the 20th century. Many of Krylov's fruitful ideas were developed later by his students and colleagues in St. Petersburg. Refs 26.

Keywords: mechanics, astronomy, applied mathematics, navigation, history of science.

References

1. Aleshkov Yu. Z., *Remarkable works on applied mathematics* (St. Petersburg. Univ. Press, St. Petersburg, 2004, 309 p.) [in Russian].
2. "Bibliography of the main works of A. N. Krylov", *Krylov A. N. Chosen compositions. Under the editorship of Yu. Sh. Shimansky* (Academy of Sciences of the USSR, Leningrad, 1958, 792–802) [in Russian].
3. Lopatukhina I. E., Polyakhov N. N., Polyakhova E. N., Sabaneev V. S., "The main scientific achievements of the academician A. N. Krylov on mathematics, mechanics and history of science", *Collection of materials conferences "Eighth Okunevsky Readings"* (Publ. house of BGTU "Military Mechanical Institute", St. Petersburg, 2013, 422–424) [in Russian].
4. People of the Russian science. Sketches about outstanding figures of natural sciences and technicians. (Mathematics. Mechanics. Astronomy. Physics. Chemistry). (Fizmatlit, Moscow, 1961, 600 p.) [in Russian].
5. Shtraykh S. Ya., "Short sketch of life and activity of the academician A. N. Krylov", *A. N. Krylov. Memoirs and sketches* (Voenizdat, Moscow, 1949, 5–72) [in Russian].
6. Newton I., "Mathematical beginnings of natural philosophy. The translation from Latin with notes and explanations of A. N. Krylov", *News of the Nikolaev sea academy* (Petrograd, Book 1, 1915, Book 2, 1916) [in Russian].
7. Chaplygin S. A., Scientific activity of Alexey Nikolaevich Krylov, *A. N. Krylov. My memoirs* (Publ. house Shipbuilding, Leningrad, 1984, 451–458) [in Russian].
8. "Main dates of life and scientific and technical activity of the academician A. N. Krylov", *A. N. Krylov. My memoirs. Under the editorship of A. P. Kapitsa* (Publ. house Shipbuilding, Leningrad, 1984, 466–474) [in Russian].
9. Gauss K. F., *Theoretical Astronomy. The translation from the German by A. N. Krylov* (Tipogr. Admiralties, Petrograd, 1919, 187 p.) [in Russian].
10. Idelson N. I., "A. N. Krylov's works on astronomy", *Works of Institute of history of natural sciences and equipment of Academy of Sciences of the USSR* Issue 15 (Publ. house of Academy of Sciences of the USSR, Moscow, Leningrad, 1956, 24–31) [in Russian].
11. Krylov A. N., *Discussions about ways of definition of orbits of comets and planets on to small number of supervision* Issue 1 (News of the Nikolaev sea academy, St. Petersburg, 1911) [in Russian].

12. Krylov A. N., “On Sir Isaac Newton’s Method of Determining the Parabolic Orbit of a Comet”, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **85**(7), 640–656 (1925).
13. Krylov A. N., “Newton’s theory of an astronomical refraction”, *Archive of history of sciences and technicians. Ser. 1.* Issue 5 (Publ. house of Academy of Sciences of the USSR, Moscow, Leningrad, 1935, 183–250) [in Russian].
14. Polyakhova E. N., Kholshchevnikov K. V., “Some tasks of the applied mathematics — celestial mechanics, geodesy, cartography — in works of the academician M. V. Ostrogradsky and his school of sciences”, *Vestnik of St. Petersburg University. Ser. 10*, Issue 1, 112–136 (2007). [in Russian].
15. Kholshchevnikov K. V., “Celestial mechanics”, *Astronomy history in Russia and the USSR. Under the editorship of V. V. Sobolev* (Publ. Voenizdat, Moscow, 1999, 78–132) [in Russian].
16. Tyulina I. A., Chinenova V. N., *History of mechanics through a prism of development of ideas, principles and hypotheses* (URSS (Libroky), Moscow, 2012, 252 p.) [in Russian].
17. Tyulina I. A., Chinenova V. N., “About bases of teaching mechanics (to the 150 anniversary since the birth of the academician A. N. Krylov)”, *Works XI of the International Kolmogorov readings* (Yaroslavl, 2013, 324–330) [in Russian].
18. Krylov A. N., *Leonard Euler* (Publ. of Academy of Sciences of the USSR, Leningrad, 1933. 39 p.) [in Russian].
19. Krylov A. N., “Destiny of one well-known theorem of Euler—Lambert”, *Archive of Institute of history of science and equipment. Ser. 1*, Issue 8, 281–299 (Publ. of Academy of Sciences of the USSR, Moscow, Leningrad, 1936) [in Russian].
20. Polyakhova E. N., Korolev V. S., Kholshchevnikov K. V., “Translations of works of classics of science by the academician A. N. Krylov”. *Natural and mathematical sciences in the modern world* N 2(26) (Novosibirsk, “SIBAK”, 2015, 108–128) [in Russian].
21. Euler L., *New theory of the movement of the Moon*. Translation from Latin with notes and explanations of the academician A. N. Krylov. (Publ. of Academy of Sciences of the USSR, Leningrad, 1934, 208 p.) [in Russian].
22. Polyakhova E. N., *Classical celestial mechanics in works the Petersburg school of mathematics and mechanics in the 19th century* (Publ. house “Nestor — History”, St. Petersburg, 2012, 140 p.) [in Russian].
23. Krylov A. N., “About change of elements of elliptic planetary orbits”, *News Imperial St. Petersburg academy of Sciences* **9**, **10** (1915) [in French].
24. Krylov A. N., “On a Theorem of Sir Isaac Newton”, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **84**(5), 392–395 (1924).
25. Krylov A. N., “On Sir Isaac Newton’s Formula for the Attraction of a Spheroid on a Point of its Axis”, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **85**(6), 571–575 (1925).
26. Gauss K. F., *The chosen works on terrestrial magnetism. Translation from German academician A. N. Krylov. Series “Classics of Science”* (Academy of Sciences of the USSR, Moscow, 1952, 279 p.) [in Russian].