НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ МГТУ ИМ. Н. Э. БАУМАНА
НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ
Эл № ФС77 - 48211. ISSN 1994-0408
приложение

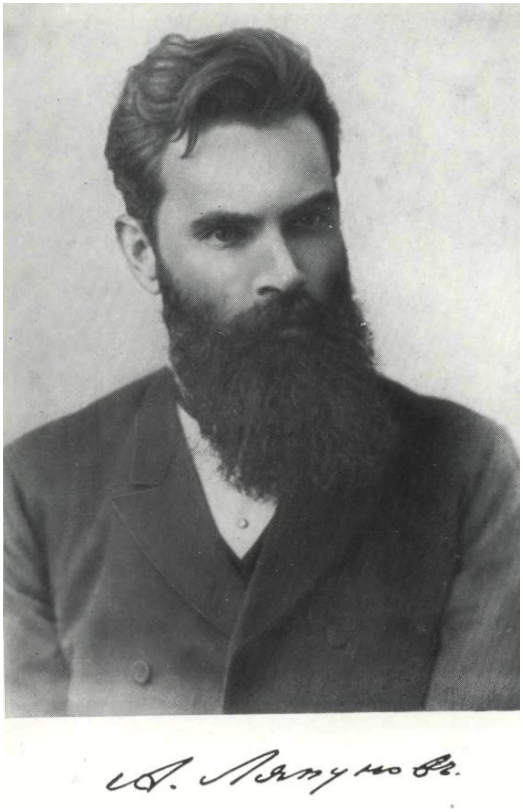
# Александр Михайлович Ляпунов и его задача об устойчивости движения

# 07, июль 2015

**Феоктистов В. В.[1], Феоктистова О. П.[1], Чернышева И. Н.[1,*]**

УДК: 531.01; 531.8(075.8)

[1]Россия, МГТУ им. Баумана
[*]chernisheva.i@yandex.ru




## Введение

Род Ляпуновых – древний и почтенный, корнями уходит к отпрыскам Галицкого князя Константина Ярославича, младшего брата Александра Невского: один из них носил прозвище «ляпунок» — что означает «мотылек» на древнерусском.

Будущий великий русский математик и механик Александр Михайлович Ляпунов родился 6 июня 1857 году в Ярославле. Его отец состоял директором Демидовского лицея и был известным для своего времени астрономом. В семье было три сына: Сергей, Александр и Борис. И всем троим предстояло стать людьми, значимыми для российской науки и культуры. Старший брат, Сергей Ляпунов, прославился, как пианист, дирижер и композитор. Младший брат, Борис в будущем стал известным филологом, лингвистом-славистом, профессором Одесского университета.

До семи лет мальчики были полностью на попечении матери, Софьи Александровны Ляпуновой, она отвечала за их духовное развитие. Но первоначальное образование все трое получили под личным руководством отца, который и выявил у своего среднего сына выдающиеся математические способности.

Саше Ляпунову было 11 лет, когда его отец умер. Однако нашелся человек, который продолжил индивидуальные занятия с Сашей, помогая ему постигнуть больше материала, нежели предлагал классический курс математики в гимназии. Этим человеком стал Рафаил Михайлович Сеченов. Он приходился родным братом знаменитому физиологу Ивану Михайловичу Сеченову. И был женат на тетке Саши, на сестре его матери: этот факт не имел бы особого значения, если бы Саша Ляпунов еще в нежном почти детском возрасте не влюбился в Наташу, единственную дочь Сеченовых.

Наташа Сеченова приходилась Саше Ляпунову двоюродной сестрой и, по православным законам, не могла бы стать его женой, хотя еще в детстве мальчик и девочка решили, что когда вырастут – поженятся, во что бы то ни стало. Впрочем, в длительность детской любви никто из взрослых не верил. Думали: с возрастом все пройдет и забудется. Никто и предположить не мог, что для Саши Ляпунова его кузина станет единственной любовью, женщиной, без которой он в буквальном смысле не сможет жить…

В 1870 году Александр Ляпунов с матерью и с братьями переехал в Нижний Новгород и поступил в третий класс Нижегородской гимназии. Гимназию он окончил в 1876 году с золотой медалью, и в том же году он поступил на физико-математический факультет Петербургского университета. Однако к математическим наукам Александр чувствовал больше склонности, и уже через месяц перешел на математическое отделение. Его любимым преподавателем и идеалом ученого стал Пафнутий Львович Чебышев. Лекции и консультации Чебышева во многом определили характер всей последующей научной и преподавательской деятельности Александра Ляпунова.

Жизнь между тем молодого ученого не щадила. Ему было 22 года, и он еще не успел окончить университет, когда скончалась мать, и на плечи Александра легла забота о младшем брате Борисе, которому надо было помочь получить достойное образование.

Первые самостоятельные шаги на научном поприще Александр Ляпунов сделал под руководством профессора механики Дмитрия Константиновича Бобылева. В 1880 году он получил золотую медаль за сочинение по гидростатике и опубликовал по совету Бобылева две статьи по этому вопросу. В том же году, по окончании университета, Ляпунов был оставлен по предложению Бобылева при кафедре механики.

В 1882 году Пафнутий Львович Чебышев предложил Александру Ляпунову тему для магистерской диссертации – исследование эллипсоидальных форм равновесия вращающейся жидкости; хотя он ранее предлагал этот вопрос другим ученым (Е.И. Золотареву и С.В. Ковалевской) и знал все трудности, связанные с этим исследованием, но, очевидно, как говорил математик Владимир Андреевич Стеклов: «Чебышев уже тогда усматривал из ряда все входящие силы в молодом человеке, если рискнул возложить на его плечи такой непосильный труд».



Александр Ляпунов в годы работы над магистерской диссертацией

Диссертацию на степень магистра прикладной математики Ляпунов защитил в январе 1885 года, получив право на преподавательскую деятельность. Ему предложили занять вакантную кафедру механики Харьковского университета. Осенью этого же года Александр переехал в Харьков и начал чтение лекций по всем курсам кафедры.

Теперь Александр был самостоятельным человеком и мог жениться.

Все эти годы он не переставал переписываться с Натальей Рафаиловной Сеченовой. Сначала ее близкие были удивлены таким постоянством, потом прониклись сочувствием к столь преданной и нежной любви молодых людей. Наталья тоже не представляла в своей жизни иного спутника, кроме Александра Ляпунова. Венчались они в Петербурге, получив на то особое церковное разрешении, 17 января 1886 года. После чего вернулись и постоянно жили в Харькове.



Наталья Сеченова - жена А. М. Ляпунова

Как и у большинства ученых, у Александра Ляпунова смысл жизни был в науке, вне ее пределов он ничего не видел, и его ничего не интересовало. Но благодаря жене он вел не только комфортную и приятную, но даже интересную светскую жизнь: Наталья ограждала мужа от тех, кто был ему несимпатичен, но когда Александр нуждался в отдыхе и в перемене обстановки – увозила его к каким-нибудь друзьям в поместье или на дачу, собирала приятные ему компании в собственном доме. Но, в сущности, она была его единственным настоящим и задушевным другом. Смыслом его жизни была математика, но центром его вселенной – Наталья…

С момента возвращения в Харьков Александр Михайлович Ляпунов с одержимостью гения работал над своей докторской диссертацией «Общая задача об устойчивости движения».

Еще в 1882 году академик П.Л. Чебышев предложил 25-летнему Ляпунову следующую задачу: «Известно, что при некоторой величине угловой скорости эллипсоидальные формы перестают служить формами равновесия, вращающейся жидкости. Не переходит ли они при этом в какие-либо новые задачи равновесия, которые при малом увеличении угловой скорости мало отличались бы от эллипсоидов».

Приступив к решению задачи, Ляпунов вскоре обнаружил, что необходимо, прежде всего, построить общую теорию устойчивости движения, основанную не на линейных приближениях, а на полных дифференциальных уравнениях возмущенного движения. Эта идея Ляпунова иллюстрируется ниже.

## Пример, иллюстрирующий понятие устойчивость движения

Рассмотрим движение в пустоте весомой материальной точки, брошенной под углом к горизонту; вводя систему координат $Oxy$ в плоскости движения и интегрируя дифференциальные уравнения движения

$$m\ddot{x} = 0, \qquad m\ddot{y} = -mg\ ; \tag{1}$$

мы получим общее решение

$$x = C_1 t + C_2\,, \qquad y = C_3 + C_4 t - \frac{gt^2}{2}\ ; \tag{2}$$

пользуясь начальными условиями

$$t = 0,\ \ x(0) = x_0\,,\ \ \dot{x}(0) = \dot{x}_0 = V_{0x}\,, \qquad y(0) = y_0\,,\ \dot{y}(0) = \dot{y}_0 = V_{0y}\,; \tag{3}$$

тогда уравнения движения

$$x = x_0 + t\dot{x}_0\,,\ \ y = y_0 + t\dot{y}_0 - \frac{gt^2}{2} \tag{4}$$

Изменим начальные условия; пусть новые начальные условия таковы:

$$t = 0,\ \ x(0) = \bar{x}_0\,,\ \ \dot{x}(0) = \dot{\bar{x}}_0 = \bar{V}_{0x}\,, \qquad y(0) = \bar{y}_0\,,\ \dot{y}(0) = \dot{\bar{y}}_0 = \bar{V}_{0y}\,; \tag{5}$$

и новые уравнения движения будут

$$\bar{x} = \bar{x}_0 + t\dot{\bar{x}}_0\ ,\ \ \bar{y} = \bar{y}_0 + t\dot{\bar{y}}_0 - \frac{gt^2}{2}\,. \tag{6}$$

Возникает следующий вопрос: если изменения в начальных условиях малы, то можно ли утверждать, что разности $(\bar{x} - x)$, $(\bar{y} - y)$ останутся малыми во все время движения?

Имея решение в явном виде, мы легко сможем ответить на этот вопрос; мы имеем

$$\bar{x} - x = (\bar{x}_0 - x_0) + t(\bar{V}_{ox} - V_{ox}), \qquad \bar{y} - y = (\bar{y}_0 - y_0) + t(\bar{V}_{oy} - V_{oy})\,; \tag{7}$$

если ограничиться конечным промежутком времени $0 \le t \le T$, то из уравнения (7) имеем

$$|\bar{x} - x| \le |\bar{x}_0 - x_0| + T|\bar{V}_{ox} - V_{ox}|, \qquad |\bar{y} - y| \le |\bar{y}_0 - y_0| + T|\bar{V}_{oy} - V_{oy}|\,; \tag{8}$$

$T$ - ограниченная величина; поэтому все величины $\bar{x}_0 - x_0$, $\bar{y}_0 - y_0$, $\bar{V}_{ox} - V_{ox}$, $\bar{V}_{oy} - V_{oy}$ бесконечно малы, то и разности $\bar{x} - x$, $\bar{y} - y$ также бесконечно малы. Но если рассмотреть эти разности во все время движения, т.е. при $0 \le t \langle \infty$, то ясно, что они не только не оста-

нутся бесконечно малыми, но будут безгранично возрастать вместе с $t$ ; таким образом, движение по закону (4) таково, что при бесконечно малых изменениях в начальных условиях получим новое движение, которое с течением времени все больше и больше будет отличаться от данного.

Если же взять проекции скорости в обоих движениях

$$V_x = V_{ox}, V_y = V_{oy} - gt; \bar{V}_x = \bar{V}_{ox}, \bar{V}_y = \bar{V}_{oy} - gt,$$

то мы имеем:

$$\bar{V}_x - V_x = \bar{V}_{ox} - V_{ox},$$
$$\bar{V}_y - V_y = \bar{V}_{oy} - V_{oy},$$

т.е. разности $\bar{V}_x - V_x, \bar{V}_y - V_y$, будут бесконечно малы во все время движения.

В 1885 г. А.М. Ляпунов защитил магистерскую диссертацию, которая сразу обратила на себя внимание математиков, механиков, физиков и астрономов во всем мире. В том же году он был утвержден в звании приват доцента и занял кафедру механики в Харьковском университете. До 1890 г. он один вел все преподавание на этой кафедре.

В 1892 г. в Харькове была опубликована докторская диссертация Ляпунова «Общая задача об устойчивости движения», где Ляпунов объяснял это так: «прием, которым пользуются обыкновенно, приводится к тому, что в исследуемых дифференциальных уравнениях отбрасывают все члены выше первого измерения относительно величин $x_s$ и вместо первоначальных рассматривают получаемые таким путем линейные уравнения. Но законность такого упрощения ничем не оправдывается, ибо дело приводится к замене рассматриваемой задачи другой, с которой она может не находится ни в какой зависимости».

## Определение устойчивости возмущенного движения по Ляпунову

Прежде всего Ляпунов дал строгое определение устойчивости движения. Отсутствие такого определения приводило часто к недоразумению, так как движения устойчивое в одном смысле может оказаться неустойчивым в другом понимании этих слов.

**Определение**. Нулевое решение $x(t) \equiv 0$ возмущенной системы $\dot{x} = f(x)$ называют устойчивым, если для

$$\forall \varepsilon > 0 \ \ \exists \delta > 0 \ \ \forall t > 0:$$
$$\|x(o)\| < \delta \Rightarrow \|x(t)\| < \varepsilon, \ 0 \le t < \infty.$$

**Теорема** Ляпунова. Если система дифференциальных уравнений

$$\dot{x} = f(x), \ x = (x_1, x_2, ..., x_n), \ f = (f_1, f_2, ..., f_n), \ x \in D \subseteq R^n:$$

1. $f(x)$ локально липшицева в области $D \subseteq R^n$; - условие разрешимости задачи Коши при любом начальном условии в окрестности $x = 0$;

2. $f(0) = 0$, область $D$ содержит $x = 0$; - $\dot{x} = f(x)$ система возмущенного движения;

3. Существует скалярная, непрерывно дифференцируемая функция

$$V = V(x_1, x_2, ..., x_n); \ V(0,0,...,0) = V(0) = 0;$$

4. $V(x) > 0$ для любых $x \in D$, кроме $x = 0$; - $V(x)$ положительно определенная функция;

5. $\dot{V}(x) = (f(x),\ gradV(x)) \le 0$ для любого $x \in D$; - производная в силу системы $\dot{x} = f(x)$ не возрастает $\Rightarrow$ тогда нулевое решение $x(t) \equiv 0$ устойчиво.

Ляпунов предложил два основных метода исследования устойчивости движения, из них второй, или как сейчас принято называть его «прямой», получил наибольшее распространение благодаря своей простоте и эффективности. Ляпунов поставил вопрос об обратимости теоремы Лагранжа и доказал ее для двух частных случаев.

## Определение устойчивости невозмущенного движения по Ляпунову

Рассмотрим движение голономной системы с идеальными и двусторонними связями с $k$ степенями свободы; проинтегрировав уравнения Лагранжа

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i,\ (i = 1,2,...,k), \tag{1}$$

и воспользовавшись начальными условиями

$$\begin{gathered} t = t_0,\ q_i(t_0) = q_{i0}, \\ (i = 1,2,...,k), \\ \dot{q}_i(t_0) = \dot{q}_{i0}; \end{gathered} \tag{2}$$

мы найдем закон движения системы

$$q_i = f_i(t),\ (i = 1,2,...,k); \tag{3}$$

Это движение Ляпунов назвал невозмущенным движением системы.

Рассмотрим теперь движение системы под действием тех же сил, но при других начальных условиях; пусть новые начальные условия таковы:

$$\begin{gathered} t = t_0,\ q_i = q_{io} + \varepsilon_i \\ (i = 1,2,...,k), \\ \dot{q}_i = \dot{q}_{io} + \varepsilon_i' \end{gathered} \tag{2'}$$

Величины $\varepsilon_i$ и $\varepsilon_i'$ $(i = 1,2,...,k)$ Ляпунов назвал возмущениями; новое движение, соответствующее этим новым начальным условиям, он назвал возмущенным движением; уравнения возмущенного движения пусть будут

$$q_i = \varphi_i(t, \varepsilon, \varepsilon'),\ (i = 1,2,...,k). \tag{3'}$$

Пусть $\psi_s(q, \dot{q}),\ (s = 1,2,...,n)$ - заданные непрерывные функции обобщенных координат и скоростей; для невозмущенного движения они обратятся после подстановки (3) в некоторые известные функции времени $t$, которые обозначены через $Z_s(t)\ (s = 1,2,...,n)$; для возмущенного движения после подстановки $(3')$ они будут некоторыми функциями величин $t, \varepsilon, \varepsilon'$; обозначим эти последние функции через

$$\overline{Z}_s(t, \varepsilon, \varepsilon'),\ (s = 1,2,...,n).$$

Если все возмущения $\varepsilon, \varepsilon'$ равны нулю, то, очевидно, и все разности $\bar{Z}_s - Z_s$ $(s = 1,2,...,n)$ равны нулю при любом $t \geq t_0$, если же возмущения не равны нулю, но бесконечно малы, то возникает вопрос: будут ли величины $\bar{Z}_s - Z_s$ $(s = 1,2,...,n)$ бесконечно малыми во все время движения?

Ответ на поставленный вопрос – и притом утвердительный – было бы легко дать, если ограничить $t$ неравенством $t_0 \leq t \leq T$, где $T$ - заданное число; действительно, при этом ограничении функции $q_i$, а следовательно, и разности $\bar{Z}_s - Z_s$, непрерывно зависят от начальных условий и поэтому при бесконечно малых возмущениях сами останутся бесконечно малыми для $t_0 \leq t \leq T$; однако, как показывает рассмотренный пример, при $t_0 \leq t < \infty$ эти разности могут и не быть бесконечно малыми.

Решение поставленного вопроса зависит как от характера невозмущенного движения, так и от выбора функций $\psi_s$.

А.М. Ляпунов дал следующее определение.

Пусть $L_1, L_2, ..., L_n$ - произвольно задаваемые положительные числа; невозмущенное движение называется устойчивым по отношению к величинам $\psi_1, \psi_2, ..., \psi_n$, если при любых сколь угодно малых числах $L_1, L_2, ..., L_n$ можно найти такие положительные числа $E_i, E_i'$ $(i = 1,2,...,k)$, чтобы при возмущениях удовлетворяющих условиям

$$|\varepsilon_i| < E_i, \ |\varepsilon_i'| < E_i' \ (i = 1,2,...,k),$$

мы имели бы неравенство

$$|\bar{Z}_s - Z_s| < L_s \ (s = 1,2,...,n) \qquad (4)$$

при всех $t > t_0$; если этого добиться нельзя, то невозмущенное движение называется неустойчивым по отношению к величинам $\psi_s, (s = 1,2,...,n)$, если же разности $\bar{Z}_s - Z_s$ не только удовлетворяют неравенству (4), но и стремятся к нулю при $t \to \infty$, то невозмущенное движение называется асимптотически устойчивым.

Иными словами, движение устойчиво по отношению к величинам $\psi_s, (s = 1,2,...,n)$, если можно подобрать настолько малые возмущения, чтобы разности $\bar{Z}_s - Z_s$, $(s = 1,2,...,n)$ во все время движения не выходили из наперед поставленных границ.

Таким образом, движение весомой точки в пустоте неустойчиво относительно декартовых координат, но устойчиво относительно проекций скоростей.

## Заключение

Книга А.М. Ляпунова по устойчивости вышла небольшим тиражом. Интерес к ней проявили немногие ученые (среди них А. Пуанкаре).

В настоящее время соответствующие спецкурсы в технических университетах читаются для специалистов факультетов фундаментальных наук.

Но известен случай, когда в Париже на съезд по робототехнике был привезен из Японии отлично выполненный внешне робот, но его траектория не была исследована на устойчивость движения и он, не успев двинуться по этой траектории, упал. Пример говорит о том, что принцип исключения из фундаментального образования курса теории устойчивости в технических университетах себя исчерпал. Дальнейшее развитие идей А.М. Ляпунова продолжилось в трудах советской школы по устойчивости движения.

Первая такая группа была организована в Казани Н.Г. Четаевым, который продолжил работу в Москве, в институте механики Академии наук.

В Казани работу продолжили Г.В. Колесников, в Алма-Ата – К.П. Персидский, в Свердловске – И.Г. Малкин.

В настоящее время диссертации, в которых рассматривается устойчивость движения, считаются выполненными качественно.

Теперь рассмотрим развитие вопроса об определении устойчивости движения гироскопа в кардановом подвесе. Было исследовано инерционное движение уравновешенного симметричного гироскопа в кардановом подвесе с учетом масс колец, также была в линейной постановке изучена устойчивость быстро вращающегося астатического гироскопа. Было обнаружено влияние вектора угловой скорости вращения кольца на устойчивость вертикального положения оси гироскопа.

Была также исследована устойчивость вертикального положения тяжелого симметричного гироскопа в кардановом подвесе. Был использован метод Ляпунова, функция Ляпунова была составлена в форме линейной комбинации первых интегралов уравнений возмущенного движения.

Была изучена устойчивость регулярного прецессии гироскопа в кардановом подвесе, установлены необходимые и достаточные условия устойчивости, исследовано влияние диссипативных сил на устойчивость движения. Изучено влияние сухого трения на устойчивость оси внутреннего кольца. Рассмотрена устойчивость движения гироскопа в кардановом подвесе, находящегося в ньютоновском центральном силовом поле. Исследованы также устойчивость движения одноосного гиростабилизатора с магнитным подвесом поплавковой гирокамеры.

В 1900 году А.М. Ляпунов был избран членом-корреспондентом Академии наук, а в 1901 году – ординарным академиком по кафедре прикладной математики, остававшейся вакантной в течение семи лет после смерти П.Л. Чебышева. В 1902 году А.М. Ляпунов переехал в Петербург и целиком отдался научной работе – исследованию фигур небесных тел, т.е. исследованию равновесия равномерно вращающейся жидкости, все частицы которой притягивают друг друга по Ньютону.

Научные заслуги А.М. Ляпунова были признаны всем миром: он состоял почетным членом Петербургского, Харьковского и Казанского университетов, почетным членом Харьковского математического общества, иностранного члена Академии в Риме, членом-корреспондентом Парижской академии наук.

Но радость от научных побед для Александра Михайловича затмевалась личными проблемами. У его обожаемой супруги Натальи Рафаиловны оказалось очень хрупкое здоровье. Еще в молодости врачи обнаружили у нее признаки чахотки. Детей она иметь не могла. Супруги так и оставались друг для друга единственными близкими и родными людьми.

Александр был дружен с братьями, но не настолько, чтобы Сергей или Борис могли бы стать для него поддержкой и утешением, если бы он овдовел.

Между тем, к 1917 году состояние здоровья Натальи Рафаиловны настолько ухудшилось, что врачи рекомендовали решительную смену климата. Ляпуновы переехали в Одессу.

Революция, начало гражданской войны, величайший духовный дискомфорт, связанный с происходящим в стране, и практическая неустроенность в новом городе, ведь Наталья Рафаиловна больше не могла заботиться об уютном совместном быте, — все это негативно сказывалось на Александре Михайловиче. У него началась депрессия.

Туберкулез Натальи Рафаиловны прогрессировал, а с ним прогрессировала и депрессия Александра Михайловича.

Летом 1918 года Наталья Рафаиловна уже не могла ходить. Врачи предупреждали Ляпунова о ее скорой и неизбежной кончине.

В начале осени 1918 года А. М. Ляпунов приступил к чтению лекций в Новороссийском университете: его курс назывался «О форме небесных тел», и оборвался после седьмой лекции, которую Ляпунов прочел 28 октября 1918 года…



Последняя фотография Александра Михайловича Ляпунова

Наталья Рафаиловна Ляпунова скончалась 31 октября 1918 года.

И, хотя ее смерть была ожидаемой, Александр Михайлович не смог пережить утрату. Несколько часов он просидел, глядя на жену, заказал ей гроб, но после того, как тело переложили с кровати на стол, Ляпунов ушел в свой кабинет и выстрелил себе в голову. Он оставил записку: «Мы прошли весь жизненный путь вместе, должны и окончить его вместе. Прошу похоронить меня в одной могиле с Наташей». Выстрел был неудачным, ученый скончался только трое суток спустя, 3 ноября 1918 года, в университетской хирургической клинике, не приходя в сознание.




Надгробие Александра Михайловича Ляпунова в Одессе

3 мая 1919 года Академия наук специальным заседанием почтила память великого математика. В Одессе Ляпунову поставлен памятник, его именем назван переулок в центральной части города, на доме, где он жил установлена мемориальная доска.

## Список литературы

1. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения. М.-Л.: ГИТТЛ. 1950. 471 с.
2. Четаев Н.Г. Устойчивость движения. Работы по аналитической механике. М.: Изд-во АН СССР. 1962. 535 с.

3. Аппель П.Э. Теоретическая механика. В 2-х т.Т.1. Статика. Динамика точки.; Т.2. Динамика системы. Аналитическая механика. Пер. с франц. М.: Физматгиз. 1960. 515 с., 487с. [Appell P. Traité de mécaniquerationnelle. Paris. Gauthier—Villars.ed. 4-th. v. 1. 1919. 619 p.; v. 2. 1924. 575 p.]
4. Беллман Р. Теория устойчивости решений дифференциальных уравнений. М.: Изд-во «Иностранная литература». 1954. 216 с.
5. Дронг В.И., Дубинин В.В., Ильин М.М., Колесников К.С., Космодемьянский В.А., Назаренко Б.П., Панкратов А.А., Русанов П.Г., Саратов Ю.С., Степанчук Ю.М., Тушева Г.М., Шкапов П.М. Курс теоретической механики: учебник для вузов по машиностроительным направлениям и специальностям / Под ред. К.С. Колесникова, В.В. Дубинина, 4-е изд., испр. (Сер. Механика в техническом университете. Т.1.) М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 758 с.
6. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. М.: Наука. 1966. 531 с.
7. Шибанов А. С. Александр Михайлович Ляпунов. (Сер. Жизнь замечательных людей. Выпуск 2 (662)). М.: Молодая гвардия. 1985. 336 с.