



МАШИНОСТРОЕНИЕ

DOI 10.5862/JEST.254.14

УДК 531.8

А.Н. Евграфов, П.А. Андриенко

ВКЛАД УЧЕНЫХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА XVIII–XIX ВЕКОВ В РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

A.N. Evgrafov, P.A. Andrienko

THE ROLE OF ST. PETERSBURG SCIENTISTS OF THE XVIII–XIX CENTURIES IN THE DEVELOPMENT OF THE THEORY OF MECHANISMS AND MACHINES

В XVIII–XIX веках в Санкт-Петербурге работали выдающиеся ученые и инженеры, которые внесли заметный вклад в развитие теории механизмов и машин. Некоторые из их работ опережали свое время и оказывались забытыми, какие-то заново открывались в другое время и в другом месте. Возникшая путаница привела к спорам о приоритетах в научных открытиях и инженерных решениях. В данной статье обсуждается вклад ученых Санкт-Петербурга в науку о механизмах и машинах в столичный период истории города.

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН; УЧЕНЫЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА; НАРТОВ; ЭЙЛЕР; ЧЕБЫШЕВ; АССУР.

In 1712 Peter the Great has moved the capital of the Russian Empire from Moscow to Saint Petersburg. Following the change, official state institutions, civil servants, highly skilled workers, and builders moved in. For two centuries, from 1712 to 1918, St. Petersburg served as the capital of Russia and attracted countless talented, energetic and ambitious individuals, who have contributed to the diverse areas of art and science. This paper discusses contribution of St. Petersburg scientists within the scope of mechanisms and machines discipline.

THEORY OF MECHANISMS AND MACHINES; A. NARTOV; L. EULER; P. CHEBYSHEV; L. ASSUR.

Введение

В 1712 году Петр I перенес столицу Российского государства из Москвы в Санкт-Петербург. Вслед за официальными государственными учреждениями сюда переехали государственные служащие, высококвалифицированные рабочие, строители. В течение двух столетий (1712–1918 гг.) Санкт-Петербург был столицей России и привлекал к себе много талантливых, энергичных, амбициозных людей, которые внесли свой вклад

в различные области искусства и науки. Очень скоро после своего основания Петербург стал и одним из важнейших промышленных центров России. Большую роль в становлении машиностроения играли ученые и инженеры Петербурга. Они создавали невиданные станки и машины, изумлявшие современников, разрабатывали новые научные теории. Некоторые из этих работ опережали свое время и оказывались забытыми, какие-то заново были открыты в другое время и

в другом месте. Возникшая путаница привела к спорам о приоритетах в научных открытиях и инженерных решениях.

Наша цель – рассмотреть вклад ученых Санкт-Петербурга в науку о механизмах и машинах, созданный в столичный период истории города.

Андрей Константинович Нартов (1683–1756)



Рис. 1. А.К. Нартов

В 1712 году по личному указанию Петра I в Санкт-Петербург в собственную дворцовую «токарню» (токарная мастерская) был вызван Андрей Нартов (рис. 1) – молодой высококвалифицированный токарь, работавший в Московской школе математических и навигацких наук. Школа была открыта в 1701 году по указу Петра I для подготовки моряков и штурманов. Нартов работал в токарной мастерской, где изготавливались приборы и оборудование для обучения.

Назначение Нартова в дворцовую токарню свидетельствовало о признании его мастерства. Здесь уже работали выдающиеся мастера высокой квалификации: Георг Занепенс из Англии, Франц Зингер – немец по происхождению, приехавший из Италии, и др. Токарня была оснащена первоклассным оборудованием, в ней

создавались преимущественно токарно-копировальные станки [1].

За короткое время работы в Петербурге Нартов сконструировал и построил ряд сложных по конструкции токарно-копировальных станков. Они предназначались для дипломатических подарков. Один из станков Петр I подарил во время своего визита во Францию в 1717 году Генеральному управляющему почт и сообщений Rajot d'Ons on Bray. В 1718 году Петр I послал Нартова в Пруссию, Голландию, Англию и Францию для «приобретения знаний в механике и математике». За границей Нартов знакомился с производством, посещал арсеналы, монетные дворы, мануфактуры. В Париже Нартов демонстрировал работу на токарном станке с механическим резцодержателем, который он создал в 1717 году. В 1745 году станок попал к Людовику XV, а в 1807-м поступил в Musée National des Techniques в Париже, где и хранится до сих пор (рис. 2) [2].



Рис. 2. Токарно-копировальный станок Нартова (Musée National des Techniques, Paris)



Рис. 3. Токарная комната

В 1720 году Нартов вернулся в Санкт-Петербург. Петр I поручил ему заведовать дворцовой токарней, которую Нартов расширил и пополнил новыми машинами, вывезенными и выписанными им из-за границы. Токарня располагалась рядом с царскими покоями и часто служила Петру I кабинетом (рис. 3) [3].

Главным занятием Нартова стало конструирование и сооружение различных станков и механизмов. В 1721 году в мастерских Адмиралтейства по чертежам Нартова было построено два станка. Первый предназначался для копирования рельефных изображений на медалях, футлярах, шкатулках и т. д., второй – для нарезания зубьев на колесах в часовых механизмах. Через год был создан сверлильный станок для труб фонтанной системы Петергофа. Особый интерес представляет токарно-копировальный станок для обработки цилиндрических рельефных поверхностей. Он соединял в себе большие технологические возможности с высокохудожественным внешним оформлением: корпус обрамляла резьба по дереву, сочетавшаяся с гравировкой металлической станины и медалями-барельефами, украшавшими цоколи несущих колонн.

В 1733 году Нартов был направлен в Москву на Московский монетный двор. Там он наладил работу монетного двора и создал ряд оригинальных штамповочных прессов. В 1735 году он вернулся в Санкт-Петербург, где работал в Артиллерийском ведомстве и в Петербургской академии наук. Нартов скончался 16 апреля 1756 года в чине статского советника*.

* Соответствует высокому положению среди государственных служащих России.



Рис. 4. Большой токарно-копировальный станок Нартова (Эрмитаж, Санкт-Петербург)

Многолетняя работа Нартова в мастерских привела к созданию целого ряда токарных, копирально-токарных, винторезных, зуборезных, строгальных станков. Некоторые из станков Нартова хранятся в коллекции Эрмитажа как шедевры инженерного искусства XVIII века (рис. 4).

В то время для нарезания зубчатых колес использовали метод копирования. В качестве инструмента применяли дисковую фрезу. Профиль режущих кромок фрезы имел форму впадины между двумя соседними зубьями нарезаемого колеса. После нарезания одной впадины заготовку (нарезаемое колесо) поворачивали на угол, равный угловому шагу колеса. В 1721 году Нартов изготовил зубофрезерный станок, предназначенный для нарезания зубчатых колес любых машин. На рис. 5 показана схема станка.

На станине *A* установлены два узла: узел подачи и поворота заготовки и узел подвода и вращения фрезы.

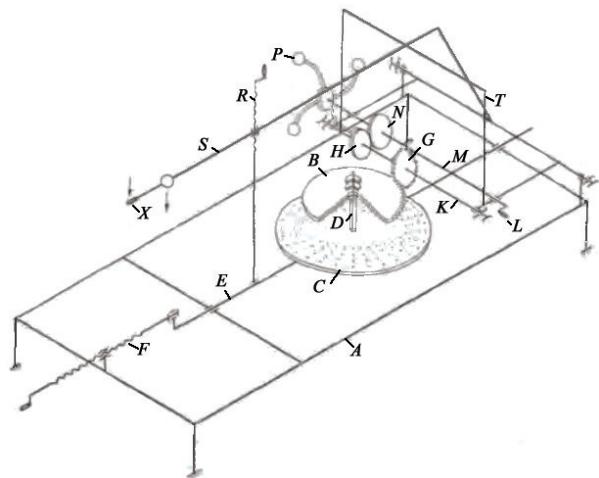


Рис. 5. Схема станка для нарезания зубчатых колес

Заготовка *B* вместе с делительным диском *C* закреплены на вертикальном валу *D*, который установлен на планке *E*. Перемещение планки *E* вместе с заготовкой и делительным диском *C* осуществляется с помощью винта *F*.

Инструмент – фреза *G* – вместе с колесом *H* установлена на валу *K*. Вращение инструменту передается от рукоятки *L* через вал *M* и зубчатые колеса *N* и *H*. На другом конце вала *M* помещен маховик *P*. Вертикальное перемещение фрезы *G* осуществляется с помощью винта *R*. Он приводит в движение рамную конструкцию *S, T* с фрезой.

Делительный диск *E* имеет несколько концентрических окружностей. На каждой окружности нанесены лунки (метки), число которых соответствует числу нарезаемых зубьев: 48, 56, 64, 72, 80, 88, 96 и 104. Поворачивая делительный диск на одну метку (на одно деление), заготовку поворачивают на один угловой шаг.

Нарезание зубьев происходило так. С помощью винта *F* заготовку подводили к траектории движения фрезы *G*. Фрезу *G* опускали до упора в заготовку и приводили во вращение с помощью рукоятки *L*. Для удержания конструкции в этом положении и уменьшения вибрации нажимали на рычаг *X*. Нарезав одну впадину, заготовку поворачивали на угловой шаг, и процесс повторялся снова.

В 1738 году А.К. Нартов создал проект токарно-винторезного станка с механизированным суппортом (резцодержателем) на основе винтовой пары и с набором сменных зубчатых колес.

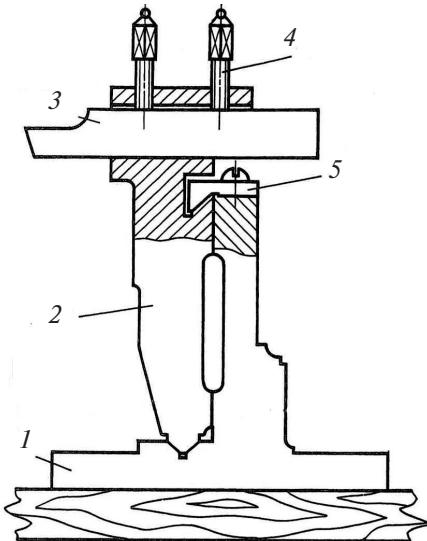


Рис. 6. Схема суппорта Нартова (1714)

На рис. 6 изображена схема суппорта, созданного А.К. Нартовым. На основании *I* по направляющим перемещается суппорт *2*, на котором закреплен резец *3* с помощью винтов *4*. Планка *5* обеспечивает силовое замыкание системы. Суппорт перемещается в плоскости, перпендикулярной чертежу. Основание станка выполнено из бронзы, а суппорт – из стали.

На рис. 7 показана схема токарно-винторезного станка Нартова с механизированным суппортом и набором сменных колес. Маховое колесо вращается вручную с помощью рукоятки и вращает вал *I*. Вал *I* с помощью пары «винт–гайка» соединен с суппортом *S*, на котором закреплен резец. Суппорт перемещается по направляющей *A*. Через сменные зубчатые колеса *B* и *C* вращение от вала *I* передается на обрабатываемую деталь (заготовку).

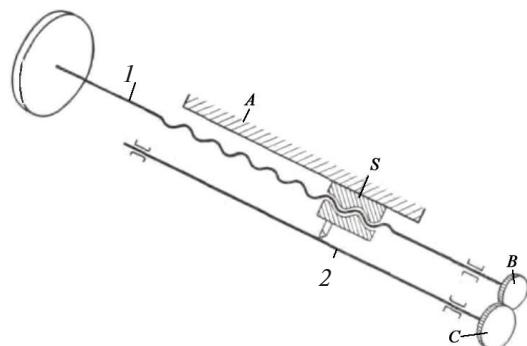


Рис. 7. Схема токарно-винторезного станка Нартова с механизированным суппортом



В 1749 году руководитель Петергофской гравильной фабрики О.О. Ботон построил модель с усовершенствованным суппортом, в котором было предусмотрено получение движения подачи от главного движения. В том же году станок был построен на Тульском оружейном заводе. В 1772 году в «Энциклопедии» Дидро и Даламбера был опубликован чертеж крестового суппорта. Два десятилетия спустя, на рубеже XVIII и XIX веков Г. Модсли (Henry Maudslay) использовал разработанные до него идеи во всех создаваемых им станках.

Итогом своей деятельности Нартов считал книгу, которую он закончил в 1755 году. Сокращенное название этой книги: «Театрум машинаrum, то есть ясное зрелище машин и преудивительных разных родов механических инструментов» (рис. 8) [4].

«Театрум машинаrum» представляет собой рукописную книгу в парчовом переплете с золотым обрезом формата 528 × 363 мм. В ней 104 листа, из них 24 заполнены текстом, остальные — таблицы: рисунки станков, инструментов и вытачиваемых из них художественных изделий. В книге подробно и профессионально описаны копировально-токарные, токарные, строгальные, винторезные, зуборезные, сверлильные станки и прессы, великолепно выполнены иллюстрации.

На рис. 9 показана схема одного из самых совершенных токарно-копировальных станков Нартова, предназначенного для объемно-копи-

ровальных работ (1718–1729). На нем выполнялась фасонная обработка поверхностей с вытачиванием сложных рельефов.

Станок приводится в действие руками рабочего. От рукоятки *A* вращение передается валу *K* с ходовым винтом через зубчатые колеса, две червячные пары *C–E* и *E–F* и ортогональную зубчатую пару *G–H*. Ходовой винт *K* с помощью пары винт-гайка приводит в движение два суппорта *N*, на которых закреплены копирный палец-щуп *T* и резец *S*. Шаг винта под суппортами разный и зависит от масштаба копирования. Копир *M* и заготовка *R* закреплены на шпинделе *L*. Шпиндель установлен на подпружиненной раме-балансе. Пружины *U* обеспечивают прижатие копира *M* к пальцу-щупу *T*, а заготовки *R* к резцу *S*.

Вращение заготовке *R* и копиру *M* передается от рукоятки *A* через две круглоременные передачи *B* и *P*, что и обеспечивает рабочее движение — резание.

Резец *S* воспроизводит на вращающейся заготовке *R* изображение рельефа, ощупываемого копирным пальцем-щупом *T*.

Труд Нартова был сдан в коллекцию рукописей библиотеки Эрмитажа. В 1852 году книга передана из Эрмитажа в Российскую национальную библиотеку, где хранится в Отделе рукописей. Эта книга — первая российская книга о станкостроении. Она может быть поставлена в ряд с такими книгами по станкостроению, как Charles Plumier «L'Art De Tourner Ou De Faire En

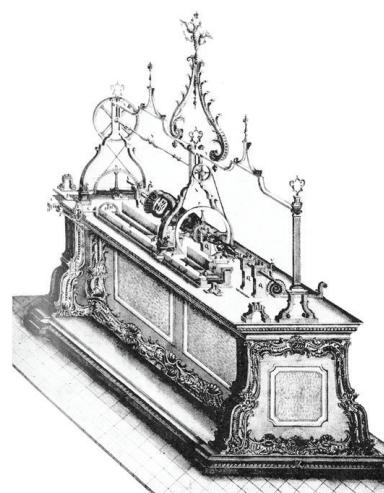


Рис. 8. Книга «Театрум машинаrum» Нартова: *a* — титульный лист; *b* — иллюстрация из книги (токарный станок)

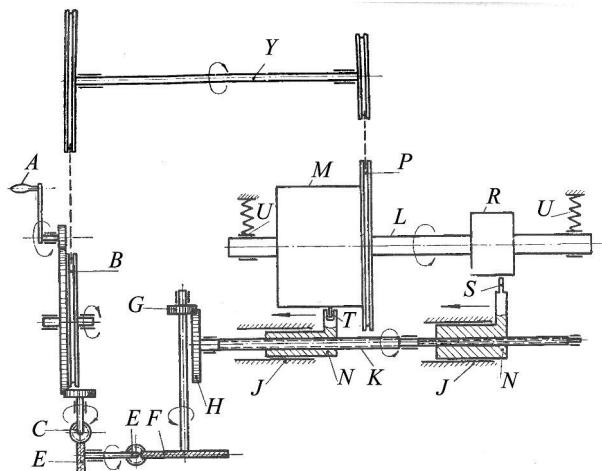


Рис. 9. Схема большого токарно-копировального станка Нартова с механизированным суппортом

Perfection Toutes Sortes D’Ouvrages Au Tour» (Lyons, 1701; Paris, 1749); Jacob Leupold «Theatrum Machinarum» (Leipzig, 1724–1727); James Nasmyth «Remarks on the Introduction of the Slide Principle in Tools and Machines Employed in the Production of Machinery» In: Robertson Buchanan «Practical Essays on Mill Work and Other Machinery» (London, 1841).

В последнее время возобновился интерес к работам Нартова. В 1990-е годы в Санкт-Петербурге в галерее «Петрополь» был создан творческий коллектив, соединивший исследователей, архитекторов-реставраторов, конструкторов, механиков, столяров, скульпторов-художников и токарей. Одной из задач коллектива было создание копии копировально-токарного станка Нартова, основанной на научном изучении сохранившихся документов. В результате проделанной в 1990–1993 годах работы был воссоздан в масштабе 1:1 копировально-токарный медальерный станок Нартова (рис. 10) [5]. Это работающий станок, на котором можно обрабатывать (вытачивать) детали, проверить возникающие нагрузки, скорости резания, колебательные процессы при резании, устойчивость всей конструкции [6].

Действующую модель медальерно-гильоширного токарного станка Нартова в масштабе 1:3 создал в 2000-х годах Григорий Цыпин в мастерской «Макетбург» (рис. 11). Модель прекрасно работает: Г.Цыпин создал на ней плакетки, шкатулки, украшения из бивня мамонта, янтаря и дерева.



Рис. 10. Копия копировально-токарного медальерного и гильоширного станка Нартова (Галерея «Петрополь»)

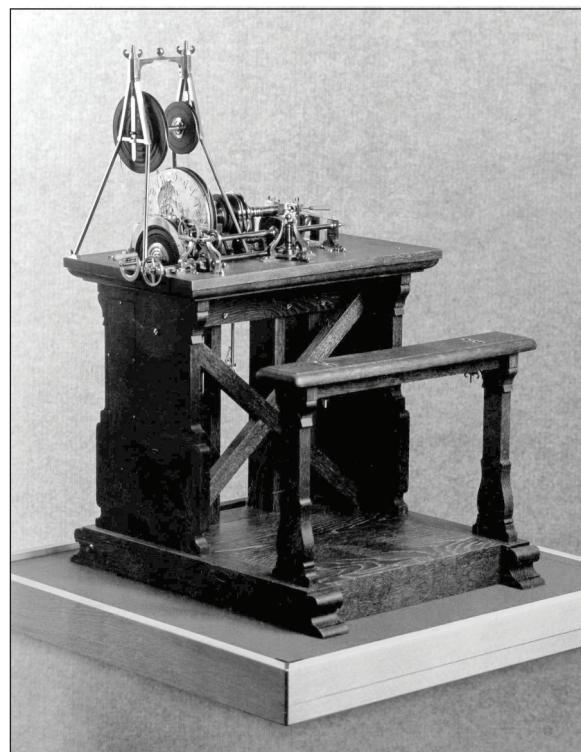
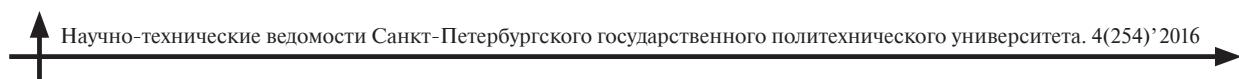


Рис. 11. Действующая модель медальерно-гильоширного токарного станка Нартова (Мастерская «Макетбург»)



Спустя почти три века после создания станки Нартова поражают точностью конструкторских решений технических задач и эстетическим совершенством исполнения.

Большое количество машин и станков, относящихся к разным областям деятельности, характеризуют А.К. Нартова как одного из лучших специалистов в области механики машин своего времени.

Леонард Эйлер (1707–1783)

Леонард Эйлер (рис. 12) родился 14 апреля 1707 года в Швейцарии, в Базеле. В 1725 году он окончил Базельский университет. В 1726 году по рекомендации Даниила и Николая Бернулли получил приглашение в Санкт-Петербургскую Академию наук. В 1727 году он приехал в Санкт-Петербург и очень быстро прошел путь от адъюнкта до профессора и действительного члена Академии наук.

В Санкт-Петербургской Академии наук Эйлер нашел хорошие условия для работы. Он быстро (за 1 год) изучил русский язык, читал студентам лекции, писал книги, статьи, учебники, работал над составлением карт России [7].

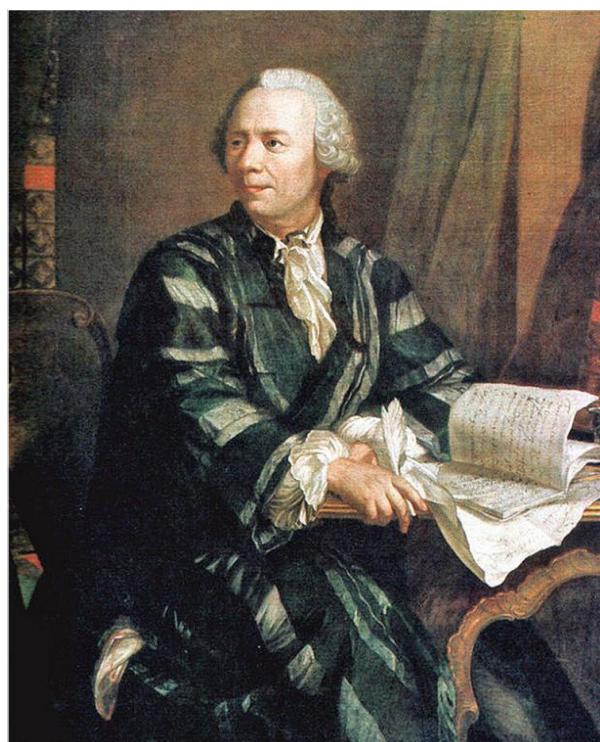


Рис. 12. Леонард Эйлер

В конце 1740 года после смерти Анны Иоанновны власть в России перешла в руки Анны Леопольдовны. Петербургская Академия наук в эти годы пришла в запустение.

В это же время прусский король Фридрих II задумал возродить Общество наук в Берлине. Через своего посла в Петербурге король пригласил Эйлера переехать в Берлин, и ученый подал заявление об отставке. В июне 1741 года Эйлер с семьей переехал в Берлин, где прожил 25 лет, работая в Берлинской Академии наук [8].

Во время семилетней войны России с Пруссией русские войска заняли Берлин. Дом Эйлера пострадал. Русское командование принесло ему извинения и возместило убыток, а кроме того, императрица Елизавета прислала ему крупную сумму денег.

В 1766 году он с семьей по приглашению императрицы Екатерины II вернулся в Санкт-Петербург, где и прожил уже до конца жизни, продолжая плодотворно работать.

Список работ Эйлера содержит примерно 850 названий. Работы Эйлера относятся к разным отраслям математики, механики, физики, астрономии, в том числе и к прикладным наукам. Ряд работ Эйлера посвящен вопросам механики машин. В мемуаре «О наивыгоднейшем применении простых и сложных машин» (1747) Эйлер предложил вести изучение машин не в состоянии покоя, а в состоянии движения. Этот новый, «динамический» подход Эйлер обосновал и развил в мемуаре «О машинах вообще» [9]. В этом труде он впервые в истории науки указал на три составные части машины, которые в XIX веке были определены как двигатель, передача и рабочий орган. В мемуаре «Принципы теории машин» [10] Эйлер показал, что при расчете динамических характеристик машин в случае их ускоренного движения нужно учитывать не только силы сопротивления и инерцию полезной нагрузки, но и инерцию всех составных частей машины [11].

Эйлер занимался также и прикладными вопросами теории механизмов и машин: вопросами теории гидравлических машин и ветряных мельниц, исследованием трения частей машин, вопросами профилирования зубчатых колес (здесь он обосновал и развил аналитическую теорию эвольвентного зацепления, которое



впоследствии заняло доминирующее положение среди зубчатых зацеплений) [12]. В 1769, 1771, 1776 были опубликованы его работы, в которых он заложил основы теории трения гибких тросов [13–16]. В отечественной литературе^{**} соотношение между силами натяжения троса в сбегающей и набегающей ветвях называют формулой Эйлера. Оно выглядит так:

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{f\alpha}, \quad (1)$$

где F_1 – сила в сбегающей ветви гибкой нити; F_2 – сила в набегающей ветви гибкой нити; α – угол обхвата; f – коэффициент трения. Однако в англоязычной и германоязычной литературе формулу (1) называют формулой Айтельвайна (Eytelwein), который опубликовал ее в 1808 году в «Справочнике по статике твердых тел». Споры о вкладе каждого из ученых в механику нити привели к тому, что в последнее время формулу стали называть формулой Эйлера–Айтельвайна***.

Л. Эйлер скончался в 1783 году в Санкт-Петербурге. Его прах поконится в Александро-Невской Лавре.

6 февраля 1899 года на общем собрании Академии наук обсуждалось предложение отделения физико-математических наук о сооружении памятника Эйлеру в Петербурге. Вопрос был поставлен на голосование. Голоса разделились поровну, поэтому предложение не прошло. И все же Эйлера в Петербурге не забыли. В 1988 году в составе Санкт-Петербургского отделения Математического отделения института имени В. А. Стеклова Российской Академии наук был

^{**} См., например: **Артоболевский И.И.** Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975, С. 249;

Батъ М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т. 1. М.: Hayka, 1984. С. 122.

^{***} См., например: **Konyukhov A., Schweizerhof K.** Frictional Interaction of a Spiral Rope and a Cylinder – 3D-Generalization of the Euler-Eytelwein Formula Considering Pitch;

Metzger A. Seile mit Kontakt und Reibung: Finite Elemente Implementierung für das Euler-Eytelwein-Problem und weiterführende Anwendung bei der FE-Modellierung von Seemannsknoten;

Marcus O. Weber & Andrea Ehrmann. Necessary modification of the Euler–Eytelwein formula for knitting machines.

создан Международный математический институт, носящий имя Эйлера. В 2007 году перед зданием института на Песочной набережной был установлен бюст ученого.

Пафнутий Львович Чебышёв (1821–1894)

П. Чебышёв (рис. 13) в 1841 году окончил Московский университет. В 1846 году он защитил там же магистерскую диссертацию «Опыт элементарного анализа теории вероятностей». В 1847 году он переехал в Санкт-Петербург, поступил в Петербургский университет на должность альянкт-профессора и начал чтение лекций по алгебре и теории чисел. В 1849 году Чебышёв защитил докторскую диссертацию, за которую получил Демидовскую премию Петербургской академии наук. В 1850 году, в 29 лет, стал профессором Санкт-Петербургского университета. В 1852 году Чебышёв был направлен в командировку в Великобританию и во Францию [17].

На одном из заводов во Франции Чебышёв предложил провести небольшой опыт: в параллелограмме Уатта заменить несколько деталей на детали с другими размерами, рассчитанными молодым ученым. Дело в том, что Чебышёва интересовали шарнирно-рычажные механизмы,



Рис. 13. Пафнутий Львович Чебышёв

служащие для приближенного преобразования кругового движения в прямолинейное и наоборот. К числу таких механизмов относится параллелограмм Уатта, который он сконструировал для своей паровой машины. Параллелограмм Уатта должен был преобразовывать прямолинейное возвратно-поступательное движение штока (жестко связанного с поршнем паровой машины) в качательное движение конца балансира. Известно, что Уатт подбирал размеры звеньев эмпирически. Он прикреплял карандаш к концу штока и приставлял доску с бумагой так, чтобы на ней наносился след карандаша — траектория этой точки штока. Уатт менял размеры звеньев, добиваясь того, чтобы линия, очерченная карандашом, как можно ближе приблизилась к прямой. Вплоть до середины XIX века неизбежные неточности подобных механизмов приводили к росту потерь на трение и быстрому изнашиванию звеньев.

Так же, как когда-то Уатт, Чебышёв установил на конце штока карандаш и подложил доску с бумагой. Когда машину остановили и сняли доску с бумагой, то увидели, что карандаш начертит прямую линию (рис. 14). Этот опыт подтвердил теорию молодого ученого [18].

Чебышёв решал задачу целенаправленного нахождения параметров искомого механизма с тем, чтобы на некотором заданном отрезке максимальное отклонение траектории рабочей точки механизма от ее касательной в средней точке наименее уклонялось от нуля по сравнению с другими аналогичными траекториями. Полученные результаты Чебышёв изложил в работе

«Теория механизмов, известных под названием параллелограммов» (1854) [19], став основоположником математической теории синтеза механизмов.

Несколько позже Чебышёв опубликовал новый научный труд: «О функциях, наименее отличающихся от нуля» [20]. В нем он искал средства математического анализа, с помощью которых можно определять форму механизмов и размеры их звеньев для воспроизведения любых заданных движений. Эта работа П.Л. Чебышёва заложила теоретические основы аналитического синтеза механизмов.

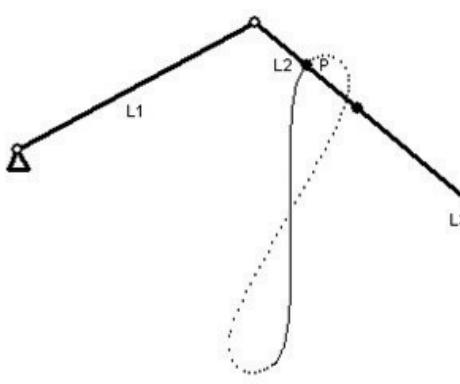
Чебышёв за свои научные труды был избран членом Петербургской академии наук (1856), Берлинской АН (1871), Болонской АН (1873), Парижской АН (1874), Шведской АН (1893), Лондонского королевского общества (1877) и почетным членом многих российских и иностранных научных обществ, академий и университетов.

Умер Чебышёв в своем родовом имении в Калужской области в 1894 году.

П.Л. Чебышёв был математиком и механиком. В области механики его интересовали вопросы теории механизмов. Методы теории функций, наименее уклоняющихся от нуля, П.Л. Чебышёв применил также в работах о зубчатых колесах (для построения при помощи дуг окружностей профиля зуба, позволяющего добиться близости отношения угловых скоростей колес к требуемому значению).

Чебышёв положил также начало теории структуры плоских механизмов. В работе

a)



б)

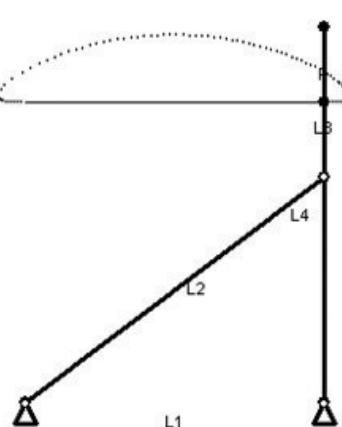


Рис. 14. Параллелограмм Уатта (*а*) и ламбда-механизм Чебышёва (*б*)



«О параллелограммах» (1869) [21] он для рычажных механизмов с вращательными кинематическими парами и одной степенью свободы вывел структурную формулу (ныне известную как «формула Чебышёва») — тождество, которому должен удовлетворять каждый такой механизм:

$$3m - 2(n+v) = 1, \quad (2)$$

где m — число подвижных звеньев; n и v — число соответственно подвижных и неподвижных шарниров. Через 14 лет формула (2) была переоткрыта немецким механиком М. Грюблером [22]. В 1887 году ученик Чебышёва П.О. Сомов получил аналогичную структурную формулу для пространственных механизмов.

Используя разработанные им методы синтеза механизмов, Чебышёв создал свыше 40 новых механизмов и около 80 их модификаций. Среди них — механизмы с остановками, механизмы выпрямителей и ускорителей движения, приближенно-направляющие механизмы. Некоторые механизмы нашли применение в современном авто-, мото- и приборостроении.

Один из наиболее известных механизмов Чебышёва — «стопоходящая машина», имитиро-

вавшая движение животного при ходьбе (рис. 15). Эта машина была с успехом показана на Всемирной выставке в Париже в 1878 году, а в настоящее время хранится в московском Политехническом музее.

Среди других известных механизмов Чебышёва — модель инвалидной коляски (самокатное кресло), которая была показана на Всемирной выставке в Чикаго в 1893 году (рис. 16).

Изобретенный Чебышёвым автоматический арифмометр стал первым арифмометром непрерывного действия (рис. 17).

Модели Чебышёва хранятся в Политехническом музее (Москва, Россия), в Музее истории Санкт-Петербургского университета (Санкт-Петербург, Россия), в Музее истории Санкт-Петербурга (Санкт-Петербург, Россия), в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана (Москва, Россия), в Музее П.Л. Чебышева Спас-Прогнанской школы (Калужская область, Россия), в Musée des Arts et Métiers du Conservatoire National des Arts et Métiers (Paris, France), в Science Museum (London, UK).

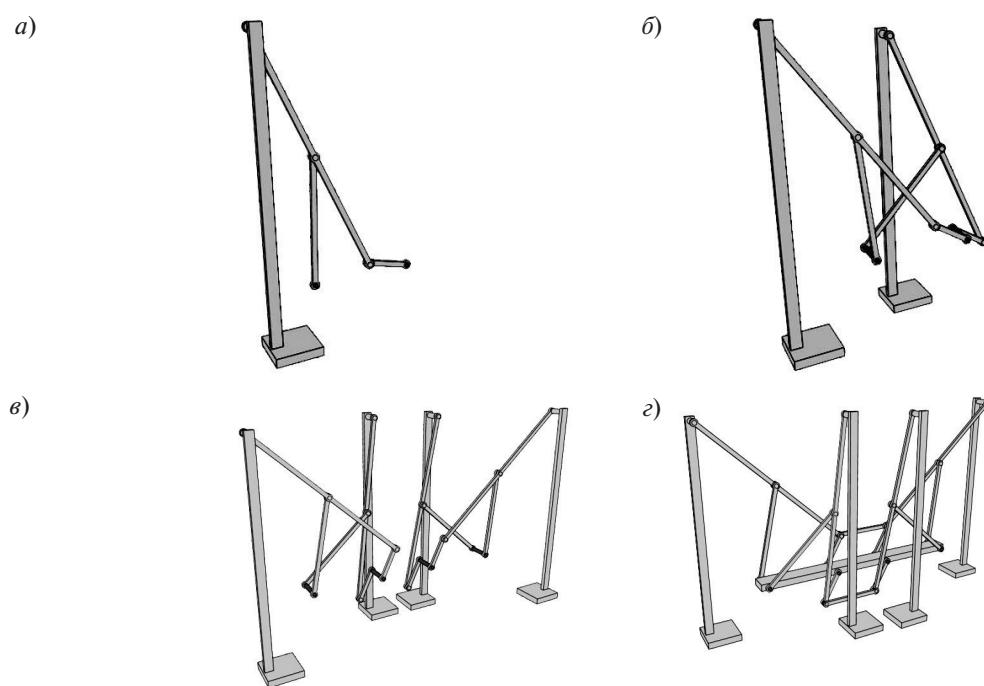


Рис. 15. Ступоходящая машина Чебышёва: *а* — одна нога; *б* — две ноги; *в* — четыре ноги; *г* — кинематическая схема.
(Реконструкция фонда «Математические этюды» [23])

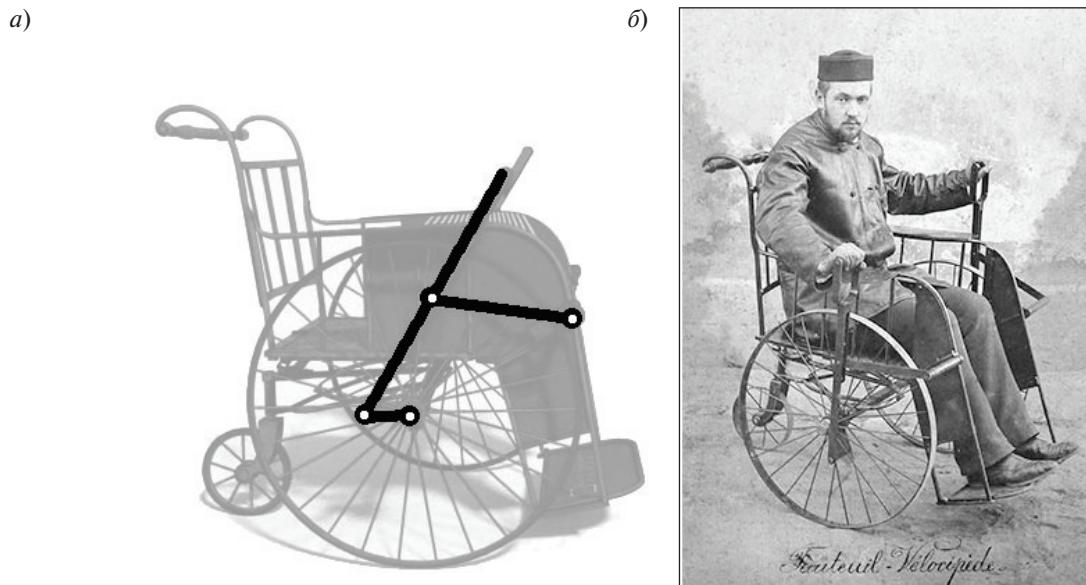


Рис. 16. Ручной привод инвалидной коляски: а – реконструкция фонда «Математические этюды; б – фотография из архива Musée des arts et métiers du Conservatoire national des arts métiers (Paris, France); CNAM № 12179-0003

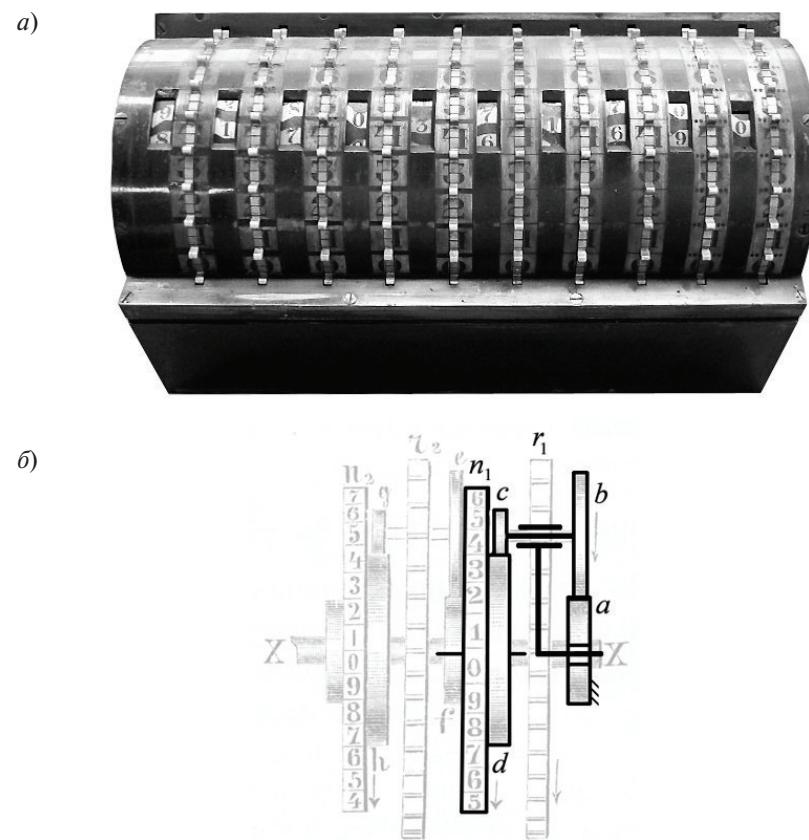


Рис. 17. Арифмометр Чебышёва: экспонат из Musée des arts et métiers du Conservatoire national des arts métiers (Paris, France) (а) и схема зубчатой передачи (планетарный эпипохический механизм) (б)



Леонид Владимирович Ассур (1878–1920)

В 1901 году Леонид Ассур (рис. 18) окончил Московский университет и сразу поступил на второй курс механического отделения Московского технического училища (сейчас – Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана). Окончив его в 1906 году и получив звание инженера-механика, Ассур переехал в столицу России – Санкт-Петербург. Здесь в 1907 году он получил приглашение на работу в Политехнический институт, где стал вести занятия сначала по машиностроительному черчению, потом по теоретической и прикладной механике.



Рис. 18. Леонид Владимирович Ассур

Готовясь к чтению курса «Теория механизмов», Ассур увлекся идеей создания стройной классификации рычажных механизмов, основанной на их структуре. Задача оказалась очень сложной и потребовала нескольких лет напряженной работы для ее решения. Ассуру очень помогла его прекрасная математическая подготовка, полученная им на математическом отделении физико-математического факультета Московского университета, и знания инженерных наук, полученные в Московском техническом училище. Знание языков (латынь, греческий, французский, немецкий и английский) позволило ему знакомиться с новейшими публикациями в области прикладной механики [24].

Наконец, в 1914 и 1915 годах Ассур опубликовал в «Известиях» Санкт-Петербургского политехнического института свою диссертацию на ученую степень альбюонкта: «Исследование плоских стержневых механизмов с низшими парами с точки зрения их структуры и классификации». Работа вышла в двух частях: «Учение о нормальных многоподковых цепях и роль их в образовании механизмов» (часть 1, 1914 г.) [25] и «Приложение учения о нормальных цепях к общей теории механизмов» (часть 2, 1915 г.) [26].

В 1916 году на заседании Ученого совета Санкт-Петербургского политехнического института Ассур защитил диссертацию и получил ученую степень альбюонкта по кафедре прикладной механики. Однако он не мог дальше продолжать интенсивно заниматься наукой: шла Первая мировая война, затем – две революции, Гражданская война. Ассуру пришлось очень много работать, он преподавал сразу в двух институтах – Политехническом и Лесном. Здоровье Ассура ухудшилось. В июне 1919 года он уехал в Воронеж, где в это время жила его семья у родственников. В мае 1920 года он лег в клинику, где ему были сделаны две операции. 19 мая после второй операции он умер, не приходя в сознание.

Главный труд Ассура был оценен после его смерти. В 1952 году в издательстве Академии наук СССР в очень престижной серии «Классики науки» под редакцией академика И.И. Артоболевского было опубликовано второе издание книги «Исследование плоских стержневых механизмов с низшими парами с точки зрения их структуры и классификации» [27].

Книга включала в себя титульный трактат, два дополнения, написанных Ассуром в 1915 и 1918 годах, а также приложение: отзыв Н.Е. Жуковского о трактате Ассура, статью Артоболевского «Л.В. Ассур и его работы по теории механизмов», примечания и список научных трудов Ассура. Книга имела довольно большой для научной монографии тираж (2500 экз.). Ассур был признан классиком теории механизмов.

Издание книги пробудило волну интереса к идеям Ассура. Классификация Ассура стала исходной системой структурной классификации для дальнейших исследований российской школы теории механизмов и машин. Ее использовали почти во всех учебниках по теории механизмов:

С.Н. Кожевников («Теория механизмов и машин», первое издание в 1947 г.; переведено на польский, чешский, венгерский и китайский языки), Н.И. Колчин («Механика машин» в 5-ти частях, первое издание в 1948–1957 гг.), Вл.А. Зинновьев («Теория механизмов и машин», первое издание в 1955 году, переведено на английский язык в 1963 г.) и др.

Исследование структурных групп Ассура продолжается и в наши дни в России и за рубежом [28–30].

В последнее время появились публикации с использованием классификации Ассура как общеизвестной, без ссылок на первоисточник.

Это является своеобразным подтверждением признания заслуг Ассура в области теории механизмов.

Заключение

Представленные в данной статье ученые, жившие в разные годы в Санкт-Петербурге, работали в благоприятной среде. Их окружали коллеги, подчас не менее крупные фигуры, чем они сами, ученики, последователи. Они основали научные и инженерные школы, их имена сохранились в книгах, теориях, формулах, моделях. Они внесли свой заметный вклад в развитие науки о механизмах и машинах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гизе М.Э. Нартов в Петербурге. Ленинград: Лениздат, 1988. 174 с.
2. Луазо Ж. Токарный станок А.К. Нартова во Французском Национальном хранилище искусств и ремесел // Вопросы истории естествознания и техники. Вып. 3. Москва: Изд. АН СССР, 1957. С. 212–216.
3. Загорский Ф.Н. Андрей Константинович Нартов. 1693–1756. Ленинград: Наука, 1969. 166 с.
4. Дружинский И.А., Федосеева Е.П. «Театрум машинаrum» А.К. Нартова: К 200-летию со дня смерти А.К. Нартова – автора первого русского труда о станках. Ленинград: Изд-во Государственной публичной библиотеки им. М. Е. Салтыкова-Щедрина, 1956. 89 с.
5. Мокеева В.И. Парадный станок А.К. Нартова – предположение или реальность? // «Театрум Машинаrum, или три эпохи искусства резьбы по кости в Санкт-Петербурге»: Каталог выставки. СПб.: Петрополь, 1993. С. 215–219.
6. Дружинский И.А. Воосздание технологической части станка А.К. Нартова // «Театрум Машинаrum, или три эпохи искусства резьбы по кости в Санкт-Петербурге»: Каталог выставки. СПб.: Петрополь, 1993. С. 231–237.
7. Bogolyubov N., Mikhailov G., Yushkevich A. Euler and Modern Science. Translated by Robert Burns // Mathematical Association of America. 2007. ISBN 978-0-88385-564-5.
8. Dunham William The Genius of Euler: Reflections on his Life and Work. Mathematical Association of America. 2007. ISBN 978-0-88385-558-4.
9. Euler L. De machinis in genere // Novi Commentarii Acad. Sci. Imp. Petrop., Vol. 3. P. 254–285. 1753.
10. Euler L. Principia theoriae machinarum // Novi Commentarii Acad. Sci. Imp. Petrop., Vol. 18. P. 230–253. 1763.
11. Подольский М.Е. О методе Эйлера в применении к кинематике и динамике твердого тела // Теория механизмов и машин. 2013. Т. 11. № 2(22). С. 38–45.
12. Едунов В.В., Едунов А.В. К вопросу об использовании уравнения Эйлера-Савари в задачах механики машин // Теория механизмов и машин. 2012. Т. 10. № 2(20). С. 33–40.
13. Euler L. Remarques sur l'effet du frottement dans l'équilibre // Memoires de l'Academie des Sciences de Berlin. 1769. Vol. 18. P. 265–278.
14. Euler L. Genuina principia doctrinae de statu aequilibrium et motu corporum tam perfecte flesibilium quam elasticorum // Novi Commentarii Acad. Sci. Petrop. 1771. Vol. 15. P. 381–413.
15. Euler L. De gemina methodo tam aequilibrium quam motum corporum flexibilium determinandi et utriusque egregio consensus // Novi Commentarii Acad. Sci. Petrop. 1776. Vol. 20. P. 286–303.
16. Euler L. De pressione funium tensorum in corpora subiecta eorumque motu a frictione impedito // Novi Commentarii Acad. Sci. Petrop. 1776. Vol. 20. P. 304–342.
17. Прудников В.Е. Пафнутий Львович Чебышев. 1821–1894. Л.: Наука, 1976. 283 с.
18. Chebyshev P. Sur une modification du paralllogramme articul de Watte. In Bull. Phys.-math. de l'Academie Impriale Sciences de St.-Ptersbourg, 1861. T. IV. P. 433–438.
19. Chebyshev P. Theory of the mechanisms known as parallelograms. In Mmoires prsents l'Acadmie Impriale Scienes de St.-Ptersbourg par divers savants. 1854. Vol. VII. P. 539–568.
20. Chebyshev P. Functions deviating least from zero. In Journ. de math. pures et appl., II seri, 1874. Vol. XIX P. 319–346.



21. Chebyshev P. On parallelograms // In Proceedings of the Second Congress of Russian Natural Scientists. Aug. 20–30 1869. M., 1869.
22. Grübler M. Allgemeine Eigenschaften der zwangsläufigen ebenen kinematischen Ketten // Zivilingenieur. 1883. Vol. 29. P. 167–199.
23. Механизмы П.Л.Чебышева. Математические этюды. [Электронный ресурс.] // <http://tcheb.ru/>.
24. Евграфов А.Н., Козликин Д.П. Леонид Владимирович Ассур // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. №4 (183). Т. 1. С. 405–414.
25. Ассур Л.В. Исследование плоских стержневых механизмов с низшими парами с точки зрения их структуры и классификации. Часть 1: Учение о нормальных многоповодковых цепях и роль их в образовании механизмов // Известия Санкт-Петербургского политехнического института. 1914. Т. 20–21; Дополнение ко второй главе первой части // Там же. 1915. Т. 24.
26. Ассур Л.В. Исследование плоских стержневых механизмов с низшими парами с точки зрения их структуры и классификации. Часть 2: Приложение учения о нормальных цепях к общей теории механизмов // Известия Санкт-Петербургского политехнического института. 1914. Т. 21–23; Дополнение к первой главе второй части // Там же. 1918. Т. 24.
27. Ассур Л. Исследование плоских стержневых механизмов с низшими парами с точки зрения их структуры и классификации. 2-е изд. М.: Изд-во АН СССР, 1952.
28. Пейсах Э.Е. Классификация плоских групп Ассура // Теория механизмов и машин. 2007. Т. 5 №1(9). С. 5–17.
29. Дворников Л.Т. Основы всеобщей (универсальной) классификации механизмов // Теория механизмов и машин. 2011. Т. 9. № 2 (18). С.18–29.
30. Bouzakis K.D., Mansour G., Mitsi S., Popescu I. Position analysis in polynomial form of class-three Assur // Mech. and Mach. Theory. 2008. Vol. 43. P. 1401–1415.

REFERENCES

1. Gize M.E. Nartov in St. Petersburg. Leningrad: Lenizdat, 1988. 174 p. (rus.)
2. Loiseau J. Nartov's lathe in the French national arts and crafts store. *Questions of History of Science and Technology*. 1957. Vol. 3. USSR Academy of Sciences. Moscow. P. 212–216. (rus.).
3. Zagorski F. Andrey Nartov. 1693–1756. Leningrad: Nauka, 1969. 166 p. (rus.)
4. Druzhinsky I., Fedoseyeva E. “Theatrum machinarum” of A. Nartov: the 200th anniversary of the death of A. Nartov – author of the first Russian work on the machines / National Library of Russia. Leningrad, 1956. 89 p. (rus.)
5. Mokeeva V.I. Nartov's machine – an assumption or a reality? “*Theatrum Machinarum, or the three epochs in the art of bone-carving in St. Petersburg.*” Exhibition Catalogue: The 300th anniversary of the birth of Andrej Nartov. 1993, Saint Petersburg / Scientific editor V. Yu. Matveev. Saint Petersburg: “Petropol” gallery. 1993. P. 215–219. (rus.)
6. Druzhinsky I.A. Reconstruction of technological part of Nartov's machine. “*Theatrum Machinarum, or the three epochs in the art of bone-carving in St. Petersburg.*” Exhibition. Catalogue: The 300th anniversary of the birth of Andrej Nartov / Scientific editor V. Yu. Matveev. Saint Petersburg: “Petropol” gallery. 1993. P. 231–237 (rus.)
7. Bogolyubov N., Mikhailov G., Yushkevich A. Euler and Modern Science. Translated by Robert Burns. *Mathematical Association of America*. 2007. ISBN 978-0-88385-564-5.
8. Dunham William The Genius of Euler: Reflections on his Life and Work. *Mathematical Association of America*. 2007. ISBN 978-0-88385-558-4.
9. Euler L. De machinis in genere. *Novi Commentarii Acad. Sci. Imp. Petrop.* 1753. Vol. 3. P. 254–285.
10. Euler L. Principia theoriae machinarum. *Novi Commentarii Acad. Sci. Imp. Petrop.* 1753. Vol. 8. P. 230–253.
11. Podolsky M.E. On application of Euler's approach to kinematics and dynamics of rigid body. *Theory of Mechanisms and Machines*. 2013. Vol. 11. № 2(22). P. 38–45. (rus.).
12. Edunov VV., Edunov A.V. The use the equation of Euler-Savary in problems of mechanics of machines. *Theory of Mechanisms and Machines*. 2012. Vol. 10. № 2(20). P. 33–40. (rus.).
13. Euler L. Remarques sur l'effet du frottement dans l'équilibre. *Memoires de l'Academie des Sciences de Berlin*. 1769. Vol. 18. P. 265–278.
14. Euler L. Genuina principia doctrinae de statu aequilibrii et motu corporum tam perfecte flesibilium quam elasticorum. *Novi Commentarii Acad. Sci. Petrop.* 1771. Vol. 15. P. 381–413.
15. Euler L. De gemina methodo tam aequilibrium quam motum corporum flexibilium determinandi et utriusque egregio consensu. *Novi Commentarii Acad. Sci. Petrop.* 1776. Vol. 20. P. 286–303.
16. Euler L. De pressione funium tensorum in corpora subiecta eorumque motu a frictione impedito. *Novi Commentarii Acad. Sci. Petrop.* 1776. Vol. 20. P. 304–342.
17. Prudnikov V. Pafnuty Chebyshev. 1821–1894. Moscow: Science, 1976. (rus.).
18. Chebyshev P. Sur une modification du parallogramme articulé de Watte. *Bull. Phys.-math. de l'Academie Impériale Sciences de St.-Petersbourg*, 1861. T. IV. P. 433–438.

19. **Chebyshev P.** Theory of the mechanisms known as parallelograms. *Memoires presents l'Academie Impriale Sciences de St.-Ptersbourg par divers savants.* 1854. Vol. VII. P. 539–568.
20. **Chebyshev P.** Functions deviating least from zero. *Journ. de math. pures et appl.*, II serie, 1874. Vol. XIX. P. 319–346.
21. **Chebyshev P.** On parallelograms. *Proceedings of the Second Congress of Russian Natural Scientists.* Aug. 20–30, 1869. M., 1869.
22. **Grübler M.** Allgemeine Eigenschaften der zwangsläufigen ebenen kinematischen Ketten. *Zivilingenieur.* 1883. Vol. 29. P. 167–199.
23. Механизмы П.Л.Чебышева. Математические исследования. [Электронный ресурс]. <http://tcheb.ru/>. (rus.)
24. **Evgrafov A.N., Kozlikin D.P.** Leonid Vladimirovich Assur. *Nauchno-tehnicheskiye vedomosti SPbGPU.* 2013. № 4 (183). Т. 1. С. 405–414.
25. **Assur L.** Research of planar linkages with lower pairs on the basis of their structure and classification. Part 1: The doctrine of normal chains and their role in the formation mechanisms. *Proceedings of the St. Petersburg Polytechnic Institute.* 1914. Vol. 20–21; Addition to the second chapter of the first part. *Ibid.* 1915, Vol. 24. (rus.)
26. **Assur L.** Research of planar linkages with lower pairs on the basis of their structure and classification. Part 2: The application of the doctrine of the normal chains of the general theory of mechanisms. *Proceedings of the St. Petersburg Polytechnic Institute.* 1914. Т. 21–23; Addition to the first chapter of the second part. *Ibid.* 1918. Т. 24. (rus.)
27. **Assur L.** Research of planar linkages with lower pairs on the basis of their structure and classification. 2nd ed. / USSR Academy of Sciences, 1952. (rus.)
28. **Peisach E.E** Classification of planar Assur groups. *Theory of mechanisms and machines.* 2007. Vol. 5. № 1 (9). P. 5–17. (rus.).
29. **Dvornikov LT.** Bases of general classifications of mechanisms. *Theory of mechanisms and machines.* 2011. Vol. 9. № 2 (18). P.18–29. (rus.).
30. **Bouzakis KD, Mansour G, Mitsi S, Popescu I** Position analysis in polynomial form of class-three Assur. *Mech. and Mach. Theory.* 2008. Vol. 43. P. 1401–1415.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/AUTHORS

ЕВГРАФОВ Александр Николаевич – кандидат технических наук заведующий кафедрой Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.
195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
E-mail: a.evgrafov@spbstu.ru

EVGRAFOV Aleksandr N. – Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.
29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia.
E-mail: a.evgrafov@spbstu.ru

АНДРИЕНКО Павел Александрович – кандидат технических наук доцент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.
195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
E-mail: andrienko-p@mail.ru

ANDRIENKO Pavel A. – Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.
29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia.
E-mail: andrienko-p@mail.ru