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

Научное и научно-педагогическое наследие А.П. Котельникова – заведующего кафедрой теоретической механики МВТУ им. Н.Э. Баумана (к 150-летию со дня рождения)

 # 12, декабрь 2015
DOI: 10.7463/1215.0829138

Колесников К. С.[1], Шкапов П. М.[1,*], Панкратов А. А.[1]

УДК 531.001.8

[1]МГТУ им. Баумана, Москва, Россия
*spm@bmstu.ru

В высшем техническом образовании России дисциплина «Теоретическая механика» берёт начало с лекций Н.Е. Жуковского, которые он с 1878 г. стал читать в Императорском московском техническом училище (ИМТУ) отдельно от курса математики. За 43 года руководства кафедрой теоретической механики сформированная нашим великим ученым-механиком, «отцом русской авиации», программа курса лекций по теоретической механики была дополнена введением практических занятий, демонстрацией механизмов из собираемой им коллекции приборов, итоговой аттестацией в виде экзамена с билетами, включающими задачи. Занятия со студентами проводили не только штатные сотрудники кафедры, но привлекались также ведущие профессора Московского университета, крупные ученые и инженеры. Таким образом, была не только сформирована фундаментальная инженерная дисциплина, но и создан коллектив, который под руководством профессора Н.Е. Жуковского в течение 43 лет успешно решал задачу подготовки высококлассных инженеров для работы в разных отраслях развивающейся промышленности России, включая машиностроение, металлообработку, энергетику, а также бурно развивающееся авиа- и двигателестроение, многие др. [1-3].

17 марта 1921 г. Н.Е. Жуковского не стало, и остро встал вопрос о его преемнике на должность заведующего кафедрой теоретической механики МВТУ им. Н.Э. Баумана (б. ИМТУ). Ученый совет пригласил на эту должность известного математика и механика Евгения Александровича Болотова, который ранее работал на кафедре и о научных работах которого Н.Е. Жуковский отзывался очень положительно. Занимавший в 1918-1920 г.г. должность ректора Казанского университета и заведующего кафедрой теоретической и практической механики, Е.А. Болотов принял предложение Ученого совета возглавить

кафедру теоретической механики МВТУ и в 1921 г. переехал в Москву. Однако, менее чем через год, он скоропостижно умер, и вопрос о руководителе кафедры возник вновь. В 1924 г. заведующим кафедрой был избран Александр Петрович Котельников, который был в то время ярким представителем Казанской школы математиков и механиков [2-4], рис. 1.

Рис. 1 А.П. Котельников – представитель Казанской школы механиков и математиков, 1896 г.

А.П. Котельников родился 8 (20) октября 1865 года в г. Казани в семье профессора Казанского университета Петра Ивановича Котельникова, коллеги и сподвижника Н.И. Лобачевского. Александр Котельников в 1883 г. окончил гимназию с серебряной медалью и в том же году поступает в Санкт-Петербургский технологический институт, но в 1884 г. переводится на математическое отделение физико-математического факультета Казанского университета. В 1893 г., сдав магистерский экзамен по прикладной математике, он получил звание приват-доцента Казанского университета и стал читать курсы графической статики и теории упругости, вел со студентами упражнения по теоретической механике [4].

В 1896 г. А.П. Котельников защитил магистерскую диссертацию под названием «Винтовое счисление и его приложение к геометрии и механике» [5]. В своей речи на защите диссертации, А.П. Котельников отмечал, что возрастающая сложность задач механики требует более сложных методов и указывал, что «…винт, как метод, имеет важное значение в вопросах теоретической механики, а именно в статике, кинематике и динамике твердого тела».

«***Винтовое счисление»*** - математический аппарат, который с единых позиций описывает силовые винты $(\overline{R},\overline{L}_0)$ и винтовые представления кинематики $(\overline{V},\overline{\Omega})$. Здесь $\overline{R}$ - главный вектор, а $\overline{L}_0$ - главный момент системы сил; $\overline{V}_0$ - скорость точки тела, а $\overline{\Omega}$ - угловая скорость тела, рис.2.

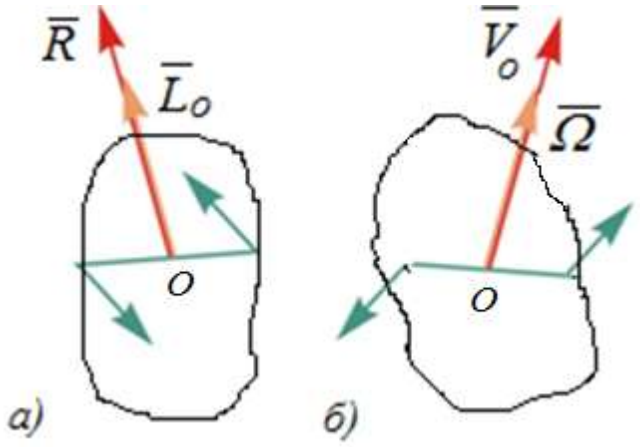

Рис. 2. Винты в теоретической механике: *а*) динамический винт; б) кинематический винт

Каждый из этих винтов характеризуется совокупностью двух векторов: одного вектора свободного и одного вектора скользящего. Совокупность этих двух векторов Котельников назвал *бивектором*. Созданная им теория включала действия над бивекторами и возможность анализа механического движения по их изменениям. Если векторное произведение двух векторов дает кватернион, то произведение двух бивекторов дает *бикватернион* (термин английского математика Клиффорда). Затем А.П. Котельников развивает аналитическую теорию параболического бикватерниона в евклидовом пространстве. Здесь он вводит новую комплексную единицу ω, причем $\omega^2 = 0$ и делает вывод, что произведение бивектора β на бивектор α есть бикватернион $q = q_0 + \omega q_1$, где q_0 и q_1 есть кватернионы. Котельников вводит весьма важное для теории понятие о комплексном угле между двумя прямыми в пространстве. Благодаря этому, операции над бивекторами получают с внешней стороны вид, тождественный с тем, который имеют операции над векторами в теории кватернионов. И дальше А.П. Котельников приходит к заключению, что между построениями и теоремами теории векторов и построениями и теоремами теории винтов можно провести полнейший параллелизм, так что каждому построению и теореме теории векторов будет отвечать построение и теорема теории винтов: формулы, выражающие соответствующие теоремы, будут одним и те же. «Все операции, которые мы совершаем над кватернионами, можно совершать над бикватернионами, все формулы теории кватернионов можно рассматривать как формулы теории бикватернионов. Однако геометрический смысл операций над кватернионами и бикватернионами различен. Операциям над кватернионами соответствуют построения теории векторов, имеющих общее начало, а операциям над бикватернионами – построения теории винтов» [5].

В своих научных исследованиях А.П. Котельников (как и его отец – профессор Казанского университета П.И. Котельников) поддерживал и развивал фундаментальные идеи Н. И. Лобачевского. Еще до защиты магистерской диссертации у него возник замысел распространения винтового исчисления на неевклидовы пространства. Так, перед защитой магистерской диссертации им были опубликованы тезисы («Положения»), в которых он писал: «Изучение механики неевклидовых пространств заслуживает самого серьёзного внимания во многих отношениях. Вопрос о роде нашего пространства едва ли может быть решён прежде, чем будет разработана механика пространств неевклидовых».

Развитие этих идей и было реализовано в докторской диссертации А.П. Котельникова. В 1899 г. А. П.Котельников публикует работу «Проективная теория векторов» [6], посвященную обобщению винтового исчисления на неевклидовы пространства. Эта работа была представлена им в качестве диссертации на соискание ученой степени доктора прикладной математики и успешно защищена в Казанском университете 23 мая 1899 г. Причем, признавая особо выдающееся значение диссертации, А.П. Котельникову присвоили сразу две ученых степени: степень доктора чистой математики и степень доктора прикладной математики. В опубликованных позднее работах [7,8] также указывалось на важность обобщения векторного исчисления и построенного на его основе винтового исчисления для неевклидовых пространств постоянной кривизны – пространств Лобачевского и Римана.

В 1899 году А.П. Котельников избирается заведующим кафедрой теоретической механики Киевского политехнического института (КПИ), где в течение четырех лет читал основной курс теоретической механики на механическом и химическом отделениях. В 1903 г. А.П. Котельникова приглашается на кафедру чистой математики Казанского университета, избирается на должность заведующего кафедрой, и с 1904 по 1914 гг. читает там лекции по аналитической геометрии, высшей алгебре и дифференциальному исчислению. Одновременно он продолжал активно вести научные исследования в области геометрии и механики, специальной теории относительности. С 1910 г. Александр Петрович становится деканом физико-математического факультета Казанского университета.

В 1914 г. А. П. Котельников возвращается в Киев, где преподает на кафедре математики Киевского университета, читает лекции по сферической тригонометрии, начертательной геометрии и дифференциальной геометрии. Он также ведет занятия по математике на Киевских высших женских курсах, а с 1920 по 1924 г. вновь заведует кафедрой теоретической механики в КПИ [4].

В 1924 г. в связи с избранием по конкурсу А. П. Котельников стал заведовать кафедрой теоретической механики Московского высшего технического училища им. Н.Э. Баумана. Возглавив кафедру, А.П. Котельников активно приступил к перестройке методической работы на кафедре, пересмотру содержания курса и написанию учебных пособий. Он активно поддержал предложение по векторному изложению курса теоретической механики для студентов. Инициатором этого выступил известный ученый-механик А.И. Некрасов, который, не прерывая связи с МВТУ, стал впоследствии заведующим кафедрой тео-

ретической механики мехмата МГУ, академиком АН СССР. Будучи заведующим кафедрой теоретической механики, Александр Петрович Котельников также читал в МВТУ лекции по математике, вел курс теоретической механики и в других московских втузах: в институте инженеров транспорта (МИИТ) с 1924 по 1930 гг.; в химико-технологическом институте (МХТИ) с 1926 по 1930 гг., в лесотехническом институте с 1929 по 1930 гг., в энергетическом институте (МЭИ) с 1933 по 1940 гг. В 1929 г. Котельников читал лекции по теоретической механике в Воскресном университете при МВТУ, а в 1930-1933 гг. был одним из организаторов Высших инженерно-педагогических курсов для подготовки преподавателей втузов, где также читал курс теоретической механики.

В 1925 г. был опубликован учебник А.П. Котельникова «Введение в теоретическую механику» [9]. Это было одно из первых учебное пособий для студентов высших технических учебных заведений России. В 1927 г. А.П. Котельников опубликовал большую работу «Точки Бурместера, их свойства и построение» [10], относящуюся к кинематике плоских механизмов. Точки Бурместера имеют важное значение при построении приближенных направляющих механизмов. В том же году в «Трудах ММИ им. Н.Э. Баумана» А.П. Котельников опубликовал работу «Заметки по графической динамике», в которой автор устанавливает теоремы, связывающие ускорения точек твердого тела в плоскопараллельном движении с силами, приложенными к телу. Эти теоремы приводят к простым методам графического определения реакций связей и решению ряда других задач динамики. В работе он дает ряд геометрических построений, позволяющих чисто графическим путем решать самые разнообразные задачи динамики.

В 1939 г. издательство МВТУ выпустило книгу «Теория гироскопов» [11], представляющую собой конспект лекций А.П. Котельникова, прочитанных в МВТУ. По отзывам специалистов и студентов в этих лекциях изложение материала отличалось предельной ясностью. Несмотря на небольшой объем, эта книга содержала обширный материал по вопросам кинематики и динамики твердого тела с одной неподвижной точкой и некоторые их приложения. Все изложенные в книге темы в своей совокупности образуют стройную теорию гироскопов. Она не утратила своего значения и в настоящее время, будучи особенно полезной для студентов и механических и приборостроительных факультетов. К сожалению, эта книга стала библиографической редкостью.

Кроме собственных научных исследований и научно-методических изысканий огромную подвижническую работу А.П. Котельников провел по редакторской подготовке издания Полного собрания сочинений Н.Е. Жуковского (в 8 томах). При этом он не ограничивался только редактированием законченных работ, а также разбирал черновые наброски Н.Е. Жуковского и публиковал их со многими приложениями в изданиях ЦАГИ (например, работа «Действие волнующейся жидкости малой глубины на плавающие на ее поверхности тела»).

Столь же скрупулезно он занимался подготовкой издания Полного собрания сочинений Н.И. Лобачевского (в 5 томах). Комментируя мемуары Н.И. Лобачевского «О началах геометрии», помещенные в 1-м томе Полного собрания его сочинений, А.П. Котельников

довел до конца ряд вычислений сложных определенных интегралов, значения которых указаны Лобачевским без вывода.

Значение научных достижений А. П. Котельникова при его жизни не было раскрыто полностью: их истинное значение устанавливает настоящее и будущее. Главным достижением А.П. Котельникова остается его «винтовое счисление». Актуальность применения теории винтов и винтового исчисления постоянно растет с переходом исследователей от рассмотрения одноконтурных механизмов с одной степенью свободы к открытым кинематическим цепям манипуляторов и роботов, и далее к многоконтурным пространственным манипуляционным механизмам параллельной структуры [12-15].

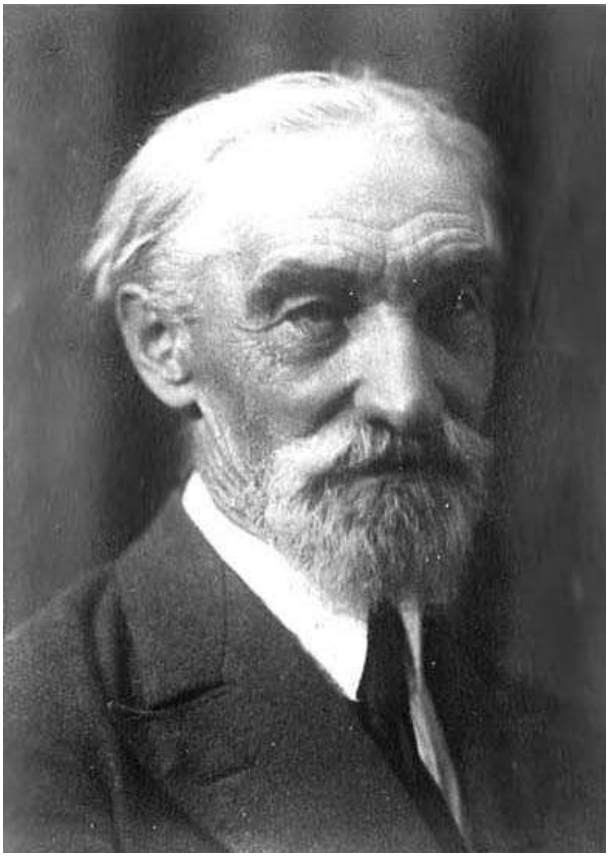

Рис.3 А.П. Котельников – заведующий кафедрой теоретической механики МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1943 г.

Выдающийся российский математик и механик, доктор наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1934), лауреат Государственной (Сталинской) премии (1943) Александр Петрович Котельников (1865-1944), рис.3, оставил глубокий след в математике и механике, обогатив методику их преподавания новыми идеями и подходами.

На кафедре теоретической механики МГТУ им. Н.Э. Баумана бережно сохраняется память о выдающихся ученых и педагогах, преподававших теоретическую механику и руководивших кафедрой, созданной Николаем Егоровичем Жуковским [16]. Заложенный ими высокий научно-методический уровень преподавания механики, позволяет и в настоящее время формировать базовые знания выпускников Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (Национального исследовательского университета) на уровне современных требований науки, техники и производства.

Список литературы

1. Колесников К.С. Николай Егорович Жуковский и Императорское московское техническое училище (МГТУ им. Н.Э. Баумана) // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 1996. № 4. С. 5-19.
2. Научные школы МГТУ им. Н.Э. Баумана. История развития / под ред. И.Б. Федорова, К.С. Колесникова. 2-е изд., доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 464 с.
3. Дубинин В.В., Гатауллина Г.И., Назаренко Б.П. Кафедра «Теоретическая механика». Основные этапы развития (1878-2003). М.: Экскриблис-Пресс, 2003. 192 с.
4. Путята Т.В., Лаптев Б.Л., Розенфельд Б.А., Фрадлин Б.Н. Александр Петрович Котельников. М.: Наука, 1968, 122 с.
5. Котельников А.П. Винтовое счисление и некоторые приложения его к геометрии и механике (магистерская диссертация). Казань, 1895. 215 с.
6. Котельников А.П. Проективная теория векторов (докторская диссертация). Казань, 1899. 317 с.
7. Котельников А.П. Принцип относительности и геометрия Лобачевского // In memoriam Lobatschevskii: сб. ст. Т. 2. Казань, 1927. С. 37-66.
8. Котельников А.П., Фок В.А. Некоторые применения идей Лобачевского в механике и физике. М.; Л.: ГИТТЛ, 1950. С. 7-47.
9. Котельников А.П. Введение в теоретическую механику. М.; Л.: ОНТИ, 1925. 263 с.
10. Котельников А.П. Точки Бурместера, их свойства и построение // Математический сборник. 1927. Т. 34, № 3-4. С. 207-348.
11. Котельников А.П. Теория гироскопов. М.: ММИ им. Н.Э. Баумана, 1939. 128 с.
12. Диментберг Ф.М. Винтовое исчисление. М.: Наука, 1965. 199 с.
13. Диментберг Ф.М. Теория винтов и ее приложения. М.: Наука, 1978. 327 с.
14. Глазунов В.А., Костерева С.Д., Данилин П.О., Ласточкин А.Б. Применение винтового исчисления в современной теории механизмов // Вестник научно-технического развития. 2010. № 6. С. 12-17. Режим доступа: http://www.vntr.ru/nomera/2010-634/ (дата обращения 01.11.2015).
15. Гебель Е.С., Абдираимов А.А., Солонин Е.В. Кинематика четырехзвенных пространственных ползунных механизмов // Омский научный вестник. 2015. № 140. С. 49-54.
16. Кафедра «Теоретическая механика» имени профессора Н.Е. Жуковского: офиц. сайт. Режим доступа: http://fn.bmstu.ru/index.php/fn3 (дата обращения 12.12.2015).

e l e c t r o n i c j o u r n a l
SCIENCE & EDUCATION
Bauman Moscow State Technical University. El № FS 77 - 48211. ISSN 1994-0408

Scientific and Pedagogical Heritage AP Kotelnikov - Head of the Department of Theoretical Mechanics of Moscow Bauman Higher Technical School (The 150th Anniversary of His Birth)

 # 12, December 2015

DOI: 10.7463/1215.0829138

K.S. Kolesnikov[1], P.M. Shkapov[1,*], A.A. Pankratov[1]

[1]Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russia
*spm@bmstu.ru

The paper gives an overview of the scientific and pedagogical activity of Doctor of Science, Professor, Head of Department of Theoretical Mechanics at Moscow Bauman Higher Technical School in 1924-1944 Alexander Petrovich Kotelnikov. The basic details of his biography, as well as research and teaching at the Kazan University, Kyiv Polytechnic Institute, the Moscow Bauman Higher Technical School. Particular emphasis is placed on the developed them "screw reckoning." It opened its main content and communications with the fundamental ideas of N.I. Lobachevsky, the prospects for its use at the moment. When covering the scientific and methodological aspects of the work as the head of the Department of Theoretical Mechanics, established N.E. Zhukovsky. The article is dedicated to the 150th anniversary of A.P. Kotelnikov.

References

1. Kolesnikov K.S. Nicolay Egorovich Zhukovsky and Imperial Moscow Technical School (Bauman Moscow State Technical University). *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Mashinostroenie = Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Ser. Mechanical Engineering*, 1996, no. 4, pp. 5-19. (in Russian).
2. Fedorov I.B., Kolesnikov K.S. *Nauchnye shkoly MGTU im. N.E. Baumana. Istoriya razvitiya* [Scientific schools of the Bauman MSTU. History of development]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2005. 464 p. (in Russian).
3. Dubinin V.V., Gataullina G.I., Nazarenko B.P. *Kafedra "Teoreticheskaya mekhanika". Osnovnye etapy razvitiya (1878-2003)* [Department "Theoretical Mechanics". Main stages of development (1878-2003)]. Moscow, Ekskriblis-Press, 2003. 192 p. (in Russian).

4. Putyata T.V., Laptev B.L., Rozenfel'd B.A., Fradlin B.N. *Aleksandr Petrovich Kotel'nikov*. Moscow, Nauka Publ., 1968, 122 p. (in Russian).
5. Kotel'nikov A.P. *Vintovoe schislenie i nekotorye prilozheniya ego k geometrii i mekhanike (magisterskaya dissertatsiya)* [The screw calculus and some of its applications to geometry and mechanics (Master's thesis)]. Kazan, 1895. 215 p. (in Russian).
6. Kotel'nikov A.P. *Proektivnaya teoriya vektorov (doktorskaya dissertatsiya)* [Projective theory of vectors (Doctoral thesis)]. Kazan, 1899. 317 p. (in Russian).
7. Kotel'nikov A.P. Printsip otnositel'nosti i geometriya Lobachevskogo. *In memoriam Lobatschevskii: collected papers*. Vol. 2. Kazan, 1927, pp. 37-66. (in Russian).
8. Kotel'nikov A.P., Fok V.A. *Nekotorye primeneniya idei Lobachevskogo v mekhanike i fizike* [Some applications of Lobachevskii's ideas in mechanics and physics]. Moscow; Leningrad, GITTL Publ., 1950, pp. 7-47. (in Russian).
9. Kotel'nikov A.P. *Vvedenie v teoreticheskuyu mekhaniku* [Introduction to theoretical mechanics]. Moscow; Leningrad, ONTI Publ., 1925. 263 p. (in Russian).
10. Kotel'nikov A.P. Burmester points, their properties and construction. *Matematicheskii sbornik*, 1927, vol. 34, no. 3-4, pp. 207-348. (in Russian).
11. Kotel'nikov A.P. *Teoriya giroskopov* [Theory of gyroscopes]. Moscow, Bauman MMMI (Bauman MSTU) Publ., 1939. 128 p. (in Russian).
12. Dimentberg F.M. *Vintovoe ischislenie* [The screw calculus]. Moscow, Nauka Publ., 1965. 199 p. (in Russian).
13. Dimentberg F.M. *Teoriya vintov i ee prilozheniya* [The screw theory and its applications]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 327 p. (in Russian).
14. Glazunov V.A., Kostereva S.D., Danilin P.O., Lastochkin A.B. Application of screw calculus in the modern theory of mechanisms. *Vestnik nauchno-tekhnicheskogo razvitiya*, 2010, no. 6, pp. 12-17. Available at: http://www.vntr.ru/nomera/2010-634/ , accessed 01.11.2015. (in Russian).
15. Gebel E.S., Abdiraimov A.A., Solonin E.V. Kinematics of spatial four-link slide mechanisms. *Omskii nauchnyi vestnik = Omsk Scientific Bulletin*, 2015, no. 140, pp. 49-54. (in Russian).
16. *Kafedra "Teoreticheskaya mekhanika" imeni professora N.E. Zhukovskogo* [The Department of Theoretical Mechanics named after professor N.E. Zhukovsky]: official website. Available at: http://fn.bmstu.ru/index.php/fn3 , accessed 12.12.2015. (in Russian).