



DOI: 10.18721/JEST.25215
УДК 621.01:531.8

А.Н. Евграфов, В.И. Каразин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

ВКЛАД М.З. КОЛОВСКОГО В ТЕОРИЮ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Михаил Захарович Коловский – выдающийся исследователь механики сложных современных машин. Созданная им нелинейная теория виброзащитных систем помогла решить важнейшую задачу защиты электронного оборудования ракетных систем. Он разработал единую и ясную методологию анализа динамики машин, рассматриваемых как связанные динамические комплексы, включающие привод, передаточные и исполнительные механизмы и систему управления. Введенное М.З. Коловским новое определение структурной группы, в котором группа Ассура рассматривается как частный случай, позволило развить теорию Л.В. Ассура и на единой методологической основе исследовать современные механизмы, не существовавшие во времена Л.В. Ассура. Развитая М.З. Коловским методология стала основой для разработки таких современных учебных дисциплин, как динамика машин, теория механизмов и машин и др. В предлагаемой статье приведены краткие биографические сведения из жизни М.З. Коловского, рассмотрены научные идеи, развитые в его трудах.

Ключевые слова: М.З. Коловский, механика машин, динамика машин, нелинейная теория виброзащитных систем, структурная группа Коловского.

Ссылка при цитировании:

А.Н. Евграфов, В.И. Каразин. Вклад М.З. Коловского в теорию механизмов и машин // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2019. Т. 25. № 2. С. 183–191. DOI: 10.18721/JEST.25215.

A.N. Evgrafov. V.I. Karazin

Peter the Great St. Petersburg polytechnic university, St. Petersburg, Russia

CONTRIBUTION OF M.Z. KOLOVSKY TO THEORY OF MECHANISMS AND MACHINES

Mikhail Zakharovich Kolovsky is an outstanding researcher of mechanics of complex modern machines. His non-linear theory of vibration isolation systems helped to solve the most important problem of protecting electronic equipment of missile systems. He developed a unified and clear methodology for analyzing the dynamics of machines considered as linked dynamic complexes, including the drive, transmission and actuating mechanisms and the control system. Introduced by M.Z. Kolovski, the new definition of the structural group, in which the Assur group is considered as a special case, allowed the development of the theory of L.V. Assur and the study of the modern mechanisms on a single methodological basis, which did not exist in the epoch of L.V. Assur. The methodology developed by M.Z. Kolovski became the foundation for development of such modern academic courses as machine dynamics, the mechanism and machine theory, etc. The given paper presents brief biographical information from the life of M.Z. Kolovsky, and considers scientific ideas developed in his works.

Keywords: M.Z. Kolovsky, machine mechanics, machine dynamics, non-linear theory of vibration isolation systems, Kolovsky structural group.

Citation:

A.N. Evgrafov, V.I. Karazin, Contribution of M.Z. Kolovsky to theory of mechanisms and machines, *St. Petersburg polytechnic university journal of engineering science and technology*, 25 (2) (2019) 183–191, DOI: 10.18721/JEST.25215.

Введение. Важной частью научного исследования является знакомство с тем, что было сделано учеными-предшественниками в данной области и в смежных областях. Это не только расширяет кругозор исследователя, но и помогает выбрать наиболее перспективное направление научной работы, более точно сформулировать задачу своего исследования, избежать траты времени и сил на открытие того, что было уже открыто и исследовано. Поэтому так важны и вызывают большой интерес работы, обобщающие вклад в науку выдающихся ученых, подтверждающие приоритеты ученых в получении важных научных результатов. Результаты исследований публикуются в авторитетных научных изданиях. Например, под эгидой Международной федерации по теории механизмов и машин (IFTоММ) в издательстве Springer публикуются сборники трудов «Distinguished Figures in Mechanism and Mashine Science. Their Contributions and Legacies. Ed. Marco Ceccarelli» (Выдающиеся фигуры в науке о механизмах и машинах. Их вклад и наследие. Редактор Марко Чеккарелли) в серии «Histore of Mechanism and Machine Science» (История науки о механизмах и машинах) [1–3]. В этих книгах исследователи разных стран обсуждают вклад выдающихся ученых в науку, которая не очень точно называется теорией механизмов и машин. Есть в этих книгах и работы, посвященные известным ученым нашей страны: К. Фролову [4], Л. Ассуру [5], Л. Смирнову [6], Л. Решетову [7], А. Ершову [8], Ф. Орлову [9]. В нашей стране известны работы А.Н. Боголюбова, в которых исследуется вклад выдающихся ученых в становление и развитие теории механизмов и машин [10,11,12].

Несмотря на обилие книг, посвященных истории механики, о работах М.З. Коловского и его вкладе в механику машин написано очень мало: в 2002 г. в журнале «Проблемы машиностроения и надежности машин» был опубликован некролог [13], а в 2003 г. — не-

большая статья В.И. Бабицкого в журнале «Теория механизмов и машин» [14]. Авторы сочли необходимым восполнить этот пробел. Данная работа явилась продолжением исследований, начатых в статье [15].

Биографические сведения

Михаил Захарович Коловский (рис. 1) родился 7 мая 1927 г. в Ленинграде. В 1943 г. после окончания средней школы поступил на моторостроительный факультет Московского Авиационного института, а в 1944 году, после снятия блокады Ленинграда, вернулся в родной город и перешел на механико-машиностроительный факультет Ленинградского политехнического института. Поколение студентов, пришедших в Политех после окончания Великой Отечественной войны, отличалось необыкновенным усердием и целеустремленностью, но даже и на их фоне юный М.Коловский выделялся своим серьезным отношением к учебе. Приведём цитату из заметки Б.Григорьевой, опубликованной в газете «Политехник» [16]: «Студент гр. 341 М. Коловский — один из лучших студентов механико-машиностроительного факультета. Вдумчивый и серьезный, требовательный к себе и другим, он прекрасно учится. С первых дней он обратил на себя внимание своими способностями и деловитостью, завоевал большой авторитет среди студентов. Отличную учебу М. Коловский умело сочетает с большой общественной работой: он — руководитель комсомольской организации факультета. ... Отличная учеба — это основное. Высокая дисциплина, чуткость и отзывчивость — вот что характеризует Мишу Коловского. Он всегда находит время помочь товарищам в учебе».

М.З. Коловский получил два высших образования: инженерное в ЛПИ им. М.И. Калинина и математическое в Ленинградском государственном университете: с 1944 года он учился ещё и на заочном отделении математико-механического факультета ЛГУ и закончил



его в 1951 г. по специальности «механика». Направляется параллель с подготовкой выдающегося ученого Леонида Владимировича Ассура [17], который после окончания математического отделения физико-математического факультета Московского университета прошел курс обучения на механическом отделении Московского технического училища (сейчас – Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана). Инженерное образование на базе хорошей математической подготовки давало выдающиеся результаты!

После окончания в 1949 году ЛПИ им. М.И. Калинина по специальности «Машины, аппараты и установки предприятий легкой промышленности» (Полиграфические машины) М.З. Коловский был направлен на Щербаковский (Рыбинский) завод полиграфических машин, на работу в должности инженера-конструктора.

В 1952 он вернулся в Ленинград и поступил в Ленинградское СКБ полиграфического машиностроения, где проработал до 1957 года сначала старшим инженером, потом начальником отдела.

В 1957 году М.З. Коловский был принят на работу в Ленинградский политехнический институт, на кафедру «Механика и процессы управления», которой тогда заведовал А.И. Лурье. За время работы на этой кафедре М.З. Коловский подготовил и защитил кандидатскую (1962) и вскоре докторскую (1969) диссертации.

Непродолжительное время (1971–1976) М.З. Коловский работал в Северо-Западном Заочном Политехническом институте, где возглавлял кафедру теоретической механики. В 1976 г. он по приглашению профессора д.т.н. Г.А. Смирнова вернулся в ЛПИ им. М.И. Калинина, где занял должность профессора кафедры «Теория механизмов и машин», а в 1988–1995 гг. – должность заведующего кафедрой.

Это был необычайно плодотворный период в жизни М.З. Коловского. Одна за другой

выходят научные монографии, учебники и учебные пособия.

При этом М.З. Коловский продолжал читать лекции студентам, руководил работой аспирантов, консультировал докторантов. Он принимал участие в международных конференциях, проходивших в России, на Украине, в Чехословакии, Болгарии; читал курс лекций в Китайской Народной Республике (рис. 2). Он участвовал в работе научно-технического и диссертационных советов.

В 1994 г. ему было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РФ».

В 2001 г. из-за тяжелой болезни он был вынужден оставить работу на кафедре. 13 мая 2002 г. М.З. Коловский скончался.

Список основных трудов

Монографии

Нелинейная теория виброзащитных систем (1966);

Нелинейные задачи динамики машин (в соавторстве с И.И. Вульфсоном, 1968);

Автоматическое управление виброзащитными системами (1976);

Динамика управляемых машинных агрегатов (в соавторстве с В.Л. Вейцем и А.Е. Кочурой, 1984);

Основы динамики промышленных роботов (в соавторстве с А.В. Слоущем, 1988);

Динамика машин (1989);

Nonlinear Dynamics of Active and Passive systems of Vibration Protection (1999);

Dynamics and Control of Machines (в соавторстве с В.К. Асташевым и В.И. Бабицким, 2000);

Advanced Theory of Mechanisms and Machines (в соавторстве с А.Н. Евграфовым, А.В. Слоущем, Ю.А. Семеновым, 2000).

Учебники и учебные пособия

Теория устойчивости движения (1968);

Элементы аналитической механики и теории колебаний (1979);

Динамика машин (1980);

Элементы теории роботов и манипуляторов (в соавторстве, 1981);

Теория машин и механизмов (в трех частях, 1993–1995);

Механика машин (в соавторстве, 1996).

Участие в издании справочной литературы Вибрации в технике. Справочник. Т. 2, Т.6. (1979–1981);

Динамика машин и управление машинами. Справочник. (1988);

Конструирование машин. Справочно-методическое пособие. (1998).

Обзор работ

В своей первой монографии «Нелинейная теория виброзащитных систем» [18], содержание которой легло в основу докторской диссертации, М.З. Коловский использует для анализа нелинейных механических процессов

приближенные методы, применявшиеся для анализа нелинейных систем автоматического управления, что оказалось чрезвычайно эффективным при проведении инженерных расчетов. Вот как описывает свои впечатления о книге В.И. Бабицкий [14]: «Начав читать рукопись, я уже не мог оторваться. Поразило не только изящество анализа сложных нелинейных механических процессов, но и само видение инженерных проблем, при котором математическое исследование просто и убедительно способствовало разъяснению оригинальных авторских концепций, дополняя их ясными расчетными соотношениями. И все это осуществлялось как раз теми методами, которые так нравились мне у специалистов по автоматическому управлению. При этом анализирувавшаяся нелинейная динамика часто превосходила по сложности то, что описывалось в их книгах.

Для меня это было открытием нового стиля в инженерном мышлении и нового подхода к развитию динамики современных машин. Математический анализ становился составной

частью процесса исследования новой технической концепции, следуя и предвосхищая развитие инженерного замысла во всей его полноте».

В монографии «Нелинейные задачи динамики машин», которая была написана в соавторстве с И.И. Вульфсоном [19], наряду с общими методами нелинейной механики изложены специальные методы, разработанные для расчета механизмов с нелинейными функциями положения, а также цепных систем, содержащих нелинейные звенья. Особое внимание авторы уделили выявлению физической природы нелинейных явлений и способам их подавления, что особенно ценно для инженеров-расчетчиков, специализирующихся в области динамики машин.

Появление и широкое распространение активных систем виброзащиты потребовало существенного пересмотра методов анализа и синтеза виброзащитных устройств. В 1976 г. была опубликована новая яркая работа М.З. Коловского – «Автоматическое управление виброзащитными системами» [20]. В книге изложены основы теории активных виброзащитных систем с обратными связями, которая представляет собой своеобразное сочетание теории колебаний упругих тел с теорией автоматического управления. Из всех книг М.З. Коловского, изданных на русском языке, эта книга цитируется чаще всего.

После выхода книги в свет автор продолжал работу над этой темой, и в 1999 г. опубликовал в издательстве Springer монографию «Nonlinear Dynamics of Active and Passive systems of Vibration Protection» [21], которая стала «современным пособием для нового поколения инженеров теперь уже во всем мире» [14].

Следующая значительная работа М.З. Коловского – монография «Динамика машин» [22]. В ней рассмотрены вопросы выбора динамических моделей машин в зависимости от задач исследования и описаны методы динамического расчета, дающие правильное пред-



ставление о характере динамических процессов. Существенное внимание уделено объяснению физической природы исследуемых явлений и вопросам динамического синтеза. Динамика машин теперь уже была подготовлена для анализа автоматических машин с программным управлением. В 2000 г. М.З. Коловский совместно с В.К. Асташевым и В.И. Бабицким опубликовал в издательстве Springer монографию «Dynamics and Control of Machines» [23].

К 1970-м гг. стало очевидно, что учебный курс теории механизмов и машин, сформировавшийся в первой половине XX-го в/, значительно отстал от науки о механизмах и машинах и уже не соответствовал требованиям времени. Появились новые объекты исследования: многодвигательные машины, машины с внутренними входами, структура которых не могла быть описана структурными группами Ассура. С появлением и распространением вычислительных машин уже нельзя было знакомить студентов только с графо-аналитическими методами исследования.

Г.А. Смирнов предложил М.З. Коловскому поставить современный учебный курс теории механизмов и машин. Со свойственной ему основательностью М.З. Коловский взялся за решение этой задачи.

Для описания структуры многодвигательных машин и машин с внутренними входами, появившихся в последние десятилетия, М.З. Коловский ввел новое содержание в понятие «Структурная группа»: это кинематическая цепь, в которой число входов совпадает с числом степеней подвижности [24]. В механизме, состоящем из структурных групп Коловского, всегда число независимых входных координат равно числу степеней подвижности. Такие механизмы М.З. Коловский назвал нормальными: они являются статически и геометрически определяемыми. Ассурова структурная группа является частным случаем группы Коловского: у неё число степеней подвижности равно ну-

лю. Идея Ассура – послойное присоединение структурных групп к начальному механизму – получает новое развитие в связи с новым содержанием понятия «структурная группа».

Например, в механизме подъема ковша (рис. 3, *a*) звенья 1, 2 и 3 образуют трёхзвенную одноподвижную группу с внутренним входом в поступательной кинематической паре. Звенья 4, 5 и 6 образуют такую же трёхзвенную одноподвижную группу с внутренним входом в поступательной паре. Обе эти структурные группы образуют первый слой, присоединенный к условно неподвижному звену 0. Звенья 7 и 8 – двухзвенная группа Ассура, образует второй слой, присоединённый к первому слою. Звенья 9 и 10 составляют вторую двухзвенную группу Ассура и, соответственно, третий, последний слой, опирающийся на предыдущие два. На рис. 3, *б* показан структурный граф, где вершины графа – это структурные группы, а ребра – кинематические пары, соединяющие их. Цифры внутри вершин обозначают соответственно число звеньев и число степеней подвижности группы.

В качестве общих методов решения групповых уравнений, т.е. уравнений, описывающих геометрию структурной группы, М.З. Коловский предложил использовать метод Ньютона (метод касательных) или модифицированный метод Ньютона (метод секущих). Эти методы сходятся тем хуже, чем ближе структурная группа приближается к особому (сингулярному) положению. В особых положениях структурной группы два решения сливаются в одно, якобиан системы уравнений геометрического анализа обращается в ноль, а скорости и ускорения, а также реакции в кинематических парах стремятся к бесконечности. Если якобиан в разных положениях имеет разные знаки, значит, структурная группа должна пройти через особое положения. Для прохода через особое положение М.З. Коловский предложил использовать дополнительный (избыточный) вход (структурную группу с ну-

левой подвижностью), для которой данное положение не является сингулярным.

Введение в учебный курс матриц Денавита-Хартенберга позволило не только решить задачи анализа пространственных рычажных механизмов, но и достаточно просто объяснить получение формул распределения усилий в червячных и винтовых передачах [25].

Для определения обобщенных движущих сил и реакций в кинематических парах М.З. Коловский помимо уравнений кинетостатики применил общее уравнение динамики. Использование в уравнениях кинетостатики закона трения Амонтона-Кулона привело к получению нелинейной системы уравнений, при решении которой обнаружились эффекты Пенлеве: неединственное решение, отсутствие решений. Анализ этих эффектов позволил проиллюстрировать режимы движения: тяговый режим, инверсный тяговый, самоторможение, оттормаживание.

Основательной переработке подвергся раздел «Динамика машин» [26]. Известно, что система дифференциальных уравнений, описывающих движение машины, является нелинейной. Для линеаризации системы уравнений М.З. Коловский предложил использовать допущения, принятые в инженерной практике для различных режимов движения: для установившегося, для режима разбега и для режима торможения. Полученные аналитические решения оказались удобны для дальнейшего анализа влияния параметров машины на закон движения, на динамическую нагрузку на привод.

Для объяснения некоторых динамических процессов оказалось удобным использование Эйлера представления структуры машины [27], которое в современной терминологии определяется так: двигатель, передача (передаточный механизм), исполнительный механизм. В зависимости от того, какая из этих функциональных частей машины является источником возмущения, на этой схеме можно

наглядно показать, в какое место надо устанавливать маховик, чтобы его установка не привела к увеличению динамической нагрузки на привод. При определенных соотношениях динамических параметров машины установка маховика может привести не к уменьшению, а к увеличению неравномерности вращения (двигательный резонанс).

По предложению проф. В.И. Бабицкого на основе книг [24–26] М.З. Коловский вместе со своими сотрудниками А.Н. Евграфовым, А.В. Слоущем и Ю.А. Семеновым подготовил для издательства Springer учебник «Advanced Theory of Mechanisms and Machines», изданный в 2000 г. [28]. Позднее эта книга соавторами М.З. Коловского была доработана для русскоязычных читателей и дополнена новыми главами. С 2008 г. по 2013 г. она выдержала 4 издания в издательском центре «Академия» [29].

Заключение

Практически вся сознательная жизнь М.З. Коловского была посвящена научной и преподавательской деятельности, но наиболее плодотворный её период пришелся на время работы в Ленинградском политехническом институте (СПбПУ). В это время им были написаны и защищены кандидатская и докторская диссертации, одна за другой выходили научные статьи, блестящие монографии, новаторские учебники. Почти два десятилетия нет с нами М.З. Коловского, но продолжают множиться ссылки на его научные монографии и статьи. Практически нет сколь угодно серьезной научной работы по динамике машин, по системам виброзащиты без ссылок на М.З. Коловского. Очень сложно перестроить устоявшийся учебный курс, по новому взглянуть на привычную учебную дисциплину, но и здесь происходят заметные изменения и чувствуется влияние идей М.З. Коловского [30]. Все это дает нам основание отнести М.З. Коловского к классикам современной российской науки.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Ceccarelli M.** (Ed.), Distinguished Figures in Mechanism and Machine Science, History of Mechanism and Machine Science, Springer, 2007. 392 p.
- [2] **Ceccarelli M.** (Ed.), Distinguished Figures in Mechanism and Machine Science, History of Mechanism and Machine Science, Springer, 2010. 261 p. DOI: 10.1007/978-90-481-2346-9.
- [3] **Ceccarelli M.** (Ed.), Distinguished Figures in Mechanism and Machine Science, History of Mechanism and Machine Science 26, Springer, 2014. 345 p. DOI: 10.1007/978-94-017-8947-9.
- [4] **Evgrafov A., Kozlikin D.** Leonid Assur (1878–1920) // History of Mechanism and Machine Science. Springer. 2014. P. 19–40. DOI: 10.1007/978-94-017-8947-9_2
- [5] **Egorova O.** Konstantin Frolov (1932–2007) // History of Mechanism and Machine Science. Springer. 2014. p. 63–87. DOI: 10.1007/978-94-017-8947-9_5
- [6] **Golovin A., Sashchenko D.** Leonid Smirnov (1877–1954) // History of Mechanism and Machine Science. Springer. 2014. P. 199–230. DOI: 10.1007/978-94-017-8947-9_11.
- [7] **Tarabarin V., Tarabarina Z., Chirkina D.** Leonid Reshetov (1906–1998) // History of Mechanism and Machine Science. Springer. 2014. P. 263–290. DOI: 10.1007/978-94-017-8947-9_13.
- [8] **Golovin A., Mkrtychyan D.** Alexander Yershov (1818–1867) // History of Mechanism and Machine Science, Springer, 2007. P. 135–149.
- [9] **Golovin A., Tarabarin V., Tarabarina Z.** Feodor Orlov (1843–1892) // History of Mechanism and Machine Science, Springer, 2010. P. 175–198. DOI: 10.1007/978-90-481-2346-9_10.
- [10] **Боголюбов А.Н.** Теория механизмов и машин в историческом развитии ее идей. М.: Ленанд, 2017. 472 с.
- [11] **Боголюбов А.Н.** И.И. Артоболевский. 1905–1977. Создатель советской научной школы теории механизмов и машин. М.: Ленанд, 2017. 296 с.
- [12] **Боголюбов А.Н.** Советская школа механики машин. М.: Наука, 1975. 175 с.
- [13] Михаил Захарович Коловский (1927–2002). Некролог // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2002. № 6. С. 119–121.
- [14] **Бабицкий В.И.** М.З. Коловский. Памятные заметки с Британских островов // Теория механизмов и машин. 2003. № 1. С. 78–82.
- [15] **Евграфов А.Н., Андриенко П.А.** Вклад ученых Санкт-Петербурга XVIII–XIX веков в развитие теории механизмов и машин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2016. № 4 (254). С. 126–140.
- [16] **Григорьева Б.** Передовой студент // Политехник, ЛПИ им. М.И. Калинина. 1946. № 29 (1103).
- [17] **Евграфов А.Н., Козликин Д.П.** Леонид Владимирович Ассур // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2013. № 4-1 (183). С. 405–414.
- [18] **Коловский М.З.** Нелинейная теория виброзащитных систем. М.: Наука, 1966. 320 с.
- [19] **Вульфсон И.И.** Коловский М.З. Нелинейные задачи динамики машин. М.: Машиностроение, 1968. 284 с.
- [20] **Коловский М.З.** Автоматическое управление виброзащитными системами. М.: Наука, 1976, 320 с.
- [21] **Kolovsky M.Z.** Nonlinear Dynamics of Active and Passive systems of Vibration Protection. Springer. 1999. 426 p.
- [22] **Коловский М.З.** Динамика машин. Л.: Машиностроение, 1989. 263 с.
- [23] **Astashev V.K., Babitsky V.I., Kolovsky M.Z.** Dynamics and Control of Machines. Springer, 2000. 234 p.
- [24] **Коловский М.З.** Теория механизмов и машин. Структура и кинематика механизмов: Текст лекций. СПб.: гос. техн. ун-т, 1993. 80 с.
- [25] **Коловский М.З.** Теория механизмов и машин. Силовой расчет. Динамические характеристики механизмов: Текст лекций. СПб.: Гос. техн. ун-т, 1994. 100 с.
- [26] **Коловский М.З.** Теория механизмов и машин. Динамика машин: Текст лекций СПб.: Гос. техн. ун-т, 1995. 96 с.
- [27] Euler L. De machinis in genere. Novi Commentarii Academiae Scientiarum Petropol, 1753, t. III.
- [28] **Kolovsky M.Z., Evgrafov A.N., Semenov Yu.A., Slousch A.V.** Advanced Theory of Mechanisms and Machines. 1st ed. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2000. 396 p. (Foundations of Engineering Mechanics). DOI: 10.1007/978-3-540-46516-4.

[29] **Коловский М.З., Евграфов А.Н., Семенов Ю.А., Слоущ А.В.** Теория механизмов и машин. 4-е изд., перераб. М.: Изд. центр «Академия», 2013. 560 с. (Сер. Бакалавриат).

[30] **Тимофеев Г.А. [и др.]**. Теория механизмов и механика машин / под ред. Г.А. Тимофеева. 8-е изд. перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 566 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ЕВГРАФОВ Александр Николаевич – кандидат технических наук заведующий кафедрой Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

E-mail: a.evgrafov@spbstu.ru

КАРАЗИН Владимир Игоревич – доктор технических наук профессор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

E-mail: visv05@mail.ru

дата поступления статьи в редакцию: 19.03.2019

REFERENCES

- [1] **M. Ceccarelli (Ed.)**, Distinguished Figures in Mechanism and Machine Science, History of Mechanism and Machine Science, Springer, 2007.
- [2] **M. Ceccarelli (Ed.)**, Distinguished Figures in Mechanism and Machine Science, History of Mechanism and Machine Science, Springer, 2010. DOI: 10.1007/978-90-481-2346-9.
- [3] **M. Ceccarelli (Ed.)**, Distinguished Figures in Mechanism and Machine Science, History of Mechanism and Machine Science 26, Springer, 2014. DOI: 10.1007/978-94-017-8947-9.
- [4] **A. Evgrafov, D. Kozlikin**, Leonid Assur (1878–1920), History of Mechanism and Machine Science. Springer, (2014) 19–40. DOI: 10.1007/978-94-017-8947-9_2
- [5] **O. Egorova**, Konstantin Frolov (1932–2007), History of Mechanism and Machine Science. Springer, (2014) 63–87. DOI: 10.1007/978-94-017-8947-9_5
- [6] **A. Golovin, D. Sashchenko**, Leonid Smirnov (1877–1954). In: History of Mechanism and Machine Science. Springer, (2014) 199–230. DOI: 10.1007/978-94-017-8947-9_11.
- [7] **V. Tarabarin, Z. Tarabarina, D. Chirkina**, Leonid Reshetov (1906–1998), History of Mechanism and Machine Science. Springer, (2014) 263–290. DOI: 10.1007/978-94-017-8947-9_13.
- [8] **A. Golovin, D. Mkrtychyan**, Alexander Yershov (1818–1867), History of Mechanism and Machine Science, Springer, (2007) 135–149.
- [9] **A. Golovin, V. Tarabarin, Z. Tarabarina**, Feodor Orlov (1843–1892), History of Mechanism and Machine Science, Springer, (2010) 175–198. DOI: 10.1007/978-90-481-2346-9_10.
- [10] **A.N. Bogolyubov**, Teoriya mekhanizmov i mashin v istoricheskom razvitiy yeye idey [Theory of mechanisms and machines in the historical development of its ideas]. M.: Lenand, 2017.
- [11] **A.N. Bogolyubov, I.I. Artobolevskiy**. 1905–1977. Sozdatel sovetskoy nauchnoy shkoly teorii mekhanizmov i mashin. (Artobolevsky. 1905–1977. Creator of the Soviet Scientific School of the Mechanisms and Machine Theory.) M.: Izdatelstvo Lenand, 2017.
- [12] **A.N. Bogolyubov**, Sovetskaya shkola mekhaniki mashin. M.: Nauka, 1975. (Soviet School of Machine Mechanics)
- [13] Mikhail Zakharovich Kolovskiy (1927–2002). Nekrolog, Problemy mashinostroyeniya i nadezhnosti mashin [The obituary. Problems of mechanical engineering and machine reliability], 6 (2002) 119–121.
- [14] **V.I. Babitskiy, M.Z. Kolovskiy**. Pamyatnyye zametki s Britanskikh ostrovov. Teoriya mekhanizmov i mashin [Memoirs from the British Isles. Theory of mechanisms and machines], 1 (2003) 78–82.
- [15] **A.N. Evgrafov, P.A. Andriyenko**, Vklad uchenykh Sankt-Peterburga XVIII–XIX VEKOV v razvitiye teorii mekhanizmov i mashin [Contribution of St. Petersburg scientists of XVIII-XIX centuries into development of the theory of mechanisms and machines], St. Petersburg polytechnic university journal of engineering science and technology, 4 (254) (2016) 126–140.
- [16] **B. Grigoryeva**, Peredovoy student. (Advanced student.), Politekhnik, LPI im. M.I. Kalinina, 29 (1103), (1946).
- [17] **A.N. Evgrafov, D.P. Kozlikin**, Leonid Vladimirovich Assur, St. Petersburg polytechnic university jour-



nal of engineering science and technology, 4-1 (183) (2013) 405–414.

[18] **M.Z. Kolovskiy**, Nelineynaya teoriya vibrozashchitnykh sistem [Non-linear theory of vibration isolation systems]. M.: Nauka, 1966.

[19] **I.I. Vulfson, M.Z. Kolovskiy**, Nelineynyye zadachi dinamiki mashin. (Non-linear tasks of machine dynamics). M.: Mashinostroyeniye, 1968.

[20] **M.Z. Kolovskiy**, Avtomaticheskoye upravleniye vibrozashchitnymi sistemami [Automatic control of vibration isolation systems]. M.: Nauka, 1976,

[21] **M.Z. Kolovsky**, Nonlinear Dynamics of Active and Passive systems of Vibration Protection. Springer, 1999.

[22] **M.Z. Kolovskiy**, Dinamika mashin [Machine dynamics]. L.: Mashinostroyeniye, 1989.

[23] **V.K. Astashev, V.I. Babitsky, M.Z. Kolovsky**, Dynamics and Control of Machines. Springer, 2000.

[24] **M.Z. Kolovsky**, Teoriya mekhanizmov i mashin. Struktura i kinematika mekhanizmov: Tekst lektsiy [Theory of mechanisms and machines. Structure and kinematics of mechanisms: Text of lectures. SPb.: Gos. tekhn. un-t, 1993.

[25] **M.Z. Kolovsky**, Teoriya mekhanizmov i mashin. Silovoy raschet. Dinamicheskiye kharakteris-

tiki mekhanizmov: Tekst lektsiy [Theory of mechanisms and machines. Force calculation. Dynamic characteristics of mechanisms: Text of lectures]. SPb.: Gos. tekhn. un-t. SPb, 1994.

[26] **M.Z. Kolovsky**, Teoriya mekhanizmov i mashin. Dinamika mashin: Tekst lektsiy [Theory of mechanisms and machines. Machine dynamics: Text of lectures]. SPb.: Gos. tekhn. un-t, 1995.

[27] **L. Euler**, De machinis in genere. Novi Commentarii Academiae Scientiarum Petropol, 1753. T. III.

[28] **M.Z. Kolovsky, A.N. Evgrafov, Yu.A. Semenov, A.V. Slouschm**, Advanced Theory of Mechanisms and Machines. 1st ed. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2000. (Foundations of Engineering Mechanics). DOI: 10.1007/978-3-540-46516-4.

[29] **M.Z. Kolovskiy, A.N. Evgrafov, Yu.A. Semenov, A.V. Slouschch**, Teoriya mekhanizmov i mashin [Mechanism and machine theory]. 4-ye izd., pererab. M.: Izd. tsentr «Akademiya», 2013. (Ser. Bakalavriat).

[30] **G.A. Timofeyev [i dr.]**, Teoriya mekhanizmov i mekhanika mashin [Mechanism theory and machine mechanics]. Pod red. G.A. Timofeyeva. 8-ye izd. pererab. i dop. M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2017.

THE AUTHORS

EVGRAFOV Aleksandr N. – Peter the Great St. Petersburg polytechnic university

E-mail: a.evgrafov@spbstu.ru

KARAZIN Vladimir I. – Peter the Great St. Petersburg polytechnic university

E-mail: visv05@mail.ru

Received: 19.03.2019