



«В момент горения сообщается движение»



Николай ГРИГОРЬЕВ

Nikolai D. GRIGORIEV

«At the time of burning motion is transmitted»

(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 208)

«Факты, относящиеся к баллистическим свойствам ракет, составляют результат наблюдения, но они указывают возможность математической теории конструкции ракет, – одним словом, возможность баллистики ракет. Но эта наука, которую ещё надобно создать...», – писал К. И. Константинов, учёный и изобретатель в области ракетной техники и артиллерии. Он внёс изменения в конструкцию ракет и пусковых станков, изучал различные пороховые составы. Благодаря ему производство всех типов боевых ракет было стандартизовано и поставлено на поток. Дальность константиновских ракет оказалась в четыре раза большей, чем старых образцов. Среди его изобретений маятник Константинова, электробаллистическая установка, хроноскоп, реле времени. Знаменитые русские «катюши», наводившие ужас на врага во Вторую мировую войну, – это далёкие потомки ракет, создававшихся в Петербургском ракетном заведении под руководством генерала Константинова.

Ключевые слова: теория баллистики, ракета, артиллерия, хроноскоп, электробаллистическая установка, маятник Константинова, история.

Григорьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики транспорта Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Видный военный инженер, учёный, изобретатель, генерал-лейтенант Константин Иванович Константинов родился 20 декабря 1818 года (1 января 1819 по новому стилю) в Варшаве ровно двести лет назад. Хотя долгое время по поводу его дня, месяца и года рождения были разночтения, поскольку в родословной будущего ракетчика существовало обстоятельство «высокого порядка». Как позднее стало известно, он был внебрачным сыном великого князя, цесаревича Константина Павловича Романова, наместника в Царстве Польском, находившемся тогда в составе Российской империи. Матерью являлась парижская актриса и певица Клара-Анна де Лоран.

По желанию отца младенцу дали имя Константин. В ту пору при совершении метрической записи внебрачному [1–6, 14, 15] ребёнку (рождённому незамужней женщиной) присваивали отчество и фамилию сообразно имени его восприемника. Таким при крещении в церкви был великий князь, а следовательно, новорождённый стал Константином Константиновичем Константиновым.

После смерти в 1831 году от холеры Константина Павловича мальчика считали

приёмным ребёнком (воспитанником) князя Ивана Александровича Голицына, адъютанта цесаревича. По этой причине у него в 1837 году изменилось отчество с Константиновича на Иванович.

Артиллерийские университеты

В 1834 году, исполняя волю покойного великого князя, мальчика под видом сына купца второй гильдии Черниговской губернии Голицын определил юнкером в элитарное (престижное по научному потенциалу) Санкт-Петербургское Михайловское артиллерийское училище (в будущем артиллерийская академия). Туда брали выходцев из дворянских или купеческих семей, и надо было «соответствовать».

Отнюдь не второстепенной деталью в данной ситуации выглядит тот факт, что основал училище в 1820 году брат Константина Павловича и тоже великий князь Михаил Павлович, имя которого и носило это военное учебное заведение, готовившее офицеров-артиллеристов.

Второй же важной деталью, своеобразным везением для новоиспечённого юнкера, было появление в учебных программах старшего офицерского класса прикладной механики — предмета, крайне важного в ракетном деле. Причём учащимся константиновского призыва особо повезло, что входившие в предмет гидравлику, двигатели, передаточные и исполнительные механизмы, начальный курс о зарождавшемся железнодорожном транспорте им преподавал не кто иной, как профессор П. П. Мельников — автор первого научного труда «О железных дорогах» (1835 г.), позднее руководивший постройкой магистрали Петербург—Москва и ставший первым российским министром путей сообщения.

Будучи учёным-механиком и блестящим инженером, Мельников придавал большое значение тому, чтобы получаемые теоретические знания логически увязывались с практическими занятиями офицеров, которых командировали для самостоятельной работы на артиллерийское производство, горные заводы. Отчёты офицеров-практикантов были потом напечатаны за казённый счёт и составили два внушительных тома. Они оказались единственными для своего времени и весьма основатель-



ными описаниями заводского дела в России. Для Константинова же сыграли дополнительно к занятиям, которые вёл профессор, роль университетской кладовой, банка данных, помогавших ему в неустанном новаторстве. Прекрасная подготовка в области механики очень пригодилась выпускнику Михайловского училища, сделав его впоследствии одним из виднейших военных инженеров.

В 1836 году К. К. оставили в училище для дополнительного совершенствования своих знаний в высших классах и научной работы. Он стал заниматься созданием автоматической установки для измерения скорости полёта орудийного снаряда. Прежде всего ему потребовался прибор, способный с большой точностью измерять очень малые промежутки времени. Началась требовавшая постоянных усилий исследовательская деятельность, каждый очередной шаг в которой приносил новые знания и опыт.

В 1837 году в чине прапорщика его зачислили в гвардейскую артиллерийскую батарею. Там им был сконструирован подвижной прицел, который в дальнейшем повсеместно применялся в русской артиллерии.

В 1838 году состоялся окончательный выпуск юноши из училища в чине подпоручика. Он стал преподавателем дивизионной фейерверческой школы и был назначен командующим школой мастеров и подмастерьев порохового, селитряного и серного дела (позднее пиротехническая школа) при





Общий вид электробаллистической установки К.И. Константинова.

Охтинском пороховом заводе, а спустя два года помощником заведующего учебной лабораторной командой Петербурга. Офицер подробно изучил действие различных сортов пороха, что ему впоследствии пригодилось при усовершенствовании боевых ракет.

В 1840 году Константинов для ознакомления с состоянием артиллерийского дела был командирован на четыре года в страны Европы. Ему удалось побывать в Англии, Франции, Бельгии, Голландии, Пруссии и Австро-Венгрии.

В 1842 году, находясь в Лондоне, он получил возможность реализовать идею хроноскопа для анализа движений орудийного снаряда, совершавшихся в сотысячные доли секунды. Первый вариант прибора, разработанного им, состоял из горизонтального медного цилиндра, приводимого во вращение грузом, подвешенным на шёлковой нити, другой конец которой был навит на горизонтальную ось ворота. Ворота располагался перпендикулярно к цилиндру и соединялся с ним системой зубчатых колес. При одном обороте ворота цилиндр делал 30 оборотов. Для обеспечения равномерного вращения цилиндра и повышения точности измерений Константинов предложил воздушный тормоз в виде установленных на оси цилиндра крыльев, внутренние стороны которых с целью усиления сопротивления воздуху при вращении представляли логарифми-

ческие поверхности. По его заказу английский физик, владелец мастерской точных приборов Ч. Уитстон изготовил этот вариант хроноскопа и позднее пытался присвоить изобретение себе.

Испытав первый вариант хроноскопа в исполнении Уитстона, Константинов признал его непригодным к применению. В Париже он разработал второй вариант хронометрического устройства, изготовление которого заказал в мастерской французского физика Л. Бреге. Однако многие части этого устройства при перевозке в Санкт-Петербург оказались повреждёнными, и пользоваться хроноскопом было нельзя. В 1844 году упорным изобретателем создана более совершенная электробаллистическая установка. Она успешно испытана на Волковом поле в Петербурге [7–10]. Третий вариант хроноскопа позволял определять промежутки времени, необходимые пушечному ядру для прохождения через электрически соединённые металлические щиты, и автоматически регистрировать эти сигналы на миллиметровой сетке, нанесённой на поверхность равномерно вращающегося цилиндра. Специальный коммутатор и электромагнитное маятниковое реле обеспечивали автоматический контроль за равномерной скоростью вращения цилиндра. Электробаллистическая установка регистрировала скорость полёта снаряда с точностью 0,00006 секунды, что для тех лет было непревзой-

дённим рекордом. В стремлении к точности измерений времени артиллерийский офицер впервые в измерительной технике обосновал вопрос о проверке показаний приборов¹.

По представлению Российской академии наук электробаллистическую установку Константинова признали выдающимся достижением науки и техники, позволяющим определять начальную скорость вылетающего из ствола орудия пушечного ядра. В 1846 году изобретатель был награждён орденом Святого Владимира 4-й степени, получил 2000 рублей серебром и удостоен недавно учреждённой Михайловской премии.

В 1845 году Константинов разработал электромеханический автоматический прерыватель и переключатель цепей, названный им вспомогательным прибором. Двухступенчатый деревянный цилиндр приводился во вращение грузом. При прохождении электрического тока через электромагнит тормозной рычаг, посаженный на ось, удерживал цилиндр от вращения. После выстрела орудия снаряд разрывал проволоку первого щита и цепь электромагнита — источник электрического тока — размыкалась. Спиральная пружина отводила тормозящий рычаг от цилиндра, который под влиянием груза начинал вращаться. Он вращался до тех пор, пока контактная пластина не соединялась с пружиной следующего щита. Цепь электромагнита снова замыкалась. После срабатывания электромагнита происходило переключение последующих щитов. Прибор, созданный изобретателем, автоматически сигнализировал и регистрировал момент прохождения снаряда сквозь щит. Новое устройство стало прототипом современных автоматических переключателей и распределителей электрических цепей телемеханических установок в заданном порядке.

¹ В настоящее время по Федеральному закону № 102 от 20 июля 2008 года «Об обеспечении единства измерений» поверка или калибровка измерительных приборов с целью достижения достоверности результатов измерений физических величин осуществляются метрологическими службами страны или предприятия (по решению его главного метролога). Измерительные приборы, не прошедшие очередную (плановую) поверку или калибровку, к применению не допускаются, и их показания не могут быть приняты в качестве достоверных данных.

В это же время им внесено несколько усовершенствований в технику фейерверков. Были созданы новая форма парашютов для осветительных ракет, пиротехнический фотометр, прорубные транспаранты, способ сравнения форсовых составов и др.

РАКЕТНЫЙ БАЛЛИСТИЧЕСКИЙ МАЯТНИК

Из заграничной командировки Константин Иванович привёз много материалов, касающихся производства и использования боевых ракет. В Петербурге он систематизировал собранное и весьма обстоятельно изложил в рапорте Артиллерийскому отделению Военно-учёного комитета свои предложения по совершенствованию отечественного ракетостроения. И был услышан военным начальством.

В 1846 году Константинова прикомандировали к штабу генерал-фельдцейхмейстера (главного начальника в артиллерии русской армии), и в 1846—1847 годах он занимался исследованиями ракетной техники в ракетном заведении полковника И. Ф. Костыко.

Предписание Артиллерийского отделения вплотную заняться исследованием ракет Константинов взялся выполнять с полным энтузиазмом. Он понимал, что его предшественники обладали лишь начальными сведениями о процессе развития «реактивной силы», поведении ракеты в полёте, законах их рассеивания. Первая задача — создать научную или как он писал, «математическую теорию конструкции и стрельбы ракет». Для этого надо было изыскать возможность аналитического исследования процессов, происходящих в ракетной камере, установить закономерности, которым они подчиняются. По составленной им программе опытов над ракетами он занялся сравнительным изучением боевых ракет, была составлена детальная кооперация их производства [14].

Известный в то время французский исследователь-артиллерист Морен для измерения тяги порохового двигателя применил обычный динамометр, а создатель боевой ракеты австрийский барон Аугустин для тех же целей использовал обычные рычажные весы с гирями. Константиновым был создан ракетный баллистический ма-



ятник для измерения силы тяги порохового двигателя.

Качающаяся часть маятника представляла собой отвесный рычаг, укрепленный верхним концом на оси в стойках. На нижнем конце рычага находился приёмник, в котором закреплялась испытываемая ракета. После воспламенения ракетного заряда под действием силы тяги рычаг отклонялся от начального положения. Устройством, регистрирующим это отклонение во времени, являлся цилиндр, ось которого располагалась параллельно плоскости качания маятника. Цилиндр приводился во вращательное движение вручную с помощью канатной передачи. Параллельно цилиндру располагались один над другим два железных рельса, по которым перемещалась тележка, соединённая с качающейся частью горизонтальным стержнем. Перемещения тележки были пропорциональны синусам углов отклонения маятника. На тележке крепилась деревянная игла, которая прочерчивала кривую по поверхности цилиндра, покрываемой перед опытом меловой краской. При движении ракеты маятник отклонялся и игла, укрепленная на тележке, вычерчивала на цилиндре кривую, по которой можно было судить о скорости ракеты. Маятник был построен на ракетном полигоне на Волковом поле в Санкт-Петербурге и испытан в присутствии членов Военно-учёного комитета.

Маятник, высоко оценённый за точность измерений и простоту вычислений, помог артиллерийскому инженеру установить закон изменения движущей силы ракеты во времени и исследовать влияние формы и конструкции ракеты на её баллистические свойства. По сути, были заложены научные основы расчёта и проектирования ракет. В течение многих лет маятник оставался наиболее совершенным инструментом оценки тяговых параметров ракетного двигателя. Методика исследования внутрибаллистических характеристик ракет, предложенная тогда Константиновым, — прообраз современных огневых испытаний. Апробированные им принципы и конструктивная схема использовались в Институте физической химии АН СССР при изучении удельного импульса тяги создаваемых в конце 1940-х годов россий-

ских ракетных двигателей на твёрдом топливе.

В 1848 году Константинов изготовил электромагнитный телеграф «для скорых и непрерывных словесных сношений» между операторами основных элементов электробаллистической установки (орудия и электробаллистического прибора, находившихся на значительном расстоянии друг от друга). Телеграф состоял из двух одинаковых аппаратов, служивших для отправления и получения депеш (срочных уведомлений). Циферблат аппарата имел 12 знаков и указательную стрелку. При нажатии на клавишу одного из приборов металлический стержень опускался в чашечку со ртутью. Электрическая цепь замыкалась. В приёмном приборе электромагнит приводил в действие рычаг, поворачивающий одно из зубчатых колёс. При освобождении клавиши поворачивалось другое зубчатое колесо. В результате стрелка, связанная с зубчатыми колёсами, передвигалась на одну двенадцатую часть окружности, переходила от одного знака к другому и дублировалась на передатчике, что обеспечивало контроль передачи информации. Депеша (телеграмма) расшифровывалась с помощью специального кода.

Говоря современным языком, русский офицер ещё в первой половине XIX века изобрел прототип распространенных ныне автоматических выключателей и ступенчатых регуляторов, создал реле времени (таймер), которое в XX веке стало образцом американской техники автоматического управления производственными процессами по принципу их включения или выключения в границах заданного промежутка времени, принял участие в разработке обратной связи в системах с автоматическими регуляторами.

В следующем году Константина Ивановича произвели в полковники и назначили начальником Охтинского капсюльного заведения, а в 1850-м — командиром Санкт-Петербургского ракетного завода, первого в России промышленного предприятия по производству боевых ракет [11]. С 1852 года он стал членом Артиллерийского отдела Военно-учёного комитета.

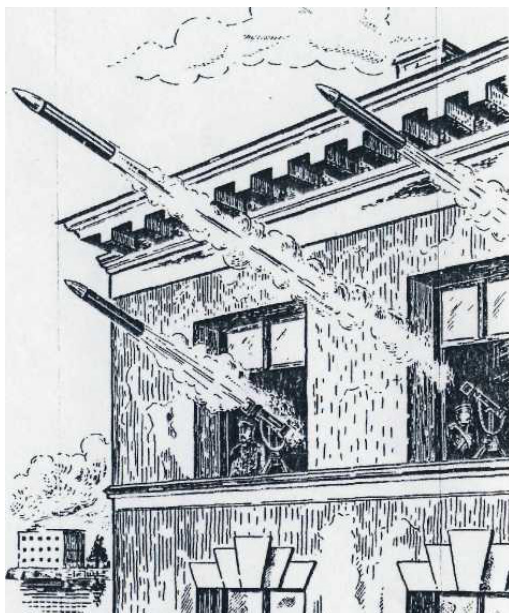
Командир завода проводил опыты по оптимизации параметров ракет, их стаби-

лизации в полёте, экспериментировал с составами ракетных порохов, занимался совершенствованием пусковых установок, механизацией и автоматизацией производственного оборудования, поиском новых модификаций конструкций боевых ракет с увеличенной дальностью полёта до 4–5 км, улучшенной кучностью падения. Постоянно заботился о технологии производства и сборки ракет, безопасности их изготовления.

До него для стабильности энергетических характеристик и достижения однородности состава смешивание чёрного пороха производилось в бочках с горизонтальной осью вращения с ручным приводом. Но мешальные бочки часто служили причиной взрывов и пожаров, так как в них для лучшего измельчения компонентов насыпались медные пули, которые вызывали появление искр. В 1855 году им предложены бочки с наклонной осью вращения, в которых перемешивание пороха происходило лучше, а сила ударов медных пуль одна о другую стала намного меньше. По его технологии в 1853–1856 годах завод выпустил несколько тысяч боевых ракет для нужд Крымской (восточной) русско-турецкой войны. Ему было объявлено «Монаршее благоволение».

СТРЕЛЬБА ОРУДИЙ В ТАКТ БАРАБАНАМ

Летом 1856 года состоялись коронационные торжества с грандиозным фейерверком и музыкальным представлением по случаю восхождения на престол императора Александра II. Подготовка и проведение торжеств были поручены Константинову как известному специалисту в области пиротехники, электрической автоматики и ракетного дела. Для освещения огромной площади перед Екатерининским дворцом по его предложению на крыше здания установили десять мощных электрических дуговых ламп (электрических солнц), изобретённых русским электротехником А. И. Шпаковским, подобных которым раньше в мире не было. Электромагнитные и электромеханические регуляторы обеспечивали яркость освещения и надёжность их работы. Лампы произвели подлинный фурор, имели шумный успех и всеобщее одобрение.



Стрельба ракетами из окон казармы в Севастополе (1855 г.).

На торжествах хор и оркестр, объединившие около 3 тысяч человек, должны были исполнять государственный гимн. Но во время репетиции выяснилось, что бой барабанов ослаблялся звуками медных труб и эффект торжественного звучания оркестра заметно снижался. Константинов оперативно нашёл оригинальное решение: электроавтоматическое дистанционное управление стрельбой с помощью клавикорда.

Клавикорд устанавливался на пульте дирижёра, подключался к гальваническим батареям и соединялся проводами с металлическими запалами, установленными в орудиях, размещённых на расстоянии около 1 км от площади. При нажатии дирижёром на клавишу клавикорда электрический ток от гальванических батарей, установленных на площади, накаливал запалы и раздавался выстрел из орудий в такт барабанам, резко усиливавший и подчёркивающий их бой. Были разработаны схема связи для последовательного подключения орудий к одной и той же гальванической батарее, а также специальное устройство, предохранявшее клавиши от случайного к ним прикосновения и возможного преждевременного выстрела. Эффект дистанционного управления стрельбой орудий, усиливавших бой барабанов, был потрясающим. Электрические клавикорды были не просто оригинальны,



а являлись новым словом в технике связи и управления различными объектами на расстоянии.

Впрочем, не менее эффектными оказались последствия клавикордной синхронизации звука и для карьерного роста автора изобретения. В августе 1856 года ему присвоили воинское звание генерал-майора.

В 1853 году в «Артиллерийском журнале» Константиновым была напечатана статья «Устройство, приготовление и употребление воздушных шаров», а в 1856 году опубликована работа «Воздухоплавание», в которой впервые в русской печати была изложена история этого направления науки и впервые в мире рассматривалась идея применения ракетных двигателей для движения воздушного аппарата и управления аэростатом.

В 1857 году в «Морском сборнике» Константинов выступил с анализом предложений, связанных с подводным плаванием, в том числе привёл пример и прокомментировал идею русского инженера генерал-адъютанта (адъютант в генеральском чине при императоре) К. А. Шильдера о применении боевых ракет на первой в мире цельнометаллической подводной лодке.

В 1859 году его наградили орденом святого Станислава I степени за усовершенствование боевых ракет и назначили начальником Особого управления по приготовлению и употреблению боевых ракет при штабе генерал-фельдцейхмейстера.

В 1857–1860 годах он неоднократно выезжал во Францию в командировки, где изучал состояние ракетной техники и размещал заказы на заводское оборудование.

ПРЕДВЕСТИЕ «ФОРМУЛЫ ЦИОЛКОВСКОГО»

В 1860 году Константинов прочитал курс лекций «О боевых ракетах» в Михайловской артиллерийской академии. Подготовленные с присущей их автору основательностью, тексты эти, как позднее стало очевидным, представляли собой наиболее полный для своего времени обзор достижений ракетной техники в России и остальных странах мира, причём научно-технический уровень, методические и технологические аспекты материалов, прилагаемые расчёты и чертежи производили впечатление на любую аудиторию. И особенно на военных специалистов.

Будучи в том же году в Париже, генерал испросил у российских властей разрешения — опубликовать там на французском языке свои лекции. Повод был деловым и взаимовыгодным: французское военное ведомство соглашалось поделиться секретами изготовления боевых ракет, но только в обмен на сведения об этом оружии, которыми располагал Константинов. Император Александр II дал согласие на издание лекций генерал-майора.

Вышедшая книга включала подробный анализ развития ракетной техники как системы вооружения, а также атлас чертежей, поясняющих текст. В 1864 году в обратном переводе на русский язык она была опубликована в Петербурге и снова имела серьёзный общественный резонанс.

Конференция Артиллерийской академии по присуждению Михайловской премии отметила книгу как «полный и отчётливый трактат о ракетах, какого до сих пор не существовало ни на русском, ни на иностранном языке».

Австрийская газета «Allgemeine Militärzeitung» констатировала: «Появление этого сочинения должно считать в военной литературе важным событием, ибо в нём с научной основательностью и общедоступным образом рассматривается предмет, о котором (если исключить прежние труды того же автора) были напечатаны до сих пор только недостаточные и поверхностные сведения» [14, с. 228].

Несомненно, весьма существенным стало то, что уже в середине XIX века Константинов в своих лекциях первым из специалистов ракетного дела почти вплотную подошёл к одному из главнейших законов движения ракет: «В каждый момент горения ракетного состава количество движения, сообщаемое ракете, равно количеству движения истекающих газов». Математическую форму этому закону, как известно, придал другой отечественный учёный, основоположник космонавтики, и потому она носит его имя: «формула Циолковского» [14, с. 231].

В 1864 году Константинову присвоили воинское звание генерал-лейтенант.

На следующий год он стал почётным членом Морского учёного комитета и руководителем строительства спроектированного им Николаевского ракетного завода. В 1867 году переехал на жительство в город Николаев, где организовал отделение Русского химического общества и был избран его первым председателем.

В «Николаевском вестнике» вскоре появились статьи «Об улучшении снабжения Николаевского рынка», «Об улучшении народного продовольствия России в экономическом и гигиеническом отношении» и ряд других публикаций. В них рассматривались вопросы использования достижений в области электрической автоматики для совершенствования и обеспечения производственных процессов, непосредственно связанных с жизнью человека: при создании пищевых продуктов, их искусственном замораживании, охлаждении и сохранении в безвоздушном пространстве.

В конце 60-х годов в Николаеве Константин создал огромного воздушного змея прямоугольной формы, популярного среди русских мальчишек, в отличие от треугольной формы, распространённой на Западе. Змей весил около 4 кг, при среднем ветре мог поднять на высоту более 1 км вес 4 фунта (около 1,638 кг) и был приспособлен для передачи сигналов и письменных сообщений. В последние годы жизни генерал занялся проблемами применения воздушных шаров и аэростатов, считая, что для них требуются легчайшие движители и системы управления ими.

Константин Иванович Константинов умер 24 (12 по старому стилю) января 1871 года после тяжёлой и изнурительной болезни на 52 году жизни в Николаеве. Похоронен в селе Нивное Мглинского уезда Черниговской губернии (ныне Суражский район Брянской области) в фамильном склепе купца, сыном которого в те времена по созданной Голицыным легенде считался.

Ракетный завод в Николаеве был построен и открыт без него, затем переведён

в Шостку и выпускал боевые, сигнальные, осветительные и спасательные ракеты.

Константинов — автор свыше 100 научных работ и сочинений, на его счету 20 изобретений по различным вопросам электроавтоматики, электрического приборостроения, ракетной техники, артиллерии, ручного огнестрельного оружия, пиротехники, порохового дела, воздухоплавания.

Кроме русских наград за свои учёные труды и изобретения ему были присвоены прусские, французские, вюртембергские, голландские и испанские ордена.

В эпоху пороха генерал по праву считался главным ракетчиком Российской империи. И история воздаёт ему должное.

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинов Константин Иванович // Новая российская энциклопедия. — Т. VIII (2). — М.: Энциклопедия, Инфра-М, 2011. — С. 274–275.
2. Константинов Константин Иванович // Большая советская энциклопедия. — Т. 13. — М.: Советская энциклопедия, 1973. — С. 47.
3. Константинов Константин Иванович // Большая советская энциклопедия. — Т. 22. — М.: Большая советская энциклопедия, 1953. — С. 420.
4. Константинов Константин Иванович // Советская военная энциклопедия. — Т. 4. — М.: Воениздат, 1977. — С. 310.
5. Константинов Константин Иванович // Российский энциклопедический словарь. — М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. — С. 727.
6. Мазинг Г. Ю., Качур П. И. Константин Иванович Константинов. 1818–1871. — М.: Наука, 1995. — 175 с.
7. Храмой А. В. Константинов Константин Иванович (1817–1871). — М.: Госэнергоиздат, 1951. — 115 с.
8. Храмой А. В. Очерк истории развития автоматики в СССР. Дооктябрьский период. — М.: Изд-во АН СССР, 1950. — 221 с.
9. Храмой А. В. К. И. Константинов — пионер электроавтоматики // Электричество. — 1950. — № 2. — С. 82–84.
10. Веселовский О. Н., Шнейберг Я. А. Очерки по истории электротехники. — М.: Изд-во МЭИ, 1993. — 252 с.
11. Шипов Б. В. Отечественное ракетостроение. — М.: Воениздат, 1967. — 112 с.
12. Григорьев Н. Д. «Метался компас — буйствовал народ...» // Мир транспорта. — 2017. — № 1. — С. 256–268.
13. Чижевский Леонид Васильевич // Большая советская энциклопедия. — Т. 29. — М.: Советская энциклопедия, 1978. — С. 188.
14. Качур П. И. Главный ракетчик Российской империи. — М.: ИД «Оружие и технологии», 2013. — 384 с.
15. Рябухин Б. К., Вебер В. Ф. Для них монархи — крёстные отцы. — Рязань: Литера М, 2016. — 432 с.

Координаты автора: **Григорьев Н. Д.** — +7(495) 684–21–19.

Статья поступила в редакцию 14.06.2018, принята к публикации 22.11.2018.

