

AGUSTÍN DE BETANCOURT: EL MODELO DE LA COMUNICACIÓN PROFESIONAL DE LOS INGENIEROS A FINALES DEL SIGLO XVIII Y PRINCIPIOS DEL XIX.

Irina Gouzévitch, Centro Alexandre Koyré, EHESS
Dmitri Gouzévitch, Centro del Mundo ruso y soviético, EHESS

Para entrar en materia

Agustín de Betancourt es un personaje emblemático de la Ilustración española. Sin embargo, incluso en esta época de talentos dinámicos, su carrera ofrece ciertos rasgos originales que sacan a Betancourt del cuadro estrictamente nacional de la modernización española y lo elevan al rango de los protagonistas europeos. Ingeniero polivalente, sabio de estilo enciclopédico, pedagogo y fundador de administraciones y escuelas de ingenieros, reúne por sí solo tres países y dos siglos lanzando así un puente entre dos extremos de Europa y dos épocas. Los países son España, su patria, Francia, lugar de su formación intelectual, y Rusia, el último refugio, que acoge sus restos mortales. Repartido entre las tres potencias, su obra pertenece por igual a la historia de la ciencia y de la técnica de cada uno de ellos en los momentos claves de su desarrollo.

El espíritu de su obra es indisociable del momento histórico en el que le tocó actuar. Su quehacer empieza en la Ilustración y se extiende hasta la época contemporánea, cuando el ingeniero-artista polivalente se halla en retroceso y deja sitio al ingeniero moderno, dotado de una cultura teórica académica sólida e impulsado por la idea romántica de la omnipotencia del progreso técnico. La actividad de Betancourt adquiere, en este contexto, una dimensión doble en la que su talento de científico e ingeniero experimentado se imbrica con su vocación de mediador. Gracias a la coyuntura particular de su vida, en su segundo periodo, Betancourt sirvió efectivamente de mediador intelectual entre Rusia y Europa, tanto asegurando los intercam-

bios profesionales entre los ingenieros rusos y occidentales como organizando su colaboración internacional en suelo imperial. Este papel particular de Betancourt hizo de él uno de los protagonistas de la comunicación entre los ingenieros europeos, cuya red emergía por entonces a escala continental. Para Rusia era de una importancia decisiva, puesto que contribuía a integrar la joven ingeniería rusa en el mundo de los ingenieros europeos.

Al mismo tiempo, este aspecto particular de su obra quedó al margen de numerosos estudios consagrados al ingeniero en España, Rusia y Francia¹. Hace un cuarto de siglo A. Bogoliubov, su biógrafo soviético, escribió que los archivos concernientes a Betancourt en los países citados estaban suficientemente bien estudiados². Después de quince años de investigación documental en este campo, podemos atestiguar que queda por hacer un trabajo considerable. Hay también otra laguna que rellenar; la que hace referencia a la dimensión europea del trabajo de Betancourt. Hoy en día esta labor está en marcha, y la presente conferencia aspira a reunir algunos de sus primeros resultados³. El propósito es, más concretamente, analizar la implicación personal de Betancourt en la reorganización del oficio ingenieril en Rusia, a la luz de su experiencia europea adquirida en sus numerosos viajes y trabajos en Francia, Inglaterra y, por supuesto, en España.

Las realizaciones más significativas de Betancourt son sobradamente conocidas. Así, aparece como fundador de grandes centros de cultura y de formación técnica de inspiración francesa, entre ellos el Gabinete de Máquinas de Madrid o los Cuerpos de Ingenieros (de Caminos y Canales, también en Madrid, y de Vías de Comunicación en San Petersburgo) junto con escuelas profesionales especializadas. Tanto en España como en Rusia, los centros en cuestión eran dirigidos y financiados por el Estado para cubrir sus necesidades en materia de obras públicas⁴. Manteniendo en mente estas iniciativas, vamos a centrarnos en el aspecto menos visible de la obra de Betancourt que se refiere a algunos centros informales de los que fue inspirador intelectual. Sucede que un puñado de ingenieros de los que constituían su círculo multinacional en Rusia se implicaron, influidos por él, en una actividad científica de amplio alcance en materia de mecánica aplicada, actividad que abarcó y desarrolló un vasto campo de investigación y que dio origen a una verdadera escuela científica. Para mostrar su importancia, recordemos que sus miembros llevaron a cabo trabajos teóricos y experimentales en dominios tales como el movimiento de los barcos de vapor, las propiedades de los materiales, problemas relevantes de la mecánica de la construcción, la teoría de las esclusas con dársena de retención, la solución del principio de las

¹ Hay una bibliografía bastante completa anexa al catálogo de la exposición [1, pp. 353-364]

² [2, p.5; 3, p.17]

³ Véase nuestros trabajos [4-8]

⁴ Sobre la primera historia de estas instituciones véase los trabajos de referencia [9-11]

velocidades virtuales, así como trabajos que sentaron las bases de la termodinámica. Todas estas realizaciones, ya estudiadas muchas veces, se consideraran como patrimonio de la famosa escuela mecánico-matemática rusa que emergió y funcionó a partir de la década de 1830 en el seno del Instituto de Ingenieros de Vías de Comunicación (ICIVC) y que la historia conoce bajo el nombre de “la escuela de Ostrogradsky”⁵. Sin poner en tela de juicio los méritos del glorioso matemático, nos parecería más conforme a la realidad histórica otra denominación –“la escuela de las tres B”– según los nombres de sus tres protagonistas de origen: Betancourt, Bazaine y Baird. Lo que se expone a continuación pretende argumentar esta hipótesis.⁶

Situación general o preguntas sin respuesta

Mikhail Ostrogradsky (1801-1862) forma parte de las personalidades más eminentes del panteón matemático ruso. El tributo pagado a su obra por la historiografía nacional es de los más abundantes; en el siglo XX su imagen fue casi canonizada⁷. Su actividad científica fue no sólo notable, sino muy variada. Matemático de talento excepcional, descolló igualmente en la formación de ingenieros. Su papel promotor en la enseñanza de la mecánica fue

⁵ Véase los trabajos de Gnedenko [12, 13, 14], Moiseev[15], Bogoliubov [16]. En 1982 M. Voronin y M. Voronina, que comparten la opinión de los anteriores lo consideran “*el fundador de la escuela nacional de mecánica aplicada*” [17]. Y eso a pesar de que en 1980 Voronina veía a Ostrogradsky como el creador de “*la escuela matemática de análisis de las cuestiones técnicas en materia de mecánica aplicada y el arte de la construcción*”. En 1999 extiende ya su influencia a “*toda la escuela de ingeniería rusa*” [19] M. Voronin es más consecuente: “*Ostrogradsky es uno de los fundadores de la escuela matemática de San Petersburgo*” [11, 20] Véase también los trabajos de I. Maron [21], A. Islinski [21], A. Mandryka [23], A. Grigorian [24] y L. Pugina [25]. A. Bogoliubov escribe “*De Ostrogradsky salen los orígenes de tres escuelas importantes de la ciencia nacional. La primera es la escuela de mecánica analítica... La segunda es la escuela de física matemática...La tercera, la más grande de las escuelas científicas de Ostrogradsky es la escuela de mecánica aplicada*” [26]. Desafortunadamente el autor ignora que todas esas tendencias ya eran propias de la escuela en 1830, cuando fue nombrado profesor en el ICIVC [27]. Que cualquiera de ellas haya originado posteriormente una escuela completa no es sino la lógica evolutiva normal. La coincidencia de intereses del matemático ruso con las tendencias desarrolladas en el seno de la escuela de las tres B hicieron de Ostrogradsky un líder ideal de esa formación. No faltaba sino unirlos.

⁶ Esa hipótesis ha sido formulada y defendida por primera vez en abril de 1977, en el seminario del EHESS “Historia de la mecánica aplicada (siglos XVII-XX)” animado por Claudine Fontanon y Bruno Belhoste. El texto que la resume (y sirve de apoyo a esta conferencia) se titula “La enseñanza de la mecánica aplicada en el Instituto de Ingenieros de vías de comunicación de San Petersburgo y el establecimiento de la escuela mecánico-matemática denominada de Ostrogradsky (primera mitad del siglo XIX)” [6]

⁷ Por no citar más que algunas obras de referencia, véase sobre Ostrogradsky y su obra: [13; 21; 28; 29]

incontestable⁸. La escuela científico-matemática nacida e implementada en el seno del ICIVC durante su magisterio recibió y lleva todavía su nombre.

La génesis e historia inicial de esa escuela –objeto central de nuestro estudio– son interpretadas generalmente según un esquema establecido. Los historiadores parecen concordar en que los comienzos de la enseñanza de las dos mecánicas –racional y aplicada– se hallan ligados a la presencia en el ICIVC de profesores franceses. Están de acuerdo también en otra cosa: hasta que esa enseñanza no pasó a ser responsabilidad de los profesores rusos Ostrogradsky y Melnikov (lo que ocurrió a principios de los años 30) no se puede hablar de escuela científica. En cuanto a la escuela mecánico-matemática surgida efectivamente en el ICIVC durante ese período, fue bautizada como “Escuela de Ostrogradsky”, siendo el gran científico considerado como su fundador y jefe.

Legitimada por una larga tradición historiográfica, esta interpretación ha tenido una influencia considerable sobre la manera de abordar el estudio de este fenómeno. Era asimismo la nuestra al principio de este trabajo. Sin embargo a medida que la investigación avanzaba, las afirmaciones perdían su evidencia y se multiplicaban las preguntas sin respuesta. Efectivamente, ¿cómo interpretar en ese contexto el desajuste flagrante entre la obra científica original del Ostrogradsky matemático y una cierta indeterminación de su escuela que no produjo grandes matemáticos, sino que formó a muchos ingenieros científicos destacados? ¿Cómo explicar la presencia –entre los “alumnos de Ostrogradsky” y los miembros de su escuela– de investigadores experimentados que llegaron a serlo bastante antes de la aparición del “maestro” en San Petersburgo? ¿Qué explicación dar al hecho de que la primera obra teórica sobre navegación a vapor (cuyo autor fue Bazaine) se publicara en Rusia en 1817, antes de que aparecieran en Europa trabajos sobre ese tema?⁹ ¿A qué atribuir el hecho de que la síntesis de los mecanismos (derivada del principio del paralelogramo de Watt) fuera elaborada en Rusia a finales de la década de 1820, es decir veinticinco años antes que Tchebychev, considerado como pionero en este campo? Y finalmente, una cuestión que parece algo fuera del contexto de este trabajo, pero que lo afecta de manera indirecta: ¿Por qué la famosa memoria de Sadi Carnot *Reflexions sur la puissance motrice du feu...* presentada a la Académie des Sciences¹⁰ en 1824 y que pasó por entonces casi desapercibida, incluso para los mecánicos de más renombre (como Navier), fue comprendida enseguida por Clapeyron, de vuelta en Francia después de once años de servicio ruso?

⁸ Esta faceta de la obra de Ostrogradsky se detalla en [8], texto presentado en el seminario ya citado.

⁹ [30]. Como por ejemplo, *Essai sur la navigation par la vapeur* de P. J. Gilbert. No apareció sino un año antes que el folleto del marqués de Jouffroy [31], pero era de tipo más publicitario que científico, pues la escribió para defender sus derechos de autor y no para presentar los resultados de una investigación.

¹⁰ [32]

Todas estas preguntas nos llevan a plantear otra de carácter más general: ¿Ocupaba Ostrogradsky el lugar adecuado en esta historia? O dicho de otro modo: ¿fundó y dirigió efectivamente la escuela que lleva su nombre? Para aclarar estas controversias nos hemos propuesto remontarnos hasta la génesis de esta escuela y analizarla a la luz de los hechos acumulados durante nuestra investigación. Para ello nos ha sido preciso desplazarnos en el tiempo y en el espacio, ya que las primicias de la escuela llamada de Ostrogradsky aparecen antes de su nacimiento efectivo y en áreas geográficas bastante alejadas del Imperio ruso.

Agustín de Betancourt entre España, Inglaterra y Francia

Esta historia comienza, a nuestro juicio, en 1786 cuando un equipo de estudiantes en prácticas del gobierno español inspirado fue enviado a Francia para recoger información sobre los nuevos logros del arte y la ciencia de la ingeniería. El joven ingeniero español origen de esa iniciativa se llama Agustín de Betancourt y había sido designado jefe del equipo a cargo del conjunto de operaciones¹¹. Acogidos por Perronet en la Escuela de Puentes y Caminos, los becados se aplican en la fabricación de los modelos que, según la idea de Betancourt, deben constituir el fondo de la colección destinada a la enseñanza de los futuros ingenieros hidráulicos españoles. En el curso de este trabajo que dura seis años, Betancourt adquiere mucha experiencia en la dirección del trabajo colectivo y se vuelve un experto reconocido en el arte de la mecánica práctica y de fabricación de modelos, según el espíritu de los maestros mecánicos clásicos de finales del siglo XVIII. De regreso a Madrid sintetiza esta experiencia bajo la forma del Gabinete de Máquinas abierto en 1791 y dota así a España de un centro de cultura y de formación técnica comparable a sus homólogos, y fuente de inspiración ocasional en Francia: el taller de modelos de la Escuela de Puentes y Caminos, el gabinete de Vaucanson y la colección académica reunida por Pajot d'Ons-en-Bray.¹²

En ese sentido los conocimientos prácticos de Betancourt en mecánica son comparables a los de los mecánicos británicos como Watt o Murdock, o con los de los autores de los *Teatra machinarum* clásicos como Nartov¹³

¹¹ Véase a este propósito [10;33]. Los orígenes y el carácter pionero de esta iniciativa española, así como su lugar en el proceso de transferencia de conocimientos han sido detallados en [7].

¹² Sobre las colecciones véase [34, 35]

¹³ Nartov, A.K. (1693-1756), mecánico e inventor ruso, tornero personal de Pedro I. Autor del soporte mecánico para el torno de rosca. Uno de sus tornos se lo ofreció en 1717 Pedro I a Pajot d'Ons-en-Bray, quien lo puso en su colección (actualmente está en el Conservatorio Nacional de Artes y Oficios de París). Véase [35]. Su imponente *Teatrum machinarum*, obra de toda una vida, permanece desgraciadamente manuscrita. Sobre Nartov y su obra véase [36].

o Leupold. Hay un rasgo que distingue a Betancourt de los maestros empiristas británicos, y es ahí donde reside probablemente la clave del enigma del famoso conflicto entre Watt y Betancourt relativo a la introducción en Francia de la máquina de vapor de doble efecto.

La situación se resume así: estando en Inglaterra en 1789, Betancourt solicita la visita a la empresa de Watt y Boulton. Los inventores británicos lo acogen cortésmente, pero evitan mostrarle su famosa máquina que está ya en construcción en Albion Mills, empresa londinense de Boulton. Betancourt accede a ella de todos modos con un rodeo apenas legal y observa durante unos minutos el aparato, escondido en parte por una pared. A finales del mismo año, Betancourt presenta a la Academia de Ciencias de París la descripción del ingenio de su invención basado en el principio del doble efecto usado por Watt. Esta situación es el origen de una disputa histórica sin solución hasta hoy: los biógrafos de Watt acusan al español de espionaje; entre los de Betancourt, unos lo reconocen, otros lo niegan o al menos lo matizan según sus tendencias políticas.¹⁴

Visto desde dentro, este conflicto plantea más bien un problema de interpretación, puesto que se trata, en el fondo, del encuentro de dos tipos de mentalidad profesional. Watt, ingeniero autodidacta y empresario libre cuyo bienestar depende de la explotación exclusiva de su invento, frente a Betancourt, ingeniero científico y funcionario del Estado. El acto divino de la creación llevado a la perfección por años de experiencia para uno, no es para el otro más que un modelo que construir a partir de parámetros conocidos. Técnico residente, encargado de una misión de exploración por un gobierno, el español, tuvo éxito en su misión, ante todo, como ingeniero que se hará conocer pronto como uno de los pioneros de la teoría de las máquinas.

La génesis de estas facultades de Betancourt, que derivan de su dominio de los conocimientos teóricos y del pensamiento del espacio, hay que buscarla tanto en su formación como en su carrera profesional, repartidas entre dos países, España y Francia. Las instituciones madrileñas que habían acogido a nuestro protagonista en la década de 1770 –el Establecimiento Real de San Isidoro, y después la Academia de Bellas Artes– no eran escuelas de ingenieros. Sin embargo, incluso la enseñanza escolástica impartida por la primera de ellas tenía un aspecto positivo: se aprendía a dominar la forma, la lógica, el pensamiento abstracto. La formación artística recibida en la segunda le había iniciado en el mundo de la arquitectura, del diseño y del arte de la construcción.

La experiencia francesa no hizo más que armonizar esta formación, orientándola hacia las artes y las ciencias de la ingeniería y, en particular, hacia la mecánica. Este cambio se verá realizado más tarde en un cierto

¹⁴ Para la historia y análisis de ese conflicto, así como para la abundante bibliografía sobre la cuestión, véase [7]

número de obras importantes escritas y publicadas en Francia: es el caso del estudio sobre la elasticidad del vapor (que sale del campo de la física experimental)¹⁵, pero sobre todo el *Essai sur les machines* escrito en colaboración con José María Lanz¹⁶ (y considerado al principio como aplicación de la geometría descriptiva de Monge).¹⁷

Otra diferencia fundamental distinguía a Betancourt de los mecánicos británicos. Llevado por sus propias obligaciones profesionales a fabricar, perfeccionar e inventar máquinas y mecanismos variados –recordemos: la colección destinada a formar a los ingenieros hidráulicos para la corona española–, el ingeniero estaba libre de todo compromiso corporativista y del afán de beneficio que rentabilizase su trabajo. Funcionario del Estado y pagado por éste, buscaba, por el contrario la divulgación de sus inventos para hacerse un nombre y afirmar su posición en el oficio. El éxito alcanzado por su *Essay sur les machines* no hace más que confirmar esta aserción.

Este tratado, reeditado varias veces, se convirtió en la obra de referencia para varias generaciones de ingenieros europeos. ¿Por qué? ¿No es acaso porque en ella se encuentran armoniosamente fusionadas la enorme experiencia empírica del ingeniero y su conocimiento de la geometría descriptiva y de los fundamentos de la mecánica? ¿Porque en ella se descubre una tentativa audaz de inscribir esta experiencia en un contexto teórico amplio, de expresarla en categorías y nociones nuevas? ¿Porque en ella se asiste, por fin, al proceso de nacimiento de una nueva ciencia de la ingeniería? El carácter sintético de la obra está acentuado por la publicación, en el mismo texto, del cuadro de mecanismos realizado por Hachette, hombre que jugará más tarde un papel crucial en el desarrollo de las ciencias de las máquinas. Esto, que para Betancourt era de algún modo la cima de su actividad científica, el balance final de un trabajo duro y prolongado que tomaba ya una forma acabada, no era, para Hachette, más que el preludio de su investigación posterior.

La experiencia única de Betancourt que se sintetiza en el *Essay* tenía, sin embargo, otro destino menos visible. Proseguiría al otro extremo de Europa, lejos de Francia y de España, en el Imperio ruso al que se incorpora, por invitación del zar, en 1809. De carácter más práctico, su experiencia se aplicó a otros campos de acción profesional, como las innovaciones tecnológicas (dragas de vapor, equipamiento de fábricas, obras hidrotécnicas, etc), la pedagogía y la organización de la actividad científica. Hemos llamado invisible a ese destino. Y es cierto en el sentido de que no salió ninguna obra de la pluma de Betancourt durante el periodo ruso, que duró, en total, quince

¹⁵ Véase: [1, p. 354; 2, pp. 25-26, 144; 3, pp. 46-47; 10, pp. 89-92; 37]

¹⁶ Sobre este matemático, pedagogo y fundador de escuelas de ingenieros en España y América Latina, véase [38].

¹⁷ [39]

años. Las otras tres facetas de su actividad rusa –innovación, pedagogía, organización– son de particular importancia para la historia del espíritu ruso.

El círculo de Betancourt en Rusia

Los ingenieros que gravitan alrededor de Betancourt forman enseguida dos grupos diferentes cuya composición refleja, a su manera, la doble orientación hispano-francesa de nuestro ingeniero. Se trata de los politécnicos franceses¹⁸ y de los ingenieros españoles, de los que algunos fueron reclutados probablemente entre sus antiguos alumnos de la Escuela de Caminos y Canales de Madrid¹⁹. Las funciones que se les confían en Rusia son también diferentes. Los ingenieros españoles son utilizados preferentemente para dirigir los trabajos prácticos, mecánicos y de construcción. Aclaremos ya que ninguno de ellos escribió obras teóricas en Rusia. Tampoco se dedicaron a la enseñanza. No se daba el mismo caso con los franceses. Encargados como los españoles de múltiples trabajos prácticos, se implicaron rápidamente en otros campos de acción como la investigación o la enseñanza.

Sin embargo, este interés siempre creciente hacia la investigación (sobre todo en lo que afecta a la medida o la mecánica) habría podido resultar estéril, pues su actividad en Rusia se orientó pronto a las aplicaciones prácticas encarnadas en unas decenas de objetos técnicos destacados. Para que se opere efectivamente este paso a una actividad abstracta, han debido intervenir otros hombres y otros factores. Uno de ellos, que jugó un papel decisivo en la puesta en marcha de la escuela mecánica rusa, fue Charles Baird.

¹⁸ La mayor parte de estos politécnicos fueron a Rusia por invitación a iniciativa de Betancourt. Véase [40]. Otros, llegados por su cuenta y por diversas circunstancias, se integraron en el Cuerpo de Ingenieros de Vías de Comunicación, mientras fue su director. Esos ingenieros son: Pierre Dominique Bazaine, Charles Potier, Maurice Destrem, Alexandre Fabre, Antoine Raucourt, Guillaume Ferrandin-Gazan, André Henri, Gabriel Lamé y Benoît Paul Emile Clapeyron. Véase [4].

¹⁹ Los ingenieros españoles que ejercieron en Rusia durante esa época fueron: Los hermanos Joaquín (1792-1847) y Miguel Espejo, Rafael Bauza (1778-1828), Agustín Monteverde (1798-1878), Joaquín Viado (1787-1838). Véase noticias bibliográficas sobre ellos en [41].

Charles Baird, el escocés

Alumno de Gascoigne²⁰, llegado a Rusia con su maestro, este hombre acumula decididamente las mejores cualidades de un mecánico-empresario británico. En la época en que Betancourt despliega sus actividades en Rusia, dirige una enorme fábrica metalúrgica y mecánica fundada por él mismo, y que era la mayor empresa privada de este tipo en la Rusia de la época.²¹ Baird no era el único ingeniero escocés que ejercía en Rusia. Había otros especialistas altamente cualificados y destacados, como Adam Armstrong (1762-1818), Alexander Wilson (1776-1866) o Matthew Clark (1776-1846)²². Sin embargo, Baird tenía un talento personal que le impulsaba sin cesar hacia los problemas teóricos del arte del ingeniero. Este impulso, poco típico de un ingeniero británico, explica el hecho de que entablara una estrecha colaboración con Betancourt y que apoyara todas sus iniciativas, y más tarde, las de sus sucesores franceses. Esta relación se revelaría duradera. Así, en los grandes conflictos profesionales de finales de los años 1820-30 Baird, junto con Bazaine, tomaron partido contra el grupo de arquitectos e ingenieros (con Stassov y Rossi a la cabeza) que había reunido su compatriota Clark.²³

Los contactos con Baird ilustran bien el dualismo empírico-teórico de Betancourt. El mismo dualismo que permitió al español realizar una experiencia única: fundar en España una escuela destinada a formar a los ingenieros técnicos (1802) y, siete años más tarde, sentar en Rusia las bases del sistema de enseñanza técnica superior muy próxima al sistema francés (politécnico + escuela de aplicación reunidas bajo un mismo techo). Lo semejante genera lo semejante. Y el dualismo de Betancourt se tradujo en el dualismo de su entorno.

Además del valor simbólico, esta cooperación con Baird tenía una ventaja práctica esencial, ya que los mecánicos franceses y españoles del entorno de Betancourt pudieron disponer en lo sucesivo de un pujante laboratorio de investigación experimental –su famosa fábrica de manufacturas mecánicas. En cuanto a la financiación de estos trabajos, se cargaron al presupuesto nacional por medio de la Administración de vías de comunicación

²⁰ Charles Gascoigne (circa 1739-1806), ingeniero escocés; director a partir de 1776 de la famosa Carron Company de Birmingham y fabricante de los célebres “carronados” o “gasconados”, cañones para la flota de guerra británica; acude a Rusia por invitación de Catalina II en 1786 llevando con él a un grupo de mecánicos escoceses, como Baird y Clark. Fundador y director de las fábricas metalúrgicas de Olonec. Véase [42, 43].

²¹ Esta empresa tiene sus orígenes en una pequeña fundición, Codirigida por Baird a partir de 1792 junto a su propietario original, el escocés Francis Morgan. Tras su matrimonio con la hija de éste, Baird toma el negocio en sus manos y lo transforma en pocos años en una empresa próspera que trabaja tanto para los empresarios privados como para el Estado. Véase [44].

²² Para las biografías de estos ingenieros escoceses y la bibliografía concerniente véase [42].

²³ Sobre esos conflictos véase [4].

de las que Betancourt ostentó la dirección general hasta 1822. La financiación es un elemento clave de esta historia puesto que resolvió la controversia mayor entre los ingenieros privados establecidos por su cuenta, como Baird y sus colegas británicos, y los ingenieros del Estado, como Betancourt, Bazaine y compañía.

La cooperación en marcha: dos ejemplos

1. En 1815-1817, Baird emprende, por primera vez en Rusia, la construcción de barcos de vapor. Simultánea y paralelamente Bazaine, por iniciativa de Betancourt, comienza a estudiar las leyes de su movimiento. La monografía (primera en su género) resultante de esta investigación se titula *Memoire sur la théorie du mouvement des barques à vapeur et sur leur application à la navigation des canaux, des fleuves et des rivières*.²⁴ La experiencia práctica analizada en la obra de Bazaine se adquirió en las fábricas de Baird. Sin embargo, el escocés no se paró ahí: según los proyectos elaborados por Betancourt y Bazaine, Baird emprende la construcción de naves experimentales (vapores de ruedas y cabrestantes de vapor con tornos dispuestos según ejes diferentes) que puso a prueba por su cuenta en el Volga en 1821-22.²⁵

2. La construcción de puentes colgantes estimula otras invenciones. En 1823 Betancourt propone el proyecto del siderómetro, aparato destinado a probar las cadenas de hierro de los puentes. Realizado en metal por indicación de Baird e instalado en uno de sus talleres durante ese año, este eficaz dispositivo se puso pronto en explotación por los ingenieros de vías de comunicación para probar la calidad de los hierros rusos. Estas experiencias, largas y trabajosas, abren la vía a otros ensayos análogos. Juntos marcan una época en la metalurgia física y en las pruebas de materiales. A partir de estos trabajos altamente reconocidos nace una rica literatura.²⁶

El efecto “crisol”

Podemos decir, pues, que Betancourt ha culminado una experiencia sin precedentes –probar en condiciones nuevas un efecto poco conocido que se puede igualar al del “crisol”. Si no ¿cómo llamar al proceso que acabamos

²⁴ [30]. Véase también [4, 45]

²⁵ Sobre la historia de la introducción de la navegación a vapor en Rusia véase [44].

²⁶ Véase [11, p. 39; 46].

de describir? ¿Cómo interpretar el fenómeno del círculo de Betancourt –grupo multinacional unido a un enorme potencial creador y a una rara eficacia, susceptible de abordar los problemas científicos y técnicos más complejos? Ingenieros del Estado y empresarios libres, autodidactas y antiguos alumnos de grandes escuelas, franceses, británicos, españoles y alemanes toman parte juntos en este crisol en el que bullen y se funden, sus conocimientos y sus experiencias respectivas. De este crisol es del que nacerá, finalmente, el fenómeno que más tarde se llamó “escuela rusa de mecánica”.

Paradójicamente, el dualismo empírico-teórico que marca la actividad de Betancourt no es un rasgo característico de su escuela. También aquí el organizador de la investigación supera al investigador: la síntesis que no ha logrado de forma definitiva en su propia obra la consigue en la obra de sus discípulos.

Algunas consecuencias

Nuestro primer ejemplo tiene que ver con una historia, hoy olvidada, pero que desencadenó en los años 1820-1830 discusiones públicas sobre cuestiones de prioridad. El trabajo que suscitó más pasiones se refería a la “teoría de las esclusas con dársena de retención” elaborada por Bazaine (con la colaboración de Betancourt) en 1821.²⁷ Uno de los casos particulares de esta teoría se realizó más tarde, el famoso proyecto de las esclusas de Schlüsselbourg.²⁸

La teoría en cuestión parece ser una de las teorías técnicas más precoces (a excepción, quizá, de la fabricación de instrumentos de medida). El autor propone, y calcula sobre el papel, el modelo ideal de un objeto técnico que se utiliza para elaborar el proyecto de una obra técnica real que construye después.

El pensamiento teórico de Bazaine, por original que sea, tiene un precedente importante: el proyecto de esclusa de Betancourt, memoria publicada en 1807 que le abrió las puertas del Instituto de Francia un año después.²⁹ La carrera académica de Bazaine también empieza gracias a este trabajo, pues le vale la elección como miembro de tres academias europeas y condecoraciones de tres estados: Rusia, Francia y Prusia.³⁰ Por otra parte,

²⁷ [47].

²⁸ Véase [4, pp. 136-145; 48].

²⁹ [49].

³⁰ Bazaine fue miembro correspondiente (1817) y luego miembro honorario (1827) de la Academia de Ciencias de San Petersburgo; miembro de la Academia de Ciencias de Turín (1828); miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de Baviera (1830-32); miembro extranjero de la Real Academia de Ciencias Militares de Estocolmo (1832) y de la Real Academia de Ciencias de Suecia (1833). Esos acontecimientos en la vida de Bazaine han sido descritos con detalle, con las correspondientes referencias de archivo, en nuestra obra [4, pp. 184-186].

Bazaine señala la existencia de una obra inglesa de comienzos del siglo XVIII que contenía la descripción de un caso particular de esclusas gemelas. Los británicos, fieles a sí mismos, resolvieron empíricamente un problema concreto. El modelo ideal de Bazaine calculado teóricamente ofrecía, por el contrario, diversas soluciones aplicables a cualquier caso particular, incluido el descrito por los ingleses.

La historia de la máquina de vapor ofrece un hermoso ejemplo de la competencia entre dos tipos de realización técnica encarnados por dos genios contrapuestos – James Watt y Sadi Carnot. Si el primero lleva a cabo la creación de la máquina de vapor como motor universal, el otro ofrece su teoría. Se necesitaba, sin embargo, un tercero para hacer efectiva la importancia de las *Reflexions sur la puissance motrice du feu* del joven Sadi Carnot (X 1812).³¹ Sin este tercero, que le ha dado un segundo impulso, la obra de Carnot se habría quedado, quizá por largo tiempo, como una teoría abstracta muy alejada de la práctica ingenieril.

Esta tercera persona era Benoît Paul Émile Clapeyron que, tras su regreso a Francia en 1831, presentó al año siguiente una *Memoire sur la puissance motrice de la chaleur*.³² En esta obra que se publicó en el *Journal de l'École Polytechnique* en 1834, Clapeyron desarrolló las ideas de Carnot, dando a sus cálculos una forma geométrica. Puede objetarse que no es más que una casualidad. Cualquier otro ingeniero francés de cuño politécnico tenía tantas oportunidades como Clapeyron de comprender las *Réflexions* de Carnot. Pero no fue el caso, y el tratado de este último tuvo que esperar siete años ignorado por todos antes de ser leído y comprendido por Clapeyron, de vuelta en París tras una estancia de once años en Rusia.

A nuestro entender, el fenómeno encuentra su explicación en el hecho de que Clapeyron, francés de origen y politécnico de formación, tenía, a diferencia de sus compatriotas y de sus otros colegas, una experiencia complementaria única en su género: él sufrió el efecto del “crisol” franco-ruso-hispano-escocés de Betancourt-Bazaine-Baird. Dicho de otra manera, la idea de Carnot fue retomada por el representante de una brillante escuela de mecánica aplicada que se preparó en San Petersburgo en los años 1810-

³¹ [32]

³² [50] De qué modo Clapeyron llegó a conocer la obra de Carnot es aún confuso. Según Birembaut, el descubrimiento tuvo lugar “al principio de su estancia en Saint-Etienne, en un ambiente de ingenieros apasionados por la construcción de ferrocarriles, como él mismo” [51, p. 192]. Desde el 11 de octubre de 1832 fue destinado a profesor de explotación de minas en la Escuela de Minas de esa ciudad, y la hipótesis resultaba tentadora. La investigación que hemos hecho recientemente en la biblioteca de dicha escuela no ha aportado pruebas tangibles en su favor. Nuestras investigaciones en las bibliotecas de la Escuela de Minas y de la Escuela Politécnica han sido vanas: la obra de Carnot parece no haberse conservado. Nada lleva a privilegiar Saint-Etienne respecto a París, donde igualmente Clapeyron hubiera podido descubrir algún ejemplar de las *Réflexions...* en el ambiente de los miembros de la Asociación Politécnica (en la que él y Lamé tomaron la palabra en junio de 1820) o en el de los académicos, sabiendo que la memoria de Carnot fue presentada y discutida allí.



Fig. 1. Agustín de Betancourt.



Fig. 2. Charles Baird.

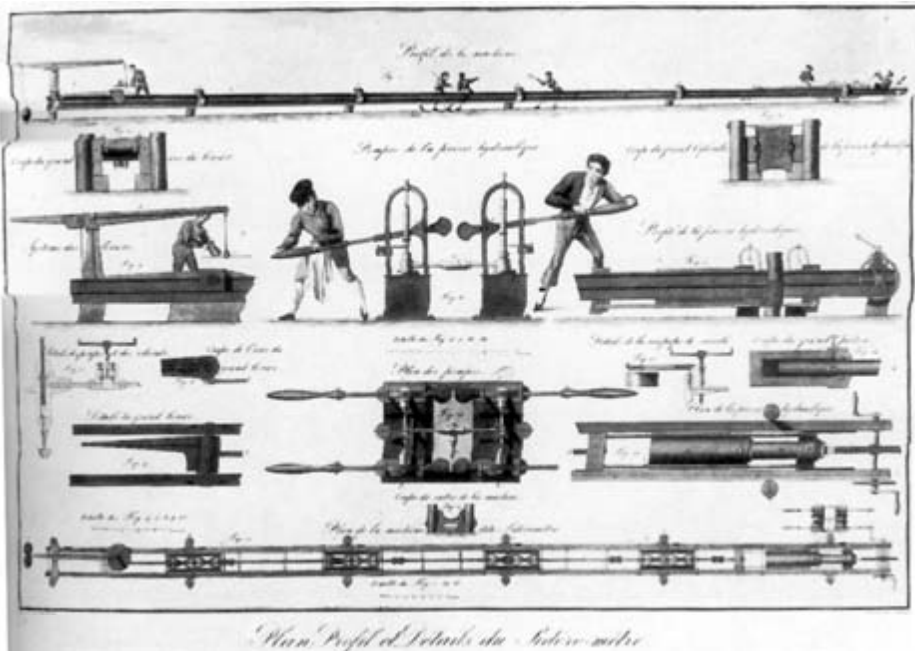


Fig. 3. Plano, perfil y detalles del siderómetro.



Fig. 4. Pierre Dominique Bazaine.

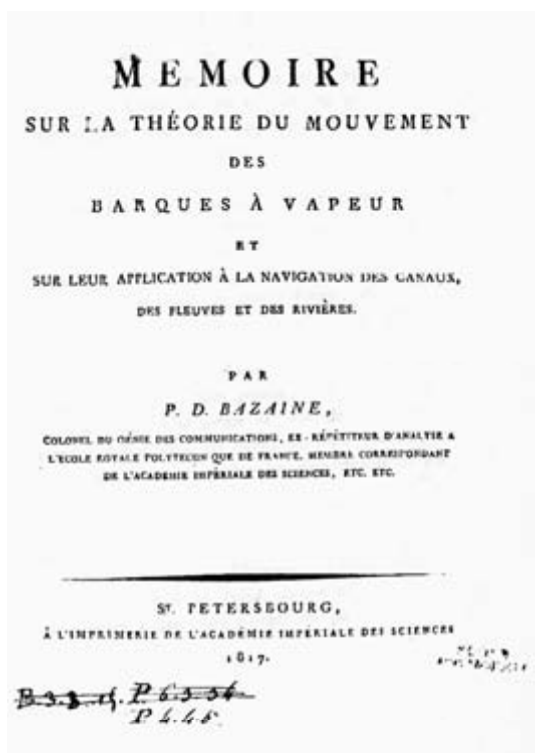


Fig. 5. Portada de un libro de Bazaine sobre los barcos de vapor.

1820. Las características de esta escuela eran dar explicaciones teóricas a los procesos que se utilizan en la práctica, hacer los cálculos de las construcciones o utilizar los resultados obtenidos para perfeccionar unas y otros. Desde esta óptica la reacción de Clapeyron ante la obra de Carnot parece, pues, lógica y legítima.

La escuela de “las tres B”

La historia se repite. El jefe de esta escuela –Betancourt– mantuvo antaño una competición profesional con Watt (sobre la máquina de vapor de doble efecto). A continuación vienen los trabajos sobre la elasticidad del vapor (1790) y el *Essay*, que resumen su experiencia hispano-franco-británica. Se ponen así los fundamentos de la futura escuela. Hay otros elementos que van a enriquecerla en los años siguientes: los piróscafos y los cabrestantes de vapor, las dragas y las máquinas de vapor para las fábricas (Betancourt, Bazaine, Baird y luego Clapeyron) y el siderómetro, las pruebas de materiales (Betancourt, Bazaine, Baird y otros) y las bombas de vapor sobre el canal de Ladoga, y en fin, el primer manual (Destrem) y el primer curso escolar de la mecánica aplicada elaborado por profesores del Instituto durante esa época.³³ ¿No es ésta la fuente y la explicación de la perspicacia de Clapeyron, que da así el segundo paso hacia el nacimiento de la termodinámica?

La actividad de Lamé y Clapeyron como ingenieros de ferrocarriles no hace más que confirmar esta hipótesis. Una vez de vuelta en Rusia, intervienen enérgicamente en los debates sobre la construcción de ferrocarriles en su país, después proponen su primer plan de desarrollo a largo plazo y se convierten en constructores de la primera línea de ferrocarril de vapor de Francia (París-Saint Germain).³⁴ Los orígenes de esta actividad están todavía por investigar en la experiencia rusa de los dos ingenieros. Desde la década de 1820, la escuela rusa de mecánica aplicada nacida a partir del Instituto de ingenieros de vías de comunicación se amplía a la mecánica de los transportes ferroviarios. En 1830, Bazaine envía a Lamé a Inglaterra para que asista a la apertura de la línea de ferrocarril Liverpool-Manchester. Además del informe fundamental presentado por Lamé a su regreso, este último tiene la intención de escribir una obra sobre los ferrocarriles rusos; asimismo utiliza los materiales recogidos para la enseñanza. En 1831 emprende, con Clapeyron, una serie de proyectos y presenta al ICIVC dos conferencias sobre los ferrocarriles en Inglaterra, en las que entra en polémica con Destrem, defensor de la idea de que el ferrocarril en Rusia no era económicamente rentable.³⁵

³³ [52].

³⁴ Sobre esta actividad de Lamé y Clapeyron véase [53].

³⁵ [4, pp. 148-153; 54, pp. 110-119; 55].

Visto en este contexto, el famoso informe sobre la importancia estratégica de los ferrocarriles para la defensa nacional, presentado por dos ingenieros el 20 de junio de 1832 a la Asociación Politécnica, no es más que la continuación de sus trabajos emprendidos en Rusia.³⁶ Mas tarde colaboraron en este campo con los hermanos Flachet de los que uno, Eugène, trabajó en Rusia al mismo tiempo que ellos.³⁷ El rizo se riza de nuevo.

La escuela llamada de Ostrogradsky y sus paradojas

En julio de 1824 Betancourt deja este mundo y Bazaine toma el relevo. El final de la década de 1820 es la época de la efervescencia de la escuela mecánico-matemática que dirige como heredero intelectual de Betancourt. La escuela tiene, pues, su jefe, sus discípulos, su programa de investigación, su órgano periódico, el *Journal des voies de communication*, etc. El horizonte se ensombreció bruscamente a principios de los años treinta tras los cambios radicales que sobrevinieron en la política interior y exterior del gobierno ruso. La situación, que había sido favorable a los franceses hasta entonces, se deteriora progresivamente; se les limita primero la entrada al servicio de la corona, más tarde se les prohíbe. La tensión que se experimenta generalizadamente empuja a los ingenieros franceses a abandonar el servicio. Aunque en 1830 se rechaza la dimisión de Bazaine, éste se da cuenta de que los cambios son irreversibles. Como Betancourt en 1812, debe asegurar a toda costa la enseñanza en el Instituto, perturbada por la represión a que se hallaba sometido. En lugar de los franceses que se marcharon o fueron reprimidos se contrató a tres nuevos profesores, todos rusos, que habían realizado sus estudios en Francia: los matemáticos Ostrogradsky, Bouniakovsky y Kupfer.³⁸

Tras la partida de Lamé y de Clapeyron los cursos de mecánica se repartieron definitivamente como sigue: Kupfer – física; Ostrogradsky – mecánica racional, Bouniakovsky – matemáticas. Los cursos de mecánica aplicada y de construcción se confiaron a Melnikov y a Volkov, antiguos alumnos de Clapeyron.³⁹ Ni Bouniakovsky ni Kupfer crearon escuelas científicas en el ICIVC. Se reconocieron sus méritos como buenos profesores y científicos notables, pero eso es todo. Sólo Ostrogradsky tuvo una escuela propia y ésta lleva desde entonces su nombre.

No obstante persiste una controversia. Matemático y alumno de Cauchy cuyos trabajos destacan en el campo de la mecánica racional, se halla a la

³⁶ [54, pp. 121; 56]

³⁷ [57].

³⁸ [58].

³⁹ [18; 59].

cabeza de una escuela de mecánica aplicada. Como si su propia obra se desarrollase en paralelo a su experiencia de enseñante y organizador de investigación. El más grande matemático ruso del segundo tercio del siglo XIX no formó a otros matemáticos de su misma talla. Sin embargo, varios ingenieros-mecánicos destacados son considerados discípulos suyos.

Ostrogradsky cuenta en su activo con cierto número de trabajos que, en su tiempo, se consideraban dependientes de las matemáticas y de la mecánica aplicadas y a los que hoy se consideraría en Rusia, según la clasificación vigente, entre las “ciencias técnicas fundamentales”. Dichos trabajos conciernen a campos tales como la balística (teoría del péndulo balístico, determinación de la velocidad inicial de los obuses de artillería y estudio de las condiciones generales de su movimiento...), la mecánica de la construcción (el polígono funicular, la cadeneta...) y algunas otras disciplinas. Añadamos que el propio científico se oponía a la división de las matemáticas en puras y aplicadas.⁴⁰ En lo que concierne a los dominios teóricos de la mecánica, la llegada de Ostrogradsky no modificó nada el programa de la “escuela de las 3B”, sino que fue un impulso para su desarrollo ulterior. Es el autor de magníficos trabajos que desarrollan el principio de las velocidades virtuales y su aplicación a las uniones no-holónomas. Algunos de sus discípulos (por ejemplo Janich) también trabajaron en estas cuestiones. ¡Pero ese es el programa de investigación puesto en marcha por Bazaine y Lamé! Y Ostrogradsky, que desarrolla sus ideas, actúa de hecho como heredero suyo.

Es interesante revisar a la luz de estos hechos el pasaje clásico de N. Moiseev, que data de 1950, redactado por tanto en mitad de la famosa campaña de “lucha contra la generosidad con Occidente”. Según el historiador *“La escuela de Ostrogradsky era una escuela científica única en el mundo en materia de mecánica, cuya labor a lo largo de más de un siglo logró encontrar la única vía metodológicamente sana entre la Escila de la teoría pura y la Caribdis de la mecánica aplicada alejada del rigor teórico. En eso ha consistido la gran función histórica de la Escuela de Ostrogradsky”*. Y añade en una nota al pie: *“Entre las escuelas científicas extranjeras sólo la actividad de la Escuela Politécnica de París podía igualar en eficacia a la de Ostrogradsky”*.⁴¹ Estamos dispuestos a aceptar esas tesis (sin absolutizarlas, claro) a condición de añadir dos matices. Primero: Que la susodicha escuela adquirió el carácter descrito antes de la llegada de Ostrogradsky a San Petersburgo en 1828. Segundo: Sus lazos con la Escuela Politécnica de París eran tan estrechos (tanto a través de sus tres jefes – Betancourt, Bazaine y Ostrogradsky– como a través de sus miembros –Lamé, Clapeyron, Destrem, Potier...) que en cierto sentido puede ser considerada como una sucursal joven nacida en suelo ruso por matrimonio con los expertos escoceses.

⁴⁰ [22, p.90].

⁴¹ [15].

Otra paradoja. La llamada escuela de Ostrogradsky cuenta entre sus miembros y discípulos con ciertas personas que enseñan como profesores en el ICIVC en la época en que Ostrogradsky no era todavía más que un estudiante de la universidad. Es el caso de Sevastjanov, profesor de geometría descriptiva y alumno de Potier; de Volkov, eterno adjunto de todos los profesores franceses que vigilaban el desarrollo de las construcciones (Raucourt, Ferrandin-Gazan, Henri, Clapeyron); de Melnikov, que llegó a profesor en 1831 y tuvo, pues el mismo rango que Ostrogradsky.⁴² Todas estas personas no eran discípulos de Ostrogradsky ni podían serlo. Pero formaron parte efectivamente de la escuela científica presidida por Ostrogradsky desde mediados de los años 30. Queda suponer que llegó a la dirección de una escuela ya existente de la que él mismo formaba parte. Una escuela cuyos miembros se formaron en el crisol multinacional mecánico-matemático animado por las “tres B”. Queda reconocer, en fin, que la sustitución decidida por Bazaine en el momento de su marcha fue un enorme éxito. El Ostrogradsky que designó en su lugar se mostró digno sucesor de sus predecesores. La aberración de la memoria y la coyuntura política borraron los nombres de las “tres B” de esta historia, pero Ostrogradsky, canonizado a título póstumo, no tiene nada que ver con ello.

Restituir la memoria perdida y rendir homenaje a las tres B y a su escuela, retomada y desarrollada por Ostrogradsky, es el objetivo principal de esta exposición. Más aún cuando esta escuela, sea cual sea su nombre, es la quintaesencia de la experiencia europea cultivada en suelo ruso. ¿No es este el mejor homenaje que se puede rendir a la acción mediadora del canario Agustín de Betancourt, cuya experiencia europea y sociabilidad natural, desconocedora de fronteras, hizo posible esa colaboración?

⁴² Veamos cómo se multiplican en la literatura los alumnos de Ostrogradsky. A. Mandryka, hablando de los numerosos alumnos del matemático no cita más que a I. Vysnegradsky [23]. A. Bogoliubov (1983) evoca los nombres de I. Vysnegradsky, D. Zuravsky, G. Pauker, N. Astriembsky y S. Kerbedz [16]. Esto no contradice todavía la lista anterior (1963) propuesta por B. Gnedenko y I. Pogrebysski, que citan los nombres de los ingenieros N. Petrov, P. Sobko, V. Sklarevic, K. Anis, P. Lavrov, V. Berens, E. Sabinin, N. Budaev [14, pp. 263-264]. Según los índices formales esas listas no suscitan objeciones en la medida en que todos los enumerados siguieron los cursos de Ostrogradsky. No parece casual, sin embargo, que los Voronin, autores de la obra sobre Kerbedz, se abstuvieran de asociar a dicho ingeniero con la escuela, a la vez que subrayaban que había sido alumno de Melnikov [17, pp. 10, 137]. No obstante, en su tesis de candidatura (1980) M. M. Voronina no vacila en colocarlo entre los miembros de la escuela, y añade a la lista, además de los ya citados, a los ingenieros N. Lipin, V. Gluhov, A. Dobronravov, F. Enrold y N. Bozeranov [18]. En la tesis de doctorado (1999) es algo más prudente aunque menos consecuente. Después de haber enumerado los alumnos de Ostrogradsky que formaban parte de su escuela de mecánica analítica y aplicada – Kerbedz, Zuravski, Sobko, Astriembsky, Visnegradsky, Petrov y Pauker, dice Voronina que “*a su vez enseñaban los cursos de mecánica prácticamente en todas las instituciones escolares de San Petersburgo, así como en Moscú.*” Y cita el ejemplo de Melnikov, ausente de la lista de alumnos, colocándolo de facto en el mismo grupo [19, f. 177-178].

Referencias bibliográficas

CGIA – Central’nyj gos. istoričeskij arhiv.

M. – Moskva

SPb. – Saint-Pétersbourg

ŽPS – Žurnal putej soobšeniâ

JVC – *Journal des voies de communication*

JGC – *Journal du Génie civil*

IMI – *Istoriko-matematičeskie issledovaniâ*

VIET – *Voprosy istorii estestvoznaniâ i tehniki*

IJET – *Institut istorii estestvoznaniâ i tehniki AN SSSR*

1. *Betancourt: Los inicios de la ingeniería moderna en Europa* / CEHOPU. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid 1996, p. 373 .
2. Bogoliubov A.N. *Avgustin Avgustinovič Betancur: 1758-1824*. M.: Nauka, 1969, p. 152 .
3. Bogoliubov A. *Un héroe español del progreso: Agustín de Betancourt*. Seminarios y ediciones, S.A., Madrid 1973, p. 188 .
4. Gouzévitch [Guzevič] D., Gouzévitch [Guzevič] I. *Petr Petrovič Bazan [Bazaine]: 1786-1838*. SPb.: Nauka, 1992, p. 234.; [2e éd.]. 1995. [4], p. 240.
5. Gouzévitch I. “Agustin de Bétancourt, les ingénieurs de son entourage et la société russe dans les années 1810-1830”, *XIX International Congress of history of science: Zaragoza (Spain) 22-29 August 1993: Book of abstracts-scientific sections*. Zaragoza 1993, p. Bet. 3; Idem. “L’Institut du corps des ingénieurs des Voies de communication de Saint-Pétersbourg: des modèles étrangers à l’école nationale: 1809-1836”, *La formation des ingénieurs en perspective: Modèles de référence et réseaux de médiation, XIX^e et XX^e siècles* / Ed. I. Gouzevitch, A. Grelon, A. Karvar. Paris 2003, p. 11. En prensa; Gouzévitch D., Gouzévitch I. “Note de l’ingénieur-colonel Raucourt de Charleville concernant des voies de communication en Russie / Avec la part. de W. Berelowitch”, *Cahiers du monde russe*. 1996, octobre-décembre. T.37, n° 4, pp. 479-504; Idem. “Les corps d’ingénieurs comme forme d’organisation professionnelle en Russie: genèse, évolution, spécificité: XVIII^e et XIX^e siècles”, *Ibidem*. 2001. T.41, n° 4, pp. 569-614; Gouzévitch D. “Agustin de Bétancourt entre l’Espagne, la France et la Russie: un axe de transfert technico-scientifique au XIX^e siècle”, *Frontera y comunicación: III coloquio hispano-ruso (Madrid-Toledo, 23-25 octubre 2001): Actas*. Madrid, 1995, p. 20. En prensa; Idem. *L’Art, les sciences et les pratiques de l’ingénieur dans la 2^e moitié XVII^e - début du XIX^e ss. = Stanovlenie sistemy naučno-tehničeskogo znaniâ i professional’noj deâtel’nosti vo 2^{oi} polovine XVIII – na čale XIX veka*. SPb, 1998 p. 112 .
6. Gouzévitch D. *L’enseignement de la mécanique appliquée à l’Institut des Ingénieurs des voies de communication de Saint-Pétersbourg et la mise en place de l’école mécano-mathématique dite d’Ostrogradsky: Première moitié du XIX^e siècle*. Paris 1997, p. 17. Manuscrito, archivos IDG.
7. Gouzévitch I., Gouzévitch D. “Le “grand tour” des ingénieurs et l’aventure internationale de la machine à vapeur de Watt: un essai de comparaison hispano-russe”, *Maquinismo ibérico*, Madrid 2003, p. 36. En prensa.

8. Gouzévitch I. *L'histoire de la mise en place de l'enseignement de la mécanique appliquée à l'Institut des Ingénieurs des voies de communication de Saint-Pétersbourg*. Paris 1997, p. 16. Manuscrito, archivos IDG.
9. Larionov A.M. *Istoriâ Instituta Inženerov putej soobšeniâ Imperatora Aleksandra I za pervoe stoletie ego sušestvovaniâ: 1810-1910*. SPb, 1910. VIII, p. 409; Sokolovskij E. *Pâtidesâtiletie Instituta i Korpusa Inženerov putej soobšeniâ: Istoričeskij očerk*. SPb, 1859. XIV, 149 p.; Žitkov S.M. *Institut Inženerov putej soobšeniâ Imperatora Aleksandra I: Istoričeskij očerk*. SPb., 1899. VI, p. 500; [Andreev P.N.] "Očerk sostoâniâ Instituta Inženerov putej soobšeniâ v carstvovanie Imperatora Aleksandra I", *Inženernye zapiski*. – 1878. T. 4, vyp. 2, pp. 1-20; [Kipriânov V.A.] "K vospominaniâm o Korpuse Inženerov Putej Soobšeniâ i ego institute", *Očerki: Iz zapisok V.A.K.* Vyp. 1. M., 1882, pp. 163-235; Orduña, Carlos de. *Memorias de la Escuela de Caminos: Primera época*, Voluntad, Madrid 1924, p. 117.
10. Rumeu de Armas, A. *Ciencia y tecnología en la España ilustrada: La Escuela de caminos y canales*. Ed. Turner, Madrid 1980, p. 554.
11. *Leningradskij ordena Lenina Institut inženerov železnodorožogo transporta im. akademika V.N.Obrazcova: 1809-1959*. M.: VIPO MPS, 1960, p. 388.
12. Gnedenko B.V. "Mihail Vasil'evič Ostrogradskij", *Lûdi russskoj nauki*. T. 1. M.; L.: Tehteorizdat, 1948, p.103.
13. Gnedenko B.V. *Mihail Vasil'evič Ostrogradskij: Očerki žizni, naučnogo tvorčestva i pedagogičeskoj deâtel'nosti*. M.: Gostehteorizdat, 1952, p. 332 .
14. Gnedenko B.V., Pogrebyskij I.B. *Mihail Vasil'evič Ostrogradskij, 1801-1862: Žizn' i rabota: Naučnoe i pedagogičeskoe nasledie*. M.: Izd-vo AN SSSR, 1963, p. 271 .
15. Moiseev N.D. "Obšij očerk razvitiâ mehaniki v Rossii i v SSSR", *Mehanika v SSSR za tridcat' let: 1917 – 1947: Sb. statej*. M.; L.: Gostehteorizdat, 1950, p.16.
16. Bogoliubov A.N. *Matematiki, mehaniki: Biografičeskij spravočnik*. Kiev: Naukova dumka, 1983, pp. 360-361; Bogolûbov A.N., "Štokalo I.Z. Vvedenie", *Istoriâ mehaniki v Rossii*. *Ibidem*, 1987, p. 6.
17. Voronin M. I., Voronina M.M. *Stanislav Valerianovič Kerbedz: 1810-1899*. L.: Nauka, 1982, p. 176 .
18. Voronina M.M. *Stanovlenie prikladnoj mehaniki v Rossii: I pol. XIX v.: Diss. ... kand. fiz.-mat. n. M.*, 1980, p. 165 s.
19. Voronina M.M. *Istoriâ razvitiâ prikladnoj mehaniki v Rossii v XIX stoleyii : Primenitel'no k problemam transporta: Diss. ... dokt. teh. n.* SPb., 1999, p.291 s.
20. Voronin M.I. *Issledovanie stanovleniâ i razvitiâ transportnoj nauki i tehniki v oblasti izyskanij i proektirovaniâ železnych dorog ot ih vozniknoveniâ do načala socialističeskoj industrializacii v SSSR: Diss. ... dokt. teh. n.* L., 1973 p.55 s.
21. Maron I.A. Akademik M.V. "Ostrogradskij kak organizator prepodavaniâ matematičeskikh nauk v voenno-učebnyh zavedeniâh Rossii Ostrogradskogo", *IMI*. 1950. Vyp.3, pp.197-340.
22. 150 let so dnâ roždeniâ M .V. Ostrogradskogo: "Ûbilejnye sessii i zasedaniâ v Moskve i na Ukraine" *Vestnik AN SSSR*. 1951. N.º 12, pp.88-92.
23. Mandryka A. *Vzaimoszâz' mehaniki i tehniki: 1770-1970*. L.: Nauka, 1975, pp.108-109.

24. Grigor'ân A.T. Rol' M.V. "Ostrogradskogo v razvitii mehaniki v Rossii", *Tr. IJET*. T.28. 1959, p. 251.
25. Pugina L.V. *Stanovlenie Peterburgskoj matematičeskoj školy: Diss. ... kand. fiz.-mat. n. M.*, 1992, p. 189 s.
26. Bogoliubov A.N. Učeniiki M.V. "Ostrogradskogo, ruskaâ škola prikladnoj mehaniki" *Ist. mehaniki v Rossii*. Kiev: Naukova dumka, 1987, pp. 169-172.
27. CGIA SPb. F.381. Op.13. D.388: *Ob opredelenii v IKPS professorami ad"ûntkov Imp: AN Ostrogradskogo i Bunâkovskogo*. 1830-33, p. 17 ss.
28. Gnedenko B.V., Maron I.A. "Očerki žizni, naučnogo tvorčestva i pedagogičeskoj deâtel'nosti M.V. Ostrogradskogo", Ostrogradskogo M.V. *Izbrannye trudy*. M.: Izd-vo AN SSSR, 1958, pp. 380-457.
29. Ostrogradskogo M.V. *Izbrannye trudy*. M.: Izd-vo AN SSSR, 1958, p. 583; Idem. *Polnoe sobranie trudov: V 3-h t. 3 t.* Kiev.: Izd-vo AN USSR, 1959-61; Antropova V.I. "Publičnye lekciï po integral'nomu isčisleniiu M.V. Ostrogradskogo", *Tr. IJET*. T.5. 1955, pp. 304-320; Bogolûbov A.N., Štorkalo I.Z. "Programma po analitičeskoj mehanike M.V. Ostrogradskogo", *IMI*. 1973. Vyp.18, pp.289-294; Gajduk Ū.M., Naumov I.A. K "naučnoj biografii M.V. Ostrogradskogo", *VIET*. 1979. Vyp.10, pp.62-64; Prudnikov V.E. *Russkie pedagogi-matematiki XVIII-XIX vekov: Posobie dlâ učitelej*. M.: Učpedgiz 1956, p. 640. M.: Gosučpedizdat Minpros RSFSR, 1956, pp. 254-291; Idem. "Četyre pis'ma k M.V. Ostrogradskomu", *IMI*. 1954. Vyp. 7, p. 716-719; Ūškevič A.P. "O neopublikovannyh rannih rabotah M.V. Ostrogradskogo", *IMI*. 1965. Vyp.16, pp.11-48.
30. Bazaine P.D. *Mémoire sur la théorie du mouvement des barques à vapeur et sur leur application à la navigation des canaux, des fleuves et des rivières*. SPb., 1817, p. 79.
31. Jouffroy, le marquis de. *Bateaux à vapeur*. Le Normant, Paris 1816. 40, p. 8.
32. Carnot, Sadi. *Réflexions sur la puissance motrice du feu* / Éd. critique avec introd. et comment. par Robert Fox., Librairie philosoph. J. Vrin, Paris 1978, p. 371.
33. Rumeu de Armas, A. *El real gabinete de máquinas del buen retiro: Origen, fundación y vicisitudes Una empresa técnica de Agustín de Betancourt*, Castalia, Madrid 1990, p. 246.
34. Fontanon C. "Les origines du Conservatoire national des arts et métiers et son fonctionnement à l'époque révolutionnaire: 1750-1815", *Les Cahiers d'histoire du CNAM*. 1992. N.º 1, pp. 17-44; Mercier A. *L'Abbé Grégoire et la création du Conservatoire national des arts et métiers*. CNAM, Paris 1989, p. 51; De Place D. "Le sort des ateliers de Vaucanson, 1783-1791, d'après un document nouveau", *Hist. and Techn.* 1983. Vol. 1, pp. 79-100.
35. Luazo Ž. [Loiseau J. ?]. Tokarnyj stanok A.K. "Nartova vo Francuzskom Nacional'nom hraniliše iskusstv i remesel", *VIET*. 1957. Vyp.3, p.212-216; *Testament et codicils de Messire Louis-Leon Pajot Comte d'Ons-en-Bray; du 5 Novembre 1753*. [S.l.], 1753, p. 31; "Eloge de Mr. D'Ons-En Bray", *Histoire de l'Académie Royale des sciences: An. 1754*. T.7. Amsterdam 1763, pp. 212-228; "D'Ons-En Bray", *Nouvelle biographique générale*. T.38., Firmin Didot frères, Paris 1864. Col. 693-695.
36. Britkin A., Vidonov S. *Vydašišijsâ mašinstroitel' XVIII v. A.K. Nartov*. M.: GNYI Mašinstroitel. lit-ry, 1950, p. 184; Sinigaglia R. *Andrej Konstantinovič Nartov nello sviluppo tecnico-scientifico della Russia del XVIII secolo*. Geno-

- va, 1981, set, p. 88 (*Quaderni del Centro di Studio sulla storia della tecnica del Consiglio Nazionale delle Ricerche*. N.º 6). Vasiliev V. Sočinenie A. K. Nartova “Teatrum Machinarum”: k istorii peterburgskoj “Tokarni Petra I””, *Trudy GĖ. T. 3: Ruskaâ kul'tura i iskusstvo*. L.: Izd-vo GĖ, 1959, pp. 41-92; Zagorskij F. A.K.Nartov – vydaûšijsâ mašinostroitel' XVIII veka // *Trudy ILET. T. 13: Istorîâ mašinostroeniâ i transporta*. M., 1956, pp. 3-34. Idem. *Andrej Konstantinovič Nartov: 1693-1756*. L.: Nauka, 1969, p. 167; Gouzévitch I. “Une nouvelle génération d'enseignants: l'avènement de la mécanique appliquée en Russie avant 1850”, *Recherche scientifique, innovation industrielle et formation spécialisée: les professeurs des écoles d'ingénieurs et le développement de la culture technique moderne (XVIII^e - XX^e siècles): Symposium S 25* / Ed. I. Gouzévitch, A. Grelon. Mexico 2003. (Vol. des Actes du XXI Congrès International d'Histoire des Sciences, Mexique, 8-14 Julio de 2001). En prensa.
37. Bétancourt A. *Mémoire sur la force expansive de la vapeur de l'eau*. [s.a.], p. 46, 5 s. de pl. Bibl. de l'ENPC, Mss.184. No visu; Cioranescu, A. Agustín de Betancourt su obra técnica y científica, Inst. de Estudios canarios, La Laguna 1965, pp. 117-126.
38. Ortiz E. L. “José Maria de Lanz and the Paris-Cadiz axis”, *Naissance d'une communauté internationale d'ingénieurs (première moitié du XIX^e siècle): Acte de la journée d'étude 15-16 décembre 1994 (CRHST, Cité des sciences et de l'industrie Éditées)* / Éd. I. Gouzévitch, P. Bret. Paris 1997, p. 56-77; García de Diego J. A. *En busca de Betancourt y Lanz*. Editorial Castalia, Madrid 1985, p. 229; Rumeu de Armas, A. *El científico mexicano José María de Lanz, fundador de la cinemática industrial*. Madrid: IDE, 1983. 129 p.; Heredia E. A. “José de Lanz, un mexicano al servicio de las Provincias unidas del Río de la Plata y de la Gran Colombia: 1816-1827”, *Anuario de estudios americanos* (Sevilla). T. 47. 1990, pp. 497-538; Demerson J. *José Maria de Lanz, Prefecto de Córdoba*, Castalia, Madrid 1990, p. 92
39. Lanz J. M. et Bétancourt A. *Essai sur la composition des machines*. Paris 1808, p. 120, p. 10 s. de pl.; Idem. 2^{de} éd. Bachelier, Paris 1819 p. 184, 12 s. de pl.; Idem. *Versuch über die Zusammensetzung der Maschinen*. Rucker, Berlin 1829. 156 s., 12 gez.; Idem. *Ensayo sobre la composición de las máquinas*. Castalia, Madrid 1990. Pág. div.
40. Gouzévitch I. “A la conquête d'un monde inconnu ou les vicissitudes de quatre polytechniciens en Russie.” Paris 1993, p. 19 Manuscrito, archivos IDG.
41. Gouzévitch I., Gouzévitch D. *Les espagnols en Russie*, Paris 1993, p. 10. Manuscrito, archivos IDG.
42. Sniatkov S., “Sniatkova A. Origins of Russian Metal Architecture and Scotch Metallurgy School”, *De l'universalisme amateur au professionnalisme institutionnalisé: la mise en place du métier du savant: XVIII^e - XX^e siècle: Symposium S 7* / Ed. S. Demidov, D. Gouzévitch, Ch. Phili. Mexico, 2003. (Vol. des Actes du XXI Congrès International d'Histoire des Sciences, Mexique, 8-14 Julio de 2001). En prensa.
43. Gladkih R. “Privatnoe delo”, *Kraeved Karelii*. Kareliâ, Petrozavodsk 1990, pp. 68-87; Karpušenko V., Maškov B. “Na sed'moj verste Petergofskoj dorogi”, *Bloknot agitatora* (L.). 1981. N.º 21, p.47-54; Bartlett R. “Charles Gascoigne in Russia: A case study in the diffusion of British technology, 1786-1806”, *Russia and the West in the Eighteenth century*. Newtonville (Mass.):

- Orient. Res. Partn., 1983, pp. 354-367; Idem. "Scottish Cannon-founders and the Russian Navy: 1768-85", *Oxford Slavonic Papers*. 1977. N.s., n° X, pp. 51-72.
44. Virginskij V. *Robert Ful'ton: 1765-1815*. M.: Nauka, 1965, pp. 202-251; Zaharov V. "Načalo parohodostroeniâ v Rossii", *Sudostroenie*. 1972. N.° 7, pp. 53-56; N.° 8, pp. 59-62; N.° 10, pp. 49-54; *Rečnoe sudohodstvo v Rossii* / M. Amusin, B. Bogdanov, V. Ivanov [et al.]; Pod red. M. Čebotareva. M.: Transport, 1985, p. 352; Brandt A. *Očerki istorii parovoj mašiny i primeneniâ parovyh dvigatelej v Rossii*. SPb., 1892, p. 70; Furer L. N. K "istorii razvitiâ volžskogo sudohodstva", *Istoriâ SSSR*. 1959. N.° 2, p.153; Melnikov P. K "istorii razvitiâ parohodstva na Volge: Zapiska P. P. Mel'nikova "Poezdka na Zolgu"", *Krasnyj arhiv*. T.4-5(89-90). 1938, pp. 309-335; "Èto interesno interesno znat'", *Rečnoj transport*. 1961. N.° 7, p.23; Virginskij V. "150-letie parovogo sudohodstva v Rossii", *VIET*. Vyp. 19. 1965, pp. 144-145; Danilevskij V. "Pervye russkie parohody: K 125-j godovšine postrojki pervogo parohoda v Rossii", *Morskoj sb*. 1941. N.° 1, pp. 53-68; Brandt A. *Stoletnij ūbiley parohodnogo dela v Rossii: 1815-1915*. Petrograd: Izd-e žurn. "Teplohod", 1917, p. 11; Virginskij V., Zaharov V. "Novye materialy o pervom russkom parohode", *Sudostroenie*. 1974. N.° 8, pp. 55-58; Kyckov V. "Imel li nazvanie pervyj russkij parohod?", *Ibidem*. 1973. N.° 10, pp. 56-57; Arenin È. "Pervyj rejs pervogo parohoda", *Smena* (L.). 1972, 23 and 25.01. p. 4; "Passažirskij parohod na Neve", *Literat. nasledstvo*. T.58. M.: Izd-vo AN SSSR, 1952, p. 81; Virginskij V. *Očerki istorii nauki i tehniki XVI-XIX vekov*. M.: Prosvěšenie, 1984, pp. 178, 180; Vadimov V., "Morskie passažirskie perevozki Rossii", *Morskoj flot*. 1972. N.° 2, p. 67; Basevič V., "Parohody Rossii", *Ibidem*. 1993. N.° 3-4, pp. 38-39; Tower T., *Memoir of the Late Charles Baird, esq., of St. Petersburg, and of his Son, the Late Francis Baird, esq., of St. Petersburg, and 4, Queen's Gate, London; Members of the Institution of Civil Engineers in England, of the Council of Manufacturers in Russia, Noble - men, Merchants of the First Guild, etc., etc.*, Harrison & Sons, 59, Pall Mall, Londres 1867, p. 19
45. Danilčev S. "Inženier sudohodstva", *V mire knig*. 1970. N.° 7, p. 23; Idem. "Pervaâ kniga v Rossii po teorii parovyh sudov", *Rečnoj transport*. 1962. N.° 2, p. 45.
46. RGIA. F. 208, op.1, d.138: *Žurnal Komissii proektov i smet*, 1839, f.373; Traitteur G. *Plans, profils, vues perspectives et détails des ponts en chaines Exécutés à Saint-Pétersbourg, sous la direction de Son Altesse Royale le Duc Alexandre de Wurtemberg, en 1824*. SPb., 1825. F.9; Lamé. O visâčih mostah // *Žurnal putej soobšeniâ*. 1826. Kn.3, p.55-81; Ganri (Henry). "Ob upotreblenii železa pri sooruženii visâčih mostov", *Ibidem*. 1827. Kn. 5, p.22-45; Kn.9, p.33-64; Henry. "Mémoire sur l'emploi du fer dans les ponts suspendus", *Journal des voies de communication*. 1826. N.° 5, p.19-43; 1827. N.° 9, p.29-55; Lamé. "Mémoire sur les ponts suspendus", *Ibidem*. 1826. N.° 3, pp. 49-71; Idem, *Journal du génie civil*. 1828. T.1, p.245-260; Henry. "Mémoire sur l'emploi du fer dans les ponts suspendus", *Ibidem*, pp. 219-236; Nikolai L. *Kratkie istoričeskiâ dannye o razvitiu mostovogo dela v Rossii*. SPb., 1898, pp. 51-52; Rakčeev E. Dmitrij Ivanovič Žuravskij: 1821 - 1891. M.: Nauka, 1984, p. 38; Voronina M. *Gabriël' Lame <Lamé> : 1795-1870*. L.: Nauka, 1987, pp. 71-72; Idem. *Stanovlenie prikladnoj mehaniki v Rossii: I pol. XIX*

- u.: Diss. ... kand. fiz.-mat. nauk. M., 1980. F.59-60; Fedorov S. *Der Badische Ingenieur Wilhelm von Traitteur als Architekt russischer Eisenkonstruktionen = Badenskij inžener Vil'gel'm fon Tretter – master rusckoj "metalličeskoj" arhitektury*. Karlsruhe: Inst. für Baugeschichte, 1992. S.34-43; Idem. *Wilhelm von Traitteur: Ein badischer Baumeister als Neuerer in der russischen Architektur 1814-1832*. Berlin 2000. S.132-133. Et al.
47. Bazaine P.D. "Mémoire sur l'établissement des bassins d'épargne dans les canaux de navigation, et sur les moyens d'économiser une grande partie de l'eau qui se dépense annuellement au canal de Ladoga", *Mémoires de l'Acad. <...> de science de SPb.* 1824. T. 9, pp. 222-262; Idem, *JVC.* 1826. Kn. 1, pp. 8-28; Kn. 4, pp. 1-36; "Idem", *JGC.* 1828. T. 1, pp. 371-408; Idem. "O postroenii vodohraniliš dla sudohodnyh kanalov i o sposobe sberegat' vodu, ežegodno izderživaemuû v Ladožskom kanale", *ŽPS.* 1826. Kn. 1, pp. 9-30; Kn. 4, pp. 1-38; Idem. "O novom iskusstvennom sposobe umen'sat' rashod vody v kanalah i o novoj sisteme malogo sudohodstva", *ŽPS.* 1826. Kn. 6, pp. 16-37; Idem. "Sur les canaux de petite navigation", *JVC.* 1826. N.° 6, p. 15-34; Idem. "Notice sur un nouvel artifice propre à diminuer la dépense d'eau des canaux en général, et sur un nouveau système de petit navigation", *JGC.* 1828. T. 1, pp. 479-492.
48. Gouzévitch [Guzevič] D. "Granitnye šlûzy Šlissel'burga", *Pamâtniki nauki i tehnik:* 1989. M.: Nauka, 1990, p. 71-82; Gouzévitch [Guzevič] I. *Materialy k istoričeskoj spravke "Gidrotehničeskij kompleks Šlissel'burgskih šlûzov"*. L., 1988, p. 61 s. Arhiv Inspekcii po ohrane pamâtnikov Leningr. obl. N.° 354.
49. Bétancourt. *Mémoire sur un nouveau système de navigation intérieure, présenté à l'Institute Nationale de France*. Paris 1807, p. 46; Monge, Bossut, Prony. "Rapport fait à la première classe de l'Institut <...> sur un projet d'écluse à flotteur, présenté par M. de Bétancourt", *Le Moniteur un iversel.* 1807, 9.10. N.° 282, pp. 1090-1092; Bétancourt. "Mémoire sur un nouveau système de navigation intérieure", *Deuxième recueil de divers mémoires: Extraits de la Bibliothèque impériale des ponts et chaussées à l'usage de mm: les ingénieurs* / Publ. par P.-C. Lesage. L'Impr. d'Hacquart, Paris 1808, pp. 107-138; "Bossut, Monge, Prony. [Rapport, 14.9.1807]", *Idem*, pp. 139-150; Prony. "Sur une nouvelle Ecluse, inventée par M. de Betancourt", *Nouveau bulletin des sciences, par la Sté philomatique de Paris.* T. 1. 1807, pp. 38-43; Idem, *Bulletin de la Sté d'encouragement pour l'industrie nat.* An 7, n°43, pp. 6-12; Prony. "Notice sur la nouvelle Ecluse de M. de Betancourt", *Journal de l'Ecole Polytechnique.* T.8. 1809, pp. 146-161.
50. Clapeyron É. "Mémoire sur la puissance motrice de la chaleur", *Journal de l'Ecole Royale Polytechnique.* T.14. 1834, pp. 153-190.
51. Birembaut A. "La découverte des Réflexions... par Clapeyron", *Sadi Carnot et l'essor de la thermodynamique: Paris, Ecole Polytech., 11-13.6.1974.* CNRS, Paris 1976, pp. 191-193.
52. Destrem M. *Traité de mécanique à l'usage des élèves de l'Institut des ingénieurs des voies de communication.* SPb., 1820. XIX, p. 397; Clapeyron B. *Leçons de mécanique appliquée.* [SPb, 1828], p. 44, 34 pl. Lithogr.
53. Lamé G., Clapeyron É., S. et E. Flachet. *Vues politiques et pratiques sur les travaux publics de France.* Impr. d'Éverat, Paris 1832, p. 336; Clapeyron É. *Notice sur les travaux de M. Émile Clapeyron, ingénieur en chef des mines.* Mallet-Bachelier, Paris 1858 p. 11; Idem. "Sur le règlement des tiroires dqns

- les machines à vapeur”, *Bulletin de la S^{té} d’encouragement pour l’industrie nat.* 1842, mai. An.41, n°455, pp. 203-204; Idem. “Note sur des expériences faites au nouveau chemin de fer Saint-Germain, avec une locomotive de la construction de M. Flachat”, *Idem.* 1846, juillet. An.45, n°505, pp. 413-414; Combe Ch. *Discours prononcé aux funérailles de M. Clapeyron au nom de la Section de mécanique, le samedi 30 janvier 1864.* Institut imp. de France, Acad. des sc., París 1864, p. 6; Bertrand, París, 1870, pp. 11-14; Bradley M. “Franco-Russian Engineering Links: The Careers of Lamé and Clapeyron: 1820-1830”, *Annals of Science.* 1981. N.º 30, p.307-308; Autin J. *Les frères Pereire: le bonheur d’entreprendre.* Librairie Acad. Perrin, París 1983. 428 p.; Ribeill G. *La révolution ferroviaire: La formation des compagnies de chemins de fer en France: 1823-1870.* París-Belín 1993, p. 480.
54. Voronina M.M. *Gabriël’ Lame: 1795-1870.* L.: Nauka, 1987 p. 198.
55. Destrem M. “Obšie suždeniâ ob otnositel’nyh vygodah kanalov i dorog s koleâmi, i prilozhenie vyvodov k opredeleniû udobnejšego dlâ Rossii sposoba perevozki tâžestej / Per. majora Vasil’eva”, *ŽPS.* Kn. 21. 1831, pp. 1-90; Destrem. “Considérations générales sur les avantages relatifs des canaux et des chemins à ornières, et application du mode de transport le plus avantageux pour la Russie”, *JVC.* N.º 21. 1831, pp. 1-77; Del’vig A.I. *Moi vospominaniâ.* T. 1. M., [1912], pp. 240-241; Sokolovskij E. *Pâtidesâtiletie Instituta i Korpusa inženerov putej soobšeniâ.* SPb., 1859, pp. 41-42.
56. Costabel P. *L’Accueil des idées de Sadi Carnot et la technologie française de 1820 à 1860: de la légende à l’histoire.* Librairie philosoph. J. Vrin, París 1980 p. 103; Brodânskij V.M. *Sadi Karno: 1796-1832.* M.: Nauka, 1993, p.128.
57. Auclair A. *Les ingénieurs et l’équipement de la France: Eugène Flachat: 1802-1873.* Le Creusot; Montceau-les-Mines: Economisée de la Comm. Urbaine Le Creusot - Montceau-les-Mines, 1999 p. 315.
58. CGIA SPb. F. 381, op. 13, d. 388: *Ob opredelenii v IKIPS professorami Ad’ûntkov Imperatorskoj Akademii nauk Ostrogradskogo i Bunâkovskogo.* 24.5.1830-8.9.1833, p. 17 s.
59. Voronina M.M. “Stanovlenie kursa prikladnoj mehaniki v vysših tehničeskikh učebnyh zavedeniâh Peterburga”, *VIET.* Vyp. 3 (52). 1976, pp. 63-65.