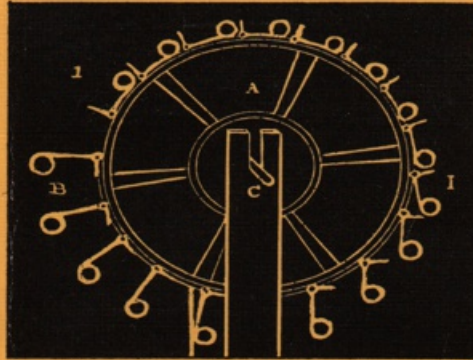


ciencia popular

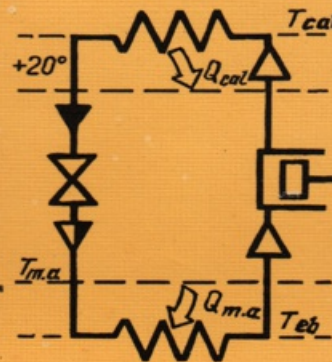
Móvil Perpetuo



antes y ahora

V.M. Brodianski

Basándose en el análisis de los proyectos de las distintas variantes del "móvil perpetuo" en el libro se narra sobre la importancia para la técnica moderna de las dos leyes fundamentales de la naturaleza: el primero y el segundo principios de la termodinámica. Se presenta la inutilidad de los intentos de "pasar por alto" estas leyes, independientemente de la complejidad de las teorías y dispositivos que se ofrecen para ello.



Editorial Mir · Rubiños-1860

Prefacio

El llamado móvil perpetuo ocupa en la historia de la ciencia y la técnica un lugar especial y muy notable, pese a que no existe ni puede existir. Este hecho paradójico se explica, ante todo, por que las búsquedas del móvil perpetuo por los inventores, que continuaron más de 800 años, están relacionada con la formación de la representación de la noción fundamental de la física - la energía. Es más, la lucha contra los errores de los inventores de los móviles perpetuos y de sus defensores científicos (también existían tales) contribuía en sumo grado al desarrollo y el establecimiento de la ciencia sobre las transformaciones de la energía, la termodinámica.

El análisis de la historia del móvil perpetuo corresponde a la tarea planteada por V. I. Lenin, cuando escribía sobre la necesidad de «la elaboración dialéctica de toda la historia de las ciencias naturales y la técnica». Semejante historia debe incluir no sólo la clarividencia, los grandes descubrimientos e invenciones, sino también los errores y fracasos. Solamente entonces ella será viva y completa.

De este interesante y al mismo tiempo instructivo sujeto de la historia de la ciencia y la técnica no pudo, naturalmente, hacer caso omiso la literatura de divulgación científica. No obstante, a excepción de un folleto, publicado en el año 1911, no existía literatura soviética sobre este tema. En los últimos años se publicaron dos libros traducidos al idioma ruso sobre el móvil perpetuo), que contiene un material bastante amplio e interesante. El libro que se propone sobre el mismo tema ha sido escrito por un gran especialista en el campo de la termodinámica y de la técnica de bajas temperaturas, el doctor en ciencias técnicas profesor V. M. Brodianski. Siendo no menos recreativo que otros (en particular gracias a los ejemplos de las bellas letras) se distingue de ellos en, por lo menos, tres aspectos esenciales.

El primero de estos está relacionado con el contenido del libro. Todos los autores, sin excepción, que escribieron sobre el móvil perpetuo, principalmente prestaron su atención al llamado móvil perpetuo de primera especie, al cual se dedicaban los inventores de los tiempos pasados, los móviles perpetuos de segunda especie, que intentan crear los inventores contemporáneos, casi no se examinan. Mientras tanto,

precisamente aquí se encuentra el punto central de la polémica, relacionada con las proposiciones sobre la creación de dispositivos energéticos «de inversión», que al parecer, podrían abastecer a la humanidad de energía para siempre y sin gastar recursos algunos recuperables o irrecuperables. Sobre la viabilidad de semejantes proyectos de móviles perpetuos atestigua el hecho de que incluso después de intervenir en la prensa tales científicos competentes como los académicos P. Kapitsa, L. Artzimovich e I. Tamm (Pravda, 21 de noviembre de 1956) protestando contra la divulgación de sensaciones pseudocientíficas, relacionadas con nuevos móviles perpetuos, 18 años más tarde fue necesario un nuevo artículo sobre el mismo tema: de los académicos E. Vélijov, A. Prójorov y R. Sagdeev (Pravda, 22 de agosto de 1987). Por esta razón, está absolutamente justificado que en el libro de V. M. Brodianski se ha hecho un giro decisivo de «antes» a «ahora»: se ha prestado principalmente atención precisamente al móvil perpetuo de segunda especie. Además, sin embargo, ante el autor surge un problema incomparablemente más difícil. Efectivamente, la tesis acerca de la imposibilidad de la realización del móvil perpetuo de primera especie es evidente para el lector actual, el cual desde los años escolares conoce el principio de conservación de la energía. Aquí el autor, al examinar cada motor, debe solamente mostrar dónde se esconde la contradicción con este principio.

Al examinar las ideas del móvil perpetuo de segunda especie es necesario no sólo revelar la contradicción con la ley de la naturaleza, sino también convencer al lector de la inmutabilidad de esta ley. No obstante, el segundo principio de la termodinámica no es tan evidente como el principio de conservación de la energía, el no entra en el curso de la física de la escuela secundaria.

El autor ha aplicado muchas fuerzas y conocimientos para llevar, simplemente, sin pedantismo, hasta el lector el contenido del segundo principio de la termodinámica. Se prestó especial atención también a la polémica con los «derroedores» del principio, y al análisis de sus argumentaciones, exteriormente evidentes, pero científicamente insolventes.

Tal demostración de las colisiones de las posiciones científicas y anticientíficas se lleva a cabo por el autor en una forma bastante aguda. No obstante, esto está absolutamente justificado, puesto que el propio lector se incorpora a la discusión y

recibe la posibilidad de separar la esencia de la envoltura de literatura, ver el problema espacialmente, desde distintos aspectos y confirmarse de su justo entendimiento.

La segunda particularidad del libro consiste en que el autor supo separarse del estilo descriptivo, adoptado hasta ahora en los libros sobre los móviles perpetuos. El logró, sin excesiva «erudición» hallar el estilo de exposición que permite dar respuesta a problemas difíciles y raramente aclarados en la forma necesaria para el lector que no tiene una preparación especial. A estos problemas pertenecen no solamente los físicos o los técnicos, sino también los psíquicos (por ejemplo, los motivos que determinan la insusceptibilidad de los inventores del móvil perpetuo a la crítica).

La tercera distinción de este libro de los anteriores está relacionada con la necesidad de hallar la metodología que permita presentar evidentemente, pero no demasiado simplificada, la esencia de los errores de los inventores del móvil perpetuo de segunda especie.

El autor ha utilizado para ello la noción de exergía, ampliamente divulgada en los últimos años, en la elaboración de la cual él participó activamente. La experiencia de la utilización de esta magnitud en la literatura de divulgación científica en la Unión Soviética y en el extranjero, ha demostrado que ella permite exponer de la manera más simple los corolarios del segundo principio de la termodinámica en sus aplicaciones técnicas. Como resultado, los capítulos 3 y 4, que contienen los materiales más difíciles para la popularización, se han hecho interesantes y comprensibles, pese a que requieren del lector, en algunos lugares, cierta concentración.

La experiencia de muchos años de publicación de libros y revistas de divulgación científica en la URSS muestra que el nivel de preparación de los lectores, tanto adultos, como escolares, se ha elevado considerablemente.

La aplastante mayoría de los lectores, incluyendo la juventud, prefiere no una lectura atractiva simplificada, sino una literatura interesante, que obliga a pensar. Precisamente a esta categoría pertenece el libro de V. M. Brodianski sobre el móvil perpetuo: en él se ha hallado la proporción óptima de lo científico y lo recreativo.

Este libro ofrece muchos datos nuevos a los que se interesan por la historia de la ciencia y la técnica, tanto lejana como cercana a nuestro tiempo.

Académico de la Academia de Ciencias Pedagógicas de la URSS

V.A. Fabricant

Prefacio del autor

Me ha incitado a escribir este libro no sólo la tendencia a relatar la historia del móvil perpetuo desde un nuevo punto de vista. Indudablemente, la larga historia de las tentativas de crear el móvil perpetuo, las colisiones de sus partidarios y adversarios son extraordinariamente interesantes e instructivas. En ella figuran las más distintas personas, científicos y timadores, reyes y artesanos, arquitectos y teólogos, *businessmen* y sacerdotes, hombres y mujeres. La historia del móvil perpetuo es al mismo tiempo la historia de establecimiento y desarrollo de muchas direcciones de la ciencia, en particular la mecánica, hidráulica y, claro está, la energética.

Al mismo tiempo existe también otra causa, que conduce a la necesidad de, escribir sobre el móvil perpetuo precisamente ahora. Esta consiste en que las tentativas de crear el móvil perpetuo no han cesado tampoco en nuestro siglo científico. Los numerosos inventores trabajan en nuevos proyectos; muchos ingenieros y colaboradores científicos crean para ellos la «base teórica» y los propios autores y algunos periodistas propagan las correspondientes ideas en la prensa.

A diferencia de los tiempos pasados los autores evitan el término de «móvil perpetuo» introduciendo otras palabras más científicas (por ejemplo, «inversión de la energía»). No obstante, el caso como es natural, no cambia.

Yo tuve que participar, reiteradamente, tanto en la peritación de semejante género de invenciones, como en el examen de las reclamaciones de los inventores con respecto al conservadurismo de los especialistas, que rechazan sus proposiciones. Como resultado no sólo se ha acumulado una información interesante (y emociones negativas), sino que se ha formado el convencimiento de que se necesita un nuevo libro de divulgación científica sobre el móvil perpetuo que contenga el análisis desarrollado de los errores de los inventores contemporáneos del mismo. Sus tentativas, condenadas de antemano al fracaso, continúan ya muchos años, incluso las intervenciones de competentes científicos en la prensa no pudieron poner fin a esta epidemia perniciosa.

Una de las causas, por lo visto la determinante, de la tendencia a crear un nuevo y extraordinario motor que funcione sin la utilización de recursos algunos, consiste en

el rápido desarrollo de la ciencia y la técnica: muchos «milagros» se hacen realidad. Por eso la idea sobre la imposibilidad

De algo se comprende frecuentemente con gran dificultad (o no comprende en general. Semejante orientación social, particularmente en la juventud, es un fenómeno absolutamente natural. Sin embargo, en este terreno nutritivo a veces, al faltar los correspondientes conocimientos, crecen también las hierbas malas, ideas exteriormente muy progresistas, pero científicamente insolventes, y por esta razón, el principio, irrealizables. Los nuevos móviles perpetuos (los llamados móviles perpetuos de segunda especie) pertenecen precisamente a esta categoría.

La parte del libro dedicada a los inventores contemporáneos del móvil perpetuo de segunda especie se caracteriza por su inclinación crítica negativa, evidentemente expresada.

Criticar sin proponer nada mejor es un problema ingrato para el colaborador científico y el ingeniero, quienes por el propio género de su trabajo deben no tanto denegar, como crear y ayudar a otros a hacer lo mismo. Aquí, en principio, no se puede proponer algo mejor (un móvil perpetuo más perfecto). Queda solamente el esclarecimiento y la denegación. Como consuelo puede servir únicamente el hecho de que este trabajo ayuda a asignar para una tarea verdadera y útil medios y esfuerzos, que serían gastados en proyectos sin perspectiva, quiméricos.

Hay que señalar también que el análisis científico crítico de los móviles perpetuos y otros dispositivos análogos a ellos es útil porque crea la habilidad para diferenciar las ideas verdaderas de las teorías y proyectos exteriormente seductores, pero en esencia inútiles. Esto tiene sobre todo gran importancia para la juventud. Aquí hace falta no simplemente la referencia a la alteración de la ley de la naturaleza, sino un análisis minucioso de esta ley. La práctica demuestra que incluso en este caso no siempre se logra convencer a los inventores más tenaces; pero esto ya es otro problema, que requiere un análisis psicológico. Lo principal es crear la opinión pública correspondiente.

A fin de cuentas, el propósito de este libro es contribuir a medida de las fuerzas al cumplimiento del legado que dejaron los académicos L. Artzimovich, P. Kapitsa e I. Tamm en el artículo «Sobre la búsqueda imprudente de sensaciones científicas». Este artículo termina llamando a cumplir la importante tarea de popularización de

los logros de la ciencia y la técnica para cerrar el paso a la promoción de los «milagros» que desacreditan la ciencia.

La introducción del libro da a conocer al lector algunas tesis generales y los términos que se refieren a los móviles perpetuos.

Los dos primeros capítulos están dedicados al móvil perpetuo de primera especie, los tres capítulos siguientes, al móvil perpetuo de segunda especie. En la deducción breve se ilustra la idea de que «el callejón sin salida energético», del cual quieren salvar a la humanidad los inventores contemporáneos del móvil perpetuo, en realidad no existe y que la energética actual tiene la posibilidad de asegurar todas las necesidades razonables de la humanidad en energía.

Al final del libro se expone la bibliografía para aquellos quienes deseen conocer el tema más detalladamente. La lista está dividida en cuatro partes. La primera contiene la literatura que se refiere tanto a las tesis generales, tratadas en el libro, como a las científicas, enlazadas con la energética. En la segunda se han reunido los libros y artículos que se refieren directamente a la historia de los móviles perpetuos y a la crítica de los errores de sus partidarios. La tercera parte incluye los artículos, certificados de invención y libros, en los cuales los inventores, así como los defensores voluntarios e involuntarios de los móviles perpetuos expresan sus puntos de vista. En la última parte, la cuarta, se enumeran las obras de bellas artes, los protagonistas de las cuales son inventores de móviles perpetuos.

Introducción

Física, Energética y Móvil Perpetuo

Todo arte falso, toda charlatanería dura solamente el tiempo que le corresponde, puesto que al fin y al cabo se destruye a sí mismo y la culminación de su desarrollo es al mismo tiempo el comienzo de su derrumbamiento. I. Kant Al iniciar el examen de la historia del móvil perpetuo hay que, por lo visto, comenzar por el hecho, de dónde apareció esta noción y qué precisamente significa.

La idea sobre un dispositivo que pudiera poner en movimiento las máquinas sin utilizar ni la fuerza muscular de los hombres y los animales, ni la fuerza del viento y del agua cayente, surgió por primera vez, por lo que se sabe, en India en el siglo XII. Sin embargo, el interés práctico hacia ella apareció en las ciudades medievales de Europa en el siglo XIII.

Esto no era una casualidad; el motor universal, capaz de funcionar en cualquier lugar, sería de gran utilidad para el artesano medieval. El podría poner en movimiento los fuelles, que suministraban el aire a las fraguas y hornos, las bombas de agua, dar vueltas a los molinos, elevar cargas en las obras. Hablando en el lenguaje actual, la creación de semejante motor permitiría dar un paso considerable en la energética y en el desarrollo de las fuerzas productivas en general. La ciencia medieval no estaba preparada para ayudar a estas búsquedas. Las nociones habituales para nosotros, relacionadas con la energía y las leyes de sus transformaciones, en aquellos tiempos todavía no existían.

Por esta razón, es natural que las personas que soñaban en crear el motor universal se apoyaban ante todo en el movimiento perpetuo que ellos vieron en la naturaleza circundante: el movimiento del Sol, la Luna y los planetas, los flujos y reflujos de los mares, la corriente de los ríos. Este movimiento perpetuo se llamaba móvil perpetuo natural (*perpetuum mobile naturae*).

La existencia de semejante movimiento perpetuo natural desde el punto de vista medieval atestiguaba de modo irrefutable sobre la posibilidad de crear también un movimiento perpetuo artificial «*perpetuum mobile naturae*». Hacía falta solamente encontrar el método de transmisión de los fenómenos existentes en la naturaleza a

las máquinas creadas artificialmente. Como resultado de tal transferencia la palabra «*perpetuum*» (perpetuo) adquirió en este término un sentido algo distinto.

Con arreglo a la técnica él ya significaba no «sin fin» sino, más bien, «ininterrumpido», «de acción constante». Era evidente que cualquier máquina artificial, creada por el hombre, no es eterna, ella, al fin y al cabo, se desgasta. Pero mientras el motor existe, debe funcionar constantemente. En este sentido, como denotación del motor que funciona constantemente de por sí, la combinación de «*perpetuum mobile artificae*» ha llega hasta nuestros días.

La palabra «*artificae*» desapareció poco a poco, puesto que estaba claro que el término se refiere al dispositivo artificial. Para simplificar, «móvil perpetuo» se escribe frecuentemente en forma abreviada mpp. Haremos lo posible en evitar donde se pueda la mención frecuente de los adjetivos «imaginario», «irrealizable» aplicados a las palabras «móvil perpetuo» puesto que esto se sobreentiende desde el principio. Por la misma razón, la combinación de «móvil perpetuo» en todos los sitios, comenzando por el título, se escribe sin comillas.

Pues, mencionan en la literatura sin comillas diablos, brujas y toda clase de espíritus del mal, aunque se sabe perfectamente que en forma natural ellos no existen, lo mismo que el móvil perpetuo. La noción sobre el móvil perpetuo con el tiempo cambiaba esencialmente en correspondencia con el desarrollo de la ciencia, en particular, de la física y de los problemas que surgieron ante la energética.

En la primera etapa de desarrollo del mpp (los siglos XIII al XVIII) sus inventores no comprendían la diferencia de principio entre el movimiento perpetuo de los cuerpos celestes y los fenómenos relacionados con él (por ejemplo, de las mareas ascendentes) y el movimiento por medio del cual ellos querían realizar el trabajo en los motores. Aunque parezca extraño ahora, el problema de dónde debe tomarse este trabajo, en aquellos tiempos no surgía en general. Sólo aproximadamente desde el siglo XVI, cuando poco a poco comenzó a formarse la idea sobre cierta «fuerza» como fuente de movimiento y sobre que esta fuerza no puede surgir de la nada, ni desaparecer sin dejar huella, aparecieron dudas sobre la posibilidad y, luego, la convicción de la imposibilidad de crear el mpp.

No obstante, como veremos en adelante, esta opinión pertenecía a un estrecho círculo de científicos, físicos y mecánicos más calificados. Esta noción no se hizo

patrimonio común. No obstante, por decisión oficial de la Academia de Ciencias de París en el año 1775 cesó el examen de toda clase de proyectos del móvil perpetuo. Con esto terminó la primera etapa de la historia del mpp. La segunda etapa duró aproximadamente hasta el último cuarto del siglo XIX.

Durante este tiempo se determinó la noción de energía, y el principio de su conservación obtuvo su formalización científica definitiva. Se fundamentó la termodinámica, la ciencia sobre la energía y sus transformaciones. Sin embargo, los esfuerzos de los inventores, que trabajaban en la creación de distintas variantes de mpp, no disminuyeron. Se creó una situación interesante: la coexistencia (verdad que no pacífica, ni mucho menos) de la ciencia y la actividad inventiva anticientífica. Esta paradoja se explicaba por un lado, por el aumento de las exigencias planteadas a la energética, que consume mucho combustible, y por otro, por el hecho de que el primer principio de la termodinámica (el principio de conservación de la energía) no era suficientemente conocido por un amplio círculo de personas, ocupadas en la técnica. En esto, en esencia, se termina la historia del llamado móvil perpetuo de primera especie, mpp-1, los inventores del cual pretendían alterar el primer principio de la termodinámica.

Recordemos que él requiere que la cantidad total de energía, que se suministra al motor, sea exactamente igual a la cantidad total que sale de él; la energía no puede desaparecer, o surgir de la nada. ¡Mientras que el mpp-1 realizaría trabajo sin recibir por completo energía del exterior! La tercera etapa de desarrollo del mpp continúa hasta hoy día. Esta etapa se caracteriza por que los inventores actuales del mpp, a diferencia de sus colegas, que trabajaban en los tiempos antiguos, conocen la existencia de las leyes científicas que excluyen la posibilidad de su creación. Por eso ellos tienden a crear un mpp de otro género absolutamente distinto. Este móvil perpetuo no debe alterar el principio de conservación de la energía, el primer principio de la termodinámica. En este sentido todo está en orden. Pero él debe funcionar a pesar del segundo principio de la termodinámica.

Este principio limita en cierto grado la transformación de unas formas de energía en otras. Semejante motor, a diferencia de las variantes de mpp-1 que lo antecedían, referentes a las dos primeras etapas fue llamado móvil perpetuo de segunda especie, mpp-2. El mpp-2 más simple sería el que recibiendo calor del medio

ambiente (por ejemplo, del agua o del aire atmosférico), lo transformara total o parcialmente en trabajo. El permitiría pasar no sólo sin gastos de combustible orgánico o nuclear, sino que también sin la contaminación del medio ambiente. ¡Hay por qué luchar!

Pero el segundo principio de la termodinámica prohíbe esta transformación. Pero cuanto este principio es conocido y existe, a los inventores de los mpp-2 no les queda nada más que luchar precisamente contra él. Los ataques contra el segundo principio se llevan a cabo por ellos desde los más distintos puntos de vista: físico, filosófico e incluso político.

Esta lucha alrededor del segundo principio de la termodinámica forma, en esencia, el contenido fundamental de la tercera etapa de la historia del mpp. En las dos primeras etapas de la historia del mpp las discusiones alrededor de él contribuían en determinando grado al progreso de la física, y en la segunda etapa, al desarrollo de la termodinámica y al progreso de la energética.

Es más, ambos principios de la termodinámica aparecieron de la tesis sobre la imposibilidad de la realización del móvil perpetuo. En total, estas etapas de la historia del mpp se pueden caracterizar como movimiento de la utopía a la ciencia. Al fin de cuentas, el propio móvil perpetuo generó, si así puede expresarse, las tesis científicas fundamentales que le hicieron perder los estribos y determinaron el final de su historia de muchos siglos. Desgraciadamente, las tentativas actuales de hacer renacer el mpp sobre una nueva base, ya no dan, ni pueden dar, nada a la ciencia. Al contrario, ellas sólo llevan a confusiones y distraen a las personas de una tarea verdadera. La etapa actual de la historia del móvil perpetuo se caracteriza por las tentativas de avanzar en dirección contraria, de la ciencia a la utopía.

Para comprender todas las etapas de la historia del mpp y marchar hacia adelante es necesario formular la definición, de lo que se hablará en adelante. Así pues, el móvil perpetuo es un dispositivo imaginario capaz de realizar trabajo con alteración del primer (mpp-1) o del segundo (mpp-2) principios de la termodinámica.

Dediquémonos más detalladamente, tanto a estos móviles, como a los correspondientes principios, inicialmente al primero y luego al segundo.

Capítulo 1

Móvil perpetuo de primera especie: desde las tentativas tempranas hasta «los modelos experimentales»

Martín: ¿Qué es perpetuum mobile?

Bertold: Perpetuum mobile es movimiento perpetuo. Si encuentro el movimiento perpetuo, yo no veo límites a la creación de la humanidad... es que, mi amable Martín: hacer oro es una tarea seductora, un descubrimiento, quizás, interesante, pero hallar el perpetuum mobile... ¡oh!...

A. S. Pushkin. Escenas de los tiempos de caballeros

1.1 Nacimiento de las ideas

Es difícil hablar más breve y expresivamente sobre el significado de la energética para la humanidad, así como lo hizo A. S. Pushkin por boca de un fraile medieval. Al responder sobre la creación del oro como una «tarea seductora», Bertold habla de manera absolutamente diferente del perpetuum mobile: «Si encuentro el movimiento perpetuo, entonces yo no veo límites a la creación de la humanidad...» Todo lo que posteriormente se dijo sobre el papel de la energética, no va más lejos de estas extraordinarias palabras.

Esta idea fue formulada, realmente, quizás no con tanta evidencia, por primera vez en los «tiempos de caballeros», en el siglo XIII.

Fue verdaderamente profética la manifestación sobre el futuro de la técnica, que no podría surgir sin comprender el significado del motor universal, del fraile medieval. Éste fue el eminente Rogelio Bacon (cerca de 1214-1292), llamado por los contemporáneos doctor mirabilis (doctor admirable); esto no estorbó a los clericales mantenerlo casi 20 años en la cárcel.

He aquí lo que él escribía:

«Ante todo yo les relataré sobre las maravillosas creaciones del hombre y la naturaleza para nombrar más adelante las causas y los caminos de sus creaciones, en las cuales no hay nada de maravilloso.

Es que se pueden crear grandes buques de río y oceánicos con motores y sin remeros, gobernados por un timonel y que se desplazan a mayor velocidad que si estuvieran repletos de remeros. Se puede crear una carroza que se desplace a una velocidad inconcebible, sin enganchar en ella animales. Se pueden crear aeronaves, dentro de las cuales se sentará un hombre que, girando uno u otro aparato, obligará a las alas artificiales a aletear en el aire como los pájaros. Se puede construir una pequeña máquina para levantar y bajar cargas extraordinariamente grandes una máquina de gran utilidad. Al mismo tiempo, se pueden crear tales máquinas con ayuda de las cuales el hombre descenderá al fondo de los ríos y los mares sin peligro para su salud».

Esto significa predicción y llamamiento: «¡Es que es posible!» y no los fantásticos ensueños como la alfombra maravillosa o el mantel maravilloso. Lo principal en estos pronósticos, como comprendía claramente Bacon, era el motor, sin el cual es imposible el movimiento autónomo de los buques, carrozas y aeronaves.

Con toda la genialidad de H. Bacon¹ no hubiera podido escribir nada semejante si para este tiempo no se hubiera formado un nivel determinado de nociones sobre las ulteriores necesidades y posibilidades del desarrollo de la técnica, que se apoyaban en sus distintos logros, modestos, pero lo suficientemente ponderables. En particular, ya «*rondaba en el aire*» la noción de que la creación de un motor universal, útil para el accionamiento de las máquinas, es posible.

La necesidad de semejante motor era natural para la producción artesana de una ciudad medieval pequeña, donde hacían falta manos de obra.

La respuesta a esta necesidad era precisamente las tentativas de crear el móvil perpetuo, los primeros proyectos del cual aparecieron en el mismo siglo XIII en que vivió y trabajó R. Bacon. Ahora en el siglo XX es fácil criticar los errores de los inventores del siglo XIII. A un escolar contemporáneo, que ha estudiado el principio de conservación de la energía, le es evidente que el camino seguido entonces por

¹ Es interesante comparar el pronóstico (R. Bacon con el pronóstico (hecho en 1900) del científico-astrónomo norteamericano Newcomb:

«Todos los datos de la ciencia moderna indican que ninguna clase de combinaciones posibles de las sustancias conocidas, tipos de máquinas y formas de energía no permiten construir un aparato, útil prácticamente para un vuelo duradero del hombre en el aire». Este razonamiento fue hecho tres años antes del vuelo de los hermanos Wright.

los inventores del motor universal, era erróneo. No obstante, no se debe juzgar a base de esto con soberbia e incluso con ironía (también suele ocurrir) sobre los trabajos de los maestros e inventores de la «lúgubre Edad Media».

Desde estas posiciones, la audaz tentativa de apartarse de la energética «biológica» y «ácuo-aérea» representa un enorme paso hacia adelante.

El trabajo de los inventores medievales del móvil perpetuo era una etapa imprescindible de pruebas y errores, a base de los cuales poco a poco se cristalizaba el principio de conservación de la energía (y después todos los resultados científicos y técnicos, que él ayudó a obtener).

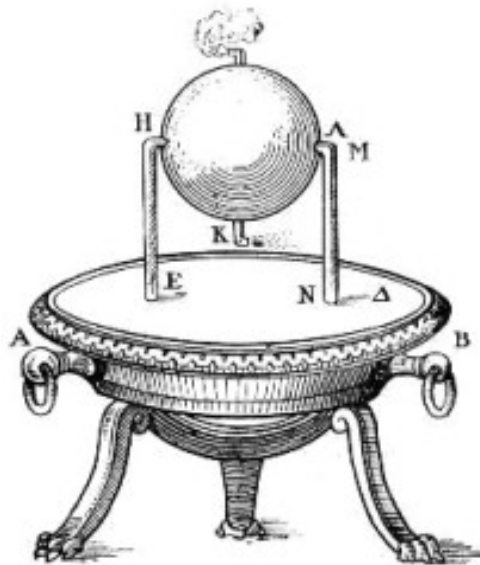


Fig. 1.1 Eolípila de Herón

Los pensadores, científicos e ingenieros más geniales del mundo antiguo, incluso tales como Arquímedes (cerca de 287-212 a. de J. C.) no hacían la alusión a la idea sobre el motor universal. Tampoco avanzó en esta dirección tal ingeniero como Herón de Alejandría (cerca del siglo I) a pesar de que él sabía mucho más que los pensadores de la Edad Media. Incluso la fuerza motriz del aire calentado y del vapor de agua le era bien conocida. Su «Eolípila» (fig. 1.1) - el prototipo de la turbina de vapor de reacción- era únicamente un juguete interesante, así como el dispositivo que abría las puertas del templo (fig. 1.2). La idea de adaptarlo para una ocupación, utilizarlo como motor para máquinas, incluso ni surgió. Esto es comprensible: había

mano de obra barata de los numerosos esclavos, de los animales domésticos, y por fin, del agua y el viento.

Recordemos que en el Imperio Romano a cada esclavista le correspondían en término medio 10 esclavos (y algunos patricios tenían hasta 1000). Si se toma la potencia de cada esclavo por 0,1 kW, entonces (incluso sin contar el trabajo de los animales) la «dotación de energía» de un romano medio sobrepasaba de 4 kW, y la de un patricio rico, 10 kW. Esto corresponde aproximadamente al nivel actual.

¿Por qué la idea de la creación de un motor universal, así como sus primeros proyectos en forma de mpp apareció precisamente en el siglo XIII?

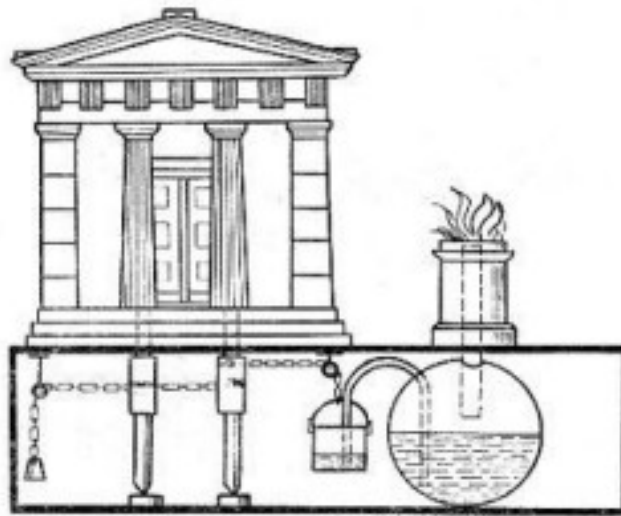


Fig. 1.2. Accionamiento térmico de Herón para abrir las puertas de un templo

Esto, claro está, no es una casualidad, sino el resultado de la marcha, históricamente condicionada, del desarrollo de las fuerzas productivas de la sociedad medieval; el siglo XIII ocupa en él un lugar especial. Precisamente en este tiempo ya aparecieron en suficiente medida las ventajas de la sociedad feudal desarrollada en comparación con la esclavista.

El crecimiento de las ciudades² conducía a la creación de grandes comunidades urbanas con gobernación individual. Los pequeños burgueses, apoyados por el poder del Rey, se fortalecían en la lucha contra los feudales, y su influencia crecía.

² En Alemania, en el transcurso del s. XIII se fundaron cerca de 400 ciudades; un proceso análogo transcurría también en otros países de Europa. En la Rusia premongólica existían tantas ciudades que los escandinavos la llamaban «Gardarik», país de ciudades

El trabajo del artesano libre, el arte práctico, se hicieron, a diferencia de los tiempos antiguos, una ocupación de respeto merecido. Las corporaciones profesionales que unieron a los artesanos eran bastante fuertes para defender los intereses de sus numerosos miembros. En París, por ejemplo, conforme a los datos del censo tributario de 1291, había 4159 maestros de taller.

En estas condiciones los maestros estaban interesados en el desarrollo de la técnica y la tecnología de su rama.

El crecimiento cuantitativo y cualitativo de la producción artesanal y el comercio condujo a que la Europa medieval comenzó a recoger y a dominar las novedades técnicas e invenciones de todas partes: Bizancio, Territorios árabes, India, e incluso China.

La alfabetización dejó de ser sólo privilegio de los frailes, ella se difunde ampliamente entre la población urbana (recordemos el Novgorod medieval). El progreso técnico se manifestó de manera más «ponderal y visual» en el siglo XIII en la arquitectura y la construcción. El gótico afiligranado de armadura que tiende hacia arriba requería un alto arte ingenieril.

Al siglo XIII se refiere también la inauguración de las primeras universidades (Cambridge, 1209; Padua, 1222; Nápoles, 1224; Salamanca, 1227; solamente Oxford fue fundada en el año 1167).

La lista de invenciones técnicas de este tiempo (tanto europeas como introducidas de afuera y que recibieron divulgación) es bastante voluminosa. Entre ellas el compás perfeccionado (en forma de aguja), la pólvora, el papel (s. XII-XIII), el reloj mecánico, los lentes, espejos de vidrio, la saladura del arenque, la fundición, las esclusas en los canales, el codaste (el montante vertical del timón) y el bauprés en los barcos de mar (s. XIII). En los siglos siguientes todas estas invenciones se perfeccionaban y divulgaban. Esto le dio razón a Bernal para sacar la conclusión de que «los cambios técnicos tuvieron lugar en el transcurso de toda la Edad Media, y representan verdaderamente su aportación más considerable a la civilización científica del futuro» [1.9].

Por extraño que sea, hay historiadores de la técnica que comparten las nociones refutadas ya hace mucho sobre la Edad Media como un «fracaso lúgubre» de la historia de la humanidad. Uno de ellos escribió así: «*Nosotros podemos omitir sin*

vacilar los siguientes mil quinientos años. El siglo XVI comenzó con lo que se paró el /». [1.16].

Nosotros no seremos tan «valientes» y continuaremos el estudio aleccionador de la técnica medieval, dirigiéndonos, después de la revisión del cuadro general, a aquella parte de ella, que se refiere al móvil perpetuo.

1.2. Primeros proyectos de mpp mecánicos, magnéticos e hidráulicos

En la actualidad es difícil establecer exactamente, cuándo, por quién y dónde fue propuesto el primer proyecto de mpp. Existen datos de que el tratado del eminente matemático y astrónomo de la India Bhaskara Acharya (1114-1185) «*Siddhanta Siromani*» (cerca de 1150) menciona el mpp. Sobre esto se habla en la obra del árabe Falira ad-din Ridvay ben Mohammed (cerca del año 1200).

En Europa las primeras noticias sobre el mpp están relacionadas con el nombre de una de las personas más destacadas del siglo XIII Villard D'Honnecourt, arquitecto e ingeniero francés.

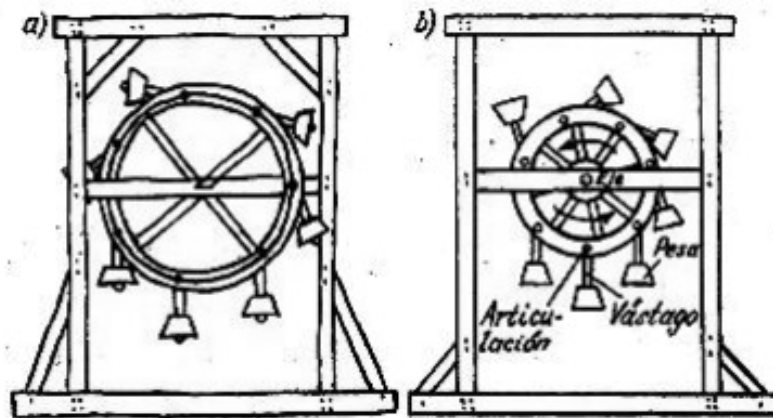


Fig. 1.3. Motor perpetuo de Villard D'Honnecourt: a, dibujo original; b, modelo

Como la mayoría de las personalidades de aquellos tiempos, él se dedicaba y se interesaba por muchos asuntos: la construcción de templos, la creación de obras de elevación de cargas, sierras con accionamiento por agua, arietes de guerra e incluso... al amaestramiento de leones. Él dejó un «libro de dibujos», que llegó hasta nuestros días, un álbum con croquis y dibujos (cerca de 1235-1240), que se guarda en la Biblioteca Nacional de París. Para nosotros representa interés, ante

todo, el hecho de que en este álbum se dan los dibujos y las descripciones del primero de los proyectos, fidedignamente conocidos, del móvil perpetuo.

En la fig. 1.3 se muestra un dibujo original del autor. El texto que se refiere a este dibujo, dice: «Desde hace cierto tiempo los maestros discuten cómo obligar a la rueda a girar de por sí misma. Este se puede alcanzar mediante un número impar de martillitos o mercurio de la manera siguiente».

D'Honnecourt no escribe si fue él quien inventó el motor o apropió esta idea a otro maestro. Esto no tiene tanta importancia, lo principal es la esencia del hecho. Prestemos, ante todo, atención a que el autor no duda en absoluto de que es posible obligar a la rueda a que gire por sí sola. ¡El problema consiste sólo en cómo hacerlo! En el texto se habla de dos variantes de mpp, con martillitos y con mercurio. Comencemos por la primera. Del texto de la obra con el dibujo se puede comprender la idea de la invención. Por cuanto el número de martillitos en la llanta de la rueda es impar, siempre será mayor por un lado que por el otro.

En el caso dado a la izquierda se encontrarán cuatro martillitos, y a la derecha, tres. Por consiguiente, el lado izquierdo de la rueda será más pesado que el derecho y la rueda, naturalmente, girará en sentido contrario a las agujas del reloj. Entonces el siguiente martillito girará en el mismo sentido y pasará al lado izquierdo, asegurando de nuevo su superioridad. De este modo, la rueda girará constantemente.

La idea de la rueda con pesas o líquido pesado, distribuidos irregularmente por la circunferencia de la rueda, resultó muy viable. Se elaboraba en las más distintas variantes por muchos inventores en el transcurso de casi seis siglos y engendró toda una serie de mpp mecánicos.

El análisis de estos motores lo realizaremos algo más tarde y los examinaremos junto con la posición general.

Dirijámonos a la segunda, no menos interesante, idea de mpp que surgió también en el siglo XIII y que también dio lugar a una gran serie de invenciones. Aquí se habla del mpp magnético propuesto por Pedro Piligrim de Mericour³ en el año 1269. A diferencia del ingeniero práctico D'Honnecourt, Pedro Piligrim era más que nada «teórico», pese a que se dedicaba también a experimentos; por eso, su proyecto de

³ A veces le llaman Pedro Peregrin, o por el lugar de nacimiento Pedro de Mericour.

mpp, mostrado en la fig. 1.4 aparenta más como un esquema principal, que como un dibujo.

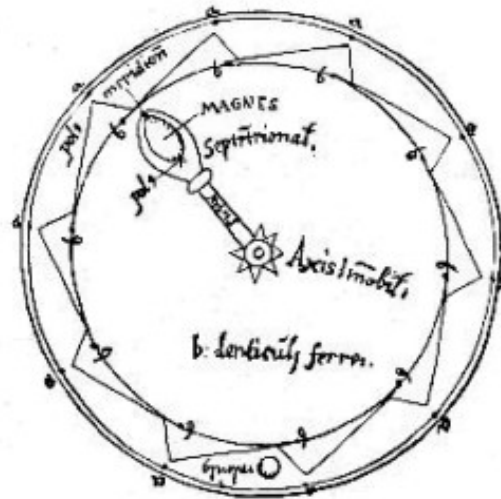


Fig. 1.4. Mpp magnético de Pedro de Mericour

Según la opinión de Pedro, las fuerzas misteriosas que obligan al imán a atraer el hierro, son similares a las que obligan a los cuerpos celestes a moverse por órbitas circulares alrededor de la Tierra⁴. Por consiguiente, si se le da al imán la posibilidad de moverse por la circunferencia y no molestarle, entonces él, con la estructura correspondiente, realizará esta posibilidad. Por lo que se puede juzgar por el esquema, el motor consta de dos partes - la móvil y la fija. La parte móvil es un vástago, en un extremo (el exterior) del cual está fijado el imán, y el otro (el interior) va encajado en el eje central fijo. Así pues, el vástago puede moverse por la circunferencia a semejanza de las agujas del reloj. La parte fija representa en sí dos anillos, el exterior a y el interior b, entre los cuales se encuentra el material magnético con la superficie interior en forma de dientes oblicuos. En el imán fijo, colocado en el vástago, está escrito «*polo norte*» (*pol. septentrionalis*), en el anillo magnético, «*polo sur*» (*pol. meridianus*). Señalemos, a propósito, que Peregrin estableció por primera vez dos tipos de interacción magnética, la atracción y repulsión e introdujo la designación de los polos de los imanes, norte y Sur.

⁴ Recordemos que en aquel entonces reinaba el sistema geocéntrico del mundo de Ptolomeo.

El autor, por lo visto, suponía (esto no se puede comprender exactamente de la descripción) que el imán, instalado en el vástago, será alternativamente atraído hacia los dientes de los imanes, instalados en la parte anular y, por lo tanto, realizará movimiento ininterrumpido por la circunferencia.

A pesar de la evidente incapacidad de trabajo de semejante dispositivo, la propia idea de utilizar las fuerzas magnéticas para crear el motor era absolutamente nueva y muy interesante. Ella engendró ulteriormente toda una familia de mpp magnéticos. Al fin de cuentas no hay que olvidar que también el motor eléctrico moderno funciona a base de la interacción magnética del estator y el rotor.

Algo más tarde aparecieron mpp de tercer tipo, hidráulicos. Las ideas en las que ellos se basan no eran muy nuevas, ellas se apoyaban en la experiencia de las obras antiguas de elevación de cargas y en los molinos de agua medievales.

1.3. Los mpp mecánicos

Todos los mpp mecánicos de la Edad Media (y muchos de tiempos más cercanos) se basan en una misma idea, que parte de D' Honnecourt: la creación del desequilibrio constante de las fuerzas de gravedad sobre la rueda u otro dispositivo que se mueve constantemente como resultado de su acción. Este desequilibrio debe girar la rueda del motor y con ayuda de él poner en funcionamiento una máquina que ejecuta trabajo útil.

Todos estos motores se pueden dividir en dos grupos, que se distinguen por tipo de carga, cuerpo de trabajo. Al primer grupo pertenecen aquellos, en los cuales se emplean cargas de material sólido (llamémoslas convencionalmente de «cuerpo sólido»), al segundo, aquellos, en los cuales como carga sirven líquidos (llamémoslos «líquidos»). La cantidad de distintas variantes de mpp en ambos grupos es enorme. Describirlos en este libro no tiene sentido, puesto que esto ya se hizo por muchos autores [2.1-2.6].

Nosotros nos limitaremos solamente a algunos modelos, en el ejemplo de los cuales se pueden seguir su evolución y la marcha de las discusiones sobre la posibilidad de obtener trabajo.

Comencemos por los motores de cuerpo sólido. Como ejemplo pueden servir tres variantes de mpp elaborados en distinto tiempo y distintos lugares. El ingeniero

italiano Mariano di Yacopo de Cione (cerca de Florencia) en el manuscrito que data de 1438, describió un motor que repite en esencia la idea de D'Honnecourt, sin embargo, aquí ya se da la elaboración estructural clara (fig. 1.5). Las cargas (los pesos) que representaban placas gruesas rectangulares, están fijadas de tal manera, que pueden plegarse sólo hacia un lado. El número de ellas es impar, por eso, cualquiera que sea la posición de la rueda, a la izquierda siempre habrá más placas que a la derecha (en este caso 6 contra 5). Esto debe provocar el giro constante de la rueda en sentido contrario a las agujas del reloj.

El inglés Eduardo Sommerset, quien también elaboró un mpp mecánico en forma de una rueda, con pesos sólidos y que construyó en 1620, pertenecía, a diferencia de sus antecesores, a los círculos más aristocráticos de la sociedad.

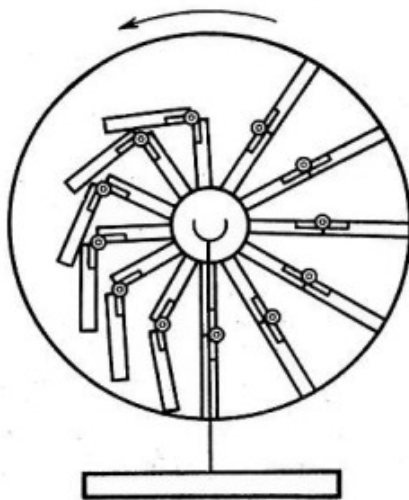


Fig. 1.5. Motor de Mariano di Yacopo

El tenía el título de marqués de Worcester y pertenecía a la corte de Carlos I. Este hecho no le molestaba a dedicarse seriamente a la mecánica y distintos proyectos técnicos. El experimento para la creación del motor fue hecho con envergadura. Los maestros prepararon una rueda de 14 pies de diámetro (cerca de 4 m); por su perímetro se colocaron 14 pesas de 50 libras (cerca de 25 kg) cada una. La prueba de la máquina en la Torre de Londres pasó con un gran éxito y provocó emoción en todos los presentes, entre los cuales se hallaban tales autoridades como el Rey, el duque de Bichmond y el duque Hamilton. Desgraciadamente los dibujos de este mpp no llegaron hasta nuestros días, lo mismo que el informe técnico sobre esta

prueba; por eso, en esencia, es imposible establecer cómo transcurrió. Se conoce solamente que ulteriormente el marqués no se ocupó más de este motor, y pasó a otros proyectos.

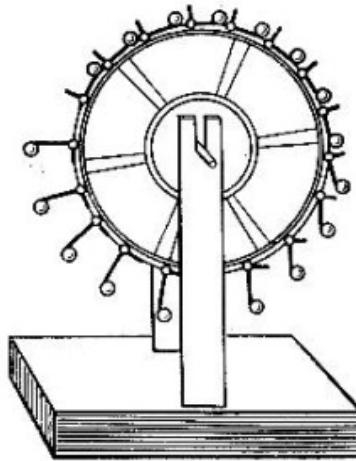


Fig. 1.6. Motor de Alejandro Capra

Alejandro Capra de Cremona (Italia) describió una variante más de mpp en forma de rueda con pesas. De la fig. 1.6 se ve que el motor representaba una rueda con 18 pesas iguales dispuestas por la circunferencia. Cada palanca, en la cual está fijada la pesa, está dotada de una pieza de apoyo, colocada bajo un ángulo de 90° con respecto a la palanca. Por esta razón en la parte izquierda de la rueda las pesas, que se encuentran por la horizontal a mayor distancia del eje que en la derecha, la deben girar siempre en sentido de las agujas del reloj y obligarla a girar ininterrumpidamente.

Los motores mecánicos líquidos (con pesas líquidas) de principio no se diferencian de los de cuerpos sólidos descritos. La diferencia consiste solamente en que en lugar de las pesas que se desplazan con respecto a la rueda se emplea un líquido, que al girar se transvasa de tal manera, que su centro de gravedad se desplaza en la dirección requerida.

Todos estos motores desarrollaban en distintas formas la idea del hindú mencionado Bhascara (1150). Por la descripción se puede uno representar solamente el esquema principal del motor [2.6] así como se muestra en la fig. 1.7. En la circunferencia de la rueda, bajo un ángulo determinado a sus radios, están fijados a distintas distancias tubos cerrados llenos de líquido pesado, mercurio. En

dependencia de la posición de la rueda el líquido se transvasa bien a la parte exterior de cada tubo, bien a la interior, creando de este modo la diferencia de peso de las partes derecha e izquierda de la rueda.

Sin entrar en detalles⁵ Bhascara escribe:

«.. la rueda llena de tal manera, al encajarla: sobre un eje que descansa sobre dos apoyos inmóviles, gira ininterrumpidamente por sí misma».

Todos los proyectos siguientes de mpp mecánicos, tanto con pesas sólidas, como líquidas, en esencia repetían la misma idea: crear de una u otra manera un exceso de peso constante de un lado de la rueda sobre el otro, obligándola, a consecuencia de esto, a girar continuamente. Se podía en vez de una rueda utilizar varias ruedas enlazadas entre sí, como en el proyecto de Wilhelm Schreter (1664); se podían haber hecho las pesas en forma de bolas o rodillos rodantes o una correa pesada. Todos estos proyectos y muchos otros, se describen en la literatura [2.3-2.6].

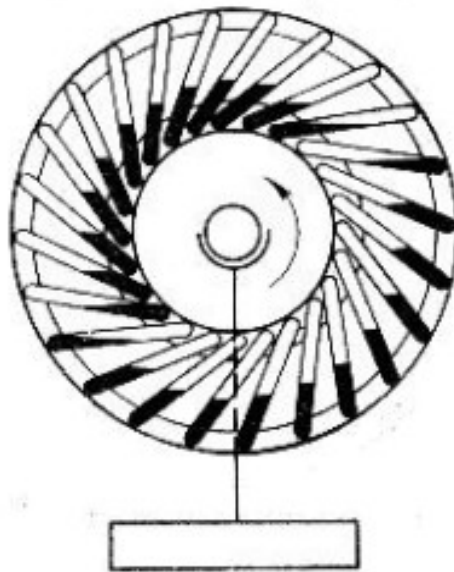


Fig. 1.7. Esquema básico del motor de Bhaskara

Existía incluso la idea de obligar a la rueda a rodar, haciéndola en forma de tambor dividido por un tabique vertical (fig. 1.8). A ambos lados de este tabique se debían

⁵ Los historiadores señalaban que los científicos indios antiguos, como regla, no recurrían a demostraciones detalladas, contando por lo visto, con un lector lo suficientemente comprensivo. Ellos simplemente daban el esquema y escribían «Mira».

echar dos líquidos de distinta densidad (por ejemplo, agua y mercurio). El autor de esta idea Klemens Septimus era discípulo de Galileo (verdad que no se destacó en nada). La descripción de este motor se da en el libro del conocido físico Juan Alfonso Borelli (1608-1679), miembro de la Academia de Florencia⁶.

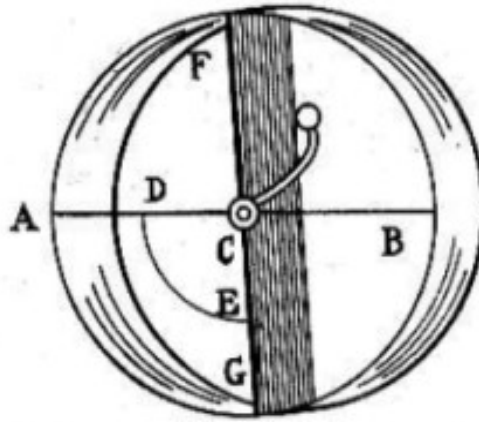


Fig. 1.8. Motor perpetuo rodante, descrito por A. Borelli

Es curioso que en sus comentarios, Borelli demostraba la incapacidad de trabajo de este motor. Él consideraba que no existían causas algunas para que el tambor de Septimus rodara, incluso si se moviera, alcanzaría la posición de equilibrio y se pararía. Esta afirmación se basaba en la idea de que la fuerza de la gravedad que actúa igualmente sobre todas las partes del dispositivo, no puede ser la causa de la alteración constante del equilibrio. La fuerza de la gravedad no puede realizar trabajo, que se transmita a una máquina cualquiera que la utilice.

Es evidente que Borelli ya comprendía perfectamente que las fuerzas de gravitación no pueden realizar trabajo, si el cuerpo se encuentra en el plano horizontal y su centro de gravedad no desciende.

La idea medieval de utilización de las fuerzas de la gravedad para la creación del motor, idea que rechazaba ya Borelli, no desapareció con el tiempo, ella existió hasta el s. XX y fue utilizada en la dirección de vanguardia de la técnica, para los vuelos espaciales. Verdad, que esto sucedió en la novela de ficción científica de H. Wells «Los primeros hombres en la Luna» (1901). Su protagonista Kayvor inventó

⁶ La Academia de Florencia (Academia del Chimento academia de experimentos) fue una de las primeras sociedades científicas que aparecieron en el s. XVII en Europa. Sus fundadores fueron E. Torricelli y su discípulo V. Viviani, quienes continuaron las tradiciones de Galileo. R. Boyle era su miembro extranjero.

un material extraordinario, la kayvorita, hecho de «una aleación compleja de metales y un nuevo elemento, me parece que helio». Este material era impermeable para la gravitación. «¡Qué maravillas, qué revolución en todo!» exclamó otro protagonista del libro Bedford.

«Por ejemplo, para levantar cargas incluso la más enorme, era suficiente colocar debajo de ella una hoja de la nueva sustancia y podía ser elevada como una pajita».

No es difícil imaginarse que la rueda más simple, incluso sin pesas ingeniosas, comenzaría a girar a enorme velocidad, si bajo una de sus mitades se colocara una hoja de «kayvorita». La mitad de la rueda, que conservó el peso, siempre atraería a la otra, que se hizo imponderable; la idea medieval del mpp sería fácilmente realizada.

Kayvor y Bedford utilizaron «kayvorita» para el vuelo a la Luna. Semejante material bajo el nombre de «lunita» fue empleado por los chisgarabís, los protagonistas de la conocida novela-cuento de N. Nosov «*Neznaika (el ignorante) en la Luna*» para volar de la Luna a la Tierra. Pero los chisgarabises fueron aún más lejos, hallaron otro material, la «antilunita», que neutralizaba la acción del primero.

J. A. Borelli no fue el primero quien rechazó ya en aquel tiempo la posibilidad de crear un mpp mecánico, basado en la utilización de las fuerzas de la gravedad. Su posición reflejaba una tendencia más general. Mientras los inventores de los mpp mecánicos se rompían la cabeza en las siguientes variantes de sus máquinas, se desarrollaba poco a poco la mecánica (y no sin su ayuda se perfeccionaban sus tesis en las discusiones con ellos). Ella elaboraba nuevas nociones que iban más allá de la mecánica antigua y permitían determinar cuantitativamente con precisión el resultado de la acción simultánea de varias fuerzas sobre el cuerpo. Con esto la nueva ciencia socavaba la base ideológica de los mpp mecánicos. En efecto, si se ha elaborado una regla clara de cómo calcular el resultado de la acción de las fuerzas aplicadas a la rueda (o ruedas) del mpp, entonces siempre es fácil determinar si se encontrará la rueda en equilibrio o no. En el primer caso el motor no podrá funcionar. Si, al contrario, se demuestra que el equilibrio existirá constantemente, entonces el mpp «*puede existir*». El hecho, así pues, se reducía al establecimiento

de la correspondiente ley de la mecánica (más exactamente, de su apartado, la estática).

El primer paso en esta dirección fue hecho, por lo visto, por el famoso Leonardo de Vinci (1452-1519). En el manuscrito de 1515 él introdujo la noción llamada hoy día en la mecánica «*momento estático de la fuerza*». Desde los tiempos de Arquímedes se conocía la ley que determinaba las condiciones de equilibrio de una palanca recta. Ella componía el contenido del VI teorema de Arquímedes de las obras de la mecánica:

«Dos cargas conmensurables se encuentran en equilibrio, si ellas son inversamente proporcionales a los brazos, sobre los cuales ellas están suspendidas».

Con otras palabras (fig. 19, a), si la carga (es decir, la fuerza con la cual las cargas son atraídas a la Tierra) se representa en forma de segmentos A y B que corresponden a las direcciones y la longitud, la condición de equilibrio será:

$$\frac{A}{B} = \frac{Ob}{Oa}$$

o bien, lo que es lo mismo (se desprende de las propiedades de la proporción),

$$A \cdot Oa = B \cdot Ob.$$

De este modo, la condición de equilibrio de la palanca puede ser expresada también así:

«Los productos del peso de cada carga por la longitud del brazo de la palanca, sobre el cual ella está suspendida, deben ser iguales».

Pese a toda su importancia, la ley de Arquímedes no podía ser usada para el análisis del equilibrio de cualquier rueda del mpp mecánico que funciona con cargas sólidas o líquidas. El hecho consiste en que para tal análisis se necesitaba saber determinar el equilibrio también para el caso cuando la fuerza del peso de la carga está dirigida

no bajo un ángulo recto a la palanca, como en la ley de Arquímedes, sino bajo cualquier ángulo, obtuso o agudo.

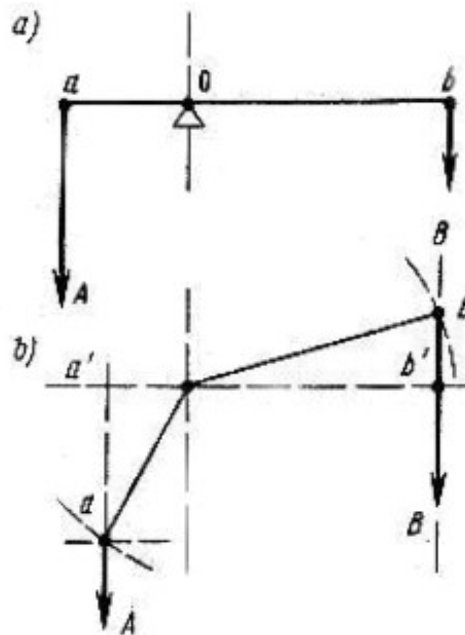


Fig. 1.9. Esquema que ilustra el desarrollo del VI teorema de Arquímedes por Leonardo de Vinci: a, palanca recta; b, palanca quebrada

En efecto, basta con mirar las figs. 1.3 ó 1.6 para ver que la fuerza de la gravedad está dirigida bajo los más distintos ángulos a los correspondientes radios de la rueda. Separemos, como ejemplo, dos cargas: una (B) está situada por encima del eje de la rueda y la otra (A) por debajo (fig. 1.9, b) ¿Cómo resolver más general?

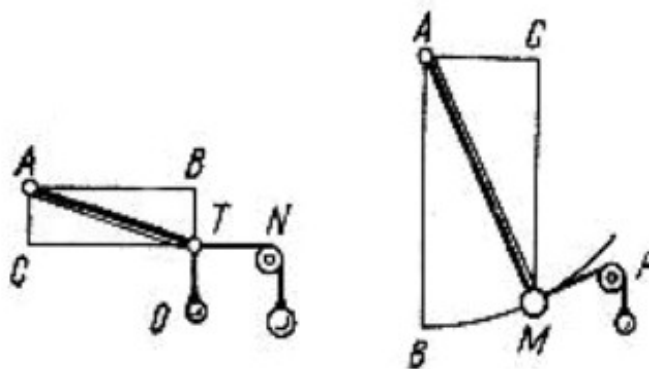


Fig. 1.10. Dibujos de Leonardo de Vinci, referentes al equilibrio de la palanca

Leonardo halló la siguiente solución, la cual mostró en dos ejemplos (las figuras correspondientes de su manuscrito se muestran en la fig. 1.10). El texto que se refiere a la figura izquierda es extremadamente claro: «Sea AT una palanca que gira alrededor del punto A. La carga O está suspendida del punto T. La fuerza N equilibra la carga O. Tracemos las líneas: AB perpendicularmente a BO, y AC perpendicularmente a CT. Yo llamo a AT palanca real, a AB y AC «palanca potencial». Existe la proporción

$$\frac{N}{O} = \frac{AB}{AC}$$

Es evidente que esta proporción puede escribirse de la manera siguiente:

$$O \cdot AB = N \cdot AC$$

Con otras palabras, para el equilibrio de una palanca quebrada es necesario que el producto de las fuerzas por las correspondientes «palancas potenciales» sea igual. Estas palancas potenciales son las proyecciones de la palanca AT sobre los ejes correspondientes perpendiculares a la dirección de las fuerzas, es decir, hablando a la manera actual, sobre el «brazo de la fuerza». La condición de equilibrio consiste en la igualdad de los momentos estáticos, es decir, los productos de las fuerzas por las proyecciones de los brazos de la palanca sobre el eje perpendicular a la dirección de estas fuerzas.

Relaciones análogas fueron deducidas por Leonardo para el caso mostrado en la figura derecha. Aquí

$$\frac{F}{M} = \frac{AC}{AM}$$

De esta relación se desprende la igualdad de los momentos de las fuerzas:

$$F \cdot AM = M \cdot AC$$

Volvamos al ejemplo mostrado en la fig. 1.9, b. Valiéndonos de la condición de Leonardo, obtenemos que el equilibrio se alcanzará al observar la igualdad

$$A \cdot a'O = B \cdot b'O$$

Para comprobar las posibilidades de cualquier mpp mecánico hay que sumar todos los momentos de fuerzas (pesos) dispuestos a la derecha del eje O y hacer lo mismo con los pesos dispuestos a la izquierda.

Los primeros tienden a girarla rueda en el sentido de las agujas del reloj, los segundos, en sentido contrario. Si la suma total de los momentos es igual a cero (puesto que sus signos son contrarios), la rueda no se mueve, se alcanza el equilibrio.

De este modo es fácil demostrar que, pese a todos los subterfugios, la suma de los momentos de fuerzas en todos los mpp es igual a cero. Leonardo comprendía esto perfectamente. Solamente hace falta recordar las palabras de uno de sus apuntes sobre los mpp «*¡Buscadores del movimiento perpetuo, cuántas ideas frívolas habéis arrojado al mundo!*»

Desgraciadamente, los apuntes de Leonardo quedaron desconocidos tanto para sus contemporáneos, como para sus descendientes cercanos. Solamente desde finales del s. XVIII comenzó el descifrado planificado de sus cuadernos.

El problema de creación de la teoría que permita enfocar científicamente el análisis de los mpp mecánicos y responder a la pregunta de su capacidad de trabajo fue resuelto por el inglés John Wilkins, epíscopo de Chester (1599-1658). Su trabajo era bastante independiente, puesto que él no conocía los resultados de Leonardo, obtenidos más de cien años antes.

Wilkins publicó su teoría en el libro «La magia matemática», que salió a la luz en 1648, en el idioma inglés (¡no en latín!). En este libro se habla de manera absolutamente clara sobre el momento estático de fuerza, una de las nociones fundamentales de la estática.

Los inventores de los mpp mecánicos con pesas, basándose en la conocida ley de la palanca de Arquímedes, suponían que cuanto más lejos del centro de la rueda se encuentra la carga, tanto con mayor fuerza debe girar la rueda. Esta regla es

verdaderamente correcta, pero únicamente para la palanca horizontal (precisamente esta palanca examinaba Arquímedes). Es incorrecto extender esta ley para todas las cargas, independientemente de su disposición en la circunferencia de la rueda. Wilkins demostró esto evidentemente. Es fácil seguir la marcha de sus pensamientos con ayuda de la fig. 1.11, en la cual se representa el esquema de la rueda con centro en el punto A. El diámetro horizontal DC de la rueda está dividido en 10 partes iguales, y por los correspondientes puntos se han trazado circunferencias concéntricas con centro en el punto A. En distintos puntos de las circunferencias se han dispuesto cargas de igual peso, la acción de las cuales debe ser hallada. Si las cargas están situadas en el diámetro horizontal, el problema se resuelve fácilmente, a base de la regla de Arquímedes. Por ejemplo, la carga de una libra de peso en el punto C equilibrará 5 libras en el punto B, puesto que el brazo AC es 5 veces más largo que el brazo AB. Wilkins señala que esta relación seguirá válida, incluso si la carga se encuentra en el punto E o F, solamente hace falta que se encuentren en la misma vertical que C.

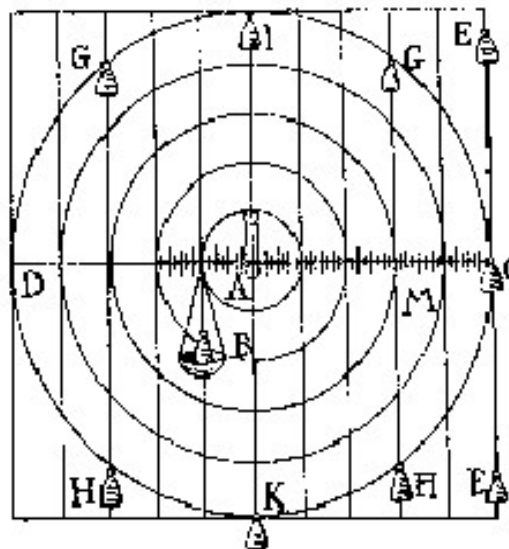


Fig. 1.11. Esquema de Wilkins para la deducción de la ley de equilibrio de las pesas

Surgirá otra situación cuando las cargas se encuentren no en el diámetro horizontal, sino por encima o por debajo de él, como, por ejemplo, las cargas G, H o L, K, Wilkins comprendió perfectamente que en este caso la fuerza, con la cual ellas tenderán a girar la rueda en el correspondiente sentido, será otra. Es evidente que

las cargas L, K son en este sentido inútiles, mientras que las cargas G y H perderán parte de su fuerza. Con el fin de determinar la acción de cada una de ellas, hay que multiplicar su peso por la longitud del segmento del diámetro horizontal, que se encuentra entre el punto A y la línea vertical que pasa por el punto de suspensión de la carga. Para las cargas G o H éste será el punto M.

De este modo, Wilkins demostró que la acción de la carga, que gira la rueda, se determina por el producto de la fuerza (en este caso el peso de la carga) por el brazo (en este caso, el segmento del radio horizontal hasta su intersección con la vertical que pasa por el centro de la carga). La igualdad de todos estos productos, los momentos de las fuerzas que actúan sobre la rueda, determinarán su equilibrio; la desigualdad, el giro constante. Queda solamente demostrar que en cualquier mpp mecánico siempre se observa esta igualdad, y quedará demostrada la imposibilidad de su funcionamiento.

Verdad que Wilkins no introdujo el término de «momento de fuerza», pero ese hecho no cambia nada; fue establecida la ley fundamental de la estática. El trabajo de Wilkins ayudó a los mecánicos del tiempo ulterior a enunciar las tesis, las cuales les llevaron de lleno a la ley de conservación de la energía y enterraron definitivamente la idea del mpp-1. Pero eso estaba todavía muy lejos.

No obstante, los nubarrones se aglomeraron sobre el mpp no sólo por parte de la teoría. Los fracasos de la realización práctica de los modelos más diferentes también se reflejaban poco a poco. Por esta razón, algunos de los inventores (verdad, que muy pocos) se desilusionaron de la idea del mpp. Apareció una persona lo suficientemente valiente para reconocer no sólo ante sí misma, sino también ante otros la inutilidad de su trabajo de muchos años en semejantes máquinas. Esta persona fue el alemán Juan Joaquín Becher, quien creó un mpp «físico-mecánico» bastante complicado para el accionamiento del mecanismo de reloj. La idea del motor es la misma que la de los demás, descritos más arriba: el movimiento de las bolas, cargas rodantes, las cuales debían poner en movimiento un sistema de engranajes y palancas mutuamente enlazadas. El trabajo transcurría tan exitosamente, que el *kurfursten* de Maguncia ordenó edificar una torre de piedra especial para ubicar el reloj con el motor de Becher. (Esto fue en el año 1660, casi en el

mismo tiempo cuando salió a la luz el libro de Wilkins.) Sin embargo, en lo sucesivo se frustraron las esperanzas puestas en este dispositivo.

Becher resumió todo su trabajo con las siguientes palabras: «Diez años me dediqué a esta imprudencia, perdiendo un montón de tiempo de dinero y haciendo perder mi buena reputación, todo esto únicamente para decir hoy día con plena convicción que el movimiento perpetuo es irrealizable». Este reconocimiento quedó, desgraciadamente, desconocido para los numerosos inventores del mpp.

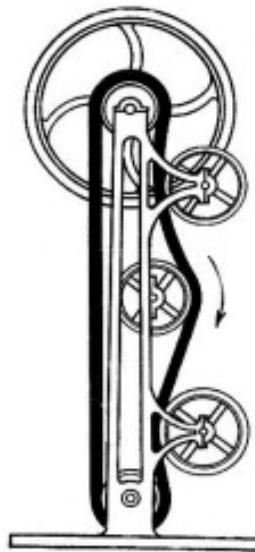


Fig. 1.12 Motor perpetuo con «correas desequilibradas»

El problema de la inconsistencia de los mpp mecánicos con ruedas y pesas fue teóricamente resuelto, pese a que durante un largo tiempo dicha idea no se puso a prueba de todos. Empero, el método de Wilkins no podía ayudar directamente en las discusiones sobre otra variante de mpp mecánico, por ejemplo, la que se muestra en la fig. 1.12, en la que la correa (o la cadena con pesas) es más pesada por un lado que por el otro. ¿Deberá «funcionar» esta diferencia de peso o no?

La teoría, que permitió resolver este problema, fue elaborada ya antes por el excelente matemático holandés, mecánico e ingeniero Simón Stevin (1548-1620). Esta teoría se refiere al equilibrio de los cuerpos que se encuentran en un plano inclinado, pero las deducciones de ella tienen un significado más general. Lo más interesante en la marcha de los razonamientos de Stevin es que él no considera necesario demostrar la imposibilidad de crear el mpp; él considera que esto es una

verdad, que no requiere demostración, es un axioma. Solamente Leonardo de Vinci ocupaba semejante posición clara antes de Stevin.

El dibujo, que se refiere a la teoría del equilibrio de los cuerpos en un plano inclinado, Stevin lo consideró tan importante, que lo sacó a la página de portada de su tratado «Sobre el equilibrio de los cuerpos» editado en Leyden (1586). En el dibujo de Stevin (está reproducido en la fig. 1.13) se muestra un prisma triangular, las caras del cual tienen distinta anchura. La cara más ancha está colocada horizontalmente, por debajo de las otras. Las otras dos, inclinadas, están hechas de tal manera, que la derecha tiene una anchura dos veces menor que la izquierda. Sobre el prisma se ha puesto una cadena cerrada con 14 bolas pesadas iguales.

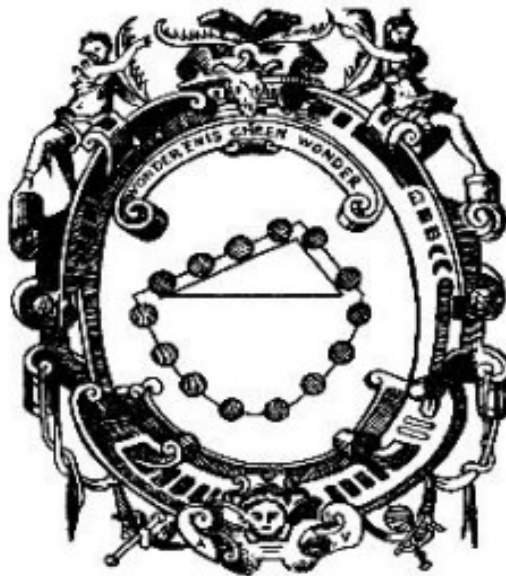


Fig. 1.13. Dibujo de la página de portada del tratado de S. Stevin «Sobre el equilibrio de los cuerpos»

Examinando el equilibrio de esta cadena, se puede ver (si se excluyen las ocho bolas inferiores, las cuales están, evidentemente, equilibradas) que en la cara más pequeña se encuentran dos bolas, y en la mayor, cuatro. «¿Se encontrará la cadena en equilibrio?» - pregunta Stevin. Si esto es así, sucede un milagro. ¡Cuatro bolas se equilibran por dos!

«Si esto no fuera así, escribe él, la fila de bolas debería (al ponerse en movimiento) ocupar la misma posición que antes. Por la misma causa las ocho bolas izquierdas

deberían, por ser más pesadas que las seis derechas, descender, y las seis, subir, de tal manera que las bolas realizarían movimiento ininterrumpido y perpetuo».

Así pues, surge una pregunta, la respuesta a la cual se ha sacado a la inscripción del dibujo, colocado en la página de portada «El milagro no es milagro» (en el idioma flamenco).

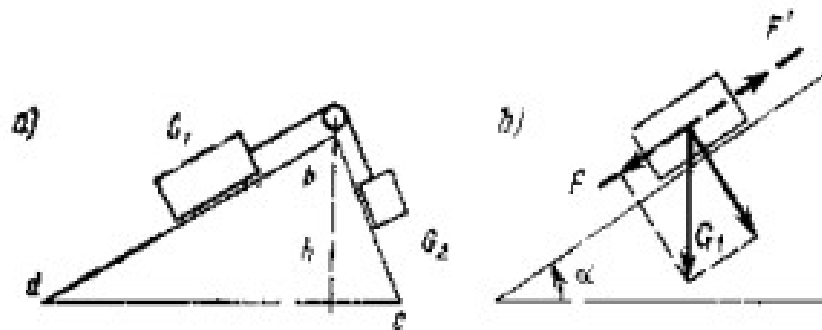


Fig. 1.14 Equilibrio de los cuerpos en un plano inclinado: a, según Stevin; b, según la interpretación actual

Stevin, partiendo de la imposibilidad del movimiento perpetuo, afirma que no existe ningún milagro, y que dos bolas equilibran «legítimamente» a cuatro. él deduce el teorema: «Un cuerpo en un plano inclinado se mantiene en equilibrio por la fuerza que actúa en la dirección del plano inclinado, y que es tantas veces menor que su peso, en cuantas la longitud del plano inclinado es mayor que su altura».

Si se toman dos cargas G_1 y G_2 (fig. 1.14, a), la condición de su equilibrio para los datos del problema de Stevin se escribirá así:

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{ab}{bc} = \frac{2}{1}$$

Cuatro bolas pesan precisamente dos veces más que dos. Valiéndose de la terminología actual, se puede expresar este teorema en una forma más cómoda (fig. 1.14, b): la fuerza F' , que sostiene la carga en el plano inclinado y cuyo valor es igual a la fuerza F , dirigida en sentido opuesto, que tiende a desplazarla, se determina (si se menosprecia el rozamiento) por el producto de su peso G por el seno del ángulo (de inclinación de plano a la horizontal):

$$F = G \operatorname{sen} (\alpha)$$

Si el plano es vertical, entonces $\alpha = 90^\circ$ y $\operatorname{sen} (\alpha) = 1$, en este caso $F = G$; si el plano es horizontal, entonces $\alpha = 0$ y $F = 0$.

Stevin, con seguridad, basándose en los innumerables datos prácticos, dedujo una de las leyes más importantes de la estática. Aplicando esta ley a los proyectos de mpp parecidos al mostrado en la fig. 1.12 y análogo a él, es fácil ver que el peso de las partes inclinadas de la correa pesada (o de cargas), suspendidas por la diagonal, no puede ser considerado igual a la fuerza, con la cual ellas giran las ruedas de los motores. Se debe tener en cuenta que esta fuerza es tanto menor, cuanto mayor es la desviación de la correa (o la cadena con pesas) de la vertical. Si en cada caso concreto se realiza el correspondiente cálculo, se aclarará que las fuerzas que actúan por ambos lados sobre la rueda (o ruedas) del motor, serán inevitablemente con exactitud iguales.

De este modo, Wilkins y Stevin crearon la base científica, que permite mostrar la no factibilidad de cualquier mpp mecánico. No obstante, la ausencia de la teoría general, que muestre la no factibilidad de cualquier mpp, conservaba la posibilidad de búsqueda tanto de las nuevas soluciones de mpp, como de fundamentación de la posibilidad de su existencia.

Esto se nota sobre todo al estudiar los mpp magnéticos. La ciencia sobre los imanes, a diferencia de la mecánica, se encontraba en estado embrionario; por esta razón, la discusión alrededor de ellos se llevaba a cabo, principalmente, en un plano filosófico general.

1.4. Los mpp magnéticos

El primer mpp magnético conocido fue la máquina de Pedro Pilgrim (1269), descrita al principio de este capítulo (fig. 1.4).

Los nuevos tipos de móviles perpetuos magnéticos, que aparecieron más tarde, se basaban, lo mismo que el primero, en la analogía entre la fuerza de la gravedad y la fuerza de atracción del imán.

Semejante analogía era absolutamente natural; ella se apoyaba con los razonamientos filosóficos generales; además, la fuerza del imán se podía comparar directamente con la fuerza de la gravedad.

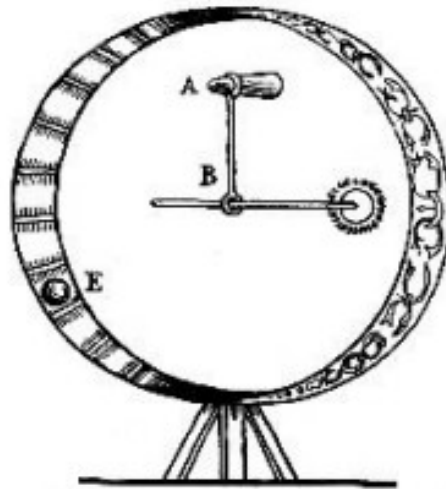


Fig. 1.15. Representación esquemática de mpp magnético de Johann Tesnerius

Efectivamente, si sobre uno de los platillos de la balanza se coloca un pedazo de hierro, y sobre el otro, una pesa de igual peso, entonces, actuando por abajo sobre el hierro con un imán, se puede determinar su fuerza. Para ello hay que equilibrar de nuevo la balanza, la carga adicional será igual a la fuerza de atracción del imán. Semejante medición fue realizada por Nicolás Krebs (1401-1464) conocido por el nombre de Nicolás de Cuza (por el pueblo Cuza de Moselle).

Precisamente la acción conjunta de dos fuerzas idénticas del imán y de la gravedad sirvió de base para casi todos los mpp magnéticos propuestos después de Pedro Piligrim.

El primero de ellos fue el motor inventado por Juan Tesnerius, arzobispo de Colonia a finales de los años 50 del s. XVI. El se entregó durante muchos años al estudio de todo lo que estaba relacionado con los imanes; esto le condujo a la deducción de que «en ninguno de los casos el movimiento perpetuo puede ser alcanzado por ninguno de los métodos, a excepción del empleo de la piedra magnética».

En la obra sobre la naturaleza de los fenómenos magnéticos él expone una instrucción peculiar para aquellos quienes deseen construir un mpp magnético, y da su imagen esquemática (fig. 1.15).

La traducción del latín de la parte principal de esta instrucción se publicó en [2.4]. Este curioso documento se merece que se exponga aquí:

«Coge un recipiente de hierro, a semejanza de cristales cóncavos, adornados por fuera con distintos dibujos grabados, no sólo para belleza, sino también para su ligereza, puesto que cuanto más ligero sea el recipiente, tanto mejor se podrá poner en movimiento. Pero él no debe ser transparente, de tal manera que se pueda ver el misterio que en él se encierra.

En la parte interior del recipiente debe haber una gran cantidad de pequeños pedacitos iguales pesados de hierro, del grosor de un guisante o de una haba. La rueda dentro del recipiente debe tener igual peso en todas sus partes. El dispositivo en el cual la rueda puede girar, se ha colocado en el centro de tal manera, que él permanece absolutamente inmóvil. A él se sujeta un pasador de plata B, en el punto más alto del cual se encuentra el imán A. Cuando está preparada de este modo la piedra magnética, se le debe dar una forma circular, con esto se determinan los polos. Después, dejando los polos inmóviles, ambas partes opuestas se sierran en el centro en forma de huevo; además de eso aquellos dos lados deben ser aplastados, con el fin de que la parte baja ocupe el lugar más bajo y, de este modo, hará contacto con las paredes del recipiente, que como si fuera una rueda. Cuando todo esto se ha cumplido, se coloca la piedra en el pasador de tal manera, que el polo norte este algo inclinado en dirección a la banda de hierro, para que la fuerza actúe sobre ella no directamente, sino bajo un ángulo determinado.

De este modo, cada banda se acercará al polo norte y luego, cuando ella, como resultado de la rotación de la rueda, pase al lado del polo norte, ella llegará al polo sur, el cual la rechazará, y ella de nuevo será atraída hacia el polo norte, de tal manera quedará en movimiento.

Para que la rueda cumpla su trabajo con mayor rapidez, hay que introducir en el recipiente una piedrecita metálica o de plata E de tal tamaño, que entre fácilmente entre las dos bandas. Cuando la rueda sube, la piedrecita cae al lado opuesto, y puesto que el movimiento de la rueda en dirección de la parte más baja es perpetuo, también será perpetua la caída de la piedrecita entre

las dos bandas, dado que ella, a consecuencia de su gravedad, tiende hacia el centro de la Tierra y al lugar más bajo...»

Es poco probable que sea posible crear una máquina real a base de semejante «documentación técnica» al estilo de guías alquímicas; el propio arzobispo científico, por lo visto, no hizo tal tentativa. Es más, seguramente no fue él quien inventó semejante motor, sino que lo apropió de alguno de sus antecesores.

A pesar de la insuficiencia de datos sobre la máquina de Tesnerius, su idea, en general, está clara. Ella consiste en que cada placa de hierro, fijada en la rueda, al principio era atraída hacia el polo norte del imán A, y luego era repulsada en la misma dirección del polo sur, recibiendo de este modo dos impulsos consecutivos hacia un lado. Luego, al girar la rueda, a su lugar llega la siguiente placa, etc.

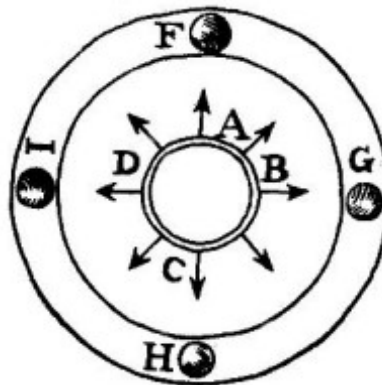


Fig. 1.16. Mpp magnético de A. Kircher

Es interesante el papel de la bolita E, la cual, cayendo periódicamente al girar la rueda de su lado izquierdo al derecho, da, según la opinión del autor, fuerzas adicionales que ayudan a su giro. De este modo, el autor de Tesnerius representa cierto «híbrido» del mpp principal (magnético) y auxiliar (mecánico).

En la literatura no existen ningunos datos sobre las tentativas de comprobar experimentalmente este dispositivo.

Un mpp magnético aún más interesante fue propuesto por un aficionado a la ciencia, inventor y coleccionista, el jesuita Atanasio Kircher⁷ (1602-1680). Su motor

⁷ Él se dedicaba también al mpp mecánico, demostrando teóricamente a base de la tesis, que «con una carga pequeña se puede levantar otra más grande», que semejante motor es posible. Pese al caudal teórico no muy

es extremadamente simple. Como se ve en la fig. 1.16 él consta de un círculo de hierro ABCD, en el cual están situadas radialmente unas flechas de hierro dirigidas hacia afuera. Este círculo debe girar bajo la acción de cuatro imanes I, F, G y H, situados en el anillo exterior.

Por qué Kircher decidió que el círculo con las flechas girará, no está claro. Todos los inventores anteriores de semejantes motores anulares pretendían crear cierta asimetría, con el fin de provocar una fuerza dirigida por la tangente. A Kircher no le surgieron tales ideas. él razona todavía al estilo medieval absolutamente escolástico. El incluso afirmaba seriamente que la fuerza de atracción del imán aumentará si éste se coloca entre dos hojas de la planta *Isatis Sylvatica*.

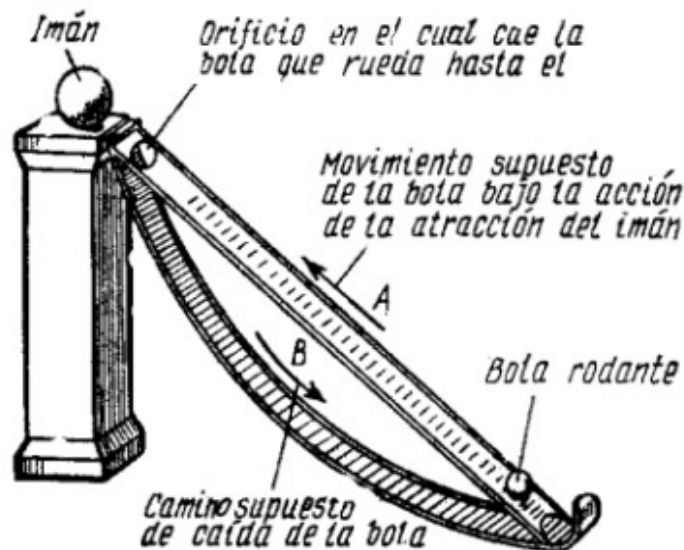


Fig. 1.17. Esquema del mpp magnético describe en el libro «Una centena de invenciones» de J. Wilkins

Un mpp magnético más interesante y original fue descrito por el conocido ya por nosotros Wilkins en su libro «Una centena de invenciones» (1649). El esquema de este motor se representa en la fig. 1.17. Hacia un imán esférico, situado sobre un montante, conducen dos canales inclinados: uno de ellos el (A) es recto y está colocado más arriba, y el otro (B) es curvo y está colocado más abajo. El inventor consideraba que una bola de hierro, colocada en el canal superior, rodará hacia

profundo Kircher era un inventor talentoso. Esto lo demuestra el hecho de que él inventó la linterna de proyección («mágica»).

arriba atraída por el imán. Pero como delante del imán en el canal superior se ha practicado un agujero, la bola caerá en él, rodará por el canal inferior, y por su parte encorvada saldrá de nuevo al canal superior y se moverá hacia el imán, y así sucesivamente hasta lo infinito.

Wilkins, quien como ya vimos, llegó a comprender bien los problemas de principio de los mpp mecánicos, resultó a la altura también en este caso. Después de terminar la descripción de esta estructura, él escribe: «Pese a que esta invención a primera vista parece posible, un examen detallado mostrará su inconsistencia». La idea principal de Wilkins en este razonamiento se reduce a que si incluso el imán es lo suficiente potente para atraer la bola desde el punto inferior, entonces con mayor razón no la dejará caer a través del agujero, dispuesto muy cerca de él. Si, al contrario, la fuerza de atracción es insuficiente, entonces la bola no será atraída. En principio la explicación de Wilkins es correcta; es característico que él comprende perfectamente lo rápido que disminuye la fuerza de atracción del imán al aumentar la distancia hasta él. Posiblemente, Wilkins tuvo en cuenta también los puntos de vista del famoso Guillermo Gilbert (1544-1603), médico cortesano de la reina Isabel de Inglaterra, quien tampoco apoyó la idea de este motor.

En el libro de Gilbert «Sobre el imán, los cuerpos magnéticos y el gran imán, Tierra» (1600) no sólo se da la lista de datos conocidos para aquel tiempo sobre el magnetismo, sino que también se describen los nuevos resultados obtenidos en los numerosos experimentos.

En el prefacio del libro Gilbert escribía:

«En el descubrimiento de los enigmas y la investigación de las causas ocultas de las cosas, de los experimentos precisos y las tesis demostradas se obtienen deducciones más sólidas que de las suposiciones y opiniones incomprensibles de los filósofos rutinarios».

¡En cuánto se diferencia esta clara posición de los razonamientos del filósofo-arzobispo Tesnerius!

En el siglo XX se halló al fin y al cabo la posibilidad de realizar el dispositivo con la bola que se mueve «eternamente» por dos canales, que correspondía exactamente por su vista exterior al mpp magnético, descrito por Wilkins. Semejante motor

«perfeccionado» se muestra en la fig. 1.18. El canal superior se fabrica de dos bandas metálicas eléctricamente aisladas una de la otra, y en lugar del imán permanente sobre el montante coloca un electroimán.

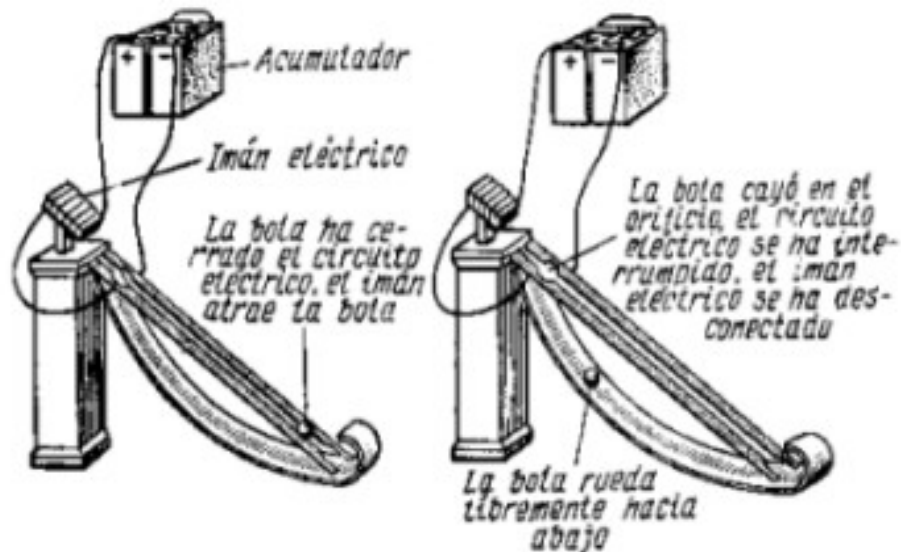


Fig. 1.18 Mpp magnético «perfeccionado» del Siglo XX

El devanado del electroimán se conecta a un acumulador o a otra fuente de energía eléctrica de tal manera, que el circuito se cierre a través de la bola de hierro, cuando ella se encuentra en el canal superior, haciendo contacto con ambas bandas del mismo. Entonces el electroimán atrae la bola (dibujo izquierdo). Al llegar rodando hasta el agujero, la bola desconecta el circuito, cae y rueda por el canal inferior (dibujo inferior) regresando por inercia al canal superior, etc. Si se esconde el acumulador en el montante (o tender a través de él sin que se noten los cables para la alimentación del electroimán desde fuera), y el propio electroimán se coloca en una funda esférica, se puede considerar que está preparado el mpp en funcionamiento. A aquellos, quienes no conocen (o no pueden adivinar) el secreto, este dispositivo ejerce una gran impresión.

No es difícil ver que en este juguete se ha eliminado precisamente el defecto, indicado por Wilkins, la posibilidad de que la bola se atraerá hacia el imán y no caerá en el agujero. El imán cesará de actuar precisamente en el momento cuando la bola debe caer en el agujero, y se conecta de nuevo cuando hay que atraer la bola hacia arriba.

Semejantes juguetes, que imitan de distintos modos al mpp, en los últimos años se han ideado y fabricado en bastante cantidad. Más abajo, en el cap. 5 se da un apartado especial sobre los seudo-mpp, en el que se examinan distintos dispositivos que se consideran (o se hacen pasar) como mpp.

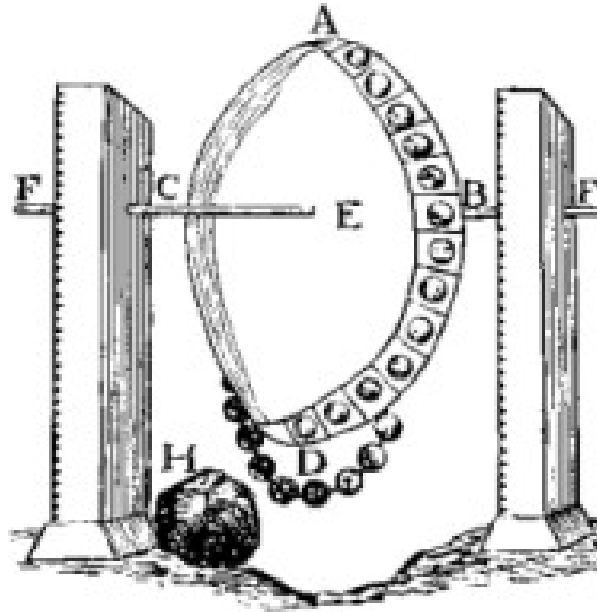


Fig. 1.19. Mpp magnético gravitacional del doctor Jakobus

Representa interés otro proyecto más de mpp magnético propuesto por cierto doctor Jakobus. Como se ve en la fig. 1.19, éste es en esencia un mpp semigravitacional - semimagnético. En el eje CB se ha colocado la rueda E con la cadena AD de bolas pesadas de hierro puesta sobre ella. El imán H, situado a un costado, atrae la cadena hacia un lado, creando asimetría con relación al eje de la rueda. Por el lado donde está situado el imán habrá más bolas con la particularidad de que parte de estas bolas se encontrarán a mayor distancia del eje. Por todas estas causas, como consideraba el autor creía, que la rueda deberá girar. Esto, naturalmente, no sucederá. La acción total del imán sobre las bolas, dispuestas tanto por un lado, como por el otro, creará, claro está, unos momentos de fuerza determinados, sin embargo ellos estarán dirigidos hacia lados opuestos y su suma, tomando en consideración los momentos de las fuerzas de atracción, siempre será igual a cero.

Ulteriormente fueron propuestos muchos otros mpp magnéticos, entre los cuales había ejemplos muy complicados [2.1-2.6]; algunos de ellos fueron contruidos, pero tuvieron la misma suerte que los demás. La idea de uno de semejantes motores magnéticos contruidos fue expuesta ya al final del s. XVIII. Cierta zapatero escocés de apellido Spens halló una sustancia que apantallaba la fuerza de atracción y de repulsión del imán. Se sabe incluso que era de color negro. Con ayuda de esta sustancia Spens aseguró el funcionamiento de dos mpp magnéticos contruidos por él.

Los logros de Spens fueron descritos por el físico escocés David Brewster (1781-1868) en la revista francesa «Anales de física y química» en el año 1818. Aparecieron incluso testigos: en el artículo se escribe que «el señor Pleifer y el capitán Keiter examinaron estas dos máquinas (fueron exhibidas en Edimburgo) y expresaron su satisfacción de que por fin el problema del móvil perpetuo ya se ha resuelto» ¡Así! A continuación, como ordinariamente, no sucedió ninguna clase de «actas de introducción».

Hay que señalar, que en el sentido del descubrimiento de la sustancia que apantalla el campo magnético, Spens no hizo nada particular y su «polvo negro» no hace falta para eso. Es bien conocido que para ello es suficiente una chapa de hierro, con la cual se puede tapar el campo magnético. Otra cosa es crear de este modo un mpp, puesto que para el movimiento de la chapa que apantalla el campo magnético, hay que consumir, en el mejor de los casos, tanto trabajo, cuanto proporcionará el motor magnético.

La cantidad total de motores magnéticos era menor que la de mecánicos y sobre todo de hidráulicos. Pasemos a estos últimos.

1.5. Los mpp hidráulicos

La gran atención que prestaban los inventores de los mpp a las tentativas de utilizar para ellos la hidráulica, claro está, no era casual.

Es bien conocido, que los motores hidráulicos estaban ampliamente divulgados en la Europa medieval. La rueda hidráulica servía como base principal de la energética de la producción medieval incluso hasta el

Siglo XVIII.

En Inglaterra, por ejemplo, según el inventario agrario existían 5000 molinos hidráulicos. Pero la rueda hidráulica se aplicaba no sólo en los molinos; poco a poco se comenzó a utilizarla también para el accionamiento del martillo en los talleres de forja, de los cabrestantes, las trituradoras, los fuelles de forja, máquinas herramienta, sierras múltiples, etc. No obstante, la «energética hidráulica» estaba ligada a determinados lugares de los ríos. pero, la técnica requería un motor que pudiera funcionar en todos los lugares donde sea necesario. Por esta razón, era absolutamente natural la idea de un motor hidráulico que no dependiera del río. Efectivamente, la primera mitad del problema, cómo utilizar la altura del agua, estaba clara. Aquí se acumuló la suficiente experiencia. Quedaba la otra mitad del problema: crear esta altura artificialmente.

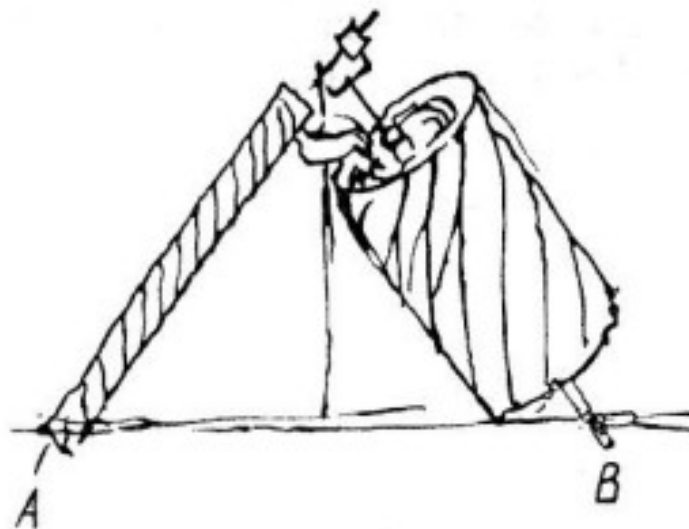


Fig. 1.20. Esbozo del mpp hidráulico de los cuadernos de Leonardo de Vinci

Desde la antigüedad ya se conocían los procedimientos para suministrar ininterrumpidamente el agua de abajo arriba. Entre los dispositivos necesarios para esto el más perfeccionado era el tornillo de Arquímedes. Si se une semejante bomba con la rueda hidráulica, el ciclo se cerrará. Para comenzar hace falta solamente llenar de agua el estanque de arriba. El agua, al bajar de este estanque, girará la rueda, mientras que la bomba, accionada por ella, de nuevo suministrará el agua a dicho estanque. Así pues, resulta un motor hidráulico que funciona, por decirlo así, «a autoservicio». No necesita río alguno; él mismo creará la altura

necesaria y al mismo tiempo pondrá en movimiento el molino o la máquina herramienta.

Para un ingeniero de aquellos tiempos, cuando todavía no existía la noción de energía y el principio de su conservación, en esta idea no había nada de extraño. Muchísimos inventores trabajaban, intentando ponerlo en la práctica. Solamente algunas grandes inteligencias comprendían que esto es imposible; y uno de los primeros entre ellos fue el genio universal, Leonardo de Vinci. En sus cuadernos se encontró el bosquejo de un mpp hidráulico (fig. 1.20). La línea horizontal abajo del dibujo muestra el nivel de agua en el tanque, del cual la máquina toma el agua. La máquina consta de dos dispositivos giratorios enlazados entre sí A y B, entre los cuales se ha colocado un vaso lleno de agua. El dispositivo A representa un tornillo de Arquímedes, que suministra el agua del tanque inferior al vaso. El dispositivo B gira, accionado por el agua que cae del vaso, y gira la bomba A, el tornillo de Arquímedes; el agua usada se vierte de nuevo al tanque.

Leonardo, en lugar de la rueda hidráulica, conocida entonces, utilizó la turbina de agua, haciendo de paso una de sus invenciones. Esta turbina, la bomba invertida, es el tornillo de Arquímedes. Leonardo comprendió que si se vierte agua sobre la rueda, ella girará por sí sola, transformándose de bomba hidráulica en turbina.

A diferencia de sus contemporáneos y los futuros inventores de los mpp hidráulicos de este tipo (motor hidráulico + turbina hidráulica) Leonardo sabía que ello no podrá funcionar. Al agua, en la cual no hay diferencia de niveles, él la llamó muy metafórica y exactamente «agua muerta». Él comprendía que el agua cayente puede en el caso ideal elevar la misma cantidad de agua al nivel inicial y nada más; ella no puede realizar ningún trabajo suplementario. Para las condiciones reales las investigaciones del rozamiento realizadas por él dieron razón para considerar que incluso esto no se alcanzará, puesto que «del esfuerzo de la máquina hay que restar lo que se pierde en el rozamiento en los apoyos». Entonces, Leonardo fulminó la sentencia definitiva: «es imposible poner en movimiento el molino con ayuda del agua muerta».

Esta idea sobre la imposibilidad de obtener trabajo «de la nada» (por ejemplo, del «agua muerta») fue desarrollada más tarde por R. Descartes y otros pensadores;

en resumidas cuentas ella condujo al establecimiento del principio general de conservación de la energía.

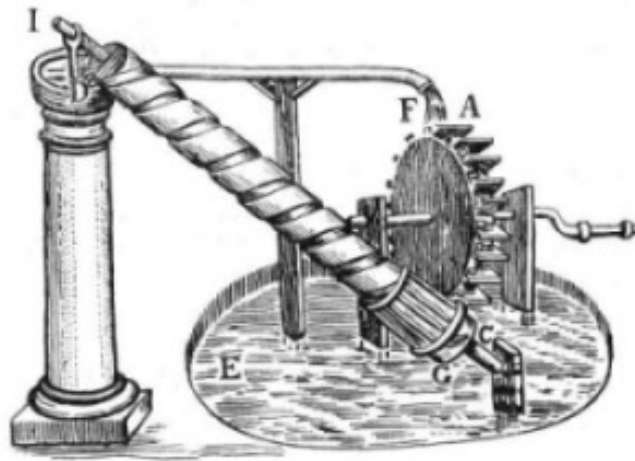


Fig. 1.21. Motor hidráulico «tipo»

Pero, todo esto sucedió mucho más tarde. Mientras tanto, los inventores de los mpp hidráulicos elaboraban nuevas y nuevas variantes, explicando cada vez sus fracasos por unas u otras faltas particulares.

Como ejemplo clásico de un mpp hidráulico puede servir la máquina mostrada en la fig. 1.21. Una variante más compleja de semejante motor (fig. 1.22), utilizado para fines prácticos, ha sido cogida del libro de G. Becker «Nuevo teatro de máquinas» editado en Nuremberg en 1661. Este motor, destinado para hacer girar una piedra de afilar, fue propuesto por el italiano Jacobo de Strada en el año 1575 (por otras fuentes en 1629). Del depósito de agua inferior S la bomba helicoidal O con un piñón que se pone en movimiento con ayuda de la rueda dentada R, trasiega el agua a la bandeja superior. De aquí el agua se vierte a la rueda C, la cual, por intermedio del árbol D, pone en movimiento la piedra de afilar. Por intermedio de un sistema complejo de transmisiones (tornillo sin fin y las ruedas dentadas E, G, L y R) la rueda C pone también en movimiento la bomba O. Para la uniformidad del movimiento en el árbol vertical se ha establecido el volante K.

El autor está tan convencido de que al flujo A el agua se suministra con exceso y que bastará para todas las necesidades, que por el tubo P vierte parte de la misma

para humectar la piedra de afilar, a la cual trabaja el afilador. Aquí se ha hecho todo lo que puede ser previsto por un constructor experimentado.

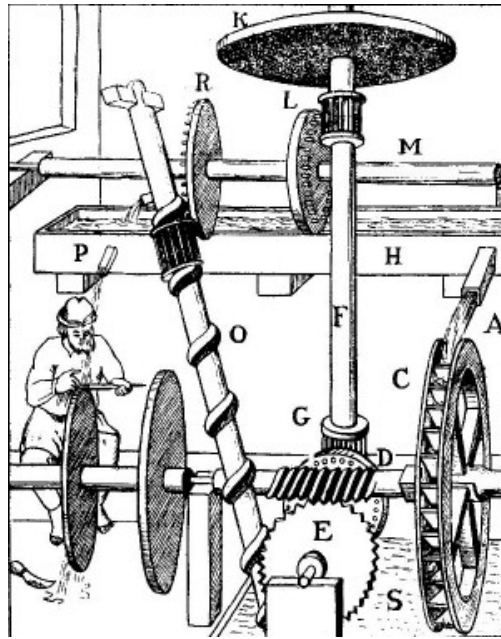


Fig. 1.22. Motor hidráulico para el accionamiento de una piedra de afilar

Pero, en la máquina llamada por él «arte de giro y rotación con doble transmisión», no se ha tomado en cuenta solamente una circunstancia: la bomba nunca podrá elevar tanta agua, como necesita la rueda de trabajo. El experimento mostraba cada vez precisamente este hecho.

Uno de los artificios para superar las dificultades, consistía en obligar al agua a elevarse (y verterse) en menor diferencia de alturas. Para ello se preveía un sistema en cascada de varias bombas y ruedas de trabajo unidas en serie. Semejante máquina, descrita en el libro de 3. Wilkins ya conocido por nosotros, se muestra en la fig. 1.23.

La elevación del agua se realiza por medio de una bomba de hélice, compuesta por el tubo inclinado AB, en el cual gira el rotor LM, mostrado más abajo aparte. Éste se pone en movimiento por tres ruedas de trabajo H, I y K, sobre las cuales el agua se suministra desde tres vasos dispuestos en cascada E, F y G. En la valoración de este motor Wilkins, lo mismo que en la apreciación de los casos descritos anteriormente, estuvo a la altura debida. Él no sólo rechazó este motor por razonamientos

generales, sino que incluso calculó que para la rotación de la espiral «se requiere tres veces más agua, que la que ella suministra hacia arriba».

Señalemos que Wilkins, lo mismo que muchos de sus contemporáneos, comenzó a dedicarse a la mecánica e hidráulica con las tentativas de inventar el móvil perpetuo. Un ejemplo más que estimula la acción del mpp-1 a la ciencia de aquellos tiempos.

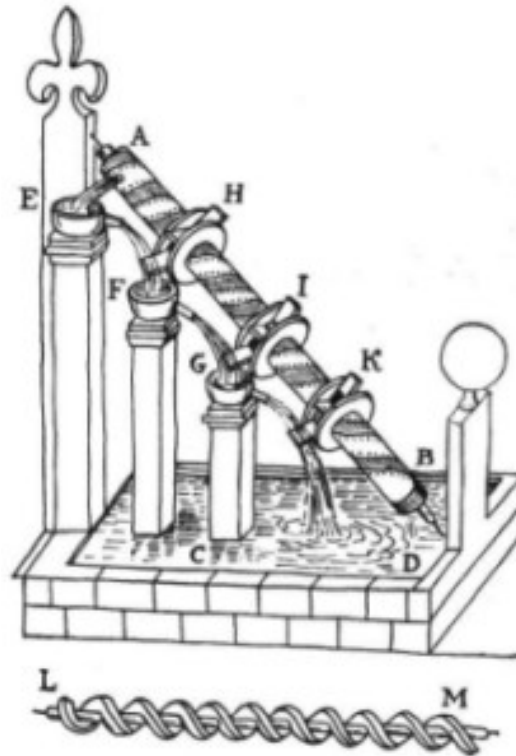


Fig. 1.23. Mpp hidráulico en cascada tri-escalonado con un tornillo de Arquímedes

«La primera vez que yo pensé en esta invención, yo me detuve con fuerza de no chillar, lo mismo que Arquímedes, «eureka». Me pareció que por fin se encontró un medio fácil de realizar el móvil perpetuo - escribía él en 1684, recordando sus tentativas de crear un mpp hidráulico con auxilio de una rueda hidráulica y del tornillo de Arquímedes para la elevación del agua. Sin embargo, bajo la influencia de los fracasos experimentales él encontró fuerzas para realizar el análisis teórico y pasar de las fantasías sin fundamento al análisis científico.

Wilkins dio la primera clasificación de los métodos de construcción de los móviles perpetuos:

1. con ayuda de la extracción química (estos proyectos no llegaron hasta nuestros días);
2. con ayuda de las propiedades del imán;
3. con ayuda de las fuerzas de la gravedad.

El refería los mpp hidráulicos (con absoluta razón) al tercer grupo.

En resumen Wilkins escribió clara y unívocamente «Yo he sacado la conclusión de que este dispositivo es incapaz de funcionar». Este aficionado a la ciencia, epíscopo, dio en el siglo XVII un digno ejemplo de cómo hay que vencer los errores y hallar la verdad. ¡Si a él le hubiesen seguido los inventores diplomados de los mpp del siglo XX!

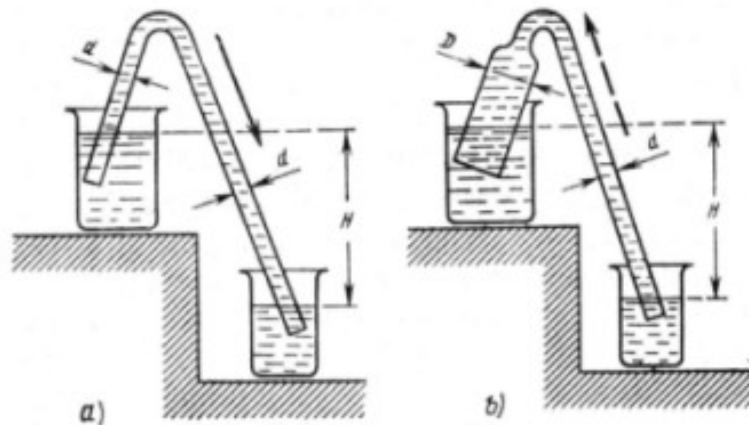


Fig. 1.24. Principio de funcionamiento de un mpp hidráulico de sifón: a; un sifón corriente; b, sifón «inverso» con el codo superior ensanchado

Entre otros mpp hidráulicos cabe señalar la máquina del jesuita polaco Stanislav Soliski, quien para poner en movimiento la rueda de trabajo hacía uso de un cubo con agua. En el punto superior la bomba llenaba el cubo, éste descendía, girando la rueda, en el punto inferior el cubo se volcaba y vacío subía; luego el proceso se repetía. Cuando el padre demostró esta máquina en Varsovia (1661) al rey Casimiro le gustó mucho. No obstante, incluso los éxitos profanos de los inventores titulados no podían ocultar el hecho de que los mpp hidráulicos del sistema «bomba - rueda hidráulica» en la práctica no funcionaban. Hacían falta nuevas ideas, valiéndose de

las cuales se pudiera elevar el agua desde el nivel inferior al superior sin gasto de trabajo, sin emplear la bomba mecánica. Y semejantes ideas aparecieron, tanto a base de la utilización de los fenómenos ya conocidos, como en relación con los nuevos descubrimientos físicos.

La primera de las ideas, la cual hay que recordar, es el empleo del sifón. Este dispositivo, conocido ya desde tiempos antiguos (se menciona por Herón de Alejandría), se utilizaba para la transfusión del agua o aceite de un recipiente, ubicado más arriba, a otro, dispuesto más abajo (fig. 1.24, a).

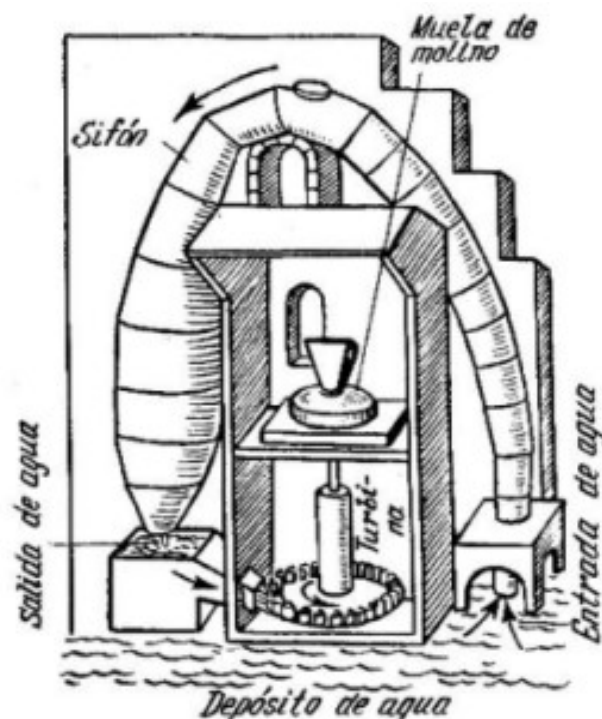


Fig. 1.25. Mpp hidráulico de sifón de Zonca para el accionamiento de un molino

La ventaja de semejante dispositivo simple, que se usa hasta hoy día, consiste en que se puede tomar el líquido del recipiente superior por arriba, sin hacer orificios en su fondo o paredes. La única condición del funcionamiento del sifón es el llenado total previo del tubo con líquido. Por cuanto entre los vasos superior e inferior existe diferencia de niveles, la altura de la columna de líquido en el codo largo del tubo es mayor que en el corto en la magnitud H . Naturalmente, el líquido pasará por gravedad del vaso superior al inferior.

Surge la pregunta: ¿cómo se puede utilizar el sifón para la elevación del agua, si la destinación es al contrario, el vaciado del agua? Sin embargo, precisamente semejante idea paradójica fue expuesta cerca del año 1600 y descrita en el libro «Nuevo teatro de máquinas y obras» (1607) por el arquitecto urbano de Padua (Italia) Vitorio Zonca.

Ella consistía en hacer el codo superior del sifón, el corto, más grueso, de mayor diámetro ($D > d$), como se muestra en la fig. 1.24, b. En este caso, consideraba Zonca, el agua en el codo izquierdo, el grueso, a pesar de su menor altura superará al agua en el codo delgado y el sifón la atraerá en dirección contraria, del vaso inferior al superior. Él escribía: «La fuerza que se manifiesta en el codo grueso atraerá lo que entra por el codo más estrecho». A base de este principio debía funcionar el mpp de Zonca, mostrado en la fig. 1.25. El sifón tomaba el agua del depósito de agua inferior a la derecha al tubo estrecho (codo derecho del sifón); el agua se vaciaba del tubo ancho (el codo izquierdo del sifón) a un vaso situado a un nivel más alto que el depósito de agua, de donde se suministraba a la rueda hidráulica y se vaciaba de nuevo al depósito de agua. La rueda giraba, por intermedio de un árbol, la piedra molar del molino.

Esta máquina peculiar, naturalmente, no podía funcionar, puesto que conforme a las leyes de la hidráulica la dirección de movimiento del líquido en el sifón depende solamente de las alturas de las columnas de líquido y no depende de sus diámetros. Sin embargo, en los tiempos de Zonca los prácticos no tenían una idea clara sobre esto, a pesar de que en los trabajos de Stevin de hidráulica ya se resolvió el problema sobre la presión en el líquido. Él mostró (1586) la «paradoja hidrostática»: la presión en el líquido depende solamente de la altura de su columna, y no de su cantidad. Esta tesis se hizo ampliamente conocida más tarde, cuando semejantes experimentos fueron realizados de nuevo y más ampliamente por Blas Pascal (1623-1662). Pero tampoco éstos fueron comprendidos por muchos ingenieros y científicos, quienes, lo mismo que antes, consideraban que cuanto más ancho es el vaso tanto mayor es la presión del líquido contenido en él. A veces, incluso las personas que trabajaban en la línea principal de la ciencia y técnica contemporáneas a ellos eran víctimas de semejantes errores. Como ejemplo puede servir el propio Dionisio Papin (1647-1714), inventor no sólo de «la caldera de

Papin» y la válvula de seguridad, sino que también de la bomba centrífuga, y lo principal, de las primeras máquinas a vapor con cilindro y émbolo.

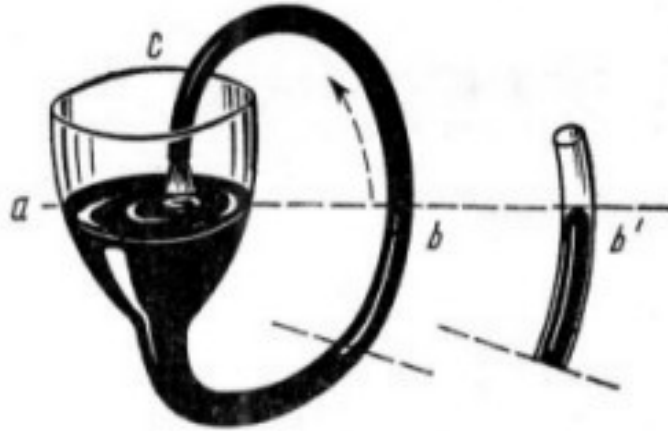


Fig. 1.26. Modelo del mpp hidráulico de D. Papin

Papin incluso estableció la dependencia de la presión del vapor de la temperatura y mostró cómo obtener, a base de esto, vacío y presión elevada; él era discípulo de Huygens, mantenía correspondencia con Leibniz⁸ y otros grandes científicos de su tiempo, era miembro de la Sociedad Real de Inglaterra y la Academia de Ciencias de Nápoles. ¡Y esta persona, quien, con pleno derecho, se considera un eminente físico y uno de los fundadores de la termoenergética moderna (como el creador de la máquina a vapor), trabaja también en la creación del móvil perpetuo! Es más, él propone un mpp, el error del principio del cual era absolutamente evidente para la ciencia de aquel tiempo. Él publica este proyecto en la revista «Trabajos filosóficos» (Londres, 1685).

La idea del mpp de Papin es muy simple, es en esencia el tubo de Zonca puesto «patas arriba» (fig. 1.26). Por cuanto en la parte ancha del vaso el peso del agua es mayor, su fuerza deberá sobrepasar la fuerza del peso de la columna estrecha de agua en el tubo delgado C. Por esta razón el agua se verterá continuamente del extremo del tubo delgado al vaso ancho. ¡Sólo queda colocar por debajo del chorro una rueda hidráulica y el mpp estará preparado!

⁸ Quien precisamente le dictó a D. Papin la idea de combinación del émbolo con el cilindro.

Es evidente que en realidad no será así, la superficie del líquido en el tubo estrecho se establecerá a un mismo nivel que en el grueso, lo mismo que en cualesquiera vasos comunicantes (así como en la parte derecha de la fig. 1.26).

La suerte de esta idea de Papin fue la misma que la de otras variantes de mpp hidráulicos. El autor nunca más volvió a ella, dedicándose a una tarea más útil, a la máquina de vapor.

La historia de la invención de D. Papin sugiere la pregunta que surge constantemente al estudiar la historia de los mpp: ¿cómo explicar la extraordinaria ceguedad y la extraña manera de actuar de muchas personas bastante instruidas y, principalmente, talentosas, que surgía cada vez que la cosa se refería a la invención de los mpp?

Volveremos a esta pregunta en lo sucesivo. Si continuamos la conversación sobre Papin, es incomprensible también otra cosa, además de que él no toma en consideración los ya conocidos principios de la hidráulica. Pues, en este tiempo él ocupaba el puesto de «tutor temporal de los experimentos» en la Sociedad Real de Londres. Papin podía comprobar fácilmente durante su práctica experimental la idea del mpp propuesta por él (lo mismo que comprobó otras de sus proposiciones). Semejante experimento es fácil de realizar en media hora, incluso sin disponer de las posibilidades del «tutor de los experimentos». Él no hizo esto, y mandó el artículo a la revista sin comprobar nada. ¡ Una paradoja: un eminente científico experimentador y teórico publica un proyecto que contradice a la teoría ya establecida y no es comprobado experimentalmente ! Este ejemplo, no es único. Más tarde, incluso hasta nuestros tiempos, tropezaremos con casos del mismo género no menos paradójicos.

Más tarde fueron propuestos muchos mpp hidráulicos con otros procedimientos de elevación del agua, en particular capilares y por mecha (lo que, propiamente, es lo mismo) [2.4-2.6]. En ellos se proponía. elevar el líquido (agua o aceite) del vaso inferior al superior por un capilar o mecha humectado. Efectivamente, se puede elevar el líquido por este procedimiento a una altura determinada, pero las mismas fuerzas de tensión superficial, que determinaban la elevación, no permitirán al líquido escurrir de la mecha (o el capilar) al vaso superior.

Al final de este párrafo examinaremos un mpp más, bastante original, propuesto por una persona no menos eminente que D. Papin, por el matemático Juan Bernoulli (1667-1748), uno de los tres famosos científicos, pertenecientes a esta familia.

La idea del motor se basa en la utilización de fenómeno de la ósmosis.

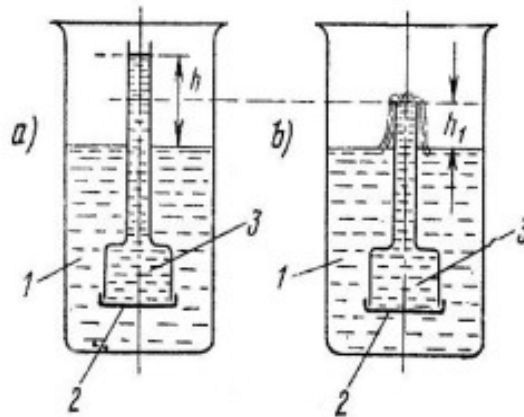


Fig. 1.27. Mpp osmótico de Juan Bernoulli: a, equilibrio; b, rebose del líquido; 1, agua; 2, tabique (membrana); 3, solución de sal

La ósmosis (en griego «empujón, presión») surge cuando dos líquidos diferentes están separados por el llamado tabique semi-permeable. Semejantes tabiques son permeables para una sustancia, pero impermeables para otra. Son conocidos desde tiempos muy remotos. La vejiga de los animales, por ejemplo, deja pasar el agua, pero no deja pasar la sal y el azúcar. Si se arma el dispositivo mostrado en la fig. 1.27, a, y en el vaso interior, sumergido en agua, se echa una solución, por ejemplo, de sal, el agua se infiltrará al vaso interior. El nivel en el tubo aumentará hasta que la presión de la solución en el fondo del tubo se haga igual a la llamada presión osmótica. Esta presión, determinada para cada solución, impide la penetración ulterior del agua a través del tabique; en el tubo se establece un nivel determinado h . En esto se manifiesta la ósmosis. Precisamente ella determina el hinchamiento de las semillas sumergidas en el agua, la elevación del agua del suelo por los troncos de los árboles y muchos otros procesos biológicos.

Bernoulli consideraba que la presión osmótica se puede utilizar para la elevación continua del agua del nivel inferior al superior. Él se basaba en su teoría del origen del agua de río de la de mar. Según su opinión, el agua salada de mar, al pasar por las capas de tierra, que dejan pasar el agua (pero que no dejan pasar la sal), se

transforma en la dulce, se eleva y corre de nuevo al mar en forma de ríos. Semejante circulación constante del agua representaba en sí un evidente *perpetuum mobile naturae*, por eso era absolutamente natural la idea de crear el correspondiente *ppm artificiae*.

De este modo, hablando en el lenguaje moderno, Bernoulli consideraba la capa superior del suelo como tabique semipermeable; pero incluso si ella tuviera esta propiedad, el agua dulce se infiltraría al mar, y no al contrario. (El agua de mar, como es conocido, se destila mediante la evaporación y llega a los ríos a través de la atmósfera en forma de precipitaciones.)

Es fácil mostrar que la presión osmótica no puede ser utilizada para la elevación del agua en el mpp hidráulico. Hagamos así como proponía Bernoulli: cortemos el tubo del vaso interior a la altura $h_1 < h$ (es decir, por debajo del nivel h , que se asegura por la presión osmótica). Entonces el agua correrá verdaderamente del nivel superior al inferior (fig. 1.26, b).

Al parecer, se ha alcanzado el objetivo, el agua fluirá eternamente. Pero es temprano alegrarse, el chorro de líquido que fluye disminuye poco a poco y al cabo de cierto tiempo se agotará totalmente. Se explica esto simplemente, es que se vierte no agua pura, sino una solución de sal.

Poco a poco la solución en el vaso interior se diluirá con el agua pura que penetra a través del tabique, y en el vaso exterior, se salificará. Cuando se igualen las concentraciones de la solución en ambos lados del tabique, todo el sistema alcanzará el equilibrio y el proceso cesará, la solución salina se hará igual al «agua muerta», sobre la que escribía Leonardo de Vinci. Para que se reanude el proceso de ósmosis, hay que salar continuamente la solución en el vaso interior, y en el vaso exterior, al contrario, destilarla. Pero entonces ya no será un mpp, sino que un «motor de sal» peculiar, el cual debe ser alimentado continuamente con sal y agua dulce (lo mismo que el motor térmico con combustible y aire).

Hemos examinado brevemente la situación histórica que determinó la denominación y el desarrollo de las ideas de los mpp, los tipos principales de los móviles perpetuos, así como la discusión entre sus partidarios y contrarios. Todo esto se refiere al período cuándo la noción sobre la energía y su conservación o no existía totalmente, o solamente se formaba con arreglo a la mecánica.

Sin embargo, esta consideración será incompleta si no se refleja en ella la historia del móvil perpetuo de Ernesto Bessler (Orfireus) y los acontecimientos relacionados con ella. Ésta tuvo lugar en la primera mitad del siglo XVIII y, en realidad, finaliza el primer período de la historia de los mpp. En él se reflejaron como en un espejo los aspectos técnicos, científicos e incluso psíquicos de la historia de los mpp, muchos de ellos conservaron su significado hasta nuestros tiempos.

1.6 Orfireus, el mpp y Pedro I

La historia del móvil perpetuo de Bessler-Orfireus se da en una u otra forma en casi todos los libros y artículos sobre los mpp. Nosotros también la expondremos con ciertos complementos, no tanto por su interés⁹, como por su carácter aleccionador. Representa en sí el modelo clásico de todo el «ciclo vital» de los mpp, desde las ideas y las grandes esperanzas a través de la construcción de la máquina, las tentativas de su «reglaje» y hacerla funcionar hasta el fracaso inevitable. En este ciclo, así como en la escena, intervienen también personas muy distintas: el protagonista principal, inventor, quien al principio prometía mucho como científico e ingeniero y al final se hizo falsificador y aventurero; grandes científicos, quienes rechazaban «desde el umbral» la posibilidad de crear el mpp, y científicos de menor importancia, quienes consideraban que éste es absolutamente posible, y quienes apoyaban al inventor; y sus ayudantes y colaboradores; y los altos protectores del inventor, quienes disponían de recursos y poder... Por fin, con esta historia está relacionada una persona tan poderosa como el Emperador Pedro 1, quien seguía con mucha atención las novedades de la ciencia y técnica europeas. La «Joven Rusia» necesitaba motores para las empresas mineras y metalúrgicas que se desarrollaban. Naturalmente, Pedro 1 se interesó por el motor de Orfireus.

Comencemos por la biografía breve del personaje principal de esta historia, Ernesto Bessler. Nació en Alemania (Sajonia) en 1680, muy pronto manifestó notables capacidades y, pese a su procedencia campesina, ingresó en el gimnasio. El manifestaba especial interés por las matemáticas y la mecánica.

⁹ Ella puede servir de un excelente fundamento para una novela histórica, una pieza e incluso una comedia musical. La literatura, así como la dramaturgia musical, prestan gran atención a la historia, a pesar de que los científicos e inventores figuran en ella con menos frecuencia de lo que se merecen. Este reproche se refiere principalmente a los compositores. Solamente J. Offenbach dio un excelente ejemplo con su ópera cómica «Doctor Ox» con el argumento de la novela de ficción científica de J. Verne

Antes de terminar la escuela el joven Ernesto empezó a peregrinar por los estados de Alemania y Austria-Hungría, dominando con bastante éxito las más diversas profesiones, desde relojero y armero hasta alquimista, astrólogo y médico. En este sinuoso camino él, así como el héroe de una novela picaresca, se encuentra con las personas más distintas, soldados y artesanos, sacerdotes y músicos, médicos y alquimistas... Su destino se forma de distinta maneras unas veces cae en la miseria y pasa hambre, otras adquiere una fortuna y vive a lo grande. Por fin, después de adquirir en las peregrinaciones experiencia y conocimientos en distintas profesiones, Bessler a los treinta años de edad comprendió que ya era hora de asentar el pie y ocupar un puesto firme en la sociedad.

Para hacer carrera, una persona de las capas inferiores de la sociedad debía responder como mínimo en aquellos tiempos a tres condiciones: un nombre sonoro, que no recuerde el bajo origen campesino; una base material sólida y, por fin, una idea fructífera, elaborando la cual, se pueda lograr riqueza, gloria y apoyo en los círculos aristocráticos superiores.

Lo más fácil de todo era el nombre sonoro. El hijo de un campesino se convirtió en la persona sabia de Juan Orfireus (*Orphos* significa en griego «alto»).

Una base material considerable él la adquirió por un procedimiento bastante conocido, se casó con una heredera rica. Pero esto no fue una historia banal, sino que transcurrió con bastante romanticismo. En la pequeña ciudad de Aunaberg el doctor Orfireus curó a la hija del médico urbano de esta ciudad Schumann (que más tarde se hizo alcalde) y recibió como recompensa no sólo su mano y corazón, sino que también una dote considerable.

La elección de la idea fructífera para mostrarse y manifestar sus posibilidades, se determinaba tanto por el compás del tiempo, como también por el trozo anterior de la biografía de Bessler-Orfireus. Todo el s. XVII y sobre todo el comienzo del s. XVIII se caracteriza justamente como el «siglo de oro» de los mpp. Éste era un tiempo cuando se combinaban peculiarmente dos factores necesarios para ello. Por un lado, la necesidad de un motor universal económico se hizo ya la necesidad imperiosa de la sociedad¹⁰ y las búsquedas del mismo se llevaban a cabo en todas

¹⁰ En una patente inglesa (del 9.11.1635) sobre esto se decía con precisión jurídica: «Ella (la patente) se refiere al arte de crear máquinas, las cuales, puestas una vez en marcha, funcionarán realizando sus movimientos

las direcciones; por otro lado, el principio de conservación de la energía todavía no se había formulado y no existía la prohibición general científicamente argumentada de la creación de los mpp. A esto hay que añadir el interés hacia la ciencia, que se difundía cada vez más ampliamente en el «siglo de instrucción» y que penetró incluso en los salones aristocráticos y que se hizo una moda peculiar. Si se toma todo esto en consideración, se hará evidente el porqué tantas personas tendían a distinguirse precisamente en el campo de la creación de mpp.

Juan Orfireus tenía todas las razones para considerar que sus posibilidades para ser aquí uno de los más destacados eran bastante grandes. Él era joven, enérgico, instruido y, por fin, dominaba bien distintos oficios. Y Orfireus se dedicó al móvil perpetuo.

Señalemos, antes de ir más adelante, una circunstancia importante.

No existen pruebas serias de que Bessler desde el principio, como escriben muchos autores, era un granuja y que se dedicaba al móvil perpetuo solamente para hacer carrera, engañando a la gente. Esta suposición es poco probable aunque sea por el hecho de que para ello él debía ser ya al principio de su carrera más listo y adelantado que las personas de su época, es decir, debía encontrarse al nivel de aquellos pocos eminentes físicos, quienes ya entonces comprendían la imposibilidad de realizar el mpp.

Asegurándose las condiciones para el trabajo y eligiendo su dirección, Bessler-Orfireus ya en el año 1712 construyó el primer modelo de mpp. La estructura del motor quedó desconocida. Los pocos testigos oculares confirmaban distintas cosas, unos se admiraban, otros dudaban. El autor, poco tiempo después, destruyó él mismo el modelo.

En 1715, al trasladarse con su esposa a Merseburgo, Orfireus construyó el segundo ya una máquina grande e incluso la presentó a la «comisión de especialistas». En la composición de la comisión entraba el físico y filósofo Cristian Wolf (el futuro maestro de Lomonósov). A pesar de que el inventor no permitió a los miembros de la comisión examinar su estructura interior (incluso por un pago especial), la comisión le entregó un documento de que su «móvil perpetuo afortunadamente inventado gira a la velocidad de 50 r.p.m. y eleva una carga de 40 libras a la altura

eternamente y además sin la aplicación de fuerza alguna: del hombre, el caballo, el viento, el río o una fuente, y al mismo tiempo realizarán distintos trabajos para el bienestar y el florecimiento del estado».

de 5 pies». En la conclusión de la comisión no había datos algunos sobre la estructura del motor y por qué él funcionaba, su estructura quedó desconocida. A pesar de esto (o puede ser que a consecuencia de esto) C. Wolf habló así de la máquina: «algo digno de admiración».

El propio Orfireus para explicar el asunto publicó «Descripción detallada de la afortunada invención del móvil perpetuo junto con su representación exacta». En qué grado es exacta esta representación, se puede juzgar por la fig. 1.28.

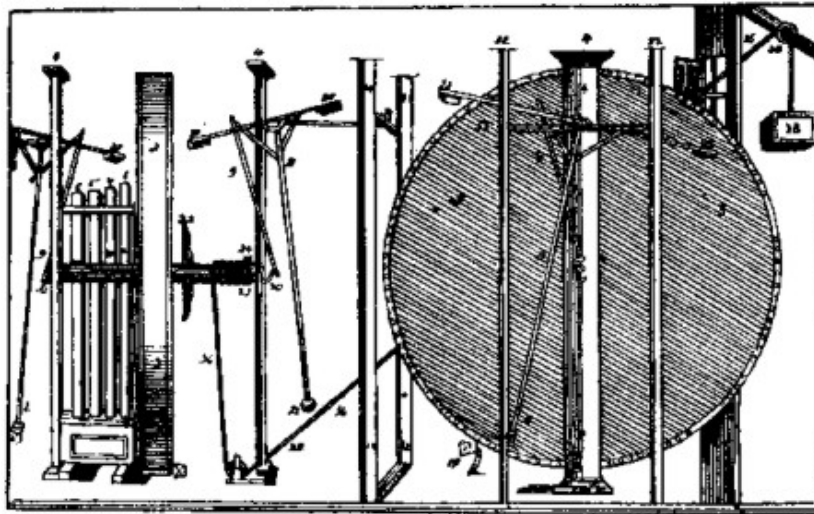


Fig. 1.28. «Reproducción exacta de la invención afortunada» de Orfireus

De una u otra manera, pero el objetivo fue alcanzado: el ruido y las discusiones alrededor de la máquina provocaron el interés hacia ella tanto entre la «sociedad científico-técnica», como entre el amplio público. Se expresaban las más distintas opiniones. Cristian Wagner, abogado y matemático de Leipzig, con la desconfianza propia de su primera profesión afirmaba que dentro de máquina se hallaba un árbol oculto («un asado») que se ponía en movimiento desde fuera. Aproximadamente de la misma manera opinaba Andrés Gärtner: él suponía que la máquina se ponía en movimiento por una persona oculta, quien tiraba de una cuerda. Gärtner incluso propuso hacer una apuesta de 1000 táleros, de que el desenmascararía a Orfireus. Otro escéptico, Juan Barliach, incluso publicó un dibujo, en el cual se muestra cómo se hacía esto (fig. 1.29). Es característico que ni uno de los escépticos dudaba de que, en principio, el mpp se puede construir; se criticaba solamente el modelo dado de máquina (el propio Gärtner construía móviles perpetuos). Entre los científicos

alemanes solamente G. Leibniz desmentía ya entonces sin reservas la posibilidad de crear el mpp.

El éxito engendró en Orfireus el espíritu de codicia: él fijó en la máquina una hucha, para coger dinero de los numerosos visitantes (para fines de caridad). Pero, el consejo municipal de la ciudad de Merseburgo tampoco quedó indiferente y sometió al inventor a un impuesto diario de 6 pfennigs, con lo cual le ofendió gravemente.

Entre tanto, la fama de Orfireus se difundía. En 1716 Carlos, el *landconde* de Hesse-Cassel, quien manifestaba interés por las ciencias, invitó a Orfireus a su casa. Aquí, una vez instalado en el castillo Weisenstein y de recibir el cargo de consejero de la provincia, el inventor comenzó a construir el tercer modelo de su mpp.

Un año más tarde la máquina estaba preparada, y el 12 de noviembre de 1717, en presencia de la comisión científica, de la cual formaban parte el físico Wilhelm Gravesande de Leyden (Holanda) (1648-1742) y el arquitecto Emmanuel Fischer de Gerlach¹¹, el motor se puso en marcha en un local especial, escogido por el *landconde* en el castillo cerca del apartamento de Orfireus. La comisión decidió comprobar fundamentalmente la máquina: el cuarto fue sellado para dos semanas. Después de terminar el plazo se quitó el sello y el landconde, al entrar con su comitiva al cuarto, descubrió que la rueda giraba con la misma velocidad que dos semanas atrás. El experimento fue continuado; el cuarto fue sellado de nuevo primero para 40 días, y luego para 60 días más. El resultado fue el mismo. A Gravesande, lo mismo que a Wolf, no se le permitió examinar detalladamente la rueda; sin embargo, la examinó por fuera. Representaba un tambor vacío de 12 pies de diámetro y cerca de 14 pulgadas de anchura, confeccionado de tablillas de madera cubiertas con tela opaca encolada. El tambor estaba encajado sobre un eje grueso (de cerca de 6 pulgadas de diámetro), en los extremos del cual se encontraban unas conteras de hierro de 3/4 de pulgada de longitud cada una, colocadas sobre cojinetes, en los cuales giraba dicho eje.

Gravesande en su carta a Newton (1721) menciona la máquina de Orfireus como «algo bastante extraordinario, pero que merece su estudio ulterior». Sea como sea,

¹¹ Es significativo que Fischer se encontraba en Gerlach, para vigilar por la construcción de la máquina a vapor. El trabajo en la creación del motor universal se llevaba a cabo simultáneamente en dos direcciones tan distintas. A veces sucedía que con ellas estaban enlazadas unas mismas personas. Recordemos aunque sea el caso con D. Papín.

la comisión dio una reseña positiva, por cuanto «nada por fuera de la rueda contribuye a su movimiento».

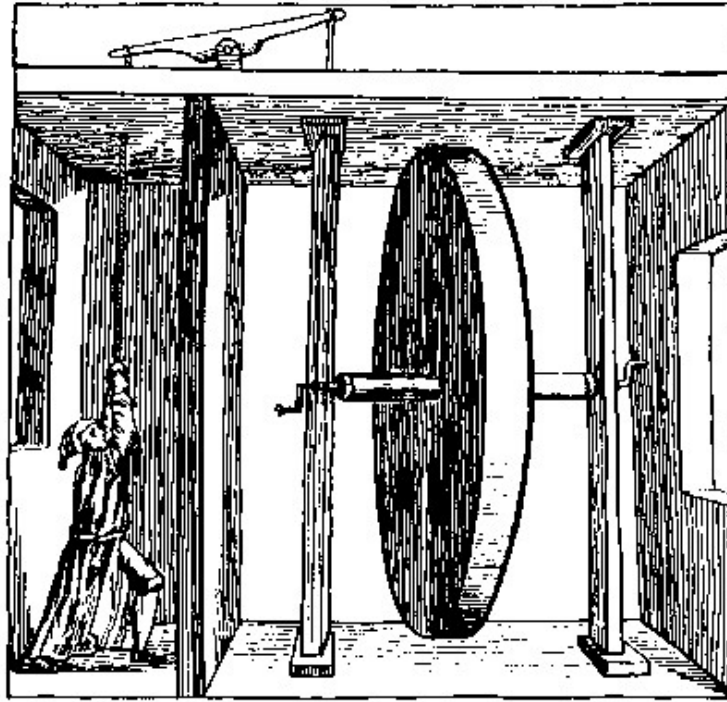


Fig. 1.29. Así se imaginaba Johann Barliach la fuente del movimiento de mpp de Orfireus

El landconde le dio al inventor un documento, aún más ponderable que cualquier reseña científica. En él se hablaba de que con «su palabra justa de príncipe» el landconde atestigua que el mpp de Orfireus «no se pone en movimiento ni con fuerza ni ayuda exteriores, no depende de ninguna espiral a la que se le dé cuerda por dentro y de ninguna clase de ruedas, y que merced a las casi innumerables investigaciones ésta es la máquina ya hace mucho buscada y deseada o el llamado móvil perpetuo totalmente artificial... y es una rueda autopropulsada, la cual merced a su fuerza interna artificial de movimiento, puede moverse el tiempo, necesario para que en su estructura interior disminuya, se destruya, se rompa, explote, se estropee o se desgaste algo». El landconde le regaló al consejero comercial y matemático Orfireus un «privilegio notable», que incluía una casa, el patio y recursos. Éste fue el punto culminante de la carrera de Orfireus.

Para fortalecer sus posiciones, Orfireus publicó él mismo una obra (en dos lenguas: latín y alemán) «El célebre móvil perpetuo de Orfireus». Este libro de 200 páginas es muy interesante; mucho de lo que se encontró en él en el sentido del estilo y el enfoque a la ciencia, se repite en distintas formas en las obras de otros inventores de mpp más tarde y sus partidarios (a pesar de que es poco probable que ellos conocieran la obra de Orfireus).

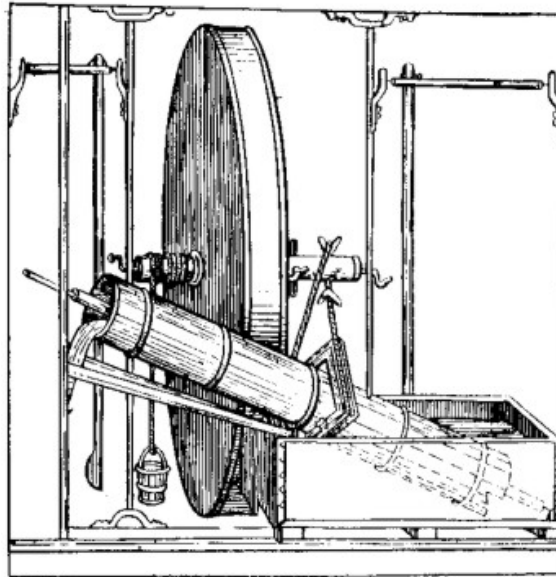


Fig. 1.30. La nueva variante «triumfante» del mpp de Orfireus

El libro comienza con una dedicatoria, llamada acertadamente en [2.4] «de cuatro pisos». El autor dedica el libro a Dios, al público, a la gente científica y a sí mismo. La descripción del motor es muy breve e incomprensible; menos comprensible aún es el dibujo (fig. 1.30) que lo representa: una rueda, un tubo, un balde y un vaso con agua. Es un enigma cómo todo esto está mutuamente relacionado y por qué funciona. En este apartado no existe ninguna clase de argumentos y de nuevas ideas. Mientras tanto, la parte restante del libro está dedicada a la polémica con los oponentes (mejor dicho, contrarios). Los procedimientos, utilizados por él en este libro, viven hasta hoy día; en adelante veremos que ellos forman parte del armamento de los buscadores contemporáneos del movimiento perpetuo. Se han reunido minuciosamente todas las opiniones «en pro» (o las que pueden contarse como tales); se exponen detalladamente y con estimación a sus autores. Al

contrario, en dirección a sus contrarios se escriben palabras feas sin ninguna tentativa de discutir seriamente con ellos. Es imposible sacar nada concreto de todo esto.

Mientras Orfireus disfrutaba de su gloria y derrotaba por escrito a sus oponentes, el rumor sobre su máquina se difundía por toda Europa y llegó en el occidente hasta Inglaterra y en el oriente hasta Rusia. Los ingleses se interesaban por el precio, pero no la compraron; por lo visto no se conservaron los detalles de estas negociaciones.

En Rusia, como ya dijimos, Pedro I también se interesó por el motor de Orfireus; pues si sus datos corresponden al reclamo, entonces esta máquina podría prestar gran utilidad. Pero Pedro I era un hombre de estado sabio y experimentado; a él no le gustaba tomar decisiones no argumentadas y no tiraba el dinero para «proyectos frívolos». Pedro le encargó en 1715 al canciller A. I. Osterman reunir los datos sobre la máquina de Orfireus. El informe de Osterman no satisfizo al zar. Por esta razón, cuando él mando a Europa al bibliotecario Schumacher con una serie de tareas relacionadas con la adquisición de literatura científica, muestras para el museo de antigüedades y obras de arte, le encomendó también reunir información sobre el motor de Orfireus. Schumacher, a pesar de no ser una persona demasiado científica¹², valía para cumplir los encargos del Emperador; él era cortés, enérgico, conocía las lenguas europeas y se distinguía por su escrupulosidad y exactitud.

Pedro le abasteció a Schumacher de una instrucción detallada por escrito de 13 puntos. Entre la inmensidad de encargos (visitar la Academia de Ciencias de París y mostrar allí el mapa del mar Caspio y otros

materiales; invitar a Rusia a distintos científicos; traer un maestro «que pueda realizar experimentos y confeccionar los instrumentos necesarios para éstos», comprar libros, etc.), había también referentes a Orfireus. «Hablar con Orfireus sobre el móvil perpetuo y si es posible, que el señor Wolf dé su opinión sobre la utilidad de este móvil».

El amplio informe de Schumacher a Pedro I sobre su comisión de servicio a Europa se conservó [2.17]. E] párrafo 7 está totalmente dedicado a las negociaciones con

¹² Más tarde Seliumacher se hizo asesor y director de la Academia de Ciencias, dirigía la sección de economía. Distinguiéndose más por su agilidad que por la comprensión de las tareas de la Academia, le produjo a ésta mucho daño. En particular, se conoce cuánta sangre le quemó a M. V. Lomonósov. Pero todo esto sucedió ya después de la muerte de Pedro I

Orfireus. Comienza con la exposición de cómo se cumplieron los deseos del Emperador:

«Antes de hablar con el inventor del móvil perpetuo Orfireus, yo hablé sobre este asunto con el señor profesor Wolf y le expliqué el alto propósito de Su Majestad Imperial, de que pese a que en beneficio de toda la nación de buena gana designaría cierta suma, no obstante, no desea tirarla inútilmente. Por esta razón, le pedí que me comunicara sinceramente su opinión sobre esto».

Wolf no rechazó en principio la posibilidad del mpp. Él contestó con bastante precaución: «Aunque Orfireus construyó una rueda que gira sin ayuda de fuerza exterior y atrae hacia sí cosas pesadas», sin embargo «es imposible decir si es un móvil perpetuo y si prestará un gran servicio al pueblo, por cuanto no se puede ver su estructura interior». Por esta razón Wolf le aconsejó a Schumacher hablar con Orfireus, ver la máquina y relatar sobre lo que vio. Después de esto Wolf prometió dar «su opinión por escrito».

Luego en el informe se describe detalladamente la historia de las conversaciones con Orfireus (esto sucedió en 1721). Schumacher ya no lo encontró en Cassel y Weisenstein, puesto que antes de su llegada el inventor destruyó él mismo su máquina. Schumacher describe esta historia de la siguiente manera: «El señor landconde invitó al señor Gravesande de Leyden para que le demostrase experimentos físico-matemáticos y tuvieron una discusión sobre si era verdaderamente la rueda de Orfireus un móvil perpetuo. El landconde confirmaba esto y pidió a Orfireus que se lo mostrara al señor Gravesande, sin explicarle quién era Gravesande.

Orfireus obedeció la orden y mostró su máquina en presencia del landconde; pero Gravesande comenzó a hacer tantas preguntas y con tanta perseverancia deseaba conocer su estructura interior, que Orfireus pensó que quiere sonsacar su secreto, cesó su demostración y en cuanto salieron, rompió la máquina, para que no hubiera nada que temer».

Por esta razón Schumacher no pudo ver la máquina, y la conversación con Orfireus tomó un carácter puramente comercial.

Su primera pregunta fue: ¿tiene el señor Schumacher dinero? Yo le respondí: ...Su Majestad Imperial desea ofrecer benevolencia y pago por el artículo, si él pasa las pruebas. No obstante, Orfireus no aceptó la propuesta de Schumacher.

Sus últimas palabras fueron: «Ponga en un lado 100 000 rublos y en el otro yo pongo la máquina». Con esto Schumacher regresó a Halle a donde el profesor Wolf y le informó sobre todo.

A continuación en el informe se dice: «Realmente es imposible creer las discusiones que produjo el móvil perpetuo». El profesor Gravesande piensa que el «móvil perpetuo no contradice a los principios de las matemáticas»... «De la misma manera piensa el matemático alemán Kaschuber.

Al contrario, «los matemáticos franceses e ingleses no estiman en absoluto todos estos móviles perpetuos y consideran que él contradice a los principios de las matemáticas».

Como vemos Schumacher dio una descripción bastante detallada y exacta de la situación.

Al final del informe se expone una conclusión por escrito larga y sutilmente compuesta con el título: «La pura opinión sobre el móvil perpetuo de Orfireus¹³, firmada por «Cristian Wolf, profesor, asesor cortesano de física de su Majestad Real Prusiana». Brevemente su contenido corresponde a una conocida forma verbal campesina: «Él es bueno y claro está, pero no obstante...»

Enviando este documento a Pedro, Schumacher deduce sabiamente: «De este escrito Su Majestad Imperial puede ver que este móvil perpetuo no es muy perfecto».

Naturalmente que Pedro a base de esta información no podía tomar una decisión definitiva. El se abstuvo de las ulteriores negociaciones, a pesar de que el propio Orfireus le proponía su máquina a través de intermediarios. Así, en enero de 1725, cierto Detlev-Klefeke estaba decidido a ir por su cuenta a Alemania a por la máquina de Orfireus, quien prometió comunicarle el último precio por su invención. Pedro tenía la intención de aclarar todo esto él mismo durante el viaje al extranjero, planificado para 1725, pero su muerte impidió realizar este plan.

¹³ El lector puede familiarizarse con el texto completo en [2.17] págs. 541-543, por «Christian Wolf, profesor, asesor cortesano de física y matemática de su Majestad Real Prusiana». Brevemente su contenido corresponde a la conocida fórmula verbal campesina: «El es bueno y claro está, pero no obstante...».

Ahora podemos regresar al propio Orfireus, los asuntos de quien cada día marchaban peor y peor. No logró vender la máquina, la cantidad de escépticos y adversarios aumentaba. Por fin, la suerte le asestó el golpe más duro: se descubrió el secreto de su máquina... por las mujeres. La primera de ellas era su sirvienta Anna Rosina. Al principio ella se fue de la lengua y después su mujer. Fue conocido por todos que no existía ningún mpp, la máquina era movida furtivamente desde el local vecino por intermedio de una transmisión especial (en el castillo Weisenstein desde el dormitorio de Orfireus). Esto era un trabajo muy difícil para el «motor biológico» - un equipo de la sirvienta, su hermano y esposa (y a veces por el propio Orfireus). Al hermano y a la sirvienta les pagaban poco - un gros por una hora de trabajo. El hermano al fin de cuentas se escapó; temiendo que la sirvienta se fuera de la lengua Orfireus le hizo prestar un juramento horrible y muy largo, tan expresivo, que se cita en casi todos los libros sobre el móvil perpetuo [2.4, 2.6]. Expongamos solamente dos fragmentos:

«.. juro en cuerpo y alma ante el triúnico Dios, que yo desde este minuto hasta mi muerte, en el siglo de los siglos, a nadie hablaré ni escribiré sobre Usted, mi actual amo, no mostraré nada feo y que a nadie le abriré, no descubriré y no describiré a ninguna bestia, si existe o no existe, nada de lo conocido por mí de sus creaciones, arte o misterios...»; «Si perjuro... que mi alma nunca conozca la tranquilidad y nunca se merezca la piedad de Dios, que sea maldecida para in sécula. Amén... Que sea yo maldecida si perjuro, y feliz silo cumplo. Yo juro que no perjuraré y cumpliré mi juramento».

Pero los juramentos no le ayudaron en nada... Orfireus logró más o menos tapar el escándalo, pero su carrera ya había terminado. Tenían razón Leibniz y aquellos matemáticos franceses e ingleses, quienes «no admiraban el móvil perpetuo».

Con la historia de Orfireus terminaremos el relativamente breve examen de las distintas variantes de mpp, propuestos en los tiempos cuando todavía no se había afirmado el principio de conservación de la energía. Al final de este periodo, para principios del siglo XVIII, poco a poco se acumulaba material experimental y se formaban las premisas teóricas para un nuevo, más general, conocimiento energético del problema de la creación del motor universal.

Sobre la difícil formación y divulgación de las nuevas representaciones, relacionadas con el establecimiento del principio de conservación de la energía, se hablará en el siguiente capítulo. Veremos que, a pesar de la clara prohibición que la ciencia, apoyándose en este principio, impuso a la creación de mpp-1, el trabajo en su creación continuaba intensivamente. Es más, al examinar los acontecimientos relacionados con los inventores de los mpp del s. XIX (e incluso del s. XX) nosotros, por muy extraño que parezca a primera vista, encontraremos personajes ya conocidos por la historia de Orfireus. Ellos, naturalmente, ya hablan en otra lengua, se visten de otra manera, pero pueden ser reconocidos.

Capítulo 2

Confirmación del principio de conservación de la energía y final del móvil perpetuo de primera especie

*La época de los milagros ya ha pasado,
Ahora debemos buscar las causas
De todo lo que sucede en el mundo.
W. Shakespeare. «Enrique V»*

2.1. Búsqueda de la causa general de los fracasos con los mpp. "Principio de conservación de la energía"

Los últimos dos siglos del periodo de la historia del mpp (s. XVII y s. XVIII) descrito en el capítulo I se caracterizan porque muchos científicos, incluso bastante serios, creían en que el móvil perpetuo pudiera ser creado. Incluso los constantes fracasos de los numerosos inventores no podían quebrantar la creencia en el mpp, a pesar de los trabajos de Stevin, Galileo, Guericke, Torricelli, Pascal, Boyle, Newton y Leibniz, quienes negaban con seguridad la posibilidad de su creación.

Los teóricos resultaban a veces por detrás de algunos prácticos, a quienes sus propios experimentos les llevaban a la conclusión sobre la ausencia de perspectivas del trabajo en el mpp.

Al hacer la cuenta de la situación que se formó, el mecánico J. Leupold en su obra «Teatro de máquinas» («*Theatrum machinarum*»), publicada en 1724, escribía que siempre en la práctica en lugar de móvil perpetuo se obtiene estabilidad perpetua. Este interesante fenómeno no se puede explicar simplemente por el hecho de que los científicos «de menor calibre» estaban muy lejos de las ideas de sus eminentes contemporáneos y antecesores, y no las comprendían. La causa principal era más profunda. El hecho consistía en que la tesis sobre la imposibilidad del mpp, expuesta por los físicos y filósofos de talla, no se confirmaba con ninguna ley física general, que fuera válida en cualquier esfera. Valiéndose de leyes particulares, de los momentos de fuerzas y del equilibrio de los cuerpos en un plano inclinado, era posible demostrar la incapacidad de trabajo de un mpp mecánico concreto. Las leyes de la hidráulica también permitían demostrar que un motor hidráulico determinado no podrá funcionar. No obstante, los partidarios del mpp siempre podían objetar: «¡Yo haré otro, que funcionará!» Todos los fracasos que tuvieron lugar, con raras excepciones (Leonardo, Stevin), se relacionaban no con la imposibilidad de principio del mpp, demostraciones de la cual no existían, sino solamente con los errores particulares o defectos, los cuales parecía que en lo sucesivo se podían eliminar. El asunto cambiaba poco como consecuencia de que muchos célebres talentos desde Descartes hasta Lomonósov preparaban poco a poco el fundamento de la ley general de la naturaleza, la cual prohibía totalmente el mpp. Mientras tanto, siempre quedaba la esperanza de «infiltrarse» a través de una rendija entre leyes particulares, hallar tales fenómenos y estructuras, donde ellas no tienen vigor. Solamente una ley única, que se extienda a todos los fenómenos de la naturaleza, podría crear un frente científico continuo, impenetrable para todo mpp-1. Semejante ley se hizo en el s. XIX - el principio de conservación de la energía. Cuando éste se confirmó, se terminó la física «preenergética» y con ella se puso fin¹⁴ al móvil perpetuo de primera especie.

El establecimiento del principio de conservación de la energía y la propia noción de «energía» transcurría durante largo tiempo y con dificultad. La lucha (precisamente

¹⁴ La palabra «fin» no significa, naturalmente que cesaron totalmente las tentativas de crear el mpp-1; pero estas tentativas se encuentran ya fuera de los límites de los asuntos serios y están relacionadas con la insuficiente competencia o con la extravagancia.

lucha, y muy dura) por la confirmación de este principio transcurría en distintas direcciones, pero con la indispensable participación del móvil perpetuo.

En la historia a veces se observan situaciones paradójicas, cuando algo no existente (e incluso que no puede existir en principio) influye considerablemente en acontecimientos bastante reales.

Un ejemplo interesante de esta influencia es el móvil perpetuo. M. Planck escribía:

«... las búsquedas del móvil perpetuo tenían para la física una importancia tan grande como tuvieron para la química las tentativas de obtener artificialmente oro, pese a que en ambos casos la ciencia se valió no de los resultados positivos de los correspondientes experimentos, sino de los negativos» [1,6].

La formación de la representación del principio general de conservación, que rige todas las formas de movimiento de la materia, comenzó ya hace mucho tiempo. Ya en los autores antiguos se puede encontrar la idea sobre la no aniquilación de no sólo la materia, sino también su movimiento. El romano Tito Lucrecio Caro (95-55 a. C) en su famoso poema «De la naturaleza de las cosas» escribía:

«De la nada no nacen las cosas, Tampoco, después de nacer, pueden ellas transformarse en la nada».

Y luego sobre el movimiento de las diminutas partículas de materia:

«Los cuerpos densos de materia, se encuentran en movimiento perpetuo, son invencibles muchos años. También otras cosas dan llama, al calentarse con el movimiento, se hace blanda incluso la bola de plomo, cuando rueda mucho tiempo».

De estas líneas se ve que los antiguos comprendían (claro está en rasgos generales) que el movimiento mecánico se transforma en movimiento térmico de las partículas del cuerpo.

La idea sobre cierta fuerza constante, que se transmite de un cuerpo a otro, se conservó también en la Edad Media. En una forma peculiar ella fue reflejada, por

ejemplo, por el filósofo medieval Juan Buridán¹⁵ (1300-1358). El llamó a esta fuerza ímpetus (ímpetu, empuje, presión) y expresó su paso de un cuerpo a otro así: «Mientras lo moviente mueve lo movable, aquello reproduce en esto cierta fuerza (*impetus*), capaz de mover este movable en la misma dirección... indiferentemente de si será hacia arriba, hacia abajo, hacia un lado o por la circunferencia». A pesar de cierta pesadez de esta frase, su sentido, en principio justo, está claro.

Sobre la opinión de Leonardo de Vinci acerca de la conservación del movimiento ya hablamos más arriba. Luego, comenzando desde el s. XVI, la idea sobre la conservación del movimiento (limitada, naturalmente, solamente por el movimiento mecánico) y la imposibilidad de su surgimiento de la nada (es decir, la imposibilidad del mpp-1) se desarrollaba y fortalecía en las mentes de los físicos rectores. Concedamos la palabra a ellos mismos.

G. Cardano (1501-1576):

«No se puede construir un reloj, que se dé cuerda el mismo y que levante las pesas que mueven el mecanismo».

Galileo Galilei (1564-1642):

«Las máquinas no crean fuerza; ellas sólo la transforman, y todo aquél que espere otra cosa, no comprende nada en mecánica».

R. Descartes (1596-1650):

«Yo acepto que en toda materia creada existe cierta cantidad de movimiento, el cual nunca aumenta ni disminuye y, por lo tanto, si un cuerpo pone en movimiento a otro entonces pierde tanto movimiento suyo, cuanto le comunica».

«Yo tuve la oportunidad de ver muchas cuadraturas del círculo, móviles perpetuos y muchas otras demostraciones imaginarias, que resultaron falsas».

C. Huygens (1629-1695):

¹⁵ El mismo, con el nombre de quien se relaciona la alegoría del «asno de Buridán» que se moría de hambre entre dos hacinas iguales de heno, las distancias hasta las cuales son iguales.

«Y si los inventores de nuevas máquinas, que intentan en vano construir el móvil perpetuo, se valieran de esta hipótesis mía (sobre la imposibilidad de un sistema de cuerpos de cambiar la posición de su centro de gravedad sin fuerzas exteriores), entonces ellos caerían fácilmente en la cuenta de su error y comprenderían que semejante motor no puede ser construido por medios mecánicos».

J. Bernoulli (1667-1748):

«Una ínfima parte de la causa positiva no puede desaparecer sin generar a cambio tal acción, con ayuda de la cual esta pérdida puede ser restablecida. Así pues, nada de las fuerzas desaparece, pese a que aparentemente tuvo lugar semejante desaparición».

G. Leibniz (1646-1716):

«El principio de igualdad de la causa y la consecuencia, es decir, el principio de móvil perpetuo rechazado, es la base de mi cálculo de la fuerza viva. De acuerdo con este principio la fuerza viva conserva su identidad invariable.

Durante estas acciones (levantamiento de una carga a una altura determinada, la compresión del muelle para la comunicación de una velocidad determinada) no sucede ni la mínima ganancia, ni la mínima pérdida de fuerza viva. Claro está, que parte de la fuerza viva (esta parte nunca debe ser menospreciada) es absorbida por las partículas imperceptibles del propio cuerpo o de otros cuerpos...

La opinión que yo aquí defiendo no se basa, claro está, en los experimentos de las colisiones de los cuerpos, sino que en los principios que le dan sentido a los propios experimentos. Estos principios permiten expresar la opinión sobre los casos todavía no comprobados por el experimento. La única fuente de estos principios es la igualdad de la causa y la consecuencia»¹⁶).

M. V. Lomonósov (1711-1765):

¹⁶ Comparar el refrán latino «Causa a quat effectum» (la causa es igual a la acción).

«Todos los cambios que suceden en la naturaleza son tales estados, que cuanto se le gasta a un cuerpo, se le añade a otro, así que si en un lugar disminuye la materia, en otro aumenta. Esta ley general de la naturaleza se extiende también a las reglas del movimiento, puesto que el cuerpo que le comunica movimiento a otro pierde tanta fuerza como la que le comunica al otro».

Las dos últimas citas demuestran que las nociones de Leibniz y Lomonósov sobre los principios de conservación adquieren el carácter más generalizado.

Tiene importancia señalar que el principio de conservación de Leibniz ya sale de los límites del movimiento mecánico simple de los cuerpos; él habla también sobre la «absorción de la fuerza por partículas imperceptibles del cuerpo», es decir, sobre la forma térmica de movimiento. Lomonósov desarrolló esta idea aún más (*«Razonamiento sobre la naturaleza del calor y el frío»-1744*).

Lomonósov estaba en contra de la teoría, predominante en aquellos tiempos, del cuerpo termógeno - cierta «materia imponderable» añadiendo la cual a un cuerpo se transfería a éste calor., Él mantenía la opinión de que el calor es resultado del movimiento de «partículas insensibles» (es decir, hablando en el lenguaje moderno, de moléculas). De esto se deducía directamente que la formulación sobre la conservación del movimiento se extiende también al movimiento térmico. El principio de conservación de la energía no pudo confirmarse, hasta que fue rechazada la teoría del cuerpo termógeno; mientras este último existía, era imposible explicar el paso del trabajo mecánico a calor; la idea de este paso estaba clara para Leibniz y Lomonósov.

Es interesante que la teoría cinética del calor de Lomonósov fue rechazada precisamente por este motivo, incluso en la primera mitad del s. XIX.

En el respetable diccionario físico alemán de Heller se mencionaba la teoría del calor de Lomonósov, pero ella se criticaba no por sus defectos reales (Lomonósov tomaba en consideración solamente el movimiento giratorio de las moléculas), sino por su principal mérito, porque ella refutó la teoría del «cuerpo termógeno».

Los trabajos de Leibniz y Lomonósov finalizan el primer período del desarrollo del estudio del principio de conservación de la energía - su preparación ideológica.

Durante este período se formuló fundamentalmente la noción correcta sobre la «conservación de la fuerza» y de su transferencia de un cuerpo a otro y de su transformación de la forma mecánica en térmica. Hacía falta hacer el siguiente paso decisivo: hallar las relaciones cuantitativas entre las formas de movimiento, medirlas y extenderlas a todas sus formas conocidas. Pero esto exigía no sólo la realización de los correspondientes experimentos y la interpretación correcta de los resultados, sino también en primer lugar derrocar la teoría del cuerpo termógeno, la cual frenaba el desarrollo ulterior de la ciencia. Se logró resolver esta tarea solamente en el siglo XIX; los primeros fueron S. Carnot, R. Mayer y J. Joule. Precisamente estos trabajos determinaron el establecimiento definitivo del principio de conservación de la energía.

Desempeñó un gran papel la precisión y delimitación, por los científicos-mecánicos, de las nociones fundamentales: fuerza y trabajo.

El término «trabajo» fue introducido por primera vez por el científico-mecánico francés J. Poncelet en 1826 («Curso de mecánica aplicada a las máquinas»), a lo que le antecedió el establecimiento de esta noción (verdad que, con otras denominaciones: «fuerza», «acción», «momento de acción», «efecto mecánico») como medida de productividad de las máquinas. Se utilizaba ya ampliamente en la segunda mitad del s. XVIII. Por ejemplo, en el curso de mecánica de Kotélnikov (1774) se da una clara determinación de la magnitud «acción» llamada más tarde trabajo: «La acción de una máquina o de la fuerza que actúa por medio de ésta es igual a la tracción multiplicada por el camino recorrido por ella».



Fig. 2.1 Lazare Carnot

Una noción más general sobre el trabajo (cuando la dirección de la fuerza no coincide con la dirección del movimiento) se expone en el libro del ingeniero francés, científico y hombre político de la Gran Revolución Francesa Lazare Carnot¹⁷. En la obra «Experiencia sobre las máquinas en general» (es decir, en el curso de mecánica aplicada), que salió a la luz en 1783, él demostró que el valor del momento de acción (es decir, del trabajo) se determina multiplicando la fuerza por el camino y el coseno del ángulo entre ellos.

Después de que se estableció definitivamente el término de «trabajo» (en el s. XIX), desapareció la dualidad de la noción de «fuerza». Ahora por fuerza se comprendía sólo la influencia que provocaba el movimiento del cuerpo en una dirección determinada.

De una u otra manera, en la mecánica «El principio de conservación de la fuerza» (y luego del trabajo) no se sometió a dudas entre los científicos serios ya en la segunda mitad del s. XVIII. La Academia de Ciencias de París tomó en 1775 una decisión especial de que no examinará ninguna máquina que proporcione movimiento perpetuo.

¹⁷ L. Carnot (1753-1823) era un hombre de vastos conocimientos. Gran matemático y mecánico, miembro de la Academia de Ciencias de París; durante la Gran Revolución Francesa se destacó como organizador militar («organizador de la victoria») de los ejércitos revolucionarios. S. Carnot, uno de los fundadores de la termodinámica, a quien en lo sucesivo mencionaremos muy a menudo es su hijo mayor.

En la literatura generalmente esta decisión se cita muy brevemente. Entre tanto las partes que se refieren a los mpp¹⁸, contienen ideas interesantes [2.7].

«...La creación del móvil perpetuo es absolutamente imposible; incluso si el rozamiento y la resistencia del medio no reduce la duración de la influencia de la fuerza actuante, ella no puede reproducir un efecto igual a ella. La causa de esto reside en lo siguiente: si queremos que el efecto producido por la fuerza de magnitud finita, actuara un tiempo infinito, es necesario que el efecto producido sea infinitamente pequeño.

Supongamos que el cuerpo, al cual se le comunicó movimiento, en ausencia de rozamiento y resistencia es capaz de conservar este movimiento constantemente, pero en este caso no se habla de otros cuerpos. Este movimiento perpetuo sería posible solamente en estas condiciones (las cuales, a propósito, no pueden existir en la naturaleza), sería absolutamente inútil con respecto a otras obras, propuestas ordinariamente por los creadores del movimiento perpetuo». Aquí (verdad que es aplicable solamente al movimiento mecánico) el principio de conservación de la «fuerza» y la imposibilidad, que se deduce de éste, del móvil perpetuo de primera especie están expresados en forma absolutamente clara. Y luego:

«.. Semejante método de investigación, indudablemente, resulta caro; él ya destruyó muchas familias. Son frecuentes los casos, cuando un mecánico, que podría ocupar un lugar merecido, gastaba en esto su fama, tiempo y talento. Así son los principios, en los cuales se basa la decisión de la Academia: se ha decidido que ella nunca más se dedicará a estos problemas. La Academia expone su opinión sobre su inutilidad para aquellos quienes se dediquen a ellos¹⁹. Frecuentemente se dice que dedicándose a problemas quiméricos, la gente descubría verdades reales. Este punto de vista sería fundamentado en aquellos tiempos, cuando el método de búsqueda de la verdad era desconocido en todas las esferas. En la actualidad, cuando él es conocido, el método más justo de búsqueda de la verdad es buscarla». Esta parte de la decisión es también hoy día muy actual. Aquí se indica no sólo la inutilidad de la solución de proyectos quiméricos y el carácter pernicioso de esta

¹⁸ En ella se hablaba también de otros problemas insolubles en el campo de las matemáticas: la cuadratura del círculo, duplicación del cubo y la trisectriz del ángulo.

¹⁹ La decisión de la Academia, indudablemente, influyó en las mentes de las personas, que se encontraban cerca de la ciencia, e influyó en su ulterior desarrollo. En lo que se refiere a los inventores ordinarios del mpp, lejanos de la ciencia, ellos, como veremos de lo que sigue, continuaban durante mucho tiempo sus búsquedas.

para los propios inventores. Se ha prestado atención a la necesidad de emplear, hablando en el lenguaje actual, una metodología correcta de la búsqueda correcta. No estaría mal que los científicos inventores contemporáneos meditaran en las sensatas palabras, dichas por los académicos franceses más de 200 años atrás.

A pesar de la gran importancia y clarividencia de la decisión de la Academia de París, en ella no se mencionaban otras formas de movimiento y, particularmente, el térmico; el problema sobre su relación con el movimiento mecánico quedaba abierto. Correspondientemente quedaba la «rendija» para la ideología, que permitía el mpp. La extraordinaria clarividencia de Leibniz y Lomonósov tenía un carácter filosófico común. El desarrollo de la técnica (máquinas a vapor y otros motores térmicos, por ejemplo, la máquina de Stirling [1.28, 1.29.]) requería la comprensión de los procesos de transformación del calor en trabajo y del trabajo en calor, su preciso análisis cuantitativo.

El primero quien planteó correctamente (y en principio resolvió) el problema de determinación del equivalente térmico del trabajo fue el ingeniero militar francés Nicolás Leonardo Sadi Carnot (1796-1832), hijo de Lazare Carnot. Él publicó en 1824 el libro, que más tarde se hizo famoso, «Razonamientos sobre la fuerza motriz del fuego y sobre las máquinas capaces de desarrollar esta fuerza» [1.13]. En él S. Carnot fundamentó no sólo la teoría de las máquinas térmicas, sino también el segundo principio de la termodinámica. En el siguiente capítulo ya hablaremos otra vez más del trabajo de Carnot, cuando nos dediquemos al mpp-2. Aquí nos interesan las opiniones de Carnot sobre el mpp-1 y su aportación a «principio de conservación de la fuerza», del cual se dedujo el principio de conservación de la energía, el primer principio de la termodinámica.



Fig. 2.2 Sadi Carnot

Sobre el mpp S. Carnot escribía en su libro: «Si esto fuera posible, se haría inútil la búsqueda de la fuerza motriz en las corrientes de agua y de aire, en el material combustible; tendríamos una fuente inagotable, de la cual podríamos hacer uso incesantemente». Y luego: «... aquí puede surgir la pregunta: si se ha demostrado la imposibilidad del mpp para las acciones puramente mecánicas, ¿se conserva o no esto al consumir calor o electricidad; pero acaso es posible inventar para los fenómenos del calor o de la electricidad otra causa, además de cierto movimiento de los cuerpos, y acaso estos movimientos no deben subordinarse a las leyes de la mecánica?».

En lo que se refiero a la «conservación de la fuerza» durante las transformaciones recíprocas del calor y el trabajo, la posición de S. Carnot estaba claramente fundamentada en sus apuntes más recientes:

«El calor no es otra cosa que la fuerza motriz o, mejor dicho, el movimiento, que cambió su forma; este movimiento de las partículas de los cuerpos surge por doquier, donde tiene lugar la aniquilación de la fuerza motriz. Viceversa, siempre que desaparezca el calor surge fuerza motriz.

Así pues, se puede enunciar la tesis general: la fuerza motriz existe en la naturaleza en una cantidad invariable: ella, propiamente dicho, nunca se crea y nunca se

aniquila; en realidad, ella cambia su forma, es decir, provoca bien una forma de movimiento, bien otra, pero nunca desaparece. Por ciertas ideas, que me he formado con respecto a la teoría del calor, la creación de la unidad de fuerza motriz requiere el gasto de 2,7 unidades de calor».

Si se cambia en todo el texto las palabras «fuerza motriz» por «energía», y en la última frase, por «trabajo», la formulación de Carnot puede incluirse totalmente en un manual moderno de física. Carnot no sólo formuló aquí el principio de conservación de la energía, sino que dio por primera vez el coeficiente numérico para el recálculo del calor en trabajo y al contrario. Esto fue un salto cualitativo, el paso a un nuevo nivel de conocimientos, el significado del cual no puede ser sobreestimado. En adelante veremos con qué dificultad estas verdades penetraban en la mente de las personas.

¿Cuán exactamente S. Carnot calculó el equivalente térmico del trabajo? Henri Poincaré en el año 1892 escribía: «¿Se puede enunciar con mayor claridad y precisión el principio de conservación de la energía? Observemos también que el valor del coeficiente calculado por Carnot, de 2,7 kcal por unidad de trabajo, por la cual él toma $1000 \text{ kgf} \cdot \text{m}$, corresponde a $370 \text{ kgf} \cdot \text{m/kcal}$, lo que no se diferencia mucho de la verdad ($427 \text{ kgf} \cdot \text{m}$)...».

Sin embargo, el descubrimiento de Carnot quedó desconocido para sus contemporáneos; a él no le dio tiempo para publicarlo. En 1832 S. Carnot falleció, después de enfermarse de cólera. Solamente en 1878, su hermano publicó los apuntes, los cuales contenían el fragmento citado, junto con la segunda edición del libro «Sobre la fuerza motriz del fuego».

Este descubrimiento de Carnot no influyó en el ulterior desarrollo de la teoría de la conservación de la energía; los principales acontecimientos, relacionados con su establecimiento, tuvieron lugar más tarde, en los años 40 y 50 del S. XIX. No obstante, la prioridad de S. Carnot es indudable.

Sin embargo, como fundador del principio de conservación de la energía figura en la historia (con pleno derecho de ello) otra persona, que en realidad «iba el segundo», el médico alemán Robert Mayer (1814- 1878). Él publicó por primera vez su cálculo del equivalente mecánico del calor en 1842 (la cifra obtenida por él, $365 \text{ kgf} \cdot \text{m/kcal}$, era algo menos exacta que la de Carnot).



Fig. 2.3. Robert Mayer

R. Mayer así como muchos otros descubridores tomó sobre sí los golpes de los adversarios de la nueva ley. Él comprendía el problema de las transformaciones energéticas más a fondo y más ampliamente que sus contemporáneos, los físicos ocupados en este mismo problema.

Esto tenía sus ventajas e inconvenientes. Ventajas, porque (aunque no inmediatamente) dio la posibilidad al principio de la conservación de la energía de establecerse en la forma más general. Inconvenientes, porque los trabajos de Mayer, en sumo grado precisamente por esta causa, «no llegaban» durante largo tiempo hasta sus contemporáneos y no fueron apreciados en su justo valor. Él vivió más que Carnot, pero su suerte también fue trágica.

Mayer abordó el principio de conservación desde un punto de vista biológico, algo inesperado para los físicos: lo mismo que Darwin, él recibió el primer incentivo hacia sus ideas de las observaciones durante su largo viaje marítimo. Él como médico de barco tuvo que hacer operaciones quirúrgicas; él prestó atención en que los habitantes de la isla Java tenían una sangre venosa mucho más clara que los europeos. Mayer conocía que el desprendimiento de calor por el organismo vivo tiene lugar como resultado de la oxidación del alimento con oxígeno (esto fue establecido por primera vez por A. Lavoisier y P. Laplace). Razonando sobre esto Mayer llegó correctamente a la explicación: en un clima caluroso el organismo cede

calor y, por lo tanto, produce menos calor que en el norte. Correspondientemente, la sangre arterial al pasar a la venosa debe entregar menos oxígeno (es decir, oscurecer menos).

Desarrollando esta idea Mayer enlazó el proceso de oxidación del alimento no sólo con el desprendimiento de calor por el organismo, sino también con el trabajo que él realiza. Por consiguiente, tanto el calor como el trabajo surgen de una misma fuente, del alimento. Por cuanto Mayer, lo mismo que Leibniz partía del principio de igualdad de la causa y la acción (*causa aequat effectum*), para él era evidente que el calor y el trabajo pueden mutuamente transformarse. Es más, sus cantidades en este caso deben encontrarse en una relación absolutamente determinada.

Para una misma cantidad de alimento oxidado la suma de las fuerzas es invariable; cuanto disminuye el trabajo, tanto aumenta el calor (y viceversa). Queda sólo calcular el equivalente térmico del trabajo.

Cuán lejos miraba Mayer, se ve de tales, por ejemplo, líneas suyas:

«Estudiar la fuerza en sus distintas formas, investigar las condiciones de su transformación (metamorfosis), ésta es la única tarea de los físicos, puesto que el engendro de la fuerza o su supresión se encuentra fuera de la esfera del razonamiento y de la acción del hombre.

Se puede demostrar a priori y confirmar en todos los casos con el experimento, que distintas fuerzas pueden transformarse una en otra. En realidad existe solamente una fuerza única. Esta fuerza circula en cambio constante tanto en la naturaleza muerta como en la viva. En ninguna parte se puede encontrar ningún proceso en el que no haya variación de la fuerza por parte de su forma».

Si se tiene en cuenta que la palabra «fuerza» corresponde al término de «energía», esta cita suena como si hubiera sido escrita hoy día.

Estas ideas de Mayer, que para nosotros son absolutamente naturales e irrefutables, en aquellos tiempos (1840-1842) parecían, por muy extraño que parezca, no sólo paradójicas, sino simplemente ignorantes. No hay que olvidar, que en las mentes de los científicos predominaba todavía la teoría del cuerpo termógeno, la idea sobre cierto líquido imponderable, el cual surgía y no se aniquilaba, sino que sólo pasaba de un cuerpo a otro, y al «saltar» de un nivel térmico más alto al siguiente más bajo, podía realizar trabajo semejanza del agua,

que hacía girar la rueda. Mayer, sin embargo, escribía sobre el cuerpo termógeno con extremada irreverencia.

«Expresemos una gran verdad: no existe ninguna materia inmaterial. Nosotros comprendemos perfectamente que libramos una lucha contra hipótesis arraigadas y canonizadas por grandes autoridades, que queremos, junto con los líquidos imponderables, expulsar de la ciencia de la naturaleza todo lo que ha quedado de los dioses de Grecia...».

No son menos sediciosas «en contra del cuerpo termógeno» las ideas de S. Carnot sobre la equivalencia del calor y el trabajo, escritas en su diario, desconocidas en aquellos tiempos; eran también pocos los que conocían las declaraciones de Leibniz y Lomonósov. Todas las dificultades de la lucha contra los adversarios científicos y no científicos fueron soportadas por Mayer.

Hay que tener también en cuenta que él hablaba de todas las estupideces en los trabajos de muchos de sus oponentes (incluyendo a sus colegas, los médicos) con humor, cosa que raramente se perdona.

En 1841 Mayer mandó su primer trabajo sobre la idea de la conservación de la fuerza a la revista física «*Annalen der Physik*». No obstante, el redactor de la revista Poggendorf se negó a publicarlo. En ese mismo año Mayer escribió un nuevo artículo bajo el título de «Observaciones sobre las fuerzas de la naturaleza muerta», que logró publicar en otra revista, «*Annalen der Chemie und Pharmacie*». En este artículo no sólo se planteaba claramente el problema sobre el equivalente mecánico del calor, sino que se aportaba su valor, calculado por los datos conocidos en aquellos tiempos para las capacidades caloríficas del aire a presión constante C_p y volumen constante C_v . Por cuanto el aire, al expandirse a presión constante, realiza trabajo, y al calentarse a volumen constante no lo realiza, la diferencia de las cantidades de calor, consumida en

el calentamiento, es equivalente al trabajo realizado. Mayer obtuvo la cifra $365 \text{ kgf} \cdot \text{m/kcal}$. Más tarde, en el trabajo «Movimiento orgánico y metabolismo» él precisaba este valor, determinándolo igual a $425 \text{ kgf} \cdot \text{m/kcal}$ (lo que está muy próximo al valor verdadero de $427 \text{ kgf} \cdot \text{m/kcal}$).

Mayer escribía además sobre las fuerzas eléctricas y químicas, extendiendo también a ellas el principio de conservación.

Los méritos de Mayer ante la ciencia no fueron apreciados por sus contemporáneos. Al principio las ideas de Mayer provocaban resistencia y luego, como sucede con frecuencia, discutían su prioridad.



Fig. 2.4. Jacobo Joule

La atmósfera hostil que rodeaba a Mayer²⁰, condujo incluso a una tentativa de suicidio (en 1850) y a una depresión mental; cerca de un año (1852-1853) él lo paso en un hospital. Sobre su estado se puede juzgar por las palabras: «O todo mi método de razonamiento es anormal e inútil, entonces mi lugar adecuado es una casa de locos. O a mí me premian con el desprecio y burlas por el descubrimiento de importantes verdades».

Solamente un poco antes de su muerte los méritos de Mayer fueron en cierto grado reconocidos; en esto desempeñó un gran papel el físico inglés J. Tindali y el alemán H. Helmholtz. Ya después de la muerte de R. Mayer en el año 1892 en la ciudad de Heilbronn, donde él nació se erigió un monumento, y en 1893 se editaron sus obras. Apreciando la aportación de R. Mayer en la ciencia, F. Engels escribía en «Dialéctica de la naturaleza» sobre su papel revolucionario: «La constancia cuantitativa del movimiento fue enunciada ya por R. Descartes casi en las mismas expresiones..., pero la transformación de las formas de movimiento fue descubierta en 1842 y precisamente esto, y no el principio de constancia es lo nuevo».

²⁰ Es característico el comportamiento de aquel mismo Poggendorf que no admitió el artículo de Mayer en 1841. En el diccionario biográfico editado en 1863 la información sobre R. Mayer terminaba así: «.. al parecer murió en 1858 en un manicomio». Pero al final del libro se añadió: «No ha muerto... pero todavía está vivo».

La suerte del tercer fundador del principio de conservación de la energía J. Joule (1818-1889) no fue tan dura como la de S. Carnot y R. Mayer. A diferencia de Mayer, inclinado a la filosofía e no respetable a las personas competentes, él era un inglés práctico, de posición estable, e incluso beato. El fundamento ideológico del principio de conservación de la fuerza viva (es decir, de la energía) él consideraba la tesis de que el hombre no puede aniquilar lo creado por Dios, ni puede crear lo que Dios no creó. Con respecto al comienzo de acción de esta ley Joule escribía: «Las manifestaciones de la fuerza viva en nuestro planeta son las mismas que fueron en el momento de la creación del mundo».

Los resultados de los trabajos de muchos años de Joule se basaban en experimentos minuciosamente realizados, y eran concretos, y costaba trabajo discutir con él. Joule trabajaba en las transformaciones energéticas desde 1843, más de 30 años; en este tiempo él estudió las más distintas transformaciones energéticas. Él llevó a cabo experimentos clásicos para determinar exactamente el equivalente térmico del trabajo, girando con las pesas el agitador del agua en el calorímetro y midiendo la elevación de su temperatura (aquellas mismas «centésimas de grado»). Ya en 1843 él inmediatamente después de Mayer formuló claramente el principio de conservación para las tres formas de «fuerzas vivas» (es decir, energía): mecánicas, térmicas y magnetoeléctricas.

Simultáneamente con el físico ruso E. Lentz (1804-1865) e independientemente de él²¹. Joule formuló la ley, que establece la dependencia del calor desprendido en un conductor de la intensidad de la corriente y la tensión (ley de Joule-Lentz). Joule llevó a cabo investigaciones por toda la cadena de transformaciones de la energía eléctrica, comenzando por el elemento galvánico y terminando con el trabajo de las fuerzas electromagnéticas. Después de publicar los trabajos de Joule a mitades del s. XIX el principio de conservación de la energía (como escribían entonces, de la «fuerza» o del «movimiento») venció definitivamente; más tarde se hablaba ya sobre la ampliación de la esfera de su aplicación, precisión, establecimiento de una terminología unívoca y, por fin, la familiarización con él primero a los colaboradores científicos e ingenieros y luego a todas las personas instruidas. Llevar a cabo este trabajo hasta el final significaba también el final del mpp-1. Una aportación

²¹ Pero tampoco aquí se pudo pasar sin oponentes científicos. Uno de los miembros de la Sociedad Real declaró después del informe de Joule que no confía en él, «por cuanto él no tiene nada más que centésimas de grado».

fundamental en este trabajo fue hecha por G. Helmholtz (1821-1894), W. Thomson Kelvin (1824-1907), W. Rankine (1820- 1872) y H. Clausius (1822-1888). Todas las tentativas de refutar o restringir el principio de conservación de la energía estaban condenadas al fracaso. No obstante, para la confirmación definitiva y la propagación, su transformación en una ley fundamental admitida por todos era necesario realizar el establecimiento de las nociones y términos precisos, del cual se habló más arriba. Pues, incluso la palabra «energía» en la formulación inicial del principio no existía.

2.2. Confirmación del principio de conservación de la energía. Revolución en las nociones y términos

En el prefacio para la edición inglesa del «Capital» F. Engels escribía: «En la ciencia cada nuevo punto de vista conduce a una revolución en sus términos técnicos»

Es natural, que tal acontecimiento como el establecimiento de un punto de vista radicalmente nuevo de las transformaciones energéticas debía provocar una revolución en los términos. Pero el hecho era tan serio que no podía limitarse solamente a los términos; a la reglamentación de los términos le debía anteceder la reglamentación de las nociones. Sobre esto habló muy bien en su tiempo A. Lavoisier, que consideraba que cada ciencia consta de una serie de factores nociones sobre ellos y palabras que los expresan (es decir términos). Efectivamente, incluso en los trabajos de G. Helmholtz, sin hablar ya de Mayer y Joule, no existían tales términos tan corrientes para nosotros como «energía» y «trabajo»; las nociones de «fuerza» y «calor» se empleaban en otro sentido muy distinto al que corresponde a la interpretación científica de una sola acepción.

En el estudio inicial de la formación de la nueva ley es natural cierta indeterminación en las nociones y los términos; pero a medida que se iba ampliando la esfera de su aplicación toda imprecisión en ellos se hace un factor frenador. Sin su eliminación el principio de conservación de la energía no podía ser puesto al alcance de todos y «trabajar» correctamente en todas las ramas de la ciencia y la técnica.

La gran atención que se presta en la ciencia a la terminología correcta y precisa puede provocar perplejidad. Muchos, incluso personas bastante instruidas,

consideraban demasiada escrupulosa «la limpieza y el pulido» de los términos, razonando aproximadamente así: «Qué más da al fin y al cabo cómo llamar una u otra cosa o noción. Todo quien trata con ellas, sabe lo que es. Lo que importa es el hecho, no las palabras».

Semejante «filosofía» incluso aplicada a la vida cotidiana puede conducir a contrariedades, sin hablar ya de la ciencia. En adelante veremos en ejemplos concretos, referidos a los mpp, a cuáles consecuencias puede llevar la interpretación incorrecta de algunos términos energéticos, en particular, los términos «calor», «rendimiento», «medio ambiente», «sistema cerrado» y otros. Por eso en lo sucesivo prestaremos mucha atención a los términos, asignando, allí donde sea necesario, lugar para su examen detallado.

Con respecto a la ley establecida por S. Carnot, R. Mayer y J. Joule, es necesario pararse en dos nociones fundamentales, relacionadas con los términos «energía» y «calor», así como ampliar algo la noción sobre el término «trabajo». Sin esto el examen ulterior del problema sobre el móvil perpetuo no se podrá realizar con la suficiente plenitud.

Comencemos por la noción de «energía». Apareció por primera vez en los trabajos de Aristóteles, como designación de cierto elemento activo; pero tenía en aquellos tiempos un significado puramente filosófico y aquí no se tenían en cuenta ningunas valoraciones cuantitativas.

Este término fue introducido en la física por el mecánico inglés T. Young (1773-1829) en «Conferencias de filosofía natural» (1807), quien le dio un sentido preciso. Esto fue hecho por él con arreglo a la «fuerza viva» (el producto de la masa del cuerpo por el cuadrado de su velocidad), es decir, solamente al movimiento mecánico; pero se dio el primer paso hacia la amplia utilización de este término.

En lo sucesivo, después de los trabajos de los fundadores del principio de conservación, el término general «energía» comenzó a desplazar de la literatura a todos los demás, como el único para designar la medida general de movimiento de la materia. Aquí desempeñaron un papel sobre todo grande los científicos ya mencionados W. Rankine y W. Thomson-Kelvin.

Correspondientemente, todas las leyes de conservación del movimiento, independientemente de en cuál forma se manifestaban: mecánica, térmica,

electromagnética, química o biológica, se hicieron casos particulares de la ley fundamental general de la naturaleza, del principio de conservación de la energía. Después de esto se precisaron y adquirieron una sola acepción las nociones de «trabajo» y «calor». Si el término «trabajo», como ya dijimos, adquirió relativamente pronto un sentido claro²², el término «calor» conservaba durante largo tiempo los restos de la influencia de la teoría del «cuerpo termógeno». La viabilidad de esta influencia (lo mismo que de otras representaciones antiguas) resultó extraordinaria. Hasta hoy día se han conservado tales términos, que pasaron del s. XVIII, como «capacidad calorífica», «termotransferencia», «tanque térmico», «acumulador térmico», hace poco se empleaba el término «contenido de calor», sustituido por «entalpía». Todos ellos están relacionados con el calor, como algo contenido en el cuerpo, es decir, en realidad con el «cuerpo termógeno». La sustitución de la teoría del cuerpo termógeno por la «teoría mecánica del calor» no cambió al principio esta terminología. La energía del movimiento caótico de las moléculas del cuerpo, relacionada con su temperatura, por inercia seguía llamándose calor, pese a que esto es algo absolutamente diferente, parte de la energía interna del cuerpo.

Para excluir los errores durante el análisis de las transformaciones energéticas, hay que representarse con absoluta claridad la diferencia entre la energía interna, contenida en un cuerpo cualquiera, y la energía suministrada a él (o extraída de él). La energía de la segunda forma existe solamente cuando se transmite de un cuerpo a otro. La transferencia de la energía puede suceder en dos formas: calor y trabajo. Así pues, la generalidad del calor y el trabajo se determina por el hecho de que ellos representan en sí la medida cuantitativa de la energía que se transmite. Pero entre ellos existe una diferencia esencial. El trabajo es la transmisión de energía en forma organizada, durante la cual cada partícula realiza movimiento (si no se tiene en cuenta las oscilaciones) por una trayectoria determinada²³. Si, por ejemplo, tiene lugar la transmisión de la energía mecánica por intermedio de un par de ruedas dentadas, cada molécula, tanto del engranaje conductor, como del conducido realiza movimiento, relacionado con este sistema, estrictamente por la circunferencia. Si se

²² Esto era natural, puesto que pasó de la mecánica, donde su sentido preciso fue establecido ya a finales del s. XVIII.

²³ En el caso general el trabajo puede ser no sólo mecánico, sino también eléctrico, magnético, etc. Sin embargo, todo lo dicho sobre el movimiento ordenado de las partículas se refiere también a ellos.

eleva la carga con ayuda de un cabrestante, entonces sus moléculas se mueven por líneas rectas, etc.

Por el contrario, la transmisión de la energía en forma de calor se realiza por el movimiento caótico de las partículas. Durante el contacto de dos cuerpos con distintas temperaturas las moléculas del cuerpo con temperatura más alta, «sacuden» las moléculas del cuerpo más frío de tal manera que la velocidad media de las primeras disminuye, y la de las segundas aumenta. Como resultado una cantidad determinada de energía se transmite del primer cuerpo al segundo.

De este modo, tanto el calor como el trabajo es la energía en la transmisión, en el paso. Si no hay proceso de transición, no hay ni calor ni trabajo. Ellos existen sólo en el proceso de transmisión de un cuerpo a otro, pero no pueden «contenerse» en ellos. El hecho de que el calor pasa de un cuerpo a otro, no significa ni mucho menos que él al principio se contenía en un cuerpo, y después comenzó a contenerse en otro. Simplemente la energía interna del cuerpo, al cual se suministró calor, aumentó, y la del que fue extraído el calor, correspondientemente disminuyó. La transformación del trabajo en calor significa, por lo tanto, que el sistema que recibió energía en forma de trabajo de un cuerpo cualquiera, la transforma primero en energía interna, y luego la entrega a otro cuerpo en forma de calor. Así, gastando trabajo mecánico en el giro del mezclador, sumergido en líquido, nosotros aumentamos la energía en forma de trabajo. Luego, dejando que se enfríe el líquido hasta la temperatura anterior, podemos transferir esta energía en forma de calor.

Aproximadamente de este modo el conde Rumford realizó en 1799 su famoso experimento, que mostró la transformación del trabajo en calor durante el taladrado de cañones. La energía suministrada en forma de trabajo mecánico de rotación del taladro se extraía por el agua, la cual en este caso se calentaba desde la temperatura T_1 hasta la temperatura T_2 ($T_2 > T_1$). La energía interna del agua (designémosla con U) aumentaba en este caso desde U_1 hasta U_2 . Luego el agua se enfriaba de nuevo hasta la temperatura T_1 , cediendo la energía en forma de calor Q al medio ambiente. Si se enfría el agua hasta la temperatura inicial, entonces su energía interna queda la misma que al principio la cantidad de calor Q y el trabajo L serán iguales. Si se enfrían el agua hasta una temperatura intermedia cualquiera T_3 , más alta que T_1 la cantidad de calor extraído será menor, puesto que parte de la

energía suministrada queda en forma de incremento ΔU de energía interna del agua.

Así pues, el principio de conservación de la energía se expresará por la fórmula clásica, que enlaza el calor con el trabajo:

$$L = Q + \Delta U \quad (2.1)$$

El trabajo gastado puede proporcionar tanto un aumento de la energía interna del cuerpo ΔU , como extraerse en forma de calor Q . Si $\Delta U = 0$, entonces $Q = L$. La fórmula (2.1) expresaba precisamente el principio de conservación de la energía en su forma más simple. Surgió también la ciencia que examinaba especialmente las transformaciones recíprocas del calor y el trabajo, la termodinámica²⁴).

Al principio de su desarrollo la termodinámica se consideraba solamente como ciencia sobre las transformaciones recíprocas del calor y el trabajo. A medida que se va desarrollando la termodinámica, ella abarcaba poco a poco otras transformaciones energéticas relacionadas con los fenómenos eléctricos, magnéticos, químicos y cuánticos. Correspondientemente se ampliaban las nociones de trabajo L y de energía interna U . De este modo, la esfera de acción del primer principio de la termodinámica abarcó en realidad todas las ramas de las transformaciones energéticas y comenzó a corresponder por su contenido al principio de conservación de la energía.

Por esta razón, en adelante haremos uso del término «primer principio de la termodinámica» como sinónimo del término «principio de conservación de la energía». Así será más cómodo en lo sucesivo al examinar el segundo principio de la termodinámica y su comparación con el primero.

Expongamos brevemente algunas formulaciones y tesis, relacionadas con el primer principio de la termodinámica, que nos harán falta en lo sucesivo al analizar los nuevos mpp.

Existe toda una serie de formulaciones igualmente correctas del primer principio de la termodinámica. Nosotros debemos elegir entre ellas la que sea en mayor grado

²⁴ De dos palabras griegas: «termo», calor, y «dinamos», fuerza (recordemos que «fuerza» se llamaba en aquellos tiempos lo que nosotros llamamos «energía»). El término «primer principio (ley fundamental) de la termodinámica» como principio de equivalencia del calor y el trabajo fue introducido por R. Clausius en el año 1850.

cómoda para la revelación del mpp-1. Desde este punto de vista, al parecer, la más adecuada es la más próxima a nuestro tema:

«El móvil perpetuo de primera especie es imposible». Sin embargo, pese al carácter preciso y categórico de esta formulación, ella no habla de cómo determinar que uno u otro dispositivo es precisamente el móvil perpetuo. Pues ¡antes de prohibir, hace falta saber qué prohibir!

Por esta razón es más cómoda otra formulación: «Cualesquiera que sean las transformaciones en el sistema²⁵, el flujo de energía que entra en él es siempre igual al que sale». Sobre esto se habla muy bien en las «Conferencias de física de Feynman»: «... se puede tomar un número cualquiera y observar tranquilamente cómo la naturaleza hace cualesquiera de sus trucos, y después contar de nuevo este número, él permanecerá siendo el mismo». Aquí «número» es el valor de la energía. Para determinar si existe o no semejante igualdad²⁶, hay que componer el balance energético, calcular todos los flujos de energía que entra (designémoslos con el signo', entrada) y que sale (designémoslos con el signo", salida). Para no equivocarse y no dejar pasar alguno de ellos, rodeemos a nuestro motor con una envoltura imaginaria, una superficie de control (se muestra en la fig. 2.5, a con línea de trazos). Los flujos de energía se designan con flechas. En el caso general en la entrada puede ser el flujo de calor Q' y el flujo de energía, que introduce la sustancia que entra (por ejemplo, el vapor, agua, combustible, etc.). La energía en el flujo de sustancia se designa con la letra H . En la salida hay que tomar en consideración el calor que sale Q'' , el flujo de energía, que se saca con la sustancia de escape H'' , y por fin, el trabajo L'' . El primer principio confirma que la energía que entra W' , es decir, la suma $Q' + H'$ (debe ser obligatoriamente igual a la que sale W'' , es decir, a la suma $Q'' + H'' + L''$ (si, claro está, dentro del motor la energía ni se acumula ni se gasta, $\Delta U = 0$):

$$W' = Q' + H' = Q'' + H'' + L'' = W'' \quad (2.2)$$

²⁵ Aquí, claro está, se habla del sistema, los parámetros del cual no varían en la marcha del proceso. En nuestro caso esto significa que dentro de él la energía ni se acumula ni se gasta.

²⁶ Si no existe igualdad, se puede pronunciar la sentencia: ante nosotros tenemos un mpp-1, él no vivirá.

Por cuanto conforme al primer principio todas las formas de energía son equivalentes, es fácil calcular el valor de cada una de estas magnitudes en unas mismas unidades (calorías, joules o kilovatios-horas)

De la ecuación (2.2) se desprende que el trabajo recibido es exactamente igual a la suma de las variaciones de la energía del cuerpo do trabajo y del calor:

$$L'' = (Q' - Q'') + (H' - H'') \quad (2.3)$$

Calculándolas, hallaremos el trabajo del motor, igual a L'' .

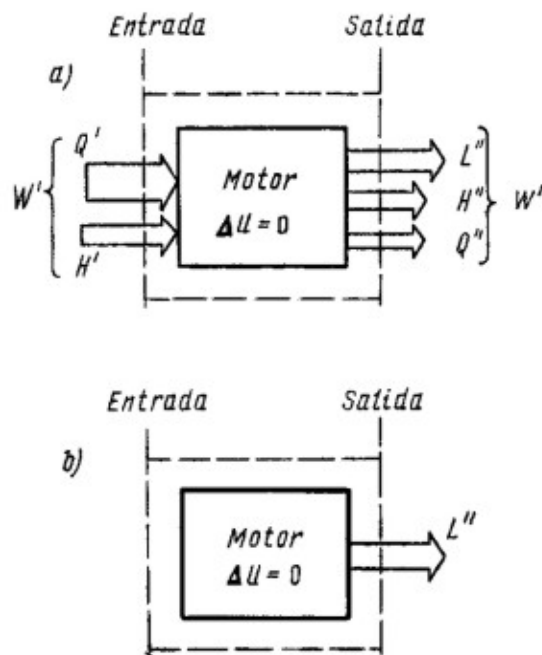


Fig. 2.5. Balance energético del sistema

Del primer principio de la termodinámica se desprende que el trabajo recibido no puede ser ni menor ni mayor de L''

El primer caso ($W' > W''$) no nos interesa, a pesar de que él es también una violación del principio de conservación (la energía desaparece), pero el segundo (la energía aparece de «la nada») corresponde precisamente al mpp-1. Este dispositivo no puede existir.

Hemos tomado para el análisis el caso general, complicado con calor y flujo de sustancia (en lo sucesivo también hará falta). No obstante, todos los motores examinados en el Capítulo. 1 son más simples, no están relacionados ni con uno ni con otro²⁷. Para ellos las ecuaciones (2.2) ó (2.3) tendrán un aspecto más simple, puesto que $Q = 0$ y $H = 0$ y, por lo tanto, $W' = 0$. Entonces

$$W'' = L'' = 0 \quad (2.4)$$

y el trabajo de estos dispositivos debe ser igual a cero. Si el inventor afirma que $L \neq 0$, esto será solamente una imaginación, en realidad es un dispositivo que no puede funcionar, que contradice a la condición (2.4), es decir, el mpp-1 (fig. 2.5, b).

De este modo, el primer principio de la termodinámica permite no examinar detenidamente los detalles del dispositivo con el fin de determinar si funcionará el motor o no. Hace falta solamente encerrarlo dentro de la superficie de control y calcular cuánta energía entra en total (W') y cuánta sale (W''), y si sale más de la que entra ($W'' > W'$), la discusión ha terminado. Está presente la infracción de la ley de la naturaleza: la obtención de energía de la nada. El móvil perpetuo de primera especie es imposible.

Naturalmente que todo lo dicho anteriormente se refiere a cualquier sistema técnico o biológico: la energía que sale en un lapso determinado W'' debe ser igual a la que entra W' . En cada una de ellas, claro está, hay que incluir todos los flujos de energía, independientemente de su forma. Además, en el caso general hay que tomar en consideración la acumulación (o el gasto) de las reservas interiores de energía ΔU :

$$W'' = W' - \Delta U \quad (2.5)$$

Lo dicho se puede explicar con un ejemplo simple. Tomemos un sistema biológico como el oso. En otoño él absorbe con el alimento ($H' = W'$) mayor cantidad de energía que la que gasta (con el calor Q'' y el trabajo L''). Por eso él acumula con las

²⁷ El cuerpo de trabajo que circula en el interior (por ejemplo, agua) no se toma en consideración, puesto que él no pasa a través de la superficie de control.

reservas de grasa la energía ΔU . Por consiguiente en otoño su balance energético es activo:

$$W'_{ot} = H'_{ot} > W''_{ot} = L''_{ot} + Q''_{ot}$$

Sin embargo en invierno, durante el sueño invernal en la guarida, él no recibe en absoluto energía desde fuera ($W''_{in} = 0$; el gasto de energía incluye el trabajo L''_{in} (en la respiración, cambio de posición y chupadura de la zarpa, que es muy pequeño) y el calor Q''_{in} para mantener el microclima en la guarida. Todo este gasto de energía $W''_{in} = L''_{in} + Q''_{in}$ se compensa con la disminución de su reserva ΔU . Por consiguiente, el balance energético para este período tendrá el aspecto siguiente:

$$0 = W''_{in} + \Delta U_{in} \text{ ó } Q''_{in} + L''_{in} = -\Delta U_{in}.$$

Para que él se observe, la magnitud ΔU debe ser negativa, la reserva de energía interna disminuirá.

El primer principio de la termodinámica representa en sí un potente medio como conocimiento científico de la naturaleza y como creación de «la segunda naturaleza», la técnica. Para los sistemas ya existentes él permite comprobar la justeza de cualesquiera teorías o resultados de los experimentos relacionados con la energética. Si conforme a la teoría o a las mediciones el balance no coincide, eso quiere decir que en algún lugar se ha cometido un error. Para los sistemas recientemente inventados la comprobación de su balance energético es obligatoria.

Si $W' \neq \Delta U + W''$ el sistema no puede existir. En el caso cuando $W' > \Delta U + W''$ la energía en él se «aniquila», y cuando $W' < \Delta U + W''$, «surge» de la nada (mpp-1).

El primer principio demuestra que todo esto es absolutamente imposible o, como a veces se dice, está prohibido.

Al parecer, la confirmación total e incondicional del principio de conservación de la energía y su popularización cada vez más amplia debían conducir a la reducción del flujo de mpp-1 inventados de nuevo. Además, «su majestad el vapor» resolvió para largo tiempo el problema del motor universal. No obstante, todo esto hasta fines del primer cuarto del siglo XX no ejerció una influencia esencial en la mayoría de los inventores del mpp-1. El asalto del problema insoluble continuaba.

2.3. Los últimos móviles perpetuos de primera especie

Aportemos para comenzar algunos datos estadísticos del mpp-1, que se refieren al período que nos interesa. Naturalmente, ellos tienen un carácter fragmentario, pero, no obstante, son bastante significativos.

Según los datos de la Oficina de Patentes de Inglaterra durante el período desde 1617 (el año de comienzo de la entrega de patentes) hasta 1903 se presentaron más de 600 declaraciones del mpp-1. Pero de ellas solamente 25 pertenecen al período de antes de 1850; las demás fueron presentadas más tarde²⁸. Un cuadro análogo se observaba también en otros países. Resulta que cuando la ciencia aclaró totalmente el problema del mpp-1, tuvo lugar un enorme interés hacia él.

Esta ordinaria paradoja con el móvil perpetuo se explica simplemente. Ya vimos qué resistencia encarnizada opusieron los círculos científicos a las ideas de Mayer y de Joule. ¿Qué hablar de los ingenieros y otros especialistas técnicos, y aún más de los aficionados lejanos de la ciencia?

El proceso de propagación, introducción y asimilación de las nuevas nociones sobre la energía, el calor, el trabajo y las magnitudes enlazadas con ellas se establecieron definitivamente sólo a mitad del siglo XX²⁹). Incluso para este tiempo la oleada de invenciones del mpp-1 no cesó todavía (y al mismo tiempo comenzó otra nueva de las invenciones del mpp-2; sobre esto hablaremos más adelante³⁰).

Volvamos, no obstante, a los inventores del mpp de la segunda mitad del s. XIX y principios del s. XX. Entre ellos había entusiastas honrados, y granujas que no se diferenciaba en nada a Orfireus. Si se habla de aquellos, quienes creían sinceramente en la posibilidad del mpp-1 y trabajaban en él, la mayoría de sus creaciones recordaban extraordinariamente lo que ya fue inventado antes. Pero hay también frutos de las nuevas tendencias, relacionadas principalmente con la electricidad.

En todos los casos los inventores, así como sus antecesores medievales, creían firmemente en el éxito de sus elaboraciones. Sobre esto atestigua aunque sea el

²⁸ Existen datos interesantes de los años 1897-1903 sobre la distribución de los autores de las declaraciones hechas en Inglaterra, por los distintos países. De 31 declaraciones 10 se hicieron en Inglaterra, 8 en EE.UU., 5 en Alemania, 3 en Francia, 2 en Austria y una en Bélgica, Rusia e Italia

²⁹ Incluso en la actualidad en algunos libros se puede encontrar una interpretación imprecisa (e incluso incorrecta) de estas nociones fundamentales.

³⁰ S Mijaíl [2.6] comunica que en la secretaría de invenciones y descubrimientos de Praga en los años 1970-1973 ingresaban anualmente hasta 50 proyectos de mpp.

hecho de que en muchos de ellos fueron previstos frenos, para que el motor no se desembalase en el caso de desarrollar altas revoluciones.

No tiene sentido describir detalladamente la mayor parte de las invenciones del mpp-1, que repiten las ideas ya conocidas. Expongamos, como ejemplo, sólo cuatro de sus modelos.

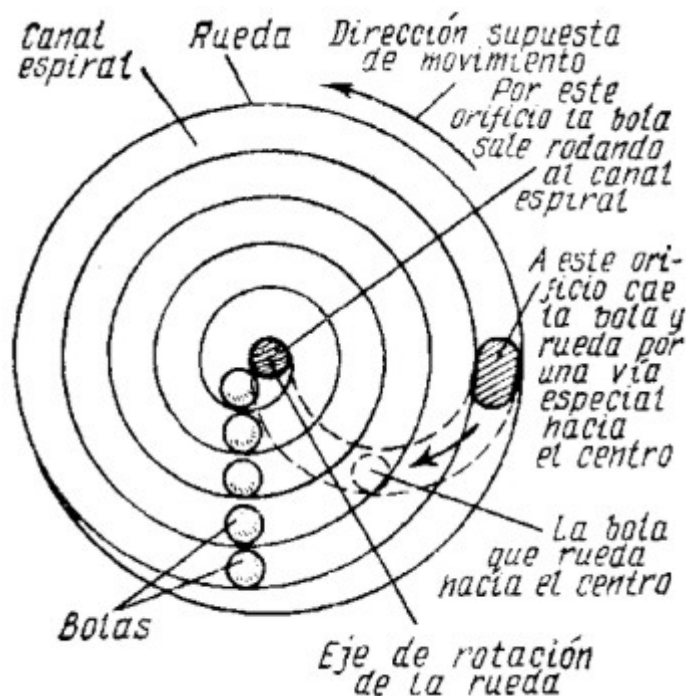


Fig. 2.6 Mpp-1 con bolas rodantes

La fig. 2.6 muestra un motor, propuesto por un inventor moscovita, cuyo nombre quedó desconocido. El autor preparó incluso un modelo, el cual representaba en sí una rueda de cerca de un metro de diámetro con un canal espiral. En el canal se encontraban cinco bolas pesadas; la sexta, que cayó en el agujero practicado en el borde de la rueda, iba rodando por una vía especial encorvada bajo el canal espiral hacia el agujero en el centro. De aquí ella iba a parar al comienzo, «centro» del canal espiral, y al mismo tiempo otra bola caía en el canal encorvado. El inventor consideraba que cinco bolas, encontrándose a la izquierda del centro de rotación de la rueda, pesarían más que la que se encontraba a la derecha, y la rueda giraría en el sentido mostrado con la flecha. Pero él no tuvo en cuenta lo que ya conocía bien en el s. XVII John Wilkins, epíscopo de Chester. El hecho no sólo consiste en el peso

de las bolas, sino también en su distancia de la línea vertical que pasa por el centro de rotación.

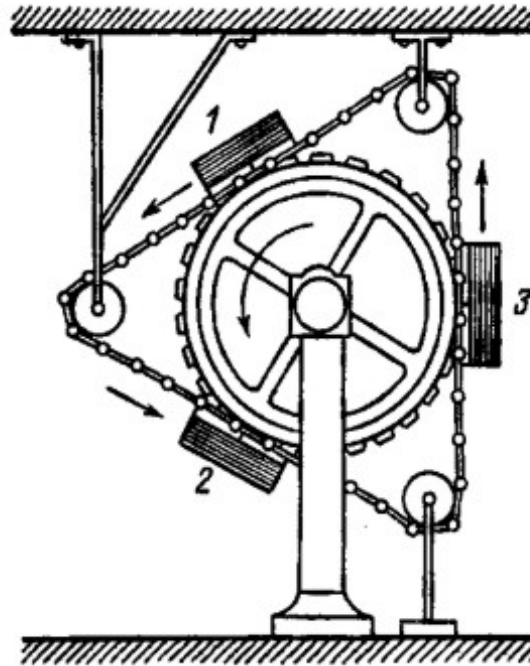


Fig. 2.7. Móvil perpetuo de K. Kail

Por eso una bola, que se encuentra a la derecha, pero a mayor distancia de ella, equilibrará las cuatro que se encuentran a la izquierda: los momentos de las fuerzas de ellas serán inevitablemente iguales, y la rueda permanecerá inmóvil. De segundo ejemplo de mpp-1, también de tipo gravitacional, puede servir el motor del maquinista de Estonia K. Kail, perteneciente aproximadamente al mismo tiempo que el anterior. Su idea está clara de la fig. 2.7. Dos pesas a la izquierda (1 y 2) deben preponderar a una que se encuentra a la derecha (3), y poner en movimiento la rueda dentada. Es evidente que el dispositivo no se moverá del sitio; esto como ya señalamos en el capítulo 1, fue demostrado por Stevin.

El tercer ejemplo (fig. 2.8) se refiere a finales del s. XIX; este motor también repite la vieja idea de «capilares - mecha». Un líquido, bajo la acción de las fuerzas de tensión superficial subirá por la mecha, pero estas mismas fuerzas no le permitirán escurrir al depósito superior.

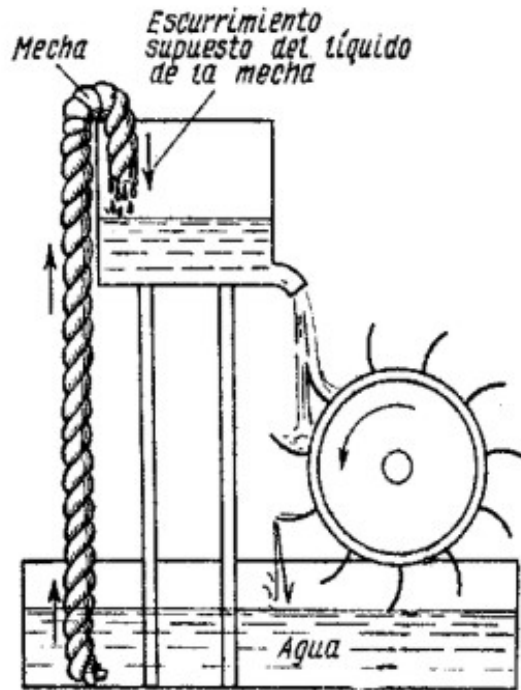


Fig. 2.8. Móvil perpetuo capilar de mecha

Por fin, la fig. 2.9 muestra un motor hidráulico (de flotador), el cual fue propuesto por el norteamericano G. Gotz. Un tubo de dos codos de sección circular está lleno de dos líquidos inmiscibles de distinta densidad (por ejemplo, mercurio y agua). Los tubos están llenos de bolas, cuya densidad es tal, que ellas flotan incluso en el líquido más ligero. Según la idea del autor las bolas en el codo derecho serán constantemente empujadas (bajo la acción del peso de las tres bolas que se encuentran sobre el líquido) al codo izquierdo del tubo y allí flotarán. La siguiente bola que flota en el codo izquierdo caerá sobre la rueda, poniéndola en movimiento con su peso, y regresará al codo derecho. De esta idea de nuevo, naturalmente, no saldrá nada, puesto que el líquido pesado, pese a que su nivel es más bajo, expulsa las bolas con el mismo empuje de Arquímedes, que lo hace el líquido ligero. En ambos codos los niveles de líquido se establecen automáticamente (como si conocieran el principio de conservación de la energía) de tal manera, que estas fuerzas se igualan, y el dispositivo no funciona.

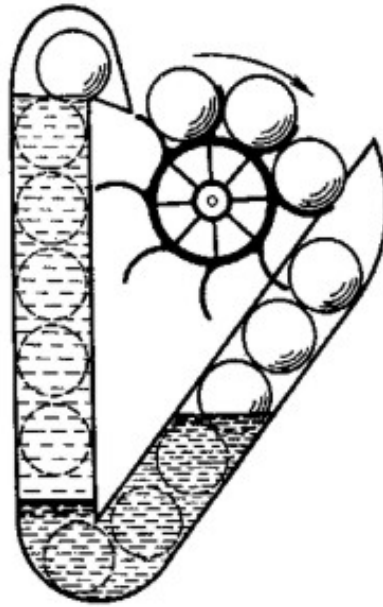


Fig. 2.9. Móvil perpetuo hidráulico de dos líquidos de Gotz

El examen de distintas variantes de mpp-1 mecánicos e hidráulicos, propuestos después del establecimiento del principio de conservación de la energía, puede ser continuado. El análisis de estas invenciones es un buen entrenamiento de la habilidad para hallar y aplicar las correspondientes leyes físicas. A los lectores que se interesan por otras variantes de estos dispositivos se les puede recomendar dirigirse a la correspondiente literatura [2.1-2.6].

Nosotros pasaremos a otros mpp-1, que corresponden en mayor grado al compás del tiempo con respecto a las fuerzas que en ellos se utilizan. A primera vista ellos aportan un nuevo chorro vivo en el fundamento ideológico del mpp-1.

Efectivamente los fenómenos eléctricos y electroquímicos, que en ellos se utilizan en lugar de bolas, ruedas, flotadores y mechas, crean la impresión de cierta novedad. Pero, también aquí de principio todo permanece al mismo nivel. Examinemos dos de estos nuevos proyectos (los demás representan en una u otra forma sus modificaciones). Los nombres de los numerosos autores de estas invenciones pueden no mencionarse; la lucha por la prioridad aquí no tiene sentido práctico.

La fig. 2.10 muestra en dos variantes un mpp-1 electromecánico. Su idea es genialmente simple. Sobre un árbol común van montados un motor de corriente continua y un generador eléctrico (también de corriente continua), conectados con

ayuda de cables con el acumulador y al consumidor de la energía eléctrica generada.

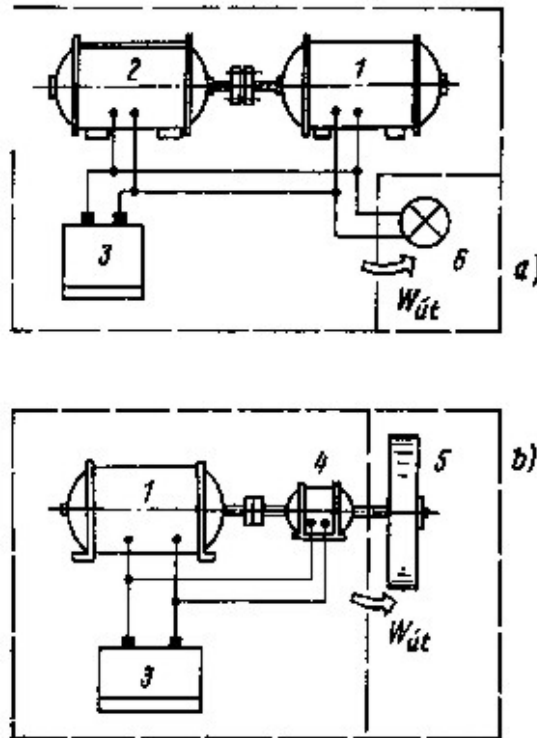


Fig. 2.10. Esquema de dos variantes de mpp eléctrico: a, motor puramente eléctrico; b, motor electro- mecánico; 1, generador eléctrico de corriente continua; 2, motor eléctrico; 3, acumulador eléctrico; 4, motor de arranque; 5, volante; 6, carga útil

Para la puesta en marcha del sistema hay que cargar previamente el acumulador. Luego es necesario poner en marcha el motor eléctrico con ayuda del acumulador. El motor hará girar al generador, el cual generará no sólo la energía necesaria para el consumidor, sino también la requerida por el motor eléctrico. El acumulador desempeñará el papel de un sistema energético de tampón. Si el consumidor toma más energía que la que genera el generador (descontando la energía necesaria para el motor eléctrico), entonces él entregará energía. Al contrario, si el consumidor toma menos energía, entonces ésta se acumulará en el acumulador.

Es absolutamente evidente que el generador, incluso en el caso más ideal, generará exactamente tanta energía, como toma el motor eléctrico; en las condiciones reales su potencia no llegará incluso para esto. El sistema en marcha, al gastar la energía,

acumulada por el acumulador desde la fuente exterior, inevitablemente se parará. El no podrá incluso abastecerse a sí mismo, sin hablar ya de entregar energía al consumidor. La segunda variante se diferencia sólo en que en lugar del acumulador eléctrico de la energía se utiliza un acumulador mecánico - un volante pesado.

Este debe ser puesto previamente en rotación para que arranque el motor. Claro está que el resultado será el mismo: después de gastar la energía del volante en el rozamiento y las pérdidas eléctricas el motor se parará. Si se compone el balance energético de esta máquina, él tendrá un aspecto muy simple:

$$O = W''$$

La energía útil W'' se extrae, pero hacia dentro a través de la superficie de control no ingresa nada: $W' = O$. No se observa el primer principio de la termodinámica. Si se toma en consideración el rozamiento y las pérdidas eléctricas, extraídas en forma de calor Q'' , la ecuación tomará la forma: $O = Q'' + W''$. Para que se conserve esta igualdad W'' debe ser negativa. Con otras palabras, para que este «motor» funcione, él debe estar girado desde fuera.

En el mpp electroquímico, mostrado en la fig. 2.11, se ha utilizado la misma idea: «me abastezco a mí mismo, y el exceso lo entrego», que en el mpp electromecánico.

Al comenzar a funcionar el sistema se pone en marcha por el acumulador. El agua se descompone por la corriente eléctrica en hidrógeno y oxígeno, los cuales van a parar a una turbina de gas. Aquí ellos reaccionan (el hidrógeno se quema en el Oxígeno) y los gases calientes giran la turbina. La turbina pone en movimiento al generador eléctrico, que genera la energía eléctrica, que se envía en tres direcciones: al consumidor exterior, a la descomposición del agua y, por fin, a la recarga del acumulador, necesaria tanto para el arranque, como en calidad de capacidad eléctrica de tampón. El vapor que escapa a la turbina se condensa en agua, la cual regresa al electrolizador; el ciclo se cierra.

Aquí todo está bien y correcto, a excepción de un detalle, que es el decisivo: en el caso más ideal el generador podrá producir solamente tanta energía, cuanta consume el electrolizador, y ni un joule más. En condiciones reales esta energía no

alcanzará para descomponer toda el agua. Por eso la instalación puesta en marcha, después de gastar la energía del acumulador en obtener durante el arranque las porciones de O_2 y H_2 , inevitablemente se parará. Aquí, así como en el mpp electromecánico, será imposible ajustar el balance energético.

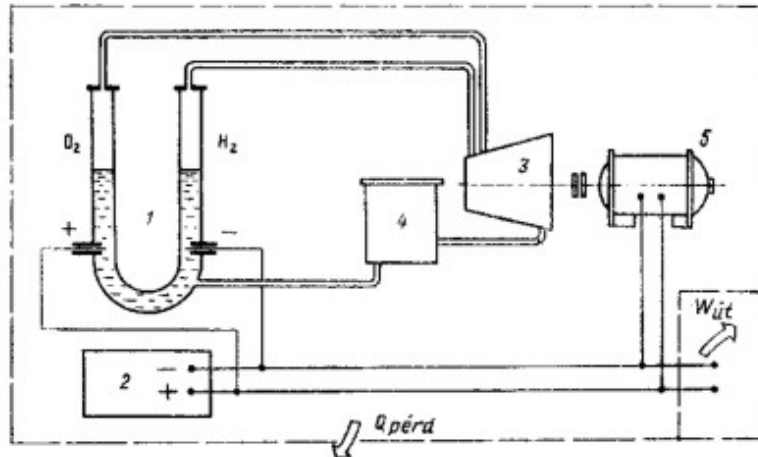


Fig. 2.11. Mpp electroquímico: 1, tubo en U con electrodos (electrolizador del agua); 2, acumulador; 3, turbina de gas; 4, colector del condensado; 5, generador eléctrico

Haciendo el resumen del examen de los más distintos modelos de mpp-1, se puede sacar la conclusión de que a fin de cuentas, todos ellos se basan en el principio de «genero algo de la nada». Este «algo» -el trabajo que pretendían recibir los inventores del mpp-1- inevitablemente se convertía en la nada. Al motor le hacía falta obligatoriamente «sobrealimentación» energética.

Los inventores del tipo de Orfireus comprendieron al fin y al cabo este hecho y recurrieron a una fuente ajena de energía, para que sus mpp-1 realizaran trabajo. Orfireus utilizaba el «accionamiento biológico» (su criada o su hermano); sus sucesores no se limitaron a esto. Algunos de ellos fueron más lejos.

Recordemos aquí a dos de ellos. Charles Redgofer, norteamericano, comenzó su carrera en Filadelfia, donde mostraba un móvil perpetuo que ponía en movimiento a una piedra de afilar. Por la entrada él cogía a los hombres un precio considerable, 5 dólares, pero a las mujeres las dejaba pasar gratis. Cuando el Ayuntamiento de Filadelfia se interesó por su actividad, él estimó necesario trasladarse a Nueva York, donde continuaba desde 1813 la exhibición de su motor.

La idea de la máquina no era nueva: las mismas pesas y la misma rueda, en la cual ellas rodaban. Éste era un mpp-1 gravitacional «ordinario» con tabiques inclinados y bolas. Redgofer recogía puntualmente los dólares de la gente confiada. Todo marchaba bien, por cuanto era difícil esperar que en aquellos tiempos apareciera entre los espectadores en tal ciudad como Nueva York, una persona lo suficientemente preparada científicamente para desenmascarar al inventor.

Pero Redgofer no tuvo suerte. Tenía que suceder que su atracción fuera visitada por nada más que Roberto Fulton, el inventor y constructor del primer buque de vapor activo. Es curioso que él no quisiera ir a ver la máquina de Redgofer, pero los amigos le obligaron a ir a la fuerza.

Es conocido que Fulton no sólo era uno de los ingenieros más instruidos y calificados de su época, sino que también una persona muy decidida. Por la irregularidad del movimiento de la rueda él comprendió de repente lo que sucedía. Sin pensarlo mucho, él le llamó públicamente a Redgofer estafador y comenzó inmediatamente a desarmar la envoltura al costado de la rueda, con el fin de hallar el motivo de su giro. El inventor intentó protestar, pero Fulton declaró inmediatamente que pagaría por el daño causado. Con ello él no sólo despertó el interés y el apoyo del público, sino que asentó, para sus acciones, cierta base jurídica, absolutamente suficiente, según las nociones norteamericanas. Redgofer ya no podía detenerle. Se descubrió un accionamiento por correa oculto que pasaba a través de la pared y el techo al desván. Cuando la muchedumbre irrumpió en el cuarto del desván, vio a un hombre de edad avanzada con una barba negra, que masticaba un pedazo de pan y giraba una manivela. De este modo, se descubrió toda la «cadena de transformaciones energéticas», y el pobre inventor fue castigado allí mismo por los espectadores.

Redgofer sin embargo parece un granuja primitivo en comparación con otro norteamericano John Kili, quien trabajó en la creación del mpp-1 más tarde, ya en la segunda mitad del s. XIX. Aquí no sólo el nivel de la técnica es mucho más alto, sino que tampoco la envergadura de la actividad financiera puede compararse con el puesto miserable de Redgofer. Kili organizó el asunto con un espíritu de iniciativa verdaderamente norteamericanas).

John Kili³¹ (1837-1898) nació también en Filadelfia. Él era carpintero y hasta los treinta años de edad no se destacó de ninguna manera en la esfera de las ciencias. Es más, no existen datos algunos de que él recibió instrucción alguna. No obstante, un año más tarde muchos lectores de los periódicos se enteraron de que él descubrió cierta «fuerza etérea», que puede ser obtenida «desintegrando» el agua ordinaria. Solamente hace falta organizar la producción de los correspondientes motores y entonces, valiéndose de una pequeña cantidad de agua, se podrá obtener enormes cantidades de energía. En la exposición, organizada especialmente para esta finalidad, en su ciudad natal de Filadelfia, Kili demostraba su móvil perpetuo, que funcionaba a base de esta «fuerza etérea». Él halló rápidamente entre los grandes hombres de negocios industriales a personas que deseaban depositar parte de sus capitales en la elaboración de este filón energético, que prometía enormes beneficios. Se creó la «Compañía de producción de motores Kili» con un capital de 5 millones de dólares. La confianza de los accionistas se mantenía no sólo por las intervenciones científicas, de las cuales Kili era un gran maestro, el reclamo en la prensa, sino también por los nuevos logros científico-técnicos. El principal de éstos fue la creación de un grupo bajo el nombre de «Liberador», el cual descomponía el agua «liberando energía». Kili afirmaba que su motor, cargado con una cuarta (1,11 litros) de agua, podría tirar un tren de pasajeros por todo el continente norteamericano, desde Filadelfia hasta San Francisco, y gastando más, un galón (3,79 litros), se podría viajar desde Nueva York hasta el mismo San Francisco en un buque de alta mar. ¡Se puede uno imaginar los beneficios que prometía semejante técnica!

Así pasaron cinco años (1875-1880) en el transcurso de los cuales la firma Kili prosperaba y sus acciones se compraban con mucho gusto, a pesar de que no se produjo ni un motor. A esto le ayudaba en gran medida el hecho de que aparecieron científicos (verdad que no físicos, ni energéticos), los cuales le apoyaban activamente³².

No obstante, las contradicciones entre las grandiosas promesas de Kili y los modestos resultados de su actividad condujeron a que los principales accionistas de

³¹ La historia de J. Kili fue expuesta detalladamente por A. Ord-Houm [2.51]. Aquí nos limitamos a una descripción breve.

³² Como veremos más adelante las tradiciones de apoyar las novedades seudocientíficas de semejante género por los científicos especialistas en otras ramas se han conservado hasta hoy día

la «Compañía de producción de motores Kili» cesaron de financiarle. En los periódicos comenzaron a aparecer artículos escépticos de los verdaderos especialistas físicos (del doctor Cresson, Barher y otros), quienes le culpaban a Kili de charlatanismo. El «buque» de Kili indudablemente tenía que ir muy pronto a pique.

Sin embargo, sucedió algo inesperado: de súbito Kili recibió un potente apoyo financiero y moral, el cual no sólo le ayudó a «permanecer a flote», sino también a encontrar nuevas fuerzas. Los franceses en estos casos enigmáticos dicen *cherchez la femme* (busquen una mujer). Semejante mujer resultó la señora Mur, la rica viuda del fabricante de papel de Filadelfia. Ella leyó en uno de los números del periódico dos artículos. Uno relataba sobre la situación desastrosa de Kili, que habiendo caído en la más absoluta miseria, continuaba trabajando tenazmente sobre su invención. El otro describía la historia de cierto inventor, no comprendido por sus contemporáneos, que murió en la soledad, y que solamente después de su muerte su trabajo fue apreciado.

La acción conjunta de estas publicaciones fue tan fuerte, que la viuda encontró a Kili, se conoció con él y... comenzó un nuevo período de su actividad creadora.

Esto sucedió en 1882. De nuevo él no sufría necesidad de dinero: la fortuna de la viuda superaba 5 millones de dólares (la misma cifra, que los activos de la «Compañía de producción de motores Kili»).

Inspirado por la viuda Kili hizo un nuevo descubrimiento: «una fuerza vibratoria. en el líquido, que se encuentra entre los átomos del éter infinito». Además, él ganó (verdad que con mucha dificultad) el proceso contra los accionistas de la «Compañía de producción de motores Kili» que exigían compensación.

Creyendo infinitamente en el talento, descubrimiento e invención de Kili, la señora Mur decidió atraer a conocidos científicos e ingenieros para apoyar sus asuntos. Esta idea no provocaba un gran entusiasmo en Kili, pero él no podía negar rotundamente a su protectora.

Como siempre en estos casos los peritos se dividieron en tres grupos. La mayoría de los invitados, entre ellos tales celebridades como T. Edison y N. Tesla, se negaron a participar en la peritación, no deseando perder tiempo en estos asuntos que no inspiraban confianza. Varias personas sabias dieron sus referencias positivas sobre

los trabajos de Kili. Se destacó sobre todo el físico inglés W. Leseless-Scott. Él tuvo la posibilidad de examinar todo el equipo e incluso estudiar la instrucción de su servicio. El profesor estudió minuciosamente el tema, después de lo cual declaró públicamente: «Kili ha demostrado con indiscutible convicción la existencia de una fuerza hasta ahora desconocida». Con ello él continuó la famosa tradición, comenzada por científicos como Gravesande y otros que apoyaron en su tiempo a Orfireus.

Por fin, entre los especialistas invitados para la peritación había quienes, junto con una calificación científico-ingenieril bastante alta, poseían un espíritu deportivo-detectivesco. Ellos manifestaron interés hacia el descubrimiento de los milagros demostrados por Kili y decidieron descubrir la verdad. Éstos fueron el ingeniero-electricista A. Scott y el presidente de la Universidad de Springsgarden A. Berk.

Ellos aclararon en qué se basaban los extraordinarios efectos que mostraba Kili. En particular, él mostraba unas bolas y discos metálicos que encontrándose en el agua, por una orden de incluso ¡al son de la música!, subían a la superficie, se mantenían por debajo de ella o se hundían bajo la acción de unas fuerzas misteriosas. Scott y Berk adivinaron que todos estos objetos representaban unos vasos huecos, los cuales cambiaban su volumen al cambiar la presión del aire suministrado a ellos por unos tubos huecos finos. Scott incluso rompió furtivamente uno de ellos y se convenció de lo correcto de su deducción, a la cual llegó junto con Berk. Informaron a la señora Mur sobre los resultados. En el año 1896 ella cesó de apoyar a Kili. No obstante, ella era una mujer bondadosa y le dejó al inventor un «estipendio» mensual de 250 dólares para toda la vida.

Cuando Kili murió en el año 1898, su casa fue revisada; en el sótano se descubrió toda una estación de compresores, el esquema de la cual fue publicado en «New York Journal».

De este modo, Kili se dedicaba a truhanería. Los dispositivos neumáticos creados por él (incluyendo una escopeta) atestiguan de su indudable talento ingenieril y maestría técnica. Involuntariamente surge la idea de que a pesar de la ausencia de instrucción él era mucho más capaz e inteligente que el sabio profesor Leseless Scott engañado por él.

Kili comprendía perfectamente que yendo por este camino de estafas financieras, él no podía pretender a un lugar en la historia de la técnica. Ya siendo viejo, él le dijo a uno de sus amigos que en su tumba quisiera tener el epitafio: «Kili, el estafador más grande del siglo XIX».

2.4. El móvil perpetuo en bellas artes

La historia de los vuelos y caídas de Bessler-Orfireus y J. Kili muestran evidentemente que tanto las personas que inventaban los mpp, las que ayudaban o estorbaban a éstas, como los acontecimientos que tenían lugar alrededor de ellas son un material interesante para el arte, en particular, para las bellas artes.

Desgraciadamente, este argumento no encontró un amplio reflejo en las bellas artes, aunque con frecuencia se hace mención de los mpp.

Se pueden nombrar muy pocas obras dedicadas especialmente a este tema. En la literatura extranjera se puede mencionar una pequeña novela fantástica del escritor alemán Paul Scheerbart (1863-1915) «Móvil perpetuo. Historia de una invención» [4.1], publicada en 1910.

En la literatura rusa hay que citar ante todo uno de los relatos en la novela de M. E. Saltikov-Schedrin «*Idilio contemporáneo*» [4.2], luego la novela del escritor E. M. Petropavlovski «*Perpetuum mobile*» [4.3] y, por fin, el relato de V. Shukshin «Tenaz» [4.4].

Cada una de las obras mencionadas es interesante a su manera y da mucho para comprender a los creadores de los mpp, lo que no hay (ni puede haber) en la literatura científica.

En las tres primeras novelas y relatos mencionados el tiempo de acción se refiere a la segunda mitad del s. XIX y principios del s. XX; los personajes del relato de V. Shukshin son nuestros contemporáneos.

El protagonista de la novela de Scheerbart es un inventor que soñaba en crear un mpp mecánico a base de la utilización de las fuerzas gravitacionales: «construir una rueda dentada, puesta en movimiento por unas pesas». La base ideológica de la invención es la siguiente: «La atracción de la tierra es perpetua, y este trabajo perpetuo de la atracción se puede transformar, con ayuda de las ruedas, en movimiento perpetuo».

El héroe del relato salva muy fácilmente el principio de conservación de la energía: «¿Qué me importa a mí Roberto Mayer?... Yo siempre odié a los físicos».

El autor le da a su héroe la posibilidad de resolver la tarea y construir el móvil perpetuo, el cual verdaderamente funciona³³.

Los sufrimientos del héroe de la novela están relacionados no tanto con los problemas científico-técnicos, como con los sociales. EL inventor piensa en cómo se transformará el mundo que disponga de posibilidades energéticas ilimitadas. Aquí encuentras la transformación del Sahara en una región fértil, el allanamiento de las montañas innecesarias, trabajos gigantescos de construcción...

A pesar de estas doradas perspectivas la obra termina sin resultado alguno. Las consecuencias de la utilización de la invención del mpp resultaron tan grandiosas, que el autor (y tras él, naturalmente, su héroe) simplemente se asustó. Las conmociones que puede provocar la abundancia de energía detuvieron al inventor y la máquina creada por él no fue utilizada; fue destruida y todo quedó como antes.

En los relatos de Saltikov-Schedrin, lo mismo que en los de Petropavlovski, a diferencia de Scheerbart, no hay nada fantástico. Es más, los prototipos de sus héroes son personas realmente existentes. En el relato «Idilio contemporáneo» con el nombre de Presentov se describe al campesino siberiano Aleksandr Scheglov, un inventor autodidacta. En la novela de Petropavlovski bajo el nombre del inventor Pijtin se representa un campesino de Perm Lavrenti Goldirev, conocido por él personalmente.

Ambos motores se describen en los relatos muy brillantemente y con suficientes detalles³⁴. También los propios inventores se presentan muy pintorescamente. Aquí, sin exponer largas citas, señalemos solamente algunos momentos interesantes para la historia de los mpp.

El motor de Scheglov representaba una rueda «... con rayos. Su llanta, bastante voluminosa, estaba formada de chillas, dentro de las cuales existía vacío. En este vacío se encontraba el mecanismo, que representaba el secreto del inventor. El secreto, claro está, no era muy intrincado, algo parecido a sacos con arena, que tenían la posibilidad de equilibrarse uno a otro...».

³³ Precisamente por eso nosotros llamamos la novela de Scheerbart fantástica, y no de ficción científica

³⁴ El lector puede familiarizarse con los relatos también en el libro de Yakov Perelman «Física recreativa», primera parte, donde se dan grandes citas de ellos.

La máquina de Goldirev (Pijtin) tenía el aspecto siguiente:

«Se veían postes de madera mal labrados, travesaños y todo un sistema de ruedas dentadas y volantes...En la parte inferior, por debajo de la máquina yacían unas bolas de hierro colado; a parte también había un montón de estas bolas...».

Es fácil ver que en ambos casos a los inventores les surgieron las mismas ideas que a los inventores de mpp-1 mecánicos de Europa Occidental y norteamericanos. El extraordinario parecido de las ideas se puede revelar (a pesar de la diferencia en la forma de su expresión) también en el análisis de las causas por las cuales las máquinas, después de que se ponían en rotación, se paraban inevitablemente. La explicación siempre se reduce a algún defecto particular de la estructura, el montaje o la calidad del material.

Prezentov, por ejemplo, a la pregunta de uno de los visitantes: ¿Puede ser que no haya tenido en cuenta el rozamiento?» -contestó: «También se tuvo en cuenta el rozamiento... ¿Qué tiene que ver el rozamiento? Esto no se debe al rozamiento, pues ... Unas veces como si nos alegrase, y luego de repente ... se encapricha, se obstina y basta. Si la rueda se hubiera hecho de un material verdadero, pero como se hizo de unos recortes...».

Es interesante señalar un rasgo más de parecido: ambos inventores le dan gran importancia al primer impulso, al comienzo del giro de la máquina. Cuando el motor se paró de nuevo, Presentov dijo: «Hay que darle un ímpetu», y de nuevo empujó la máquina. Involuntariamente viene a la memoria la teoría del «ímpetu» de Buridán, expresada en el s. XIV.

Ambos héroes de estos relatos son indudablemente personas inteligentes, quienes si hubieran podido estudiar, hubieran prestado una gran utilidad. Pero en las condiciones de la Rusia zarista eso era imposible.

Petropavlovski (S. Karelin escribía sobre esto en su relato «Los Urales, representados en la exposición de Ekaterinburgo» (Russkaya, Misl, 1887):

«Usted no encontrará aquí ni un solo rótulo correcto en las muestras artesanas, y si decide hablar con el propio artesano se asombrará de su ignorancia...».

... Esto se debe decir, en particular, sobre aquellos casos cuando el artesano comienza a fantasear, inventando algo nuevo. Aquí él vaga a oscuras; para él en este caso nada le hace romperse la cabeza en el móvil perpetuo... ¿acaso él sabe que eso es absurdo? Él cree en que la máquina perpetua se puede inventar, si se tiene buena cabeza...

Es penoso ver que en un país con una actividad fabril y artesana tan intensa no existe ni una escuela técnica, accesible para todos...».

Ahora trasladémonos a 100 años adelante, a nuestros días, cuando todos pueden estudiar. A pesar de esto también en nuestros días la gente inventa el mpp-1.

Sobre semejante inventor escribió V. Shukshin. Pero a diferencia de los tristes y pesados acontecimientos del siglo pasado, la historia descrita por él lleva un carácter no trágico, sino más bien cómico.

El héroe de Shukshin es inventor «tenaz», el chofer de un koljoz Dmitri Kvasov, por apodo «Monia», que leyó

«... en algún libro que el móvil perpetuo es imposible por tales y tales causas...».

«Leyó que muchos y muchos intentaban a pesar de todo inventar semejante motor... Estudió atentamente los dibujos de aquellos «móviles perpetuos», que se proponían en distintos tiempos... Y quedó pensativo».

Se describen de una forma interesante la manera de leer y el curso de los pensamientos de Monia Kvasov: «De que allí hay rozamiento, leyes de la mecánica, todo esto él lo dejó pasar; se metió inmediatamente de cabeza en la invención de un móvil perpetuo que todavía no hubo.

Él por algo no creía que era imposible crear semejante motor. Le solía ocurrir que... él eludía con desdén toda clase de pensamientos sensatos y pensaba lo suyo: «Está bien, me van a decir a mí... » Y ahora él también pensó: «¡Tonterías!... ¿Qué significa imposible?».

Luego Shukshin muestra el estado, conocido por experiencia propia a cada persona creadora: «Monia dejó de ver y comprender todo alrededor, se entregó por completo al gran problema de invención. Hiciera lo que hiciera -iba en coche,

cenaba o miraba el televisor- todos los pensamientos estaban concentrados en el motor. Él dibujó ya cerca de una decena de variantes de motor, pero él mismo las rechazaba una tras otra. El pensamiento trabajaba febrilmente. Monia se levantaba por las noches, dibujaba la rueda siguiente... En sus ideas estaba estancado alrededor de la rueda, comenzó de repente por la rueda y continuaba buscando nuevos y nuevos procedimientos de cómo obligar a la rueda a girar constantemente. Y, por fin, el procedimiento fue hallado. Éste es el siguiente: se coge una rueda...»

Shukshin da una descripción detallada del motor de Monia Kvasov. Esto está hecho excelentemente «a través» del carácter del propio inventor, muy seriamente, con todos los detalles (hay todo: «una pesa, un canalón bajo un ángulo de 45 grados», «una barra de hierro rígidamente soldada», etc.), pero no se puede comprender absolutamente nada. La descripción termina con las palabras: «De este modo la rueda girará a sí misma».

Se muestra excelentemente el estado del inventor, que por fin resolvió exitosamente el problema:

«Monia lo inventó esto por la noche... Saltó de la cama, dibujó la rueda, el canalón, la barra, la pesa... E incluso no experimentó alegría alguna, solamente se asombró: ¡por qué ellos se rompían tanto tiempo la cabeza!» Y por la mañana: «... Se sentó a la mesa, examinó su dibujo. Era extraño que él no sintiera ni emoción ni alegría. La tranquilidad se encontraba en el alma...».

Por la mañana Monia fue a mostrar su proyecto al joven ingeniero de la Estación técnica de reparaciones Andrei Golubev. Aquí, desgraciadamente, no se puede exponer la interesante conversación entre ellos, ocuparía mucho lugar. Prestemos solamente atención al hecho de cómo reaccionó el inventor al escepticismo («escarnecimiento») burlón del ingeniero. «Monia se inquietó. No es que dudó repentinamente de su motor, sino que le inquietó hasta qué profundidades, resulta, entró en la mente de, las personas que el móvil perpetuo es imposible. Así, va a resultar que lo inventas, y ellos van a repetir: es imposible.»

Después de que el ingeniero apreció su trabajo con la palabra «desvarió» y se negó incluso a mirar el dibujo, y el maestro de física demostró que en el dispositivo se establecería la «igualdad absoluta» de fuerzas, Monia «... cogió los dibujos y salió

fuera. Se fue al cobertizo y comenzó a confeccionar el móvil perpetuo.» Y él lo construyó. Pero sucedió lo inevitable: la rueda, después de girar un poco, se paraba. Monia sufrió una derrota.

Es muy interesante el final del relato, cómo Monia se desquitó y humilló al ingeniero y a toda su ciencia.

A la mañana siguiente Monia se acercó a la casa del ingeniero.

- «¡Buenos días! - dijo Monia, parándose cerca del seto. Y miró al ingeniero pacíficamente y con alegría.

- ¡Buenas! - contestó el ingeniero.

- ¡Pues gira!-dijo Monia.-La rueda...

- ¿El motor, verdad?

- El motor. La rueda gira... Toda la noche giró... Y ahora gira. Me cansé de mirar, y salía darme un paseo.

Ahora el ingeniero no comprendía nada. Monia no estaba ni mucho menos avergonzado, e incluso se encontraba radiante.» El ingeniero se conformó en mirar.

- ¿Y toda la noche giró? - no se mantuvo y preguntó una vez más el ingeniero ya cerca de la casa de Monia. Y miró atentamente a Monia. Monia soportó tranquilamente su mirada y como si él mismo se asombrara dijo:

- ¡Toda la noche! Desde aproximadamente las diez de la noche, la empujé y mira... qué hora es ahora

El ingeniero no miró al reloj, caminaba junto con Monia, extremadamente desconcertado, pese a que hacía todo lo posible por no mostrarlo, respetando su título de ingeniero. A Monia, al mirarlo, le causaba risa, pero también disimulaba.

- Preparémonos! - dijo él deteniéndose ante la puerta del cobertizo. Miró al ingeniero y dio una patada a la puerta... Y se apartó, para que él pasara al interior y viera la rueda. También él entró en el cobertizo; le era extremadamente interesante cómo descubriría el ingeniero que la rueda no giraba.

- Y bien, - dijo el ingeniero -. Yo pensaba que tú por lo menos inventaste algún truco. No tiene nada de gracioso, muchacho.

- Pues, perdóname - dijo Monia contento.»

En esta escena Shukshin advirtió perfectamente la sensación del ingeniero, que chocó con un fenómeno incomprensible. El ingeniero, claro está, no dudaba de que

actuara el principio de conservación de la energía. Le preocupaba otra cosa: ¿Podrá él hallar rápidamente la causa del «truco» por la cual la rueda gira?

Esta sensación les es conocida a muchos expertos, incluso muy calificados.

Así el inventor del móvil perpetuo Monia Kvasev, a pesar de la derrota en la discusión con el ingeniero, «empató». A pesar del fracaso de Monia el relato termina de manera optimista.

Son aún más interesantes los acontecimientos con la rueda de bicicleta y el móvil perpetuo que tuvieron lugar hace poco en el otro extremo de Europa, en Inglaterra. Sobre esto se relata en el capítulo 4.

Es interesante que la rueda de bicicleta desempeñe un gran papel en la última etapa de la historia del móvil perpetuo de primera especie. Sobre el hecho de que la idea de Monia Kvasov vivo, atestigua al artículo en la revista «Inventor y racionalizador», 1984, N° 7. Se publicó en la parte dedicada especialmente al mpp «crónica del movimiento perpetuo». Lo exponemos con una pequeña reducción. «Móvil perpetuo de una rueda de bicicleta. En agosto de 1980, yo llevaba en la bicicleta hierba para mis conejos, caí bajo la lluvia... Las ruedas patinaban, el saco en el portaequipaje tiraba hacia un lado, perdí el control, me caí en una cuneta y doblé fuertemente la rueda delantera. Fue necesario adquirir una nueva llanta y radios, ponerlos, arreglar el «ocho» (los ciclistas saben lo que esto significa). La reparación ya estaba por terminar, cuando mi esposa me pidió que le ayudara en las labores de casa. Al volver media hora más tarde a mi rueda, yo me quedé perplejo: ella giraba a una velocidad de aproximadamente 20-25 r.p.m. En el cobertizo no había nadie, quien hubiera podido darle vueltas. Llamé como testigo al vecino. El «milagro» duró varias horas, después yo paré la rueda. ¿Le hacen girar las corrientes de aire o se manifiesta cierta asimetría de los radios no tensados? Llevé la bicicleta a casa, la puse en medio del cuarto y en la misma posición de reparación, patas arriba, la rueda giraba de nuevo, al principio lentamente, después más rápido, hasta las mismas 20-25 r.p.m., y giró así cerca de una hora hasta que mi familia me echó junto con la rueda de nuevo al cobertizo. De este modo ella giró toda la noche. Por la mañana yo tensé los radios y regulé la llanta. La bicicleta quedó como nueva, los conejos no se sentían agraviados, pero los «milagros» cesaron; la rueda reparada giraba espontáneamente no más de media vuelta bajo la acción del peso del niple.

No, la rueda no ha descubierto todavía todas sus posibilidades... I. Shevtsov, ciudad de Boguchar, región de Vorónezh»

2.5. Razonamientos sobre las leyes y sobre si éstas pueden ser violadas

La historia del mpp muestra que los inventores del móvil perpetuo tropezaron y tropiezan con las más diversas dificultades. Aquí entran la insuficiencia de medios y materiales, la desconfianza de los circunstantes y las dificultades del diseño, confección y ensayo... No obstante, todo esto al fin y al cabo puede superarse. Queda solamente un obstáculo, el más difícil que no pudo ser superado por ninguno de los inventores del móvil perpetuo, las leyes de la naturaleza y las leyes de la ciencia que se desprenden de ellas. Ya vimos que para aquellos quienes creaban el mpp-1 semejante obstáculo insuperable era el principio de conservación de la energía, el primer principio de la termodinámica. Más adelante mostraremos que para aquellos quienes pretendían y pretenden crear el mpp-2, suplementariamente hay que vencer un obstáculo tan insuperable como el segundo principio de la termodinámica.

No obstante, las tentativas de vencer este obstáculo principal no cesan. Hasta mediados del s. XIX (y en algunos casos más tarde) para ello existía una aclaración bastante comprensible - simplemente estas leyes no eran todavía conocidas ni estaban exactamente formuladas. ¿Pero por qué los trabajos en el mpp continúan también hoy día, a pesar de que ambos principios de la termodinámica, tanto el primero como el segundo, están precisamente formulados, demostrados y re-demonstrados, descritos en una inmensidad de libros, se han introducido en los manuales? La mayoría de los inventores los conocen muy bien. ¿En qué consiste este hecho?

Para tener en adelante una base sólida para defender la verdad, hay que aclarar previamente la noción de «ley», razonando sobre este tema. Así pues, sobre las leyes.

Si miramos las guías y los diccionarios hallaremos dos sentidos del término «ley»: el primero, «el enlace esencial, necesario, la relación entre los fenómenos y los objetos»; el segundo «el establecimiento social obligatorio (ley estatal, penal, religiosa, etc.;)».

A nosotros en adelante nos interesará, naturalmente, la ley en el primer sentido, sin embargo, hay que decir previamente algunas palabras sobre la ley como «establecimiento social obligatorio».

En estas leyes hay que señalar dos rasgos. El primero consiste en que ellas pueden ser distintas con arreglo a un mismo caso en distintos países y regiones en dependencia del régimen social, las tradiciones, etc. Pueden variar y son revisadas en el transcurso del tiempo.

El segundo rasgo de las leyes establecidas por la sociedad, consiste en que en principio cada una de ellas puede ser violada; el hecho de que después de esto viene el castigo, no cambia nada.

Las leyes que reflejan «las relaciones esenciales obligatorias entre los fenómenos», al contrario, no cambian en función del lugar, del tiempo y del régimen social; en principio es imposible violarlas.

La relación esencial obligatoria entre los objetos y los fenómenos es propia de la naturaleza y no depende absolutamente de los hombres. Ella es imprescindible, y no casual y en condiciones determinadas se manifestará inevitablemente de una manera determinada. Esta manifestación es igual dondequiera y siempre, si existen las mismas condiciones.

Uno de los errores más peligrosos, que con frecuencia se encuentran, en la interpretación de las leyes consiste en que las propiedades de las leyes sociales se trasladan involuntariamente a las leyes objetivas de la naturaleza. Algunas personas no pueden comprender hasta el final que las leyes de la naturaleza, a diferencia de las leyes establecidas por la sociedad, no pueden ser ni cambiadas ni violadas.

¿Cómo así? Es que la historia de la ciencia dice claramente que a medida del desarrollo las leyes cambian. ¡Pues existían toda clase de «flogistos», «caerpos» termógenos» y «éteres», que en la actualidad han desaparecido! Se consideraba que los elementos no pueden transformarse uno en otro, mientras que hoy día se transforman. Si cien años atrás alguien hubiera propuesto extraer energía de los átomos, se hubieran burlado de él, pero en la actualidad funcionan las centrales atómicas. La geometría de Euclides ha sido sustituida por la geometría de Lobachevski y de Riemann, y la mecánica de Newton ya no es capaz de explicar muchas cosas; ¡se ha necesitado la teoría de la relatividad de ¡Einstein! ¿Por qué

también otras leyes que se encuentran en el camino de la realización del mpp-1 o mpp-2 no pueden resaltar viejas y erróneas ¡Lo que es exacto hoy día, puede resultar erróneo mañana!

Para comprender en qué medida son correctos estos y otros razonamientos semejantes, hay que dar un paso más en la aclaración del concepto de «ley» y determinar qué es la ley de la ciencia. A diferencia de las leyes de la naturaleza, las leyes de la ciencia existen no de por sí mismas, sino que representan el reflejo de las relaciones objetivas del mundo exterior en la mente del hombre. En este sentido ellas son secundarias con respecto a las leyes que rigen en la naturaleza.

Como resultado de la actividad investigadora del hombre las leyes se revelan, descubren y formulan en el lenguaje correspondiente con palabras o fórmulas.

La conocida ley de Boyle-Mariotte, por ejemplo, refleja objetivamente la relación existente entre el volumen v de una cantidad de gas y la presión p , bajo la cual él se encuentra. La ley puede ser expresada con las palabras: «el volumen de una cantidad de gas (o el volumen específico v) es inversamente proporcional a la presión p ». Esta misma ley puede ser expresada también por medio de la fórmula matemática:

$$p * v = \text{constante}.$$

No obstante, para juzgar sobre la duración, «estabilidad» de la ley científica hay que determinar en qué medida puede corresponder a la ley objetiva de la naturaleza, reflejarla correctamente. Es que la naturaleza es extraordinariamente complicada y diversa en su estructura, en las relaciones de sus objetos, en sus manifestaciones. Indudablemente, ninguna ley científica, por muy geniales que fueran las personas que la descubrieron, refleja completamente las relaciones y vínculos objetivos que existen en la naturaleza. Ella puede reflejarlos solamente en forma incompleta, con cierto grado de aproximación. A medida que se desarrolla la ciencia sus leyes abarcan esferas cada vez más amplias, se precisan, se aproximan a las leyes de la naturaleza, se hacen equivalentes a éstas.

En forma generalizada el carácter de la relación entre las leyes de la naturaleza y las leyes de la ciencia fue claramente expresada por A. Einstein: «Nuestras nociones

sobre la realidad física nunca pueden ser definitivas, y nosotros debemos estar siempre preparados para cambiar estas nociones». P. L. Kapitsa, que amaba las paradojas, decía incluso así: «Son interesantes no tanto las propias leyes como las desviaciones de éstas».

¿Significa esto que las leyes de la ciencia son «mortales» y que después de vivir un tiempo determinado, debido a sus desviaciones, se sustituyen por otras nociones más equivalentes a las leyes de la naturaleza? Si esto es así, entonces los inventores del mpp tienen razón al confiar en la absolutamente posible variación de las leyes de la ciencia, que por ahora no permiten el funcionamiento de los móviles perpetuos.

No, esto no es así, pese a que Einstein, Kapitsa y muchos otros, tienen mucha razón. ¿Cómo simultanear estos dos puntos de vista, al parecer diametralmente opuestos? Las nociones cambian, las desviaciones se estudian, y las leyes permanecen inquebrantables?

El hecho consiste en que las leyes de la ciencia (en particular de la física) no se anulan, sino que se completan y desarrollan, y esto es otra cosa. Aclaremos esta posición en varios ejemplos.

Tomemos la misma ley de Boyle-Mariotte, sobre la cual se habló más arriba. Como demostraron los experimentos, ella es correcta sólo aproximadamente. A grandes presiones y bajas temperaturas la relación entre p y v adquiere un carácter más complejo, que se expresa con fórmulas más complejas (ecuación de Van der Waals y otras, así llamadas ecuaciones de estado). Pero, dentro de los límites bastante amplios, donde las propiedades del gas se desvían insignificamente de la perfecta ley de Boyle-Mariotte funciona con bastante exactitud. Es más, ella siempre será correcta en esta esfera, independientemente de los inverosímiles descubrimientos que tengan lugar.

Lo mismo sucede con otras leyes. Por ejemplo, la ley de gravitación universal de Newton fue completada con corolarios que se desprenden de la teoría de la relatividad, los cuales permitieron aclarar nuevos factores observados por los astrónomos.

En el caso de potentes campos gravitacionales o velocidades próximas a la velocidad de la luz, la mecánica newtoniana ya no funciona. Pero en la Tierra (e

incluso en los cálculos del movimiento de los satélites de 1a Tierra) la mecánica newtoniana sigue en vigor y funcionará siempre impecablemente, nadie la podrá «anular».

El principio de conservación de la energía fue también ampliado a base de la teoría de la relatividad después de descubrir la equivalencia de la masa y la energía. (Éste es expresado por la conocida ecuación

$$e = mc^2$$

donde e es la energía; m , la masa y c , la velocidad de la: luz en el vacío.) Por esta razón, durante el cálculo, por ejemplo, de los procesos nucleares esta ecuación debe ser considerada. Pero, en otras ramas de la técnica, donde las velocidades son mucho menores que c , todas las ecuaciones de los balances de masa y de energía pueden ser calculadas tranquilamente sin tomar en consideración esta igualdad. Lo mismo sucede en otros casos: las nuevas leyes resultan más completas, profundas e incluyen. las anteriores como un caso particular, pero no las anulan.

En relación con esto cabe recordar un apunte del diario de D. I. Mendeléev (10-jun.-1905): «...Por lo visto la ley periódica en el futuro no será destruida, sino que se completará y desarrollará...».

N. Bohr formuló la tesis general (1923), que refleja esta regularidad del desarrollo de la ciencia: el principio de correspondencia que dice que toda ley más general incluye en sí la ley vieja como un caso particular; ella (la vieja) se obtiene de la nueva al pasar a otros valores de las magnitudes que la determinan.

Con arreglo a la ley de Boyle-Mariotte son los valores de la presión p y de la temperatura T que no salen fuera de unos límites determinados; con arreglo a la mecánica éstos son los valores de las velocidades de las partículas o cuerpos, etc.

Por consiguiente, independientemente de cómo se desarrolle en lo sucesivo la ciencia, sus «viejas» leyes no desaparecerán; «dentro de los límites de su competencia» siempre serán válidos³⁵.

¿Pero, qué podemos decir con respecto a las teorías del «flogisto», el «cuerpo termógeno», el «éter», etc.? ¡estas indudablemente han desaparecido! y por lo

³⁵ En contradicción a la inmutabilidad de las leyes de la naturaleza

tanto, también de las leyes de la ciencia) los inventores de los dispositivos «ilegales» piensan igual, por muy extraño que parezca, que los escolásticos medievales, que consideraban estas leyes establecimiento divino. Semejante punto de vista se mantuvo mucho tiempo. El físico Gravesande, que mencionamos en la historia de Orfireus, escribía en su curso de física (1747):

«La ley de la naturaleza es una regla y ley, sobre las cuales Dios deseó que los movimientos conocidos sucedan siempre, es decir, en todos los casos, en correspondencia con ellas».

De aquí se desprende que si Dios desea, puede ser que sea «no así», sino de otra manera. ¿No se explica por eso que Orfireus logró enredar a Gravesande?

Aquí también hay que llegar a comprender la cuestión, con el fin de no cometer un error.

La teoría del flogisto fue desarrollada por G. E. Stahl (1660-1734). Su fundamento era la idea de que en la composición de todos los materiales combustibles entra una parte componente común («flogisto»), la cual desaparece en el proceso de combustión. La teoría se desprendía, naturalmente, de las observaciones del proceso de combustión bien conocido por todos. Efectivamente, cuando arde un pedazo de madera o de carbón, se ve que de todos sus poros salen lenguas de fuego y los gases se escapan hacia arriba; los restos se convierten en cenizas. ¿Qué puede ser más natural que la suposición de que cierta parte del fuego se escapó y quedó la ceniza? Por lo tanto, la madera o el carbón (o el metal) es un compuesto de flogisto y ceniza (o de óxido de metal). ¡Se consideraba también que el organismo humano vive porque desprende a través de los pulmones flogisto!

Hoy día todo esto nos parece ridículo e ilógico. Pero, no hay que olvidar que en su tiempo la teoría del flogisto ayudó a «explicar», a reducir a una concepción única y a coordinar una gran cantidad de hechos conocidos en aquellos tiempos.

No obstante, ella como muchas otras generalizaciones teóricas de aquellos tiempos, era puramente cualitativa. A nadie le venía a la cabeza pesar el metal y su óxido y convencerse de que el metal pesa no más, que el óxido, como se desprendía de la teoría del flogisto, sino menos. Eran muy pocos los químicos y físicos que realizaban experimentos cuantitativos, y muchas veces confundían el peso con el peso

específico (densidad), considerando seriamente que una libra de plomo pesa más que una libra de plumas. Pero, en cuanto en la química aparecieron el peso y la medida (lo cual se debe en gran medida al célebre Roberto Boyle», como le llamó Lomonósov, (y al propio Lomonósov), la teoría del flogisto comenzó a destruirse.

De este modo, ésta y otras teorías semejantes no podían finalizar con la creación de ninguna clase de leyes físicas. Su desaparición no condujo a la anulación de ninguna ley. Por consiguiente, la historia del flogisto no funciona» como demostración de que «existía una ley, y luego resultó incorrecta».

Ahora sobre el «cuerpo termógeno». Su introducción permitió establecer ya cuantitativamente las leyes de la calorimetría. La teoría del cuerpo termógeno también desapareció. Pero, todas las leyes de la calorimetría, relacionadas con ella, funcionan perfectamente hasta hoy día³⁶ (y serán inmutables en adelante), a pesar de que ya hace mucho que no existe la teoría del cuerpo termógeno.

Existe una situación análoga también con el medio penetrante hipotético, el «éter». Todas las leyes cuantitativas que reflejan las relaciones objetivas existentes en la naturaleza, solamente se completaban. Por lo tanto, tampoco aquí hay razones para afirmar que las leyes de la ciencia, en particular de la física, pueden ser anuladas.

Todo lo dicho más arriba muestra que los argumentos como «antes se consideraba que los elementos no pueden ser transformados uno en otro, y ahora resulta que se puede», «antes no se suponía que pudiera existir la energía atómica, y ahora se utiliza», etc., de los cuales por analogía se desprende la tesis: «Ahora consideran que el móvil perpetuo no puede ser creado, Y después resultará que es posible» no valen. Nunca existieron leyes científicas que prohibieran estos fenómenos (a diferencia del mpp); su aparición no ha alterado leyes algunas.

Para terminar los razonamientos sobre las leyes, es necesario decir algunas palabras sobre una de sus variedades de gran importancia, las leyes estadísticas. Precisamente a ellas pertenece el segundo principio de la termodinámica, que prohíbe el mpp-2. Sin embargo, es mejor hacer esto no aquí, sino en el siguiente capítulo, dedicado especialmente al segundo principio. Pasemos a él.

Capítulo 3

³⁶ Es más, como veremos en adelante, la noción de «cuerpo termógeno» en su parte racional también quedó en la ciencia moderna bajo el nombre de «entropía».

Idea del Mpp-2 y Segundo Principio de la Termodinámica

Quien no ha aclarado sus principios en su totalidad lógica, tiene confusión en la mente y sus hechos son absurdos.

N. G. Chernishevsky

3.1. Idea fundamental del mpp-2. Precisión de las nociones

La confirmación del principio de conservación de la energía, del primer principio de la termodinámica, convirtió las tentativas de crear el mpp-1 en una ocupación absolutamente inútil. Y, pese a que estas continúan, la «orientación general» de las ideas de los creadores del mpp ha cambiado. Las nuevas variantes de móviles perpetuos nacen ya en concordancia completa con el primer principio de la termodinámica; de semejante motor sale tanta energía cuanto entra en él. Estos motores incluso se llaman de otra manera para evitar el término «móvil perpetuo».

No obstante, a pesar de la concordancia con el primer principio de la termodinámica y los nombres enmascarados, estos motores siguen siendo mpp típicos y conservan el síntoma fundamental, la imposibilidad absoluta de su realización.

El hecho consiste en que la observación de una ley cualquiera, incluso muy importante, no garantiza en absoluto la posibilidad de uno u otro fenómeno. Cada uno de ellos se determina por varias leyes. Por esta razón, él puede suceder solamente en el caso cuando no viola ninguna de las leyes que a él se refieren.

En particular, para toda clase de máquinas térmicas la observación del primer principio de la termodinámica es necesaria, pero no suficiente. Existe además el segundo principio de la termodinámica, la observación de las exigencias del cual es igualmente obligatorio. Los nuevos móviles perpetuos, sobre los cuales se hablará a continuación, pertenecen precisamente a las máquinas térmicas; ellas podrían funcionar, solamente violando las limitaciones impuestas por el segundo principio de la termodinámica. Por esta razón, semejante motor fue llamado «móvil perpetuo de segunda especie» (mpp-2). Por primera vez este término fue introducido por el conocido físico-químico W. Ostwald en el año 1892 [1.14] por analogía con el viejo mpp clásico (llamado después de esto mpp-1).

Ostwald no tenía en cuenta invenciones concretas, sino que examinaba la imposibilidad de la realización de semejante motor en principio, desde las posiciones teóricas generales.

Es muy difícil establecer quién inventó el primer mpp-2; ellos aparecieron no antes del último cuarto del s. XIX. En los principios del mpp-2 no existe tanta variedad como en los principios del mpp-1. La idea principal del mpp-2 es única para todas las variedades de sus proyectos. Expongámosla primero en el lenguaje de los propios inventores, pese a que, como veremos en adelante, la terminología utilizada por ellos no es muy precisa

Concedamos la palabra al ideólogo rector de esta orientación, el profesor V. K. Oschepkov [3.1]. El plantea el problema de la manera siguiente: «... buscar tales procesos que permitan realizar la transformación directa e inmediata de la energía térmica del espacio circundante en energía eléctrica. En esto yo veo el problema de mayor importancia de la contemporaneidad». Y luego: «... el descubrimiento de los métodos de centralización artificial, concentración de la energía dispersada con el fin de darle nuevas formas activas será un descubrimiento en la historia del desarrollo de la cultura material de la humanidad, que por las consecuencias prácticas puede ser comparado solamente con el descubrimiento de los procedimientos de obtención del fuego por los hombres primitivos».

Si nos apartamos de la apreciación de las perspectivas inspiradoras de la idea considerada (recordemos de Bertold de Pushkin: «perpetuum mobile... Yo no veo límites de la creación humana...»), y si examinamos detenidamente su esencia, ella se reduce a que la «energía térmica» dispersada del espacio circundante «se extrae», se concentra y se transforma en energía eléctrica, que puede realizar trabajo. Aquí no existe infracción del primer principio de la termodinámica. En energía eléctrica se transforma tanta energía cuanta se extrae del «espacio circundante».

Semejante idea, efectivamente, es extraordinariamente atrayente. La energía «concentrada» se podría utilizar para las necesidades de la humanidad, se «dispersaría», en este caso, en el espacio circundante, y luego se podría «concentrar» de nuevo y utilizarla. En la energética de la humanidad se realizaría la circulación eterna de la energía, la cual permitiría «matar dos pájaros de un tiro»:

quitar tanto el problema de búsquedas de fuentes de energía, como el problema de contaminación térmica, química y de radiación del medio ambiente.

Para analizar todos los aspectos de esta grandiosa idea desde el punto de vista científico, hay que precisar, ante todo, la terminología utilizada por sus autores, traducirla al lenguaje científico moderno. De lo contrario puede suceder el mismo «mezclado de lenguas», que tuvo lugar en los constructores de la torre de Babel, y será imposible descubrir la verdad³⁷.

No en vano, refiriéndose a Descartes, A. S. Pushkin escribía: «Determinad el sentido de las palabras, y salvaréis al mundo de la mitad de los errores» [1.17].

Examinemos dos términos clave de los partidarios del mpp-2: «energía térmica del espacio circundante» y «concentración y dispersión de la energía».

Comencemos por el primero. Ante todo señalemos que «el espacio circundante» no contiene de por sí energía, e intentar extraerla de él es un asunto inútil. Solamente contiene energía el medio material (la sustancia o el campo) que llena este espacio. Por esta razón, sería más correcto hablar del «medio ambiente» y no «espacio». Pero, tampoco esta formulación (que a veces también se usa) sirve. El término «medio ambiente» tiene distinto contenido en dependencia de cómo se utiliza. Puede haber dos casos.

En el primer caso por medio ambiente se comprende todo lo que se encuentra fuera de los límites del sistema (en nuestro caso del motor). Esto significa que el medio ambiente comprende por lo menos la atmósfera, hidrosfera y la litosfera de la Tierra, en las cuales existe diferencia de presiones, temperaturas y contenido químico. Por consiguiente, él incluye también las reservas de combustible, los recursos hidroenergéticos, etc. Con otras palabras, en el medio ambiente, determinado de esta manera, no hay equilibrio: está desequilibrado.

Valiéndose del desequilibrio en el medio ambiente el hombre siempre recibía la energía necesaria tanto en forma de calor, como en forma de trabajo. La energía del viento, del agua corriente, y luego del combustible, todo esto es resultado del desequilibrio del medio ambiente. Incluso la existencia del hombre se basa en la diferencia de la composición del alimento y de otras sustancias del medio ambiente.

³⁷ Esto, claro está, no es una casualidad. La terminología enredada (sobre esto ya se habló en el párrafo anterior) en la mayoría de los casos corresponde a la confusión en las ideas, la terminología precisa, al contrario, revela los errores.

Si este medio estuviese equilibrado, es decir, todo él tuviera una misma composición química promediada y uniformemente distribuida, una misma temperatura y presión, un mismo nivel del agua, una carga eléctrica igual en todos los lugares, etc., todo alrededor estaría muerto e inmóvil. Precisamente el desequilibrio, la diferencia de potenciales en el medio exterior determinan la posibilidad de la existencia de toda la energética.

Con esta interpretación del término «medio ambiente» la extracción de energía de él y su transformación en trabajo o energía eléctrica es conocida desde hace mucho tiempo. En estos procesos no hay nada nuevo: así se hacía siempre.

En el segundo caso, por medio ambiente se comprende solamente la parte equilibrada de todo el ambiente del sistema. La introducción de esta noción local, más estrecha se basa en que en el ambiente del sistema (por ejemplo, del motor) siempre existe en una cantidad prácticamente ilimitada un medio que tiene una misma temperatura, presión y composición química. Como ejemplo de semejante medio puede servir el agua en la superficie de los océanos, mares y otros grandes depósitos, o el aire atmosférico en la superficie de la Tierra. Las pequeñas diferencias de potencial que en ellos existen no entran en el círculo de los problemas que se examinan.

Semejante medio ambiente equilibrado, como muestra la experiencia secular de la humanidad, no puede servir de fuente de energía, por cuanto no existen diferencias de potencial, desequilibrios, que pudiesen ser utilizados. Él se comporta como el «agua muerta» sin diferencia de niveles, sobre la cual escribía Leonardo de Vinci.

Por fin, examinemos la primera parte de la expresión «energía térmica del espacio circundante». Por cuanto el calor, como ya vimos, es energía solamente en el proceso de transición, hablar de «energía térmica», y además «contenida» en el medio ambiente, es incorrecto (a pesar de que a veces esto se hace). La energía del movimiento térmico de las partículas constituye una parte de la energía interna del cuerpo, con la particularidad de que prácticamente es imposible extraerla «en forma pura». Por eso, en la ciencia se usa el término «energía interna».

Examinemos la segunda noción de «concentración» y respectivamente de «dispersión» de la energía.

La concentración es una noción relacionada con la centralización de algo en un lugar determinado (volumen, superficie). Con arreglo a la energía esto corresponde a la cantidad de ella por unidad de volumen o de superficie (J/cm^3 ó J/cm^2). Si esta cantidad aumenta, se habla de la concentración de energía, si disminuye, de su dispersión.

Los partidarios del mpp-2 utilizan este término en un sentido que no tiene relación con su verdadero contenido. Ellos llaman energía «concentrada» a la energía eléctrica y al trabajo, y «dispersada», a la energía interna de los cuerpos y al calor. Sin embargo, la diferencia entre ellas no consiste en la concentración (ésta en cada caso puede ser alta y baja), sino en el grado de ordenación, de organización del movimiento de las partículas (sobre esto ya hablamos en el capítulo 2). Como veremos en adelante, precisamente esta ordenación determina principalmente el lado cualitativo de la energía, su capacidad de trabajo.

La sustitución del concepto de calidad, de la capacidad de trabajo de la energía por su «concentración», y la de su degradación, su depreciación, por «dispersión», conlleva a un enredo suplementario, por cuanto la «concentración» y la «dispersión» de la energía no determinan en principio la posibilidad de obtención de trabajo (es decir, de la creación del motor)³⁸.

Ahora, después de precisar todos los términos, podemos volver a los fundamentos de principio del mpp-2. Se hace evidente que su idea se basa en la obtención de trabajo (o, lo que es lo mismo, energía eléctrica que puede transformarse en trabajo) del medio ambiente equilibrado mediante la utilización de la parte de su energía interna que está relacionada con el movimiento térmico caótico de las moléculas. El problema que surge con tal enfoque fue muy bien formulado en forma poética por uno de los discípulos de V. K. Oschepkov, M. P. Krivyj: «Aquí hace falta un procedimiento muy valiente, para que el calor equilibrado corra a la concentración desembarazada y virtuosamente»

V. K. Oschepkov le dio a este proceso el término científico «inversión energética». Con otras palabras, esto es la transformación inversa de parte de la energía interna del medio ambiente equilibrado en energía eléctrica o trabajo

³⁸ Claro está que cuanto mayor es la concentración, la densidad de energía, tanto más fácil, a igualdad de las demás condiciones, será utilizarla (se necesitan menores gastos, áreas, etc.). Pero, en principio, la posibilidad de obtener trabajo no se determina por esto.

Precisamente este proceso está prohibido por el segundo principio de la termodinámica. Por eso, para demostrar la posibilidad de la creación del mpp-2 hay que imprescindiblemente refutar o eludir el segundo principio de la termodinámica «que se encuentra en el camino»

M. P. Krivyj escribe sobre esto con bastante claridad: «De aquí todo el segundo principio se hace un impedimento, él debe ser recusado, ya que él mismo no se aparta»

Los partidarios del mpp-2 emplean para ello todo un conjunto de argumentos: desde los razonamientos filosóficos generales alegando a los clásicos, hasta los datos experimentales de las distintas ramas de la ciencia. Todos los argumentos, como regla, tienen un carácter descriptivo-especulativo y se dan sin un fundamento científico claro. No obstante, su excelente presentación exterior en combinación con el convencimiento y entusiasmo (y a veces una exposición no muy exacta de los hechos) puede parecer en muchos casos convincente. También ayuda aquí el generoso objetivo: la economía de recursos y la salvación del medio ambiente de la contaminación

Por eso, antes de pasar a examinar los distintos mpp-2, es necesario prestar cierta atención al examen del segundo principio de la termodinámica, aunque esto requiere del lector, que no ha estudiado especial mente la termodinámica, cierta concentración

El hecho no sólo consiste en que el segundo principio de la termodinámica, a primera vista, no es más difícil de comprender que el primero; en realidad, no es tan simple como parece. Sobre él se han escrito muchos, hablando con benevolencia, artículos y manuales no calificados, los cuales introdujeron, como escribía el académico A. V. Shubnikov, «una cantidad inverosímil de errores». Precisamente en el terreno fertilizado con estos errores, de tiempo en tiempo crecen las más diversas «obras» pseudo-científicas biológicas, técnicas, económicas y otras. A algunas de ellas tendremos que dedicarnos al examinar el segundo principio

3.2. Asimetría de las transformaciones recíprocas del calor y el trabajo. Principio de Carnot

El segundo principio de la termodinámica, así como el primero, se formuló en el transcurso de un largo período por los trabajos de muchos científicos e ingenieros. Sin su utilización sería imposible el desarrollo ulterior de la termo-energética, la tecnología química y muchas otras ramas de la ciencia y la técnica

El establecimiento de las generalidades y la equivalencia cuantitativa de las distintas formas de movimiento, y después la formulación precisa del primer principio de la termodinámica a base de esto, era necesaria, pero no suficiente. Era preciso establecer las condiciones que determinan la posibilidad del paso de unas formas de energía a otras y ante todo del calor a trabajo. La práctica demostraba que la noción sobre la convertibilidad general, equivalencia de las distintas formas de energía debía ser precisada incluso con arreglo a tales de sus formas como el calor y el trabajo. ¿Efectivamente, por qué el paso del trabajo a calor se realiza muy simplemente, sin presentar dificultades algunas? Ya en la aurora de la civilización el hombre conseguía el fuego por rozamiento, realizando sin ninguna ciencia precisamente tal transformación. Sin embargo, transformar el calor en trabajo se logró (si no se cuenta los antiguos juguetes de vapor como la «eolípila» de Herón) con gran dificultad solamente en la segunda mitad del s. XVIII, cuando fueron creadas las máquinas de vapor. Aquí el hecho consistía no en la complejidad técnica de estas máquinas (pese a que esto también desempeñó su papel), sino en la dificultad de principio de semejante transformación, la falta de claridad de las condiciones necesarias para ella

Este problema fue por primera vez planteado correctamente y resuelto por S. Carnot³⁹, sobre quien ya escribimos en relación con la primera formulación del principio de conservación de la energía. Con el famoso libro de Carnot «Sobre la fuerza motriz del fuego...» comienza no sólo la historia de la termodinámica, sino también toda la termo-energética teórica modernas).

Conforme a la teoría del cuerpo termógeno el funcionamiento de la máquina de vapor parecía muy simple. El cuerpo termógeno de los gases de chimenea, obtenidos como resultado de quemar el combustible, pasaba al agua a alta temperatura, transformándola en vapor. El vapor se expande en el cilindro,

³⁹ S. Carnot murió antes de que se reconocieron sus méritos, y su libro pasó desapercibido. La segunda vida le dio el científico e ingeniero francés B. Clapeyron (1799-1864), que editó el libro de Carnot en 1834, con sus comentarios y suplementos

produciendo trabajo. Luego el vapor se dirigía al condensador, donde a baja temperatura cedía el cuerpo termógeno al agua refrigerante.

El esquema de semejante máquina se muestra en la fig. 3.1, a; el flujo de cuerpo termógeno Q (la anchura de la banda corresponde a su cantidad) «cae» de la temperatura T_1 a una temperatura más baja $T_2 < T_1$. En este caso se produce el trabajo L . Es fácil ver que semejante explicación del funcionamiento de la máquina térmica surgió por analogía con la máquina hidráulica (por ejemplo, el molino de agua); sólo que el papel del agua lo desempeña aquí el «cuerpo termógeno» y el de la presión, determinada por la altura de caída del agua $\Delta h = h_1 - h_2$, la diferencia de temperaturas $\Delta T = T_1 - T_2$ (fig. 3.1, b). La cantidad de agua G , lo mismo que la cantidad de cuerpo termógeno Q , no cambia: la que entra (Q_1) es igual a la que sale (Q_2). Al principio esta teoría era aceptable, puesto que de ella se desprendía una deducción correcta y de gran importancia; la máquina térmica puede funcionar solamente al existir diferencia de temperaturas. Si $\Delta T = 0$, el calor será «muerto», como «el agua muerta» de Leonardo de Vinci siendo $\Delta h = 0$.

Al lector contemporáneo, sin embargo, le puede surgir una pregunta natural. Supongamos que los ingenieros de aquel tiempo no conocían el principio de conservación de la energía, ¡pero él de todas formas actuaba! Y esto significa que la cantidad de cuerpo termógeno (es decir, calor) cedido abajo a T_2 debe ser considerablemente menor que la que llegó arriba a T_1 , en la cantidad de trabajo realizado, es decir,

$$Q_2 = Q_1 - L.$$

¿Cómo no se dieron cuenta de esto? La respuesta es muy simple. Las mejores máquinas de vapor de aquel tiempo tenían una efectividad muy pequeña; ellas transformaban en trabajo no más de un 3-5 % del calor recibido. Esto significa que Q_2 se diferenciaba de Q_1 de la misma manera que 95 se diferencia de 100; pero la precisión de las mediciones térmicas en aquel tiempo era mucho menor del 5 %. Por eso la diferencia entre Q_1 y Q_2 no se podía notar (por cuanto a nadie le venía a la cabeza que ésta debe ser buscada).

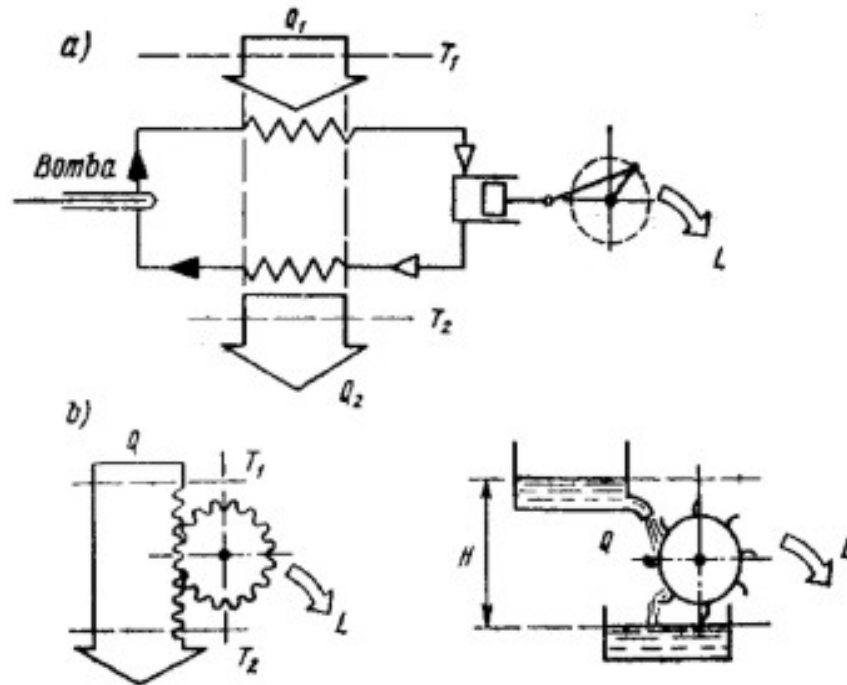


Fig. 3.1. Esquema de funcionamiento de la máquina (motor) de vapor desde las posiciones de la teoría del cuerpo termógeno: a, «caída del cuerpo termógeno» desde la temperatura T_1 hasta la temperatura T_2 ; b, analogía mecánica e hidráulica

S. Carnot se propuso el objetivo de determinar cuantitativamente «la fuerza motriz del fuego», es decir, hablando en el lenguaje moderno, la cantidad máxima de trabajo que puede proporcionar la unidad de cantidad de calor.

A pesar de que S. Carnot partía en este trabajo todavía de la teoría del cuerpo termógeno, y el principio de conservación de la fuerza motriz (es decir, la energía)⁴⁰ él lo formuló más tarde, entre 1824 y 1832, él resolvió de forma excelente el problema.

A los investigadores que les siguieron les quedaba sólo darle forma matemática a las tesis de Carnot y desarrollarlas con arreglo a los nuevos factores científicos, exponiéndolos, tomando en consideración el primer principio. Solamente después de un cuarto de siglo la termodinámica comenzó a desarrollarse, pero las ideas fundamentales de Carnot permanecieron inmutables. Semejante estabilidad extraordinaria de las tesis fundamentales de S. Carnot (propia en general de los grandiosos descubrimientos científicos) está relacionada con que él enfocó el problema desde las posiciones más generales, excluyendo todo lo particular, que no

⁴⁰ Sobre esto se habló en el cap. 2

tenía una importancia de principio. Él examinaba no una máquina de vapor determinada, incluso no la máquina de vapor en general, sino un motor térmico ideal, abstracto, los resultados del funcionamiento del cual no dependen de su estructura. Para ello él introdujo un ciclo especial, llamado más tarde con su nombre: ciclo de Carnot.

Entre los numerosos corolarios del trabajo de S. Carnot, la mayor importancia para nuestra finalidad - para el análisis del mpp-2- la tiene la hipótesis de que para el funcionamiento ininterrumpido del motor térmico se necesita una fuente de calor con una temperatura más alta y un intercambiador de calor con una temperatura más baja, el llamado principio de Carnot. La expresión matemática del principio de Carnot, que determina las condiciones de transición del calor Q en trabajo L , para las condiciones de temperatura dadas, fue deducida por R. Clausius en forma de la fórmula extremadamente simple, ampliamente conocida

$$L = Q \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (3.1)$$

Aquí, así como en la fig. 3.1, la alta temperatura T_1 en grados Kelvin corresponde al suministro de calor Q al motor, y la más baja es aquella a la cual el calor se entrega. De la fórmula (3.1) se desprenden directamente muchos corolarios importantes. Para nosotros tienen importancia dos deducciones.

La primera deducción consiste en que el trabajo obtenido es siempre menor que el calor Q suministrado al motor. Efectivamente, el coeficiente de Carnot $(T_1 - T_2)/T_1$ (o bien $1 - T_2/T_1$) es siempre menor que la unidad. Con otras palabras, en trabajo puede ser convertida solamente una parte del calor recibido; la otra parte, igual a $Q - L$, debe ser entregada inevitablemente a un intercambiador cualquiera de calor⁴¹ a la temperatura T_2 . Cuanto más alta es la temperatura T_1 y más baja la T_2 , tanta mayor parte de calor Q puede ser transformado en trabajo. Pero, todo el calor Q no puede ser convertido en trabajo (para ello T_1 debería ser infinitamente grande o T_2 infinitamente pequeña).

⁴¹ Aquí y en adelante se llamará «receptor de calor» el objeto al cual se deriva el calor del motor (por ejemplo, el aire atmosférico) y «transmisor de calor», el objeto del cual el motor recibe calor.

Así, por ejemplo, si $T_1 = 1200 \text{ K}$, y $T_2 = 300 \text{ K}$, entonces de 100 kJ de calor se puede obtener

$$\frac{1200 - 300}{1200} \times 100 = 75 \text{ kJ}$$

de trabajo. Los restantes 25 kJ pueden ser solamente derivados en forma de calor $Q_2 < Q_1$ a la temperatura de $T_2 = 300 \text{ K}$

De este modo, del principio de Carnot se desprende que el calor no se puede transformar totalmente en trabajo. Por consiguiente, en la naturaleza existe asimetría en la transformabilidad recíproca del calor en trabajo: el trabajo puede transformarse totalmente en calor, pero el calor en trabajo sólo parcialmente. La otra parte no transformable de calor se deriva inevitablemente del motor al receptor de calor (pero a una temperatura mucho más baja)

La segunda deducción del principio de Carnot consiste en que la obtención de trabajo del calor es posible solamente en el caso cuando entre el emisor de calor y el receptor de calor existe diferencia de temperaturas (es decir, $T_1 > T_2$). Efectivamente, de la fórmula (3.1) se desprende que cuanto menor es la diferencia $T_1 - T_2$ tanto menor parte de calor Q puede ser transformada en trabajo. Si $T_1 - T_2$, es decir, si el motor entra en contacto térmico con cuerpos que tienen una misma temperatura, entonces él no podrá realizar trabajo alguno ($T_1 - T_2 = 0$, y por consiguiente, $L = 0$ cualquiera que sea Q)

Estos dos corolarios del principio de Carnot no pueden ser eludidos por ninguna clase de subterfugios

La segunda deducción del principio de Carnot elimina en el acto la idea sobre el motor que funciona a cuenta de calor obtenido del medio ambiente equilibrado (mpp-2).

Por muy grande que sea la energía interna del cuerpo, enlazada con el movimiento térmico caótico de las moléculas, contenida en el medio ambiente⁴², ella no es capaz de realizar trabajo, puesto que en este caso a nuestra disposición tenemos solamente una temperatura, la del medio ambiente $T_{m.a.}$

⁴² Frecuentemente se llama «calor del medio ambiente», pero eso es incorrecto, como ya demostramos en el cap. 2, puesto que el medio ambiente (así como otro cuerpo cualquiera) no puede «contener» calor.

Así pues, de por sí la existencia de energía no significa que se puede recibir trabajo: la energía puede ser incapaz de trabajar. Por esta razón, la definición de la energía, que se puede encontrar todavía en algunos libros e incluso manuales como «magnitud que caracteriza la capacidad del cuerpo (o del sistema) de realizar trabajo» en el caso general es incorrecta. Fue heredada de los siglos XVII-XVIII, cuando la noción sobre la energía (conforme a la terminología de aquel tiempo, «fuerza») estaba relacionada solamente con el trabajo mecánico. El principio de Carnot muestra claramente que esta definición (por lo menos con arreglo a la energía interna del cuerpo y al calor extraído de él) es incorrecta. A nuestro alrededor, en el aire, agua y suelo existe una enorme cantidad de energía interna del movimiento molecular caótico, pero desgraciadamente, a despecho de las esperanzas de los inventores del mpp-2 es absolutamente inútil para la obtención de trabajo. Esto lo confirma el principio de Carnot, que se desprende del segundo principio de la termodinámica.

De todo lo expuesto se deduce inevitablemente que el único método de fundamentar la posibilidad de «extraer la energía térmica del espacio circundante» y obtener de ella trabajo consiste en desmoronar el segundo principio de la termodinámica. Alrededor de esta fortaleza, del segundo principio, se desarrollan todos los combates de los inventores y los teóricos del mpp-2.

Para comprender todo esto y demostrar la inutilidad de las tentativas de refutar el segundo principio, hay que examinar algunas de sus hipótesis, sin limitarse al principio de Carnot. Hay que prestar especial atención al problema sobre la entropía: la magnitud que ocupa el lugar central en la concepción del segundo principio. Sobre ella recae la máxima cantidad de ataques, chismes e incluso palabras feas. Uno de sus contrarios la llamó incluso «cerradura roñosa» que cierra la puerta en el camino del movimiento ulterior de la ciencia.

3.3. Un poco sobre la entropía

Comencemos volviendo a la noción de cuerpo termógeno y la representación de cómo él crea trabajo (fig. 3.1).

Ya dijimos que esta noción está relacionada con la teoría sobre cierta sustancia que corre de arriba abajo (de la alta temperatura a la baja) realizando trabajo, con la particularidad de que su cantidad no varía. Con el establecimiento de la teoría mecánica de los fenómenos térmicos esta noción, naturalmente, ha dejado de ser actual.

No obstante, ha resultado (como con frecuencia sucede) que en la idea de que a través del motor pasa el flujo de «algo» que no cambia su valor durante el trabajo hay cierto núcleo racional.

En efecto, examinemos más detenidamente la ecuación que refleja el principio de Carnot, estableciendo de ella la relación entre las cantidades de calor Q_1 y Q_2 y las temperaturas T_1 y T_2 . Para ello transformemos dicha ecuación. Es evidente (conforme al principio de conservación de la energía, el primer principio de la termodinámica) que $Q_2 = Q_1 - L$; entonces la ecuación fundamental de Carnot se puede escribir, sustituyendo el trabajo L por su valor, así:

$$Q_2 = Q_1 - Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (3.2)$$

o, después de las simplificaciones:

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2} \quad (3.3)$$

Resulta que las relaciones de las cantidades de calor a las correspondientes temperaturas (digamos el calor «reducido») son iguales en la entrada y en la salida del flujo térmico. Por lo tanto, efectivamente, existe una magnitud térmica que se distingue del «simple» calor, que conserva para el motor un valor constante en el proceso de su suministro y derivación⁴³.

⁴³ Es curioso que el propio Carnot en cierto grado lo sentía: por doquier, donde él hablaba de calor (en el sentido de la magnitud Q) se utilizaba la palabra *chaleur* (calor), y donde hablaba del cuerpo termógeno, la palabra *calorique*. Que esto no es una casualidad, se ve de que esta terminología no se altera ni una vez.

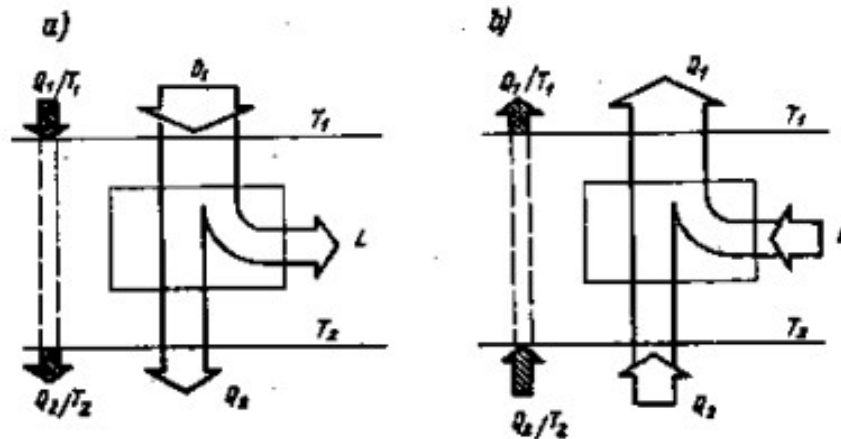


Fig. 3.2. Gráficos de banda de los flujos de energía y entropía: a, motor térmico; b, bomba de calor

La magnífica propiedad de la magnitud Q/T se conserva también en otro caso de gran importancia.

Ya hablamos de que el motor introducido por Carnot es ideal, es decir, funciona sin pérdidas. Esto significa que el trabajo recibido de él es máximo cuando se dan Q_1 y las temperaturas T_1 y T_2 , es decir, corresponde totalmente a la magnitud L en la fórmula (3.1). Si se utiliza el trabajo recibido, el ciclo puede ser encaminado en sentido contrario. La noción sobre tal máquina térmica reversible también fue introducida por Carnot en su famoso libro. Con tal «inversión» del ciclo ideal todas las relaciones cuantitativas entre las magnitudes, que determinan su trabajo, permanecerán constantes, sólo que en lugar de la transferencia del «cuerpo termógeno» de la alta temperatura a la baja tendrá lugar el proceso inverso, su transferencia del nivel bajo de temperatura al alto. Para esto se necesitará la misma cantidad de trabajo que el que fue recibido, y todo volverá al estado inicial. Con otras palabras, semejante ciclo posee la propiedad de reversibilidad. En la fig. 3.2 se muestran ambos casos con los flujos de energía. Las relaciones Q/T en ambos casos permanecen iguales en la salida y en la entrada del calor.

De este modo, el motor térmico se transformará en «bomba térmica» que transvasa el «cuerpo termógeno» de baja temperatura a la alta con gasto de trabajo. El flujo de calor reducido, a semejanza del flujo de «cuerpo termógeno» pasa también sin cambios a través de la máquina, pero no de «arriba abajo» como en el motor, sino de «abajo arriba» como en la bomba. Si se filmara la acción de la máquina en una

película cinematográfica, entonces ella (la máquina y la cinta) podía ser rodada en cualquier dirección: el cuadro sería correcto en todos los casos.

Esta magnífica propiedad de la magnitud Q/T de quedar invariable en todas las transformaciones ideales recíprocas (y, por lo tanto, reversibles) del calor y el trabajo no pudo no atraer la atención.

R. Clausius (1822-1888) fue el primero en dar a la magnitud Q/T un valor independiente y la introdujo en la ciencia. Él la llamó entropía⁴⁴. Desde entonces (1865) la entropía (se designa conforme al estándar con la letra S) inició su glorioso y al mismo tiempo espinoso camino en la ciencia. Glorioso porque ella «trabajaba» y sigue «trabajando» ayudando a resolver una inmensidad de problemas teóricos y prácticos (y no sólo termodinámicos). Espinoso porque es difícil encontrar otro concepto científico alrededor del cual ardan tantas pasiones y que haya provocado tantos chismes, errores y acusaciones. Le riñan los ideólogos y los inventores del mpp-2.

En qué esto consiste se hará claro definitivamente si examinamos ciertas propiedades de la entropía.

Comencemos por la entropía que tiene una propiedad más de importancia, que la hace semejante al «cuerpo termógeno». Ella puede no sólo ser suministrada al cuerpo junto con el calor (o derivarse del mismo), sino que también, a diferencia del calor, acumularse en el cuerpo, «ser contenida», en él. Durante el funcionamiento del motor de Carnot o de la bomba de calor la entropía, como vimos, «pasa» a través de ellos (fig. 3.2). Tanta como entra, tanta sale. Pero al calentar el cuerpo suministrándole calor, la entropía entra, pero no sale: ella se «acumula» en la sustancia. El calor desaparece, transformándose en energía interna, mientras que la entropía aumenta. Al contrario, al extraer calor la entropía del cuerpo disminuye. Así pues, la entropía puede ser contenida en los cuerpos, y ser transmitida de un cuerpo a otro por medio del calor.

Se puede hacer uso de la relación $S = Q/T$ cuando toda la cantidad de calor Q se entrega a una misma temperatura T . En la práctica la temperatura T en el proceso de suministro de calor, en la mayoría de los casos, cambia, puesto que el cuerpo se calienta (y durante la extracción se enfría). Para cada pequeña porción de calor δQ

⁴⁴ Esta combinación de palabras griegas, consonante con la palabra «energía» significa «transformación».

la temperatura será otra; por eso, la entropía se calcula para cada porción de calor por separado en la forma de $\partial S = \partial Q / T$ y luego se suman las porciones de entropía ∂S . En total la cantidad de entropía ΔS será igual a la suma de las pequeñas variaciones de la magnitud ∂S ,

$$\Delta S = \sum \frac{\partial Q}{T}$$

y al pasar a infinitésimas

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} \quad (3.4)$$

como el producto de la temperatura T , a la cual él se transmite, por el flujo de entropía:

$$\partial Q = T \partial S \quad (3.5)$$

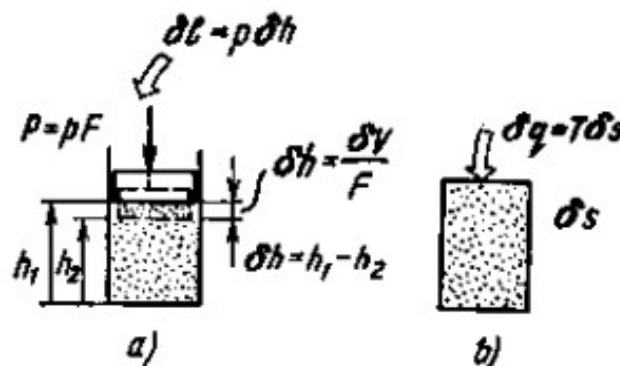


Fig. 3.3. Transmisión de la energía en forma de trabajo ∂l y de calor ∂q

Esta fórmula tiene un profundo sentido físico. Prestemos atención a que durante la transferencia de energía en forma de trabajo mecánico su cantidad, así como en la fórmula (3.5), se determina por el producto de dos magnitudes análogas.

Tomemos como ejemplo dos casos (fig. 3.3): el trabajo de compresión del gas en el cilindro (a) y el calentamiento del gas en el vaso aislado térmicamente (b). En el primer caso el trabajo L es igual al producto de la fuerza P (igual al producto de la

presión p por el área del émbolo F) por el camino δh (igual a la relación de la variación del volumen δV al área del émbolo F). Dado que a medida de la compresión del gas la fuerza P debe aumentar, el trabajo debe ser calculado por los pequeños tramos δh , en los cuales ella puede ser considerada constante. Entonces el trabajo representará el producto de dos magnitudes:

$$\delta l = p \delta V \quad (3.6)$$

Es fácil ver que en el segundo caso análogamente al primero para cierta cantidad elemental de calor δQ , durante la transferencia de la cual. T es invariable, tendremos

$$\delta Q = T \delta S \quad (3.7)$$

De este modo, la transmisión de energía en dos formas, de calor y de trabajo (a pesar de su diferencia de principio, o sea, la forma desordenada en el primer caso y ordenada en el segundo), puede ser expresada análogamente. La cantidad de energía en ambos casos (3.6) y (3.7) se expresa por el producto de dos magnitudes.

La primera de ellas (la presión p para el trabajo y la temperatura T para el calor) son las fuerzas (potenciales) que provocan la forma dada de transmisión de la energía. La segunda son las llamadas coordenadas, la variación de las cuales muestra la existencia de la forma dada de transferencia de la energía. Si la coordenada (V o S) no ha variado (es decir, δV o δS son iguales a cero), entonces δQ y δL también serán iguales a cero y no tendrá lugar ninguna clase de transmisión de energía.

A las primeras magnitudes se les suele llamar factores de intensidad y a las segundas, de extensidad. Por consiguiente, la entropía es un factor de extensidad al transmitir la energía en forma de calor. Los factores intensivos no están relacionados con la masa del cuerpo, al cual se transmite la energía, los factores extensivos, al contrario, dependen de ella: tanto la entropía S como el volumen V , a igualdad de las demás condiciones, son tanto mayores, cuanto mayor es la masa

del gas. Correspondientemente, ellas se miden en unidades referidas a la unidad de masa.

La noción sobre los factores intensivos y extensivos tiene un sentido muy amplio, que sale muy lejos de los límites de la termodinámica. La intensificación de todo proceso (incluso en el plan de la economía nacional) se alcanza no a cuenta del aumento del factor extensivo, sino solamente por medio del factor intensivo. En el caso de transmisión de energía en forma de calor de semejante factor sirve la temperatura.

Puede surgir la pregunta natural: si la variación de la entropía, igual a cero, muestra que no existe transmisión de energía en forma de calor, ¿cómo proceder con la máquina térmica de Carnot? ¿Pues en ella el calor se suministra y se extrae, mientras que la entropía permanece constante?

Esta contradicción es aparente: los flujos exteriores de entropía son constantes, pero en el interior de la máquina, el fluido operante que circula constantemente se calienta y se enfría. Al calentarse el motor recibe calor y la entropía del cuerpo operante aumenta; al enfriarse y al extraer calor la entropía disminuye. En el proceso ideal estas magnitudes son iguales, y en total la entropía se entrega continuamente al receptor de calor en la misma cantidad que ingresa de la fuente de calor. Por esta razón, el proceso circular (ciclo) puede repetirse tanto tiempo como se quiera.

La regularidad, característica para los procesos ideales, o sea, la existencia de la magnitud S , la cual en total no varía en todos los procesos relacionados con la transmisión de energía, puede llamarse principio de existencia y constancia de la entropía.

Si las propiedades de la entropía se limitaran solamente a la constancia en los procesos ideales reversibles, las disputas alrededor de ella serían mucho menores. Sin embargo, la entropía tiene una propiedad importante más, precisamente ésta es la que provoca ya más de 100 años fuertes disputas.

Fueron iniciadas por el mismo R. Clausius. Él desarrolló las ideas de S. Carnot a un nuevo nivel, basado en la teoría mecánica del calor y estableció una propiedad importante más de la entropía. Apoyándose en ella Clausius saca una conclusión de largo alcance, debido a la cual surgió la discusión que continuó más de un siglo.

¿De qué se trata?

S. Carnot introdujo y examinaba los procesos ideales reversibles en los cuales la transición del calor del cuerpo con alta temperatura T_1 (emisor de calor) al cuerpo con baja temperatura T_2 (receptor de calor) va acompañada de obtención de trabajo; al contrario, la transición del calor del emisor de calor con baja temperatura T_2 al receptor de calor con una temperatura más alta T_1 sucede con gasto de trabajo.

No obstante, existen también otros procesos irreversibles de transmisión del calor, que pueden de por sí transcurrir solamente en una dirección. Precisamente a ellos prestó atención Clausius. ¿Efectivamente, qué sucederá si la fuente de calor (el emisor de calor con una temperatura más alta T_1 se pone en contacto térmico (por ejemplo, se une con ayuda de una barra metálica) con el receptor de calor, la temperatura T_2 del cual es más baja, sin la máquina térmica? Entonces surgirá un flujo térmico del cuerpo con la temperatura T_1 al cuerpo con temperatura T_2 ; en este caso, naturalmente, no se realizará trabajo alguno, y todo el calor entregado por el emisor de calor será recibido por el receptor de calor.

De este modo, en este caso, el proceso será unilateral, irreversible, por cuanto él no puede transcurrir en dirección inversa. (Una estufa caliente puede calentar una tetera fría, pero una tetera fría no puede calentar una estufa caliente.) ¿Cómo se comportará aquí la entropía? El emisor de calor entrega la entropía

$$S_1 = Q_1/T_1$$

el receptor de calor recibe la entropía $S_2 = Q_1/T_2$ (el calor recibido por el receptor de calor $Q_2 = Q_1$, puesto que no se gasta en trabajo). Dado que $T_2 < T_1$, entonces $S_2 > S_1$. ¡La entropía aumenta!

El mismo efecto puede obtenerse al funcionar la máquina térmica, pero no la ideal, como en el caso de Carnot, sino la real, el funcionamiento de la cual va acompañado de pérdidas.

Para un motor real esto significa que para las mismas temperaturas T_1 y T_2 (fig. 3.4) y la cantidad de calor Q_1 el trabajo será ya no L , sino $L' < L$. Por consiguiente,

conforme al principio de conservación de la energía el receptor de calor recibirá ahora mayor cantidad de calor $Q'_2 > Q_2$, puesto que menor cantidad de éste se ha transformado en trabajo:

$$Q_2 = Q_1 - L, Q'_2 = Q - Q - L'$$

pero $L' < L$, por consiguiente, $Q'_2 < Q_2$. De aquí se desprende que la entropía recibida por el receptor de calor $S'_2 = Q'_2/T_2 > S_2$.

¡De nuevo ha aumentado la entropía!

Para una bomba de calor real con las mismas temperaturas T_1 y T_2 y la misma cantidad de calor Q_2 el gasto de trabajo L' será mayor que en el caso ideal: $L' > L$. Por esta razón, la cantidad de calor Q'_1 será también mayor que Q_1 , puesto que $Q'_1 = Q_2 + L'$. Por tanto, la entropía recibida por el receptor de calor, a T_1 será mayor que al funcionar la bomba de calor ideal:

$$S'_1 = Q'_1/T > S_1 = Q_1/T_1$$

¡También aquí la entropía aumenta! El análisis de otros procesos reales irreversibles de transformación de la energía muestra estrictamente: la entropía en ellos aumenta.

R. Clausius generalizó esta regularidad para cualesquiera procesos energéticos irreversibles, introduciendo el principio de aumento de la entropía: en todos los procesos reales de transformación de la energía en sistemas aislados⁴⁵ la entropía total de todos los cuerpos que participan en ellos aumenta.

⁴⁵ Es absolutamente natural que el balance de entropía debe calcularse (tanto para los procesos reversibles como irreversibles) en sistemas aislados. De lo contrario, la afluencia (o evacuación) de calor y, por lo tanto, de entropía escamoteará todo el cuadro.

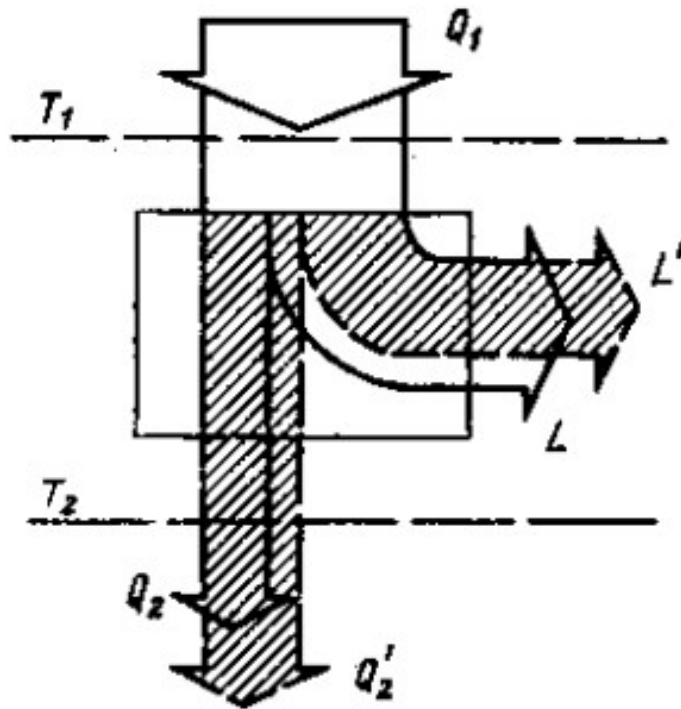


Fig. 3.4. Gráficos de banda de los flujos de energía en un motor térmico en los procesos reversible e irreversible

Este aumento de la entropía, a igualdad de las demás condiciones, es tanto mayor, cuanto más se diferencia el proceso (o los procesos) en el sistema considerado de los ideales, reversibles. En el motor térmico, por ejemplo, como ya vimos, el empeoramiento de su funcionamiento (es decir, la disminución del trabajo L recibido de la misma cantidad de calor Q_1 , para las mismas temperaturas límites T_1 y T_2) va obligatoriamente acompañado del aumento de la entropía. En la bomba de calor el aumento de los gastos necesarios de trabajo conducen al mismo resultado: al aumento de la entropía. Por consiguiente, la entropía puede desempeñar un «cargó» más: ser la característica de irreversibilidad de los procesos, mostrar la desviación de éstos de los ideales. Cuanto mayor es el aumento de la entropía, tanto mayor es esta desviación.

Así pues, el segundo principio de la termodinámica consiste en la constatación de dos hipótesis: la existencia y constancia de la entropía en los procesos reversibles (Carnot) y el aumento de la entropía en los procesos irreversibles (Clausius).

La disminución de la entropía en los sistemas aislados está prohibida por el segundo principio: en general esto es imposible. Se pueden citar muchísimos ejemplos de

semejantes procesos imaginarios imposibles: la transición espontánea del calor del cuerpo frío con la temperatura T_2 al más caliente con la temperatura $T_1 > T_2$, por ejemplo, la ebullición de la tetera con agua, colocada sobre hielo (o la congelación del agua en la tubería en una época calurosa). Es fácil ver (fig. 3.5) que la entropía en este caso disminuiría, por cuanto la entropía S del agua en la tetera aumentaría en Q/T_1 , y la entropía S del hielo disminuiría en Q/T_2 . El motor que funciona para la «concentración de energía calorífica derivada del espacio circundante» (es decir, que produce trabajo o energía eléctrica de la energía interna del medio ambiente equilibrados⁴⁶), pertenecería al mismo grupo de sistemas irrealizables. Efectivamente, recibiendo cierta cantidad de calor $Q_{m \cdot a}$ del medio a la temperatura del mismo $T_{m \cdot a}$ (y junto con ella la correspondiente entropía $S = Q_{m \cdot a}/T_{m \cdot a}$), él entregaría cierto trabajo, en el cual no hay entropía.

¿A qué conduciría esto?

Si todo el calor $Q_{m \cdot a}$ se hubiera transformado en trabajo, la entropía desaparecería por completo. Si en trabajo L se hubiera transformado solamente una parte del calor $Q_{m \cdot a}$, y la parte restante Q_2 el motor la devolviera, de todos modos la entropía entregada sería menor que la recibida, puesto que $Q_2 < Q_1$ y $S_2 = Q_2/T_{m \cdot a} < Q_{m \cdot a}/T_{m \cdot a}$. Para terminar de estudiar la entropía, queda examinar un aspecto más de esta extraordinaria magnitud: la interpretación estadística. Ésta fue dada por dos eminentes físicos: L. Boltzmann (1844-1906) y M. Planck (1858-1947).

Ellos afrontaron el concepto de entropía desde otro punto de vista, digamos, «desde el interior», a partir de la estructura molecular de la materia. Boltzmann investigó las leyes de comportamiento de todo el conjunto de moléculas que componen las partes que interaccionan del sistema, y estableció que existe una relación directa entre la entropía y el estado en el que estas moléculas se encuentran.

Cada molécula posee en cada instante determinado una energía determinada relacionada con su movimiento y con la interacción con otras moléculas. La energía interna total de la sustancia representa la suma de las energías de estas partículas. Por cuanto las moléculas se encuentran constantemente en movimiento caótico e interaccionan entre sí, entre éstas tiene lugar un intercambio energético, que conduce a que la energía se redistribuye entre ellas. Por eso cada instante siguiente

⁴⁶ Semejante mpp-2 imaginario se llama a veces motor monotérmico, puesto que debe funcionar de un emisor de calor con una sola temperatura $T_{m \cdot a}$ sin receptor de calor con una temperatura más baja, de aquí monotérmico.

corresponde a otro microestado del sistema con otra distribución de la energía entre las moléculas.

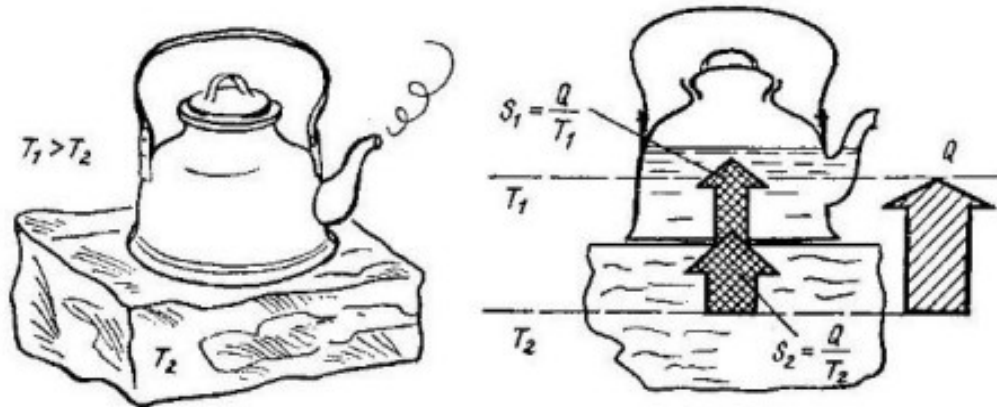


Fig. 3.5. Tetera que hierve en contra del segundo principio de la termodinámica, pero de acuerdo con el primer principio

De este modo, se llama microestado del sistema su estado en el instante dado, en el cual para cada molécula se han determinado la posición en el espacio y la velocidad. Esto, si se puede expresar así, es la foto instantánea del sistema.

En esta situación es prácticamente imposible estudiar el caos y el desorden que existe en cada microestado, el comportamiento de cada molécula, con el fin de predecir su comportamiento en lo sucesivo. Pero esto incluso no hace falta: es suficiente conocer las variantes posibles del comportamiento general del sistema, es decir, el número de todos sus microestados posibles. El número w de semejantes microestados puede ser muy grande, enorme, pero no infinito, puesto que el número de moléculas es finito, lo mismo que el número de niveles energéticos, en los que ellas pueden encontrarse.

¿Pero, cuál será el estado del sistema, determinado por las características generales (densidad, energía, etc.), es decir, su macroestado en las condiciones dadas? ¿Cuál de los numerosos microestados ella «elegirá»? Resulta que conociendo el número y las particularidades de los distintos microestados posibles se pueden establecer su macroestado más probable. Esta ley será estadística, lo que no obstante, no reduce en nada su vigor y fiabilidad.

Para mostrar en qué se basa, valgámonos del ejemplo evidente citado por el miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS, L. Al. Biberman.

Supongamos que en una bandeja plana se han dispuesto varias monedas iguales. Cada una de ellas puede encontrarse en una de las dos posiciones: con el escudo hacia arriba («cara») o hacia abajo («cruz»). Por cuanto ambas posiciones son igualmente probables, cada moneda puede encontrarse con la cara hacia arriba o con la cruz; es imposible preverlo de antemano.

Moviendo la bandeja se puede hacer saltar simultáneamente todas las monedas. Supongamos que al principio todas ellas se encontraban en un orden estricto: de cara. Planteemos al principio la pregunta así: ¿se podrá haciendo saltar sucesivamente las monedas en la bandeja (durante lo cual todas ellas, naturalmente, darán vuelta de distinta manera) volver a la posición inicial? En principio, naturalmente, se puede: ¿Pero, cuántas veces será necesario para ello hacerlas saltar? Probemos determinar el número de saltos, por ejemplo, para 10 monedas. En este caso son posibles distintas variantes («microestados»): las 10 monedas se encuentran con el escudo hacia arriba ($10\uparrow$), nueve hacia arriba, una hacia abajo ($9\uparrow, 1\downarrow$), ocho hacia arriba, dos hacia abajo ($8\uparrow, 2\downarrow$), etc., hasta la variante undécima: todas hacia abajo ($10\downarrow$). Esta última variante también corresponde a un orden completo, sólo que contrario al primero ($10\uparrow$).

Todas estas variantes son, a primera vista, igualmente probables, pero, solamente a primera vista. En realidad, ellas se diferencian bruscamente en que la frecuencia de su aparición será distinta. Efectivamente, la primera variante puede ser realizada sólo por un procedimiento, la segunda, ya por diez (la primera moneda cae de cara, las demás, cruz; la segunda, cara, las demás, cruz; la tercera cara, las demás cruz, etc.) Por consiguiente, la segunda variante aparecerá con una frecuencia 10 veces mayor que la primera. La tercera variante ($8\uparrow, 2\downarrow$) se puede realizar por una cantidad de procedimientos aún mayor, efectivamente, con dos monedas hacia abajo, que pueden ser la primera y segunda, la primera y tercera (etc.), la segunda y tercera, la segunda y cuarta, etc. Es fácil convencerse de que semejantes procedimientos serán ya 45. La cuarta variante se realiza por 120 procedimientos.

Si se juntan todos los datos se puede obtener la siguiente tabla:

Disposición de las monedas (macroestados)	10↑	9↑	8↑	7↑	6↑	5↑	4↑	3↑	2↑	1↑	0↑
	0↓	1↓	2↓	3↓	4↓	5↓	6↓	7↓	8↓	9↓	10↓
Número de procedimientos de realización (microestados)	1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1

En total, por lo tanto, son posibles $\sum w = 1024$ microestados. Entre ellos los estados de «orden completo» ($0\downarrow, 10\uparrow$ y $10\downarrow, 0\uparrow$) se encuentran solamente una vez cada uno. Al contrario, los microestados más alejados del orden ($5\downarrow, 5\uparrow$), ($4\downarrow, 6\uparrow$) y ($6\downarrow, 4\uparrow$) se encuentran con la mayor frecuencia; el más frecuente ($5\downarrow, 5\uparrow$), 252 veces.

¡Así pues, para obtener el orden inicial hay que sacudir la bandeja no menos de 1024 veces! Al contrario, se puede mezclar todo por completo en solamente cuatro ($1024/252$) sacudidas. El microestado de mezclado completo es 252 veces más probable que el estado de ordenación. El camino del orden al desorden es muy corto, pero para pasar el camino del desorden al orden, hay que trabajar muchísimo más. Aquí tropezamos con la noción de probabilidad termodinámica w , la cual se determina por el número de los microestados con los cuales puede ser realizado el macroestado dado. La noción de probabilidad termodinámica se diferencia de la noción de probabilidad matemática de un acontecimiento aleatorio, la cual se determina por la relación del número de aparición del acontecimiento dado al número total de pruebas. En el caso dado la probabilidad matemática se determinaría para cada caso por la magnitud $w/\sum w$.

En el experimento descrito hemos tomado sólo 10 monedas. ¿Y si éstas fueran más?

A continuación se dan las cifras totales aproximadas de $\sum w$ microestados para un número de monedas n de hasta 100:

n	10	20	30	50	70	100
$\sum w$	10^3	10^6	10^9	10^{15}	10^{21}	10^{30}

Esto significa que para regresar a la disposición ordenada de las monedas siendo su número, por ejemplo 100, hace falta más tiempo que el de existencia del sistema solar⁴⁷ ($7 \dots 8 \cdot 10^9$ años).

Pero el número de moléculas de gas en el volumen más pequeño es incomparablemente mayor de 100 (a la presión de 0,1 MPa y la temperatura de 273 K es cerca de $3 \cdot 10^9$ en 1 cm³). Por esta razón, la probabilidad termodinámica w , de que las moléculas se distribuyan uniformemente en cualquier volumen libre desordenadamente con las velocidades instantáneas dirigidas caóticamente, es extraordinariamente grande; esto corresponde a la enorme cantidad de microestados posibles $\sum w$. Al contrario, en comparación con esto la probabilidad del establecimiento de los microestados en los cuales habrá un orden determinado, es absolutamente insignificante. Prácticamente es igual a cero.

Examinemos tres de estos estados ordenados:

1. En una mitad de un recipiente se han acumulado dos veces más moléculas que en la otra. Correspondientemente la presión p_1 en una de las mitades será 2 veces mayor que p_2 en la otra: ($p_2 = 2p_1$). Esta situación se muestra esquemáticamente en la fig. 3.6, a.
2. En una de las mitades de un recipiente se han reunido las moléculas, en las cuales la velocidad media de movimiento térmico es mayor, y en la otra, aquellas, en las cuales esta velocidad es menor de un valor dado determinado. (Es conocido, que en el gas hay moléculas con distintas velocidades; su temperatura se determina por su valor medio.) Entonces el gas en una de las mitades del recipiente estará caliente (con la temperatura T_1), y en la otra, frío (con la temperatura $T_2 < T_1$). Esta situación se muestra en la fig. 3.6, b: en principio es análoga al caso con la tetera, mostrada en la fig. 3.5).
3. En un recipiente, en el que se encuentra una mezcla (lo dos gases (por ejemplo, aire, compuesto (de oxígeno y nitrógeno), las moléculas de uno de los gases (del oxígeno) se reunirán principalmente en una de las mitades del recipiente, y las del segundo gas (de nitrógeno) en la otra. En el recipiente surgirá diferencia de concentraciones c_1 y c_2 (fig. 3.6, c).

⁴⁷ Si se sacude la bandeja una vez por segundo.

Tanto la teoría como el experimento muestran que semejante situación, la ordenación espontánea, el surgimiento de diferencias de presiones p , temperaturas T o concentraciones c , es tan poco probable, que su aparición sería un milagro. Al contrario, si esta diferencia se crea artificialmente, accionando desde fuera (gastando el correspondiente trabajo) ella inmediatamente comenzará a igualarse espontáneamente.

Efectivamente, si se divide el recipiente con un tabique y se llenan sus secciones con oxígeno y nitrógeno, al quitar el tabique los gases se mezclarán uniformemente. Lo mismo ocurrirá en el caso de distintas presiones o temperaturas, ellas se igualan, y al fin y al cabo se establece cierto valor medio.

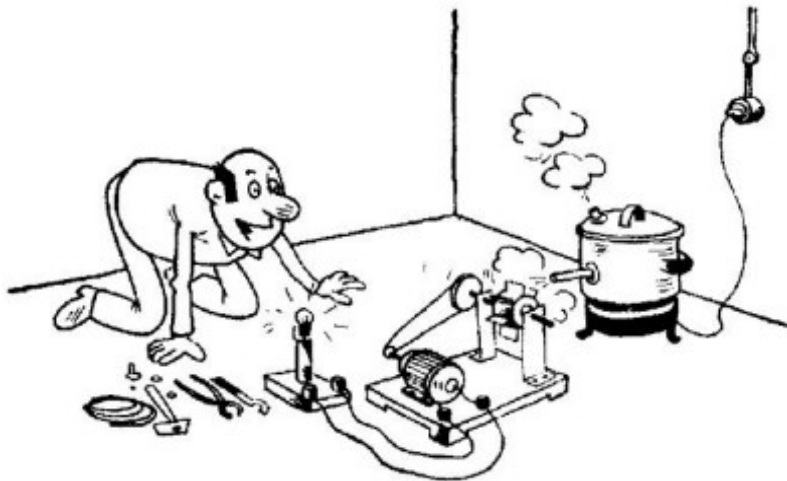


Fig. 3.6. Ejemplos de las transiciones recíprocas de los estados ordenados y desordenados: a, diferencia de presiones ($p_2 > p_1$); b, diferencia de temperaturas ($T_2 > T_1$); c diferencia de concentraciones ($c_2 > c_1$)

Ahora podemos volver a las propiedades de la entropía, a su interpretación estadística. Como resultado de los trabajos de L. Boltzmann y luego de M. Planck se estableció la relación conocida

$$S = k \cdot \ln(w) \quad (3.8)^{48}$$

⁴⁸ Esta fórmula ha sido grabada en el pedestal del monumento sobre la tumba de L. Boltzmann en Viena.

La entropía es proporcional al logaritmo de la probabilidad termodinámica (es decir, al número w de microestados, por los cuales el macroestado dado puede ser realizado). El coeficiente k (la constante de Boltzmann) tiene un sentido físico determinado: él es igual a la relación de la constante universal de los gases R_μ al número de Avogadro N_A .

Con arreglo a los ejemplos examinados más arriba, la fórmula (3.8) muestra que cuanto mayor es el número w (por ejemplo, todas las monedas se encuentran en desorden o el gas está uniformemente distribuido en el recipiente, etc.), es decir, cuanto mayores la probabilidad del estado dado, tanto mayor es la entropía S . Si, al contrario, $w = 1$, es decir, todo está ordenado de manera única (por ejemplo, todas las monedas se encuentran en una misma posición), entonces $S = 0$ (por cuanto $\ln(1) = 0$).

De este modo, por cuanto todos los sistemas físicos tienden espontáneamente al estado de mayor probabilidad, al equilibrio, la entropía de cualquier sistema aislado, que varía libremente su estado, puede solamente aumentar. Si el sistema se encuentra ya en equilibrio o cambia reversiblemente su estado, la entropía será constante. Ella no puede disminuir espontáneamente.

Los tres procesos mostrados en la fig. 3.6 pueden transcurrir solamente hacia la izquierda (aumento de la entropía S). A la derecha, (la flecha rayada) no pueden transcurrir, puesto que la entropía en este caso disminuiría, lo que es imposible.

De este modo, también la interpretación estadística de la entropía conduce a las tesis del segundo principio de la termodinámica: en los sistemas aislados la entropía puede permanecer invariable (en los procesos ideales, reversibles, donde el nivel de desorganización permanece invariable), o aumentar (en los procesos reales, donde la desordenación, desorganización aumentan).

En la formulación de M. Planck esta idea está expresada con extremada precisión: «En la naturaleza para cada sistema de cuerpos existe una magnitud, la cual para todas las variaciones, que se refieren sólo a este sistema, o bien permanece constante (los procesos reversibles), o bien aumenta (los procesos irreversibles). Ésta es la entropía del sistema».

Esta formulación del segundo principio de la termodinámica es muy próxima por su estilo y precisión a la formulación del primer principio dada por Feynman (ya la

citamos anteriormente) y el sentido de la cual es análogo a la afirmación: «Existe una magnitud, la cual para todas las variaciones, que tocan solamente a este sistema, permanece constante. Ésta es la energía del sistema».

Correspondientemente la existencia del mpp-1 contradice a la constancia de la energía, y la existencia del mpp-2 de la misma manera contradice a la constancia o el aumento de la entropía.

A diferencia del primer principio, que se refiere a los llamados «dinámicos», el segundo principio tiene, como vimos, carácter estadístico. En los «razonamientos» sobre los principios, con los males finalizó el capítulo anterior, prometimos volver a las leyes estadísticas. Ahora ya se puede hacer esto.

Las leyes dinámicas describen el estado y el comportamiento de los objetos individuales (cuerpos, sistemas). Su estructura interna no tiene importancia para las leyes dinámicas. Si se conoce que el sistema A ha transmitido al sistema B cierta cantidad de energía w (en condiciones cuando ambos están aislados), entonces sabemos exactamente que la energía del sistema A ha disminuido exactamente en W , y la del sistema B ha aumentado exactamente en la misma cantidad, independientemente de lo que en este caso en ellos sucede.

Las leyes estadísticas describen el estado y el comportamiento del conjunto de objetos, examinándolo como algo entero.

Con este enfoque, el cuerpo físico (por ejemplo, gas) se examina como el conjunto de moléculas, el comportamiento de cada una de las cuales se determina por la casualidad. Nosotros no podemos decir exactamente cómo se comporta cada molécula por separado (como, por ejemplo, cada moneda en el ejemplo examinado más arriba). No obstante, «el comportamiento común» de las moléculas (lo mismo que la cantidad de monedas que se encuentran en una posición determinada) nosotros podremos determinar con un grado de probabilidad determinado. Esta probabilidad, como ya vimos, es tanto mayor, cuanto mayor es el número de moléculas aisladas que determinan la presión, la temperatura y la entropía del gas o del líquido.

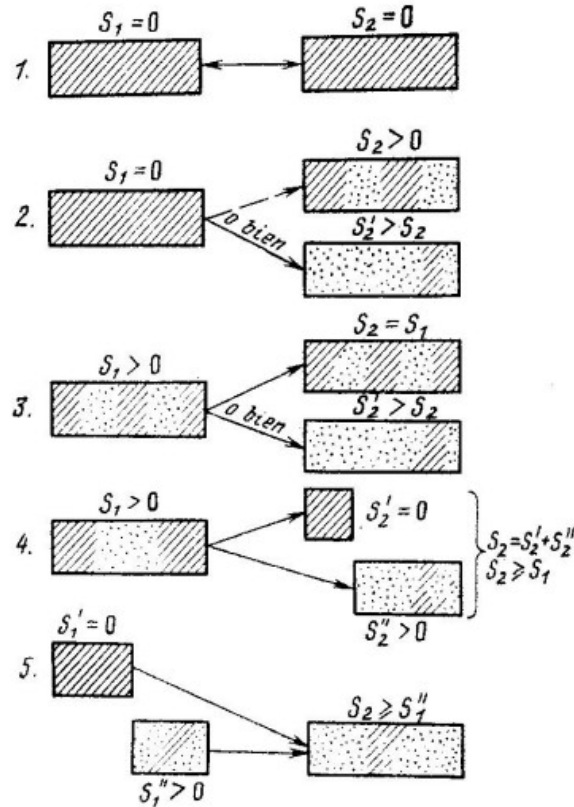


Fig. 3.7. Transiciones posibles de los sistemas de un estado a otro. La transición de izquierda a derecha es posible en todos los casos; de derecha a izquierda, solamente en el primero (el proceso es reversible)

La probabilidad de la predicción de tales magnitudes comunes, determinadas por las leyes estadísticas, como vimos incluso en ejemplos simples, es prácticamente igual a la unidad, y la desviación de ella, a ceros⁴⁹.

Después de que aparecieron las primeras leyes estadísticas, al principio ellas se consideraban «secundarias», «deficientes». En la actualidad las leyes estadísticas han ocupado en la ciencia, en particular en la física, una posición equitativa (si no prevalente) con relación a las dinámicas. Ellas predicen con la misma fiabilidad el comportamiento de los sistemas (naturalmente, si la cantidad de partículas, que forman el conjunto, es lo suficientemente grande), como las dinámicas.

⁴⁹ A veces surge la pregunta de cómo se realiza en la naturaleza la transición a estados más probables. En el ejemplo de las monedas y la bandeja para ello fue necesaria cierta «fuerza exterior», hizo falta que alguien sacudiera la bandeja. ¿Y en la naturaleza? El hecho consiste en que la naturaleza siempre ella misma «sacude la bandeja», por cuanto en ella no existe inmovilidad, equilibrio. Otra cosa es que a veces (y con frecuencia) esta «sacudida» no es, lo suficientemente fuerte para «desenfrenar» rápidamente ciertos desequilibrios.

El hombre, en su propio interés, puede acelerar este proceso. Por ejemplo, al quemar el combustible para obtener energía eléctrica, nosotros utilizamos el desequilibrio químico entre el combustible y el oxígeno del aire. Más detalladamente sobre esto se hablará más adelante.

Por eso el segundo principio de la termodinámica, que tiene naturaleza estadística, es tan fiable e «infrangible» como el primero.

Las tentativas de fundamentar el mpp-2, alegando la «deficiencia» del segundo principio, debido a su naturaleza estadística, son absolutamente inútiles. Valiéndonos de la noción de entropía podemos determinar precisamente cuáles procesos en principio son permitidos por el segundo principio de la termodinámica y cuáles él prohíbe. Es evidente que a los primeros se refieren todos aquellos en los que la entropía S es invariable o aumenta, y a los segundos, aquellos en los que ella disminuye.

Es más cómodo mostrar esto gráficamente (fig. 3.7). A la izquierda convencionalmente en forma de rectángulos se muestran las posiciones iniciales (antes de realizar el proceso), a la derecha, las finales (después de su finalización). Las dimensiones de cada rectángulo, que muestra el estado del sistema, corresponden a su energía; conforme al principio de conservación de la energía su área en el estado filial es igual a la inicial. Cuanto menor es la entropía S del sistema, tanto más ordenado está este sistema. Las líneas con flechas en la figura muestran la dirección posible de la marcha de los procesos; la transición en dirección contraria es imposible.

El primer proceso, la transición de un estarlo completamente ordenado (1), que corresponde a la entropía nula (se designa con rayado), a otro estado (2) igualmente ordenado. Como ejemplos característicos de dispositivos con semejantes procesos pueden servir el reductor mecánico, el transformador eléctrico o el motor. En el caso extremo cada uno de ellos puede transformar totalmente el trabajo mecánico o la energía eléctrica en trabajo o en energía eléctrica con otras características necesarias. Si en el sistema hay pérdidas (rozamiento, extracción de calor debida al calentamiento eléctrico), el paso del sistema a un nuevo estado irá acompañado de cierto surgimiento de entropía (caso 2). Cuanto mayores sean las pérdidas, tanto mayor será su valor ($S'_2 > S_2 > S_1 = 0$).

También puede ocurrir que el sistema en la posición inicial se caracteriza por cierta entropía S_1 diferente de cero (caso 3). Él puede pasar tanto al estado con la misma entropía $S_2 = S_1$, conservando el nivel inicial de desordenación (proceso ideal), como a cualquier estado con mayor entropía $S'_2 > S_2$ (proceso real).

Puede ocurrir también (caso 4) que de un sistema se formen dos (o de un flujo de energía, dos). En este caso la suma obtenida de entropías debe ser, hico igual a la inicial (proceso ideal, $S'_2 + S''_2 = S_1$), bien superarla (proceso real, $S'_2 + S''_2 > S_1$). En este último caso es posible en particular, la situación en la cual uno de los resultados finales del proceso (parte del sistema o el flujo de energía) se caracterizara por menor entropía que el estado inicial. Pero semejante «ennoblecimiento» (disminución del desorden) en una parte se compensa inevitablemente por igual o aún mayor aumento de la entropía en la otra parte. Aquí una parte «se hace ordenada» a cuenta de la otra parte, pero en resumidas cuentas la entropía total de nuevo aumentará.

Por fin, examinemos el quinto caso. .Aquí al principio o bien hay dos sistemas con distinta entropía, o bien se suministran dos flujos de energía: uno en forma ordenada ($S = 0$, trabajo), y el otro en forma desordenada ($S'_1 > 0$, calor). Como resultado se obtiene un sistema (o flujo de energía) con la entropía común S_2 , mayor (en el proceso real) o igual (en el ideal) a la entropía S''_1 ⁵⁰.

Es fácil ver que todos los dispositivos técnicos creados por el hombre transforman la energía conforme a uno de los esquemas descritos (o su combinación). Sobre el primero y el segundo ya hemos hablado. El tercero corresponde a la numerosa clase de procesos en los cuales se transforman flujos de distinto nivel de desordenación sin una participación esencial de los flujos de energía ordenados, sin entropía (trabajo, energía eléctrica). A éstos pertenecen muchos procesos químico-tecnológicos y otros, en los cuales participan principalmente; los flujos de sustancia y de calor.

De ejemplo del cuarto caso puede servir una central termoeléctrica, que genera energía eléctrica ($S = 0$) y que entrega el calor no transformado con mayor entropía al medio ambiente.

Por fin, al quinto caso corresponde la bomba de calor. Al sistema se suministra trabajo ($S = 0$) y calor del medio ambiente $S_1 > U$, y se deriva el calor a una temperatura más alta con la entropía $S_2 > S_1$

⁵⁰ Es evidente que en los casos cuarto y quinto a la derecha (y respectivamente a la izquierda) pueden encontrarse no dos sistemas o dos flujos, sino más. La condición de que la entropía total a la derecha debe ser igual o mayor que la entropía a la izquierda, naturalmente, se conserva.

Todos los casos de transformación de la energía, en los cuales la transformación según los esquemas 2-5 transcurriría no de izquierda a derecha, sino de derecha a izquierda, pertenecen a los irrealizables: ellos son imposibles, por cuanto la entropía disminuye. Todos los motores perpetuos de segunda especie, que examinaremos en adelante, se reducen al fin de cuentas a una de estas imposibilidades.

Todo lo dicho en este capítulo sobre el principio de Carnot, el orden y desorden, sobre la entropía y su interpretación estadística maestra que el segundo principio de la termodinámica, que prohíbe el mpp-2, no puede ser refutado por el argumento de que él «no es general, por cuanto es estadístico». Por doquier donde actúan las leyes físicas de naturaleza estadística (mientras que todas las variantes posibles, mejor dicho imposibles de mpp-2, así como toda la técnica, funcionan precisamente en estas condiciones), el segundo principio es inquebrantable. La regla cotidiana (muy bien conocida sobre todo por las mujeres), que el desorden siempre surge de por sí mismo del orden, mientras que para poner en orden siempre requiere el gasto de trabajo, aquí se justifica totalmente.

No obstante, los ideólogos del mpp-2 tienen como reserva tres «potentes» argumentos más en contra del segundo principio. Uno de ellos está relacionado con los problemas filosófico-cosmológicos, la refutación de la teoría de la «muerte térmica del Universo». Refutando esta teoría, los partidarios del mpp-2 pretenden desmoronar también el segundo principio. Otro argumento es la existencia de vida, la cual, según su opinión, también refuta el segundo principio.

El tercer argumento no es tan global como los dos primeros: él se refiere al campo de la técnica. Los partidarios del mpp-2 consideran que ya existe un dispositivo técnico, la acción del cual ya refuta claramente el segundo principio de la termodinámica. Este dispositivo es, por muy extraño que parezca, la bomba de calor, de la cual ya hablamos.

Por esta razón, no se puede pasar al examen de muestras concretas de mpp-2 sin tocar tanto los caos primeros problemas, al parecer muy lejanos de la energética, como el tercero, que pertenece directamente a ella, sobre la bomba de calor.

Capítulo 4

"Muerte térmica del Universo", biología, borra de calor

*Incluso un pequeño grupo de personas
puede crear un gran enredo.*

B. Franklin

4.1. "La muerte térmica del Universo" y el mpp-2

La primera parte del primer principio de la termodinámica - tesis sobre la existencia de la entropía y su invariabilidad en los procesos reversibles- ya no produce en nadie duda alguna.



Fig. 4.1 Rodolfo Clausius

Una situación diferente se produjo con otra de las partes de este principio - tesis sobre el inevitable aumento de la entropía en procesos reales irreversibles. La discusión acerca del principio de crecimiento de la entropía y de los límites de su utilización comenzó desde el preciso momento en que Clausius lo formuló. El motivo reside en que él limitó el campo de aplicación del principio de crecimiento de la entropía no a sistemas aislados de dimensiones finitas, sino, ni más ni menos, que a todo el Universo. Esto condujo inevitablemente a consecuencias de gran alcance. Sobre esto Clausius escribió así: «El trabajo que puede ser realizado por las fuerzas de la naturaleza y que hay en los movimientos de los cuerpos celestes,

paulatinamente se transformará cada vez más en calor⁵¹. El calor en su paso constante de un cuerpo más caliente a otro más frío y tratando con ello de equilibrar las diferencias de temperaturas existentes, paulatinamente se distribuirá de una manera más uniforme y llegará también el equilibrio conocido entre El calor de radiación y el de los cuerpos. Y por fin, respecto a su disposición molecular, los cuerpos se aproximarán a cierto estado, en el cual la dispersión total de la temperatura dominante será la mayor posible». Y a continuación: «Nosotros, por consiguiente, debernos deducir la conclusión de que en todos los fenómenos naturales el valor total de la entropía en todo momento puede crecer, pero no disminuir y por tanto obtenemos, como expresión abreviada del proceso de transformación que transcurre siempre y en todas partes, la siguiente tesis: la entropía del Universo tiende a cierto máximo.

Cuanto más se acerque el Universo a este estado límite, en el que la entropía alcance su máximo, tanto más desaparecerá el motivo de cambios sucesivos, y si dicho estado fuera por fin alcanzado en su totalidad, no se producirían cambios sucesivos y el Universo se encontraría en cierto estado de inercia muerto.

El estado actual del Universo se encuentra muy lejos aún de tal estado límite y el acercamiento a este estado se produce de una manera tan lenta que todos aquellos intervalos de tiempo que nosotros denominamos históricos representan lapsos muy cortos comparados con aquellos enormes períodos de los que tiene necesidad el Universo para realizar transformaciones comparativamente pequeñas. Con todo ello sigue siendo un resultado importante la conclusión de que se ha obtenido una ley natural que permite concluir con seguridad de que en el Universo no todo es rotación sino que él cambia cada vez más y más su estado en determinada dirección y tiende, de esta manera, a cierto estado límite».

En apoyo de esta tesis de Clausius se expresó, aunque de una manera más cauta, W. Thomson (Kelvin). En lo sucesivo la teoría de la «muerte térmica» fue defendida por científicos que se mantenían en posiciones filosóficas idealistas. J. Jeans (1877-1946), conocido astrofísico inglés, fue el que expresó este punto de vista de la manera más precisa. Siendo un buen popularizador, él encontró una imagen del Universo expresiva, realmente espantosa, en forma de una máquina que vive sus

⁵¹ Recordemos que por aquel tiempo no existían definiciones precisas sobre el trabajo y el calor, por lo que el «trabajo» sobre el que escribía Clausius es la energía mecánica y el «calor», la energía interna de los cuerpos.

últimos días: «La máquina del Universo se rompe, se agrieta y se destruye; su reconstrucción no es posible. El segundo principio de la termodinámica obliga al Universo a moverse siempre en una misma dirección por un camino que conduce a la muerte y a la destrucción».

La Iglesia se agarró enérgicamente a la teoría de la «muerte térmica», por cuanto esta teoría «trabajaba» directamente para ella. El Papa Pío XII, uno de los pastores de la Iglesia Católica, profirió al respecto: «La ley de la entropía, descubierta por Rodolfo Clausius, nos dio la seguridad de que en un sistema material cerrado... al fin y al cabo los procesos a escala macroscópica algún día cesarán. Esta lamentable necesidad confirma la existencia del Ser Necesario».

Totalmente contraria fue la postura tomada por filósofos y físicos materialistas.

F. Engels fue el primero en prever a dónde conduce la teoría sobre la «muerte térmica» y qué utilización le encontrarán los servidores de la Iglesia. En su obra «Dialéctica de la Naturaleza» a esta cuestión le dedicó varios artículos escritos entre 1873 y 1875. Expongamos uno de ellos en El que refleja con mayor claridad, utilizando términos muy actuales, sus puntos de vista sobre la teoría de la «muerte térmica»:

«...Comoquiera que se interprete la segunda tesis de Clausius, pero según él, la energía se pierde si no de manera cuantitativa, sí de manera cualitativa. La entropía no puede desaparecer de manera natural. sin embargo, puede crearse. Al reloj mundial primero hay que darle cuerda y después comienza su marcha hasta que llegue al equilibrio, del cual sólo le puede sacar un milagro. La energía consumida en darle cuerda desapareció, por lo menos en el sentido cualitativo y sólo puede ser restablecida mediante un impulso exterior. Por consiguiente el impulso exterior fue necesario también al principio, por consiguiente la cantidad de movimiento o de energía disponible del Universo no siempre es igual, por consiguiente, la energía puede crearse artificialmente, por consiguiente, ella es creable, por consiguiente, ella es aniquilable. ¡Ad absurdum!» [1.4].

Aquí Engels utiliza la «demostración por reducción al absurdo»; desarrollando el pensamiento de Clausius, él lo reduce al absurdo, demostrando así su improbabilidad.

El absurdo consiste en que el mundo fue creado por cierta. fuerza exterior («Ser Necesario», como se expresó el Papa Pío XII) y tarde o temprano desaparecerá⁵².



Fig. 4.2. Luis Boltzmann

Esta hipótesis, que en principio coincide con la bíblica, «sobre el comienzo y el fin. del mundo» para el filósofo materialista, por supuesto, es totalmente inadmisibile.

La ciencia moderna confirma totalmente la postura de Engels, a pesar de que todos los hechos conocidos invariablemente coinciden con la tesis sobre el crecimiento de la entropía. Esto se refiere tanto a las condiciones terrestres como al Cosmos. En la parte del Universo que nosotros conocemos (cuyas fronteras constantemente se amplían) no se detectaron fenómenos que contradigan el principio de crecimiento de la entropía. Tanto a escala terrestre como a la del Cosmos visible, la disminución de la entropía en un lugar siempre va acompañada del aumento aún mayor en otro, de manera que la entropía total aumenta invariablemente.

¿Cómo se elimina la contradicción entre la concepción inadmisibile de la «muerte térmica» del Universo y el Hecho de que en una parte de éste, conocida por nosotros, la entropía de todos modos aumenta?

M. Planck escribió mejor que nadie sobre el error de Clausius que generalizó el principio de crecimiento de la entropía a todo el Universo (con lo cual armó la de San Quintín): «Apenas, en general, tiene sentido hablar sobre la energía o la

⁵² Es característico que en otras religiones antiguas la creación del mundo está relacionada con la actividad «antientrópica» de los dioses (por ejemplo, Mardoqueo de los babilonios o Asur de los asirios) que establecen el orden en el caos y que lo transforman en cielo y tierra ordenados con precisión.

entropía del mundo, por cuanto tales magnitudes no se prestan a una determinación precisa».

En lo que respecta a teorías concretas relacionadas con las causas que excluyen la difusión «a todo el Universo» del principio de crecimiento de la entropía, en esta dirección trabajaban y trabajan muchos científicos, empezando por L. Boltzmann. Esta cuestión se sale del marco de nuestro problema; puede estudiarse no sólo en libros especializados [1.24-1.25], sino también en otros, de ciencia ficción [2.18].

De todo lo expuesto antes, la conclusión puede ser unívoca: pase donde pase el límite de utilización de la tesis sobre el crecimiento de la entropía, y por consiguiente, del segundo principio en su conjunto, este límite pasa bastante lejos de las condiciones existentes en la parte del Universo conocida por nosotros. Para los que se ocupan de la energética terrestre e incluso de la cósmica, el segundo principio de la termodinámica es inamovible.

La certeza del segundo principio de ningún modo determina la inevitabilidad de la «muerte térmica» del Universo. Del mismo modo la negación de la «muerte térmica» no conduce, de modo alguno, a la negación del segundo principio de la termodinámica: son cosas diferentes. El segundo principio actúa «dentro de su competencia» siendo ineludible; estos límites, como vemos, son suficientemente amplios.

Aquí funciona el mismo principio de correspondencia de N. Bohr del que hablamos en la «Deliberación sobre las leyes». Las leyes más amplias de la termodinámica relativista, que rechazan la muerte térmica del Universo y que hoy se están creando, nunca suprimirán su segundo principio, sino que lo incluirán como un caso particular que conserva la fuerza dentro de determinados límites de este principio (al igual que la mecánica clásica forma parte de la mecánica relativista).

Los partidarios del mpp-2 que defienden la posibilidad de utilizar en la energética la «concentración de energía» sobre la base de reducir la entropía, de ninguna manera pueden conformarse con que la negación de la «muerte térmica» y la negación de la ley de crecimiento de la entropía son cosas diferentes. Ellos afirman con insistencia de que, puesto que la teoría sobre la «muerte térmica» es incierta, lo es también el segundo principio «del cual ella se deduce». El hecho de que dicha teoría de

ninguna manera se deduce del segundo principio y esta vía lógica (extrapolación del principio fuera de los límites de su aplicación) es inadmisibile y se ignora.

De todo lo anterior queda claro que no se puede refutar el segundo principio de la termodinámica, trasladando la discusión a la magnitud del Universo. Tanto más que no es posible demostrar de esta manera (a pesar de la amplia utilización de citas de clásicos de la ciencia) la existencia de procesos «antientrónicos», es decir, que transcurren con disminución de la entropía, aptos para la realización del mpp-2⁵³.

La inestabilidad de la base «cósmica» de las teorías antientrónicas obliga a los partidarios del mpp-2 a buscar para sí un cimiento más seguro (sin renunciar también a lo anterior). Cierta confusión en la termodinámica biológica creó para ello una base favorable.

4.2. Naturaleza viva y segundo principio de la termodinámica

EL segundo argumento, a primera vista convincente, predestinado a derribar la utilización general del segundo principio de la termodinámica es la afirmación de que la existencia de la vida en la Tierra contradice a dicho principio. Sobre que la vida es un «proceso antientrónico» que conduce a la concentración y «ennoblecimiento» de la energía escriben no sólo los defensores del mpp-2. No fueron ellos quienes lo inventaron, simplemente hacen referencia a algo que escribieron ciertos filósofos, véase, por ejemplo, [3.11]; existen incluso biólogos [3.12; 3.26] que predicán tales teorías, sin hablar ya de especialistas de otras ramas de la ciencia que también tocan de paso este tema interesante. Como siempre en estos casos los autores presentan una gran cantidad de citas de las obras de clásicos de la ciencia en las que de una manera u otra se escribe de la entropía y la vida. Realmente, si la vida es antientrónica, no existen prohibiciones esenciales para la creación del mpp-2 basado en principios tomados de la biología.

He aquí lo que escribe al respecto el Profesor P. Ostrourmov en la introducción del libro de P. K. Oschepkov [3.1): «...Incluso en el mundo que nos rodea directamente observamos fenómenos en los que el caos cede ante el orden, donde de igual

⁵³ Se sabe que en situaciones cuando la discusión carece de argumentos o hechos serios, algunas personas recurren a citas de personas prestigiosas; con especial frecuencia se cita a los clásicos. Este procedimiento de la Edad Media utilizado ampliamente para demostración «argumentum ipse dixit» (lo dijo el mismo) por los ideólogos del mpp-2 [3.13.2], además las correspondientes citas se emplean sin un análisis serio, sin considerar la época y las condiciones en que dicha cita fue escrita

manera, aunque temporalmente, se observan una especie de desvíos respecto de las leyes de la estadística, y la teoría de las probabilidades requiere su ampliación y profundización. Son fenómenos de la naturaleza viva. Aquí el segundo principio en su forma primitiva no siempre es aplicable. Involuntariamente surge la idea: ¿Podrá crearse artificialmente un mecanismo que regule la agitación térmica estadística de las partículas y que reproduzca las funciones del organismo vivo aunque sea de la parte energéticas?

Si omitimos unas palabras muy imprecisas pero «sabias», sin un contenido exacto, algo así como un «retroceso temporal respecto de las leyes de la estadística», una forma primitiva del segundo principio» y una «ampliación y profundización de la teoría de las probabilidades», quedará una tesis lo suficientemente precisa: la naturaleza viva nos muestra procesos antientrópicos que contradicen al segundo principio; familiaricémonos con ellos y sobre su base hagamos el mpp-2.

Si esto es así, hay que atender a los llamamientos de Ostrourmov y Oschepkov y apoyar el esfuerzo de los energéticos en esta dirección prometedora; si por el contrario esto no es así y la naturaleza viva se rige por el segundo principio, no tendrá sentido hacerse eco de los llamamientos de estos científicos, puesto que conducen a un callejón sin salida.

Así pues, ¿qué es lo que sucede con la entropía en la naturaleza viva? Para comprender esto, no hay ninguna necesidad de llevar a cabo investigaciones especiales: la cuestión hace tiempo que está resuelta y sólo es preciso estudiar la correspondiente literatura. La esencia de la cuestión, de la manera más clara, está enfocada en un pequeño libro clásico pero de un gran contenido del conocido físico E. Schrödinger «¿Qué es la vida desde el punto de vista de un físico?» [1.81]. En 1984 apareció un libro de divulgación científica del Miembro Correspondiente de la A.C. de la URSS, K. K. Rebane [1.101] dedicado, en gran medida, a este mismo tema. Nosotros enfocaremos esta cuestión no tanto desde posiciones físicas como desde posiciones termodinámicas ingenieriles más concretas, teniendo en cuenta el objetivo final relacionado con el mpp-2.

Ante todo escribamos para ello en rasgos generales el balance energético, característico para las plantas y después uno igual para los animales. Tal balance puede presentarse con suficiente seguridad si no profundizamos en la esencia de los

complejísimos procesos biológicos y nos limitamos a los flujos de energía entrantes y salientes.

La fig. 4.3 muestra el esquema de los balances material (flujos de sustancia) y energético de las plantas basados en las leyes de conservación de la masa y de la energía. Para hacer estos balances rodeemos la planta con la llamada superficie cerrada de control (línea de trazos) para tener en cuenta los flujos entrantes y salientes. Si aunque sea uno de ellos no entra en el recuento (o, por el contrario, se tiene en cuenta aquél que no atraviesa la superficie de control), el balance resultará incorrecto.

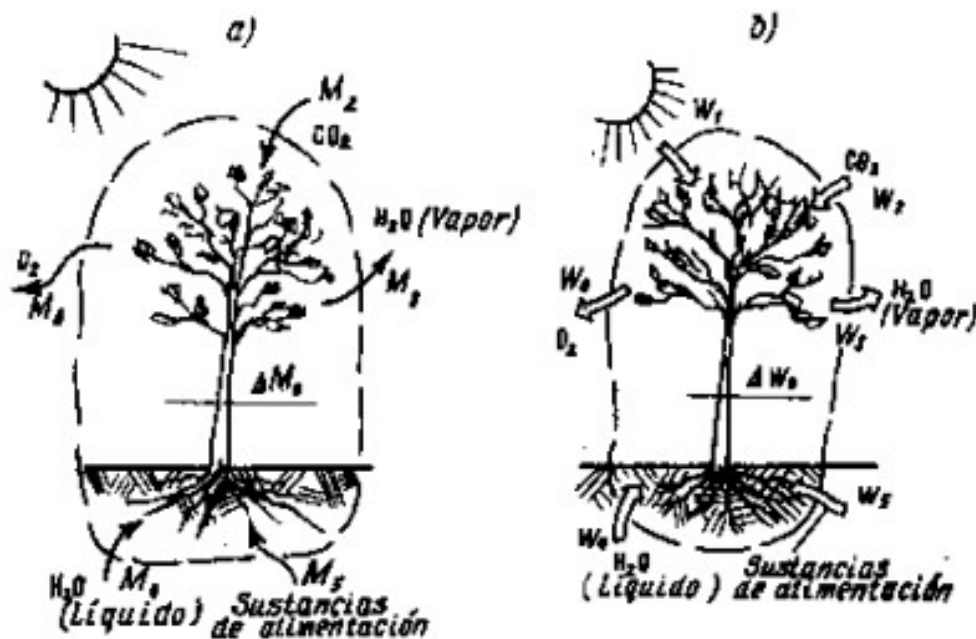


Fig. 4.3. Esquemas de los balances material (a) y energético (b) de las plantas

En tal caso no se pueden hacer conclusiones de un valor más o menos aceptable. Trataremos de no cometer tal error.

El balance material tendrá la siguiente expresión:

$$M_2 + M_4 + M_5 - (M_3 + M_6) = \Delta M_0.$$

Esta ecuación muestra: todo lo que recibe la planta ($M_2 + M_4 + M_5$) en un espacio de tiempo, descontando lo que entrega ($M_3 + M_6$), representa el incremento ΔM_0 de

su masa relacionado con su crecimiento. Una fórmula similar se obtiene también para la energía:

$$W_1 + W_2 + W_4 + W_5 - (W_3 + W_6) = \Delta W_0$$

En esta fórmula ΔW_0 es el incremento de la energía interior de la planta determinado como el aumento de la masa a causa del crecimiento de la planta.

Para establecer si altera o no este sistema el segundo principio de la termodinámica, es preciso comprobar qué es lo que ocurre con la entropía en el transcurso de la vida de la planta: ¿aumenta o disminuye?

Es evidente que el tejido vivo de la planta tiene una organización estructuralmente más elevada que las sustancias alimenticias que recibe del aire. Por esto cuando se forma este tejido (con una masa ΔM_0) su entropía será sin duda menor que la entropía sumaria de las sustancias iniciales (CO_2 , H_2O y las sustancias alimenticias del suelo). En este sentido la formación y acumulación del tejido vivo de la planta y el mantenimiento de su existencia será sin duda un proceso antientrópico. Pero de ningún modo hay que olvidar que simultáneamente varía, de manera inevitable, la entropía de los flujos de sustancias y energía que atraviesan la superficie de control. Aquí se obtiene el cuadro inverso (fig. 4.3): la entropía total de los flujos salientes (3 y 6) inevitablemente resulta mucho mayor que la de los entrantes (1, 2, 4 y 5). Esto se debe a que la entropía de la radiación solar⁵⁴ que se absorbe no es grande, así como la de las sales minerales que recibe la planta del suelo; la entropía de los gases - oxígeno y CO_2 - tiene valores próximos. Sin embargo, la entropía del vapor de agua que desprenden las hojas es relativamente grande (unas 3 veces mayor que la del agua). Como resultado la entropía de los flujos que pasan por la superficie de control aumenta mucho más de lo que disminuye la entropía de las sustancias que se transforman en tejido orgánico.

Si designamos la primera magnitud, el incremento de la entropía, por $\Delta S'$ y la segunda (disminución de la entropía), por $\Delta S''$, resultará que siempre $\Delta S' \gg \Delta S''$.

⁵⁴ El flujo de radiación como cualquier flujo de energía también tiene cierto grado de desorden (diferentes frecuencias y otras características de las oscilaciones en las distintas partes del espectro). Sólo la radiación monocromática coherente (por ejemplo, la del láser) está totalmente ordenada y (como el trabajo) tiene una entropía nula.

Por consiguiente, en su totalidad la entropía inevitablemente aumenta en $\Delta S = \Delta S' - \Delta S'' \gg 0$.

Dicho de otra manera, las plantas pueden crecer de manera antientrópica sólo por el hecho de que «desprenden» el exceso de entropía al medio que las rodea; además el aumento de la entropía en el medio es mucho mayor que su reducción en la propia planta. Por ello son totalmente erróneos todos los razonamientos sobre el papel «antientrópico» de la «vida vegetal» y sobre la «alteración del segundo principio de la termodinámica». Éstos se basan en que no se tienen en cuenta, en su totalidad, las magnitudes que determinan la variación total de la entropía y en la sustitución del análisis preciso y el cálculo por razonamientos abstractos.

Si tomamos otra parte del mundo orgánico, los animales, aquí observamos el mismo cuadro. Los animales se alimentan de plantas (o de otros animales), consumen agua y oxígeno del aire y desprenden CO_2 , calor y productos de la digestión. La entropía de todo lo que se desprende es mucho mayor que la de lo que se consume. Como resultado de la disminución de la entropía que tiene lugar tanto durante la formación de nuevos tejidos orgánicos y la desaparición de los viejos, como durante el mantenimiento de su vida, resulta mucho menor que el incremento total de la entropía. Los animales también «desprenden» la entropía sobrante al medio que los rodea, desarrollando o manteniendo de esta manera su estructura interior de alta organización y pequeña entropía. En su conjunto la entropía inevitablemente crece otra vez. Con gran claridad ilustró esta tesis E. Schrödinger del cual ya hemos hablado.

Él la expresó así: «La entropía del gato disminuyó a cuenta del aumento de la entropía del sistema «gato - ratón». es decir, lo que se obtiene del ratón después de que el gato se lo haya comido y digerido tiene mayor entropía que el mismo ratón».

Así pues, impugnar El segundo principio por otra parte, por la biológica, también resulta imposible. Queda otra, la última oportunidad: crear un dispositivo técnico (o encontrar uno ya creado) que funcione contrariamente al segundo principio de la termodinámica. Lo mejor de todo, claro está, sería si tal sistema fuera un motor y realizara trabajo; pero esto, en fin de cuentas, no es obligatorio. Para la demostración es suficiente indicar cualquier sistema de este tipo, por cuanto su

posibilidad de existencia determina unívocamente la posibilidad de crear un mpp-2 que funcione. En el último párrafo de este capítulo examinaremos un dispositivo de este tipo, la bomba de calor, cuyo principio de funcionamiento ya hemos comentado en la página 211. En opinión de muchos partidarios de la «inversión energética», dicha bomba con su funcionamiento refuta de la mejor manera el segundo principio de la termodinámica.

Antes de iniciar el examen de la bomba de calor, será útil realizar un pequeño trabajo encaminado a dar a conocer un método termodinámico que permite determinar, de una manera simple y evidente, la posibilidad de funcionamiento de cualquier dispositivo propuesto desde el punto de vista del segundo principio y si puede, cuál será su efectividad termodinámica. Esto no sólo es muy cómodo para el análisis de la bomba de calor, sino también permitirá examinar adicionalmente el papel del segundo principio de la termodinámica en la biología.

4.3. Balance exérgico y rendimiento

La entropía es la magnitud principal que determina la posibilidad (o imposibilidad) de que transcurran procesos en cualesquiera sistemas de transformación de la sustancia y la energía desde el punto de vista del segundo principio de la termodinámica. Si la entropía sumaria es invariable o crece, el proceso es posible; si disminuye, es imposible. En los casos antes examinados nosotros utilizábamos con éxito precisamente estas propiedades fundamentales para determinar qué puede haber en las transformaciones energéticas y qué no puede haber.

No obstante, no sólo esta propiedad determina la utilización práctica de la entropía. Ella puede ayudar a resolver otra cuestión no menos importante, determinar la calidad de las transformaciones energéticas (y, por consiguiente, de cualesquiera dispositivos en los cuales se realizan dichas transformaciones).

Cuando se habla de la tecnología de bajo gasto energético, de la disminución de las pérdidas de energía, en esencia no se habla de la energía en el sentido cuantitativo. Hay que comprender claramente que en el sentido cuantitativo no hay necesidad de ahorrar energía, de ello se ocupa automáticamente el primer principio de la termodinámica: el principio de conservación de la energía. Cualquier dispositivo

técnico (y en general todo lo que vive y se mueve en nuestro mundo) funciona de tal manera que la energía se conserva: sale inevitablemente igual cantidad de energía que la que entró; la energía nunca se pierde. Por ello el ahorro de energía, en esencia, es la conservación de su calidad. De esta parte cualitativa de la energía escribió precisamente Engels en su «Dialéctica de la Naturaleza». Cualquier tecnología y dispositivos técnicos, en los cuales se obtiene energía son tanto más perfectos, cuanto menos crezca la entropía durante su funcionamiento, o sea, cuanto menos se «estropee» la energía.

Mostremos esto en un ejemplo simple, el de una estación termoeléctrica. En esta estación se produce toda una cadena de transformaciones energéticas. Primero la energía química del combustible y del oxígeno (el oxígeno del aire) se transforma en energía interior de los productos de la combustión al rojo; después esta energía en forma de calor se comunica al agua y se transforma en energía interior del vapor. A su vez la energía del vapor en la turbina se transforma en energía mecánica y ésta, en eléctrica. Parte de la energía interior del vapor se retira del condensador mediante el agua de enfriamiento y se evacua al medio ambiente. En su totalidad esta secuencia cabe en la variante 4 del esquema de transformaciones energéticas de la fig. 3.7. Parte de la energía (desde un 35 hasta un 40 %) se transforma en energía eléctrica totalmente ordenada sin entropía, la otra parte, la más grande, de baja calidad, con elevada entropía se expulsa al medio exterior. Es del todo evidente que cuanto más aumenta la entropía en cada una de las etapas de la transformación energética (es decir, cuanto peor están organizadas), tanto mayor será también el crecimiento sumario de la entropía. Esto conducirá inevitablemente a la reducción de la dosis de energía sin entropía a la salida (es decir, de la energía eléctrica) y al aumento de la dosis de calor de elevada entropía que se expulsa. En energía eléctrica se transforma no el 35-40 % de la energía química inicial sino menos, el 30, 25 %, etc. Lo mismo ocurrirá en cualquier otro sistema técnico, independientemente de lo que produzca: calor, frío, caucho o metal...

Cuanto menor es la perfección de los procesos tecnológicos y del equipo utilizado en estos procesos, tanto mayor será el crecimiento de la entropía y tanto menor será la cantidad de productos finales para un mismo gasto de energía.

Así pues, la economía de recursos energéticos siempre se reduce, a fin, de cuentas, a la conservación de la calidad de la energía, a la lucha contra el aumento de la entropía.

Sin embargo, a pesar de las virtudes de la entropía (como criterio de la posibilidad de existencia de los procesos y como medida que caracteriza la calidad de las transformaciones energéticas en ellas), utilizarla directamente para estos fines no se puede. Esto se debe a que la entropía y sus variaciones no muestran directamente la cantidad de energía, tanto la que nosotros en cada caso podemos disponer y podemos utilizar con provecho, como la que se pierde sin utilidad. Por supuesto que se pueden hallar conociendo la entropía, pero cada vez para ello se necesitará un cálculo especial con información adicional.

Para tener estas cantidades de inmediato y determinar simultáneamente si se altera o no el segundo principio fue inventado un concepto termodinámico especial, la exergía [11.18-1.19]⁵⁵. ¿En qué consiste?

Ya hemos visto que cualquier energía ordenada (con una entropía $S = 0$) (fig. 3.7) siempre puede ser transformada íntegramente en cualquier otro tipo de energía; por el contrario, si la energía en tal o cual grado está desordenada ($S > 0$), sobre su capacidad para las transformaciones, el segundo principio impone determinada limitación. Cuanto mayor es esta entropía, tanto menor será la calidad de la energía y tanta menor cantidad de energía de alta calidad (sin entropía) (por ejemplo, trabajo o energía eléctrica) podrá dar en unas condiciones dadas. Esto quiere decir que la energía sin entropía puede servir como una especie de patrón, como una medida general de la calidad, de la capacidad de trabajo de cualquier tipo de energía. Vista precisamente fue nombrada exergía. En esta (medida común) exergía, por supuesto «que está escondida» la entropía como cierta magnitud base; esto es necesario pero insuficiente. Además de ésta, en la exergía inevitablemente también deben formar parte otras magnitudes que caracterizan tanto la energía como también el medio ambiente en el que la energía se utiliza.

Realmente, imaginémonos, por ejemplo, que disponemos de 100 unidades (kJ) de calor Q a diferentes temperaturas $T = 500, 1000$ y 1500 K. La relación de Q

⁵⁵ Este concepto (pero con otro nombre) apareció no mucho más tarde que el propio segundo principio de la termodinámica, en los años 80 del siglo pasado, pero encontró su amplia utilización sólo en nuestros días. El término «exergía» (es decir, la capacidad exterior de revelarse la energía en el trabajo) fue propuesto por el científico yugoslavo Z. Rant en 1956.

respecto de T nos permite conocer la entropía, pero no la respuesta a la pregunta sobre el trabajo que se puede obtener a partir de este calor (es decir, cuál es su exergía). Para ello hay que hallar su capacidad de trabajo, su exergía, es decir, el trabajo máximo que puede dar.

Esta magnitud, la exergía del calor E_q se determina por aquella misma fórmula de Carnot-Clausius, que hemos mencionado en el capítulo anterior

$$L = Q \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Además de la temperatura T_1 en la fórmula entra también la temperatura del receptor de calor T_2 que nuestro problema corresponde a la temperatura del medio ambiente T_{ma} ⁵⁶ Tomémosla igual a 300 K (+27° C).

Entonces la capacidad de trabajo (exergía) de 100 kJ de calor será: para el primer

$$E_{q1} = 100 \frac{500 - 300}{500} = 40 \text{ kJ}$$

para el segundo

$$E_{q2} = 100 \frac{1000 - 300}{1000} = 70 \text{ kJ}$$

y para el tercero, $E_{q3} = 80 \text{ kJ}$.

Por lo visto a otras T_{ma} el valor de la exergía será también distinto, por ello es obligatorio tenerlo en cuenta.

Es característico que los partidarios de la «inversión energética», o sea, de la extracción del calor del medio ambiente, su transformación en trabajo y creación sobre esta base del mpp-2, no reconocen el hecho evidente de que la capacidad de trabajo del calor depende de la temperatura. Esto precisamente es natural. La conformidad con la existencia de tal dependencia conduce de manera inevitable al desvanecimiento de la concepción del mpp-2, por cuanto el «calor del medio ambiente», cuando $T_1 = T_{ma}$, no puede producir ningún trabajo. No obstante, V. K. Oschepkov escribió: «Las calorías son calorías, independientemente de la

⁵⁶ Si entregamos el calor a otra temperatura, él aún tendrá cierta capacidad de, trabajo; para extraer todo el trabajo, hay que entregar el calor totalmente incapaz para el trabajo, o sea que tenga una temperatura igual a la del medio ambiente

temperatura a la que se midan» y sigue para no dejar duda sobre el sentido de esta afirmación: «En la naturaleza no hay y no puede haber energía más valiosa y menos valiosa: la energía siempre es energía» [3.1].

Naturalmente que no se ha presentado ningún tipo de demostración científica de esta, para no decir peor, rara tesis. Se ignora no sólo todo lo hecho en la termodinámica en los últimos 150 años transcurridos desde la época de Carnot, sino también todo lo que observamos en la naturaleza y utilizamos en la técnica.

De manera análoga a como se hace para el flujo de calor se puede determinar también la exergía de cualquier tipo de energía interior relacionada con cualquier cuerpo. En la determinación de la exergía, como función de la energía, con la que tenemos que ver, pueden participar no sólo la temperatura, sino también otras magnitudes, por ejemplo, la presión.

Si disponernos de una bombona con gas a determinada presión, supongamos que ésta sea de 10 MPa, en la atmósfera terrestre con una presión $p_2 = 0,1$ MPa dicho gas dispondrá de una capacidad de trabajo que puede ser realizada obligándola, por ejemplo, a mover una turbina en la que el gas se ensanche hasta 0,1 MPa.

Pero si ubicarnos dicha bombona en la atmósfera de Venus a una erosión $p_2 = 10$ MPa, o bien en el fondo del mar con esta misma presión, su capacidad de trabajo (la exergía del gas) será nula (las presiones p , y p_2 serán iguales, por lo que el gas de la bombona será energéticamente «muerto»).

La capacidad de trabajo, exergía de la sustancia, del portador de energía puede determinarse no sólo por la diferencia con el medio ambiente en temperatura y presión. No menos importante es la diferencia en la composición química. Si ésta existe, también existirá la exergía que se puede transformar en trabajo o en otra energía sin entropía, mediante el correspondiente dispositivo. Esto también puede ser explicado en un ejemplo «cósmico». El gas natural (principalmente el metano) posee una gran capacidad de trabajo en el aire o aún mayor en un medio de oxígeno. Pero si lo ubicamos en una atmósfera de metano (digamos en Júpiter) su capacidad de trabajo desaparecerá, la exergía se anulará. El aire, por el contrario, en las mismas condiciones se convertirá en un «combustible» estupendo con una gran capacidad de trabajo.

No es difícil ver que todos los ejemplos expuestos son similares a los que se exponían antes (fig. 3.6), cuando se analizaba el concepto de entropía. La exergía (posibilidad de obtener trabajo) existe si hay diferencia de potenciales de magnitudes intensivas: temperaturas, presiones o composiciones químicas. Si no existen, o sea el sistema energéticamente está muerto, la entropía tiene su valor máximo.

La diferencia entre los últimos ejemplos y los de la fig. 3.6 consiste en que las veces de una de las mitades del recipiente las desempeña el ambiente, lo cual corresponde en mayor grado a los problemas técnicos reales.

La valoración de los recursos energéticos por medio de la exergía se emplea también en gran medida en la teoría: en muchos apartados de la termodinámica y en la práctica ingenieril. La exergía cumple las veces de medida general para todos los tipos de energía (flujo de calor, sustancia, radiación), determinando su calidad con una medida cuantitativa precisa. Ella permite definir el segundo principio de la termodinámica en una forma menos general pero por otro lado más práctica y cómoda que la entropía. Esta definición reza: En cualesquiera procesos reales que tienen lugar en condiciones de interacción con un medio ambiente equilibrado, la exergía o bien queda invariable (en los procesos ideales) o bien disminuye (en los procesos reales). Esto significa que todo proceso, en el que la exergía general en la salida E'' es igual o menor que la de entrada E' , es posible; por el contrario si $E'' > E'$, el proceso es imposible y representa cierta variante del mpp-2.

Si calculamos la relación entre E'' y E' , obtendremos el llamado rendimiento exérgico $\eta_{ex} = E''/E'$. Es evidente que η_{ex} en el caso ideal es igual a la unidad, es decir, al 100 %, pero en los casos reales $\eta_{ex} < 100$ %. Si por el contrario se obtiene η_{ex} mayor del 100 %, inevitablemente estamos ante cierta variante del mpp-2. Aquí se perfila una relación precisa con la determinación entrópica fundamental del segundo principio. En el primer caso el proceso ideal corresponde a la constancia de la entropía y en el segundo, a su crecimiento. Pero la utilización del criterio exérgico es más cómoda: él incluye directamente las magnitudes energéticas y en este sentido es similar al primer principio de la termodinámica. (Recordemos que una condición obligatoria del cumplimiento del primer principio es la igualdad de las energías: $\sum W'' = \sum W'$; para el segundo principio $\sum E'' < \sum E'$.)

Armados de las ecuaciones exérgicas, sin excesivas complicaciones, se puede analizar cualquier proceso o sistema que deseemos. Si el sistema aún no existe, podemos investigar su proyecto con el objeto de determinar la posibilidad de su ejecución; si existe, puede comprobarse la magnitud de su rendimiento.

La exergía permite también formular una definición cómoda del mpp-2 simétrica a la definición del mpp-1. Si el mpp-1 es una máquina que genera energía de la «nada» ($\Sigma W'' > \Sigma W'$; la diferencia $\Delta W = \Sigma W'' - \Sigma W'$ no se obtiene de ninguna parte), el mpp-2 es una máquina que obtiene exergía del mismo «material» ($\Sigma E'' > \Sigma E'$; la diferencia $\Delta E = \Sigma E'' - \Sigma E'$ también se obtiene de la «nada»).

La exergía permite caracterizar de una manera más cómoda que con la entropía las transformaciones energéticas en los objetos biológicos. Caracterizando realmente la energética de las plantas y de los animales, nosotros a semejanza de [1.8, 1.10] hablábamos de que consumiendo flujos de sustancia y de energía con poca entropía, ellos los devuelven con entropías mayores, es decir, «desprenden» entropía al medio ambiente. De esta manera se demuestra que ellos funcionan de total acuerdo con el segundo principio. ¿Pero cómo en una palabra (además rigurosamente científica) decir no de lo qué ellos desprenden, sino de lo qué se alimentan (en el sentido energético)?

Los físicos, acostumbrados a su «querida» y comprensible «entropía» (en expresión de un físico-químico) no pudieron desprenderse de ella y enfocaron el problema de una manera puramente matemática. E . Schrödinger introdujo el concepto de «no entropía (entropía negativa, entropía de signo contrario). Resulta, por consiguiente, que ellos se «alimentan» de entropía negativa, es decir, de la «no entropía». Tras Schrödinger lanzaron el término «no entropía» otros físicos y tras éstos algunos biólogos. Desde el punto de vista matemático formal aquí todo está en orden; cualquier magnitud puede ser presentada como positiva y como negativa. No obstante, tras el término «no entropía» no se encuentra ninguna realidad física: la magnitud de la entropía es menor de cero y corresponde a cierto estado inexistente de «superorganización».

Es evidente que la exergía de una manera más rigurosa que la «no entropía caracteriza la energía de calidad regulada, a costa de la cual vive el organismo.

La «alimentación» del organismo con exergía tiene un sentido físico preciso. Lo que utiliza el organismo se determina directamente mediante la diferencia de exergías recibidas y retiradas. Con este concepto todo se ubica en su lugar sin reservas.

En particular, los enlaces energéticos de la «pirámide ecológica» se tornan claramente divisibles. Las plantas, consumiendo exergía con la luz solar y las sustancias del suelo y del aire, ni sólo viven ellas mismas, sino también dan exergía a los animales. La persona que se encuentra en la cúspide de la pirámide ecológica recibe exergía de «todos los niveles» de la pirámide: de las plantas, animales, del medio ambiente desbalanceado. Cada «nivel» tiene también sus desperdicios, cuya exergía se utiliza en los niveles inferiores.

Curiosamente L. Boltzmann, quien más que nadie se ocupó de la entropía, al describir esta pirámide ecológica, utilizaba no tanto la entropía como la «energía que puede utilizarse», es decir, en esencia utilizaba la exergía. Él escribió [1.23] «La lucha general por la existencia de los organismos vivos no es una lucha por los elementos componentes; los elementos componentes de todos los organismos existen en exceso en el aire, agua y en el subsuelo y no es una lucha por la energía, por cuanto ésta se encuentra en abundancia en cualquier cuerpo por desgracia, en forma de calor no transformado⁵⁷. Pero esta lucha es por la energía que puede utilizarse al pasar del Sol, caliente a la Tierra fría. Para utilizar de una manera más completa este paso, las plantas abren la enorme superficie de sus hojas y obligan a la energía solar, antes de bajar hasta la temperatura de la superficie terrestre, realizar síntesis químicas... Los productos de esta cocina química son objeto de lucha en el mundo de los animales».

En los tiempos de Boltzmann la crisis ecológica aún no había surgido en tal forma como hoy; por eso él escribe de los elementos componentes que éstos «existen en abundancia».

Utilizando el concepto de exergía, nosotros en el próximo capítulo podemos examinar una serie de propuestas de mpp-2. En este mismo capítulo analizaremos como ejemplo la bomba de calor, conocido dispositivo técnico propuesto por los partidarios de la inversión de la energía como ejemplo ilustrativo de la «concentración de energía» real. A este dispositivo simple y comprensible le

⁵⁷ Es decir, de energía interior.

atribuyen las propiedades más inverosímiles y milagrosas; apoyándose en ellas, se trata de utilizar la bomba de calor como ariete, para abrir una brecha en el segundo principio de la termodinámica e introducir, a través de este principio, el mpp-2 en la energética.

4.4. ¿Es o no la bomba de calor un milagro?

Recordemos el principio de funcionamiento de la bomba de calor⁵⁸ (de ella ya hemos hablado en el capítulo 3). Independientemente del tipo y del diseño este dispositivo cumple, como regla, una sola función: capta el calor Q_{ma} del medio ambiente a la temperatura de éste T_{ma} y entrega el calor a una temperatura superior T_{cal} a un local o se utiliza para calentar algún dispositivo técnico. Tal proceso de tránsito del calor, de por sí, no puede tener lugar, está prohibido por el segundo principio de la termodinámica. Por ello para asegurar el funcionamiento de las bombas de calor se necesita cierto gasto de exergía. Con mayor frecuencia para el accionamiento de la bomba de calor se emplea la energía eléctrica.

El esquema básico de la bomba de calor más simple (bomba de compresión de vapor) se puede ver en la fig. 4.4.

El cuerpo de trabajo vaporizado se comprime en el compresor (por ello se denomina instalación de compresión de vapor). El vapor, calentado como consecuencia de la compresión, se enfría y pasa en el condensador al estado líquido: en este caso de él, con el aumento de la temperatura T_{cal} , el calor Q_{cal} se retira hacia el consumidor (por ejemplo, a una habitación que haya que calentar). El líquido obtenido se expande en el estrangulador y su presión baja. Como consecuencia parte del líquido se evapora y su temperatura baja hasta T_e , algo inferior que la temperatura del medio ambiente T_{ma} . En el vaporizador el líquido frío, quitándole el calor al medio ambiente, se evapora íntegramente y vuelve de nuevo al compresor; el ciclo se cierra.

Tomemos como ejemplo unos índices concretos de funcionamiento de la bomba que se aproximan a los que se dan en la práctica.

Para calentar un local y mantener en él una temperatura de $+20^{\circ}\text{C}$ el cuerpo de trabajo que se condensa debe tener una temperatura T_{cal} , digamos, de 50°C

⁵⁸ Con más detalle la bomba de calor se puede estudiar en la literatura especial [1.26, 1.27].

(323K). Supongamos que la temperatura del medio ambiente T_{ma} , sea de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ó 263 K (condiciones de invierno). Para que el cuerpo de trabajo pueda hervir en el vaporizador, extrayendo calor del medio ambiente, dicho cuerpo debe ser algo más frío que el medio. Tomemos la temperatura de ebullición $T_{eb} = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (253 K).

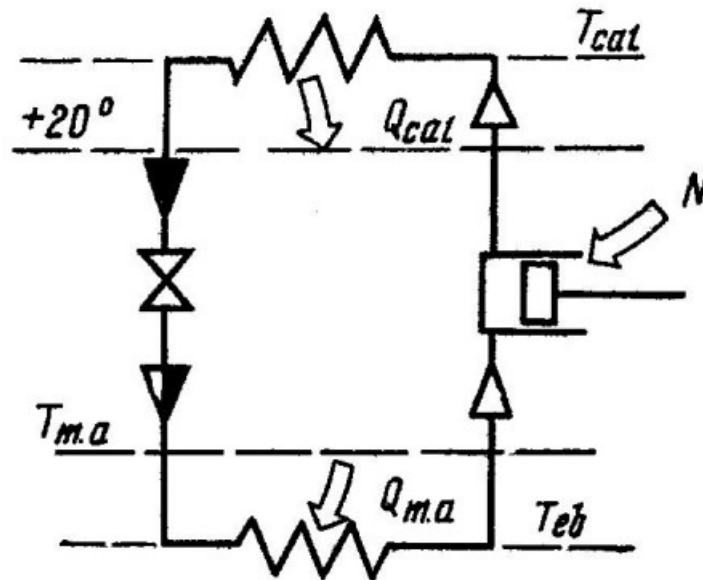


Fig. 4.4. Esquema de la bomba de calor

Tomemos igualmente que la potencia térmica que se entrega al local Q_{cal} es igual a 5 kW y la que se suministra al compresor, $N = 2\text{ kW}$. En tal caso, de acuerdo con el balance energético, la potencia térmica Q_{ma} que se extrae del medio ambiente es de $5 - 2 = 3\text{ kW}$. Haciendo uso de estos datos se puede calcular con facilidad todas las características energéticas de la bomba de calor. Para terminar el análisis del balance, que caracteriza el sistema desde posiciones del primer principio de la termodinámica, determinemos la relación entre el calor obtenido Q_{cal} y el trabajo eléctrico consumido. Esta magnitud, llamada coeficiente térmico o calefactor, aquí tiene el valor $\mu, = 5/2 = 2,5$.

Por consiguiente, por cada kilovatio de potencia eléctrica conducida al compresor, al local se entregan 2,5 kW de potencia térmica. El hecho de que $\mu > 1$ produce entusiasmo de los partidarios de la «inversión energética». Nombrando μ como rendimiento (en lugar de coeficiente térmico), ellos afirman que él (el rendimiento) supera el 100 % puesto que «concentra la energía» extraída del medio ambiente. El

diagrama de la fig. 4.5 evidencia este balance energético en forma del gráfico de franjas, donde la anchura de cada franja es proporcional al correspondiente flujo de energía.

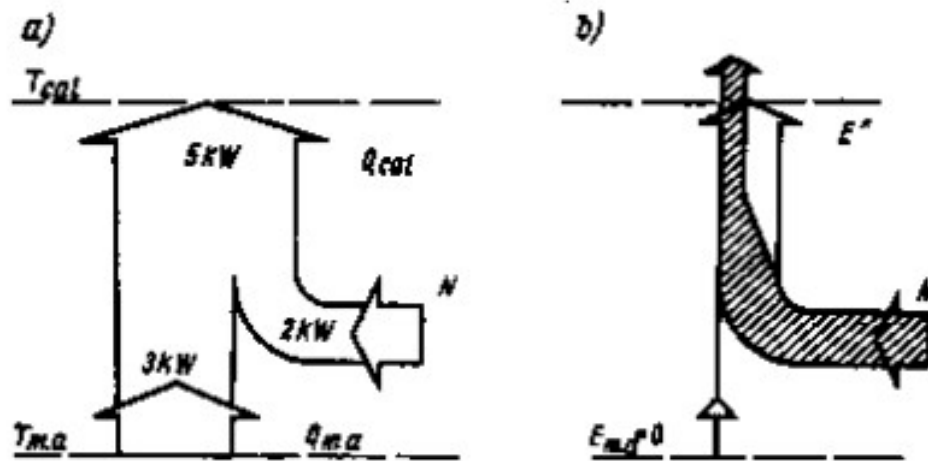


Fig. 4.5 Gráficos de banda de los balances energéticos (a) y exergético (b) de la bomba de calor

Ahora ocupémonos del análisis de esta misma bomba térmica desde posiciones del segundo principio de la termodinámica. Empecemos por la entropía. En este simple ejemplo es fácil calcularla. Realmente, la entropía retirada es

$$S'' = Q_{cal}/T_{cal} = 5/323 = 0,015 \text{ kW/K},$$

y la suministrada

$$S' = Q_{ma}/T_{ma} = 3/253 = 0,012 \text{ kW/K}.$$

Ninguna entropía más se suministra a la bomba de calor, puesto que la energía eléctrica altamente organizada no es entrópica. Por tanto con el segundo principio de la termodinámica aquí todo está en orden: la entropía que se retira S'' es mayor que la que se suministra S' . Los procesos reales irreversibles en la bomba de calor conducen, lógicamente, a su aumento en $\Delta S = 0,003 \text{ kW/K}$. Por tanto la acción de la bomba de calor de ninguna manera contradice al segundo principio de la

termodinámica: la entropía aumenta. ¿Y qué hacemos con el rendimiento y la «concentración» de energía?

Ocupémonos de ello y examinemos el trabajo de la bomba de calor mediante la formación y análisis de su balance exérgico. Este balance, igual que el energético, debe incluir tres miembros correspondientes a los flujos energéticos. Sin embargo, uno de ellos será igual a cero, por cuanto la exergía del flujo del calor Q_{ma} extraído del medio ambiente a T_{ma} es igual a cero (por la fórmula de Carnot). Por tanto la exergía llega al sistema sólo con energía eléctrica, es fácil calcularla por cuanto la energía eléctrica altamente organizada es capaz de funcionar. Por ello la exergía que llega es $E' = 2 \text{ kW}$.

La exergía retirada representa la exergía del calor retirado Q_{cal} ; ésta es igual

$$E'' = 5 \frac{323 - 263}{323} = 0,929 \text{ kW}$$

El resto de la exergía $E' - E'' = 2 - 0,929 = 1,071 \text{ kW}$ se pierde a consecuencia de la irreversibilidad. El rendimiento de la bomba de calor es

$$\eta_{ex} = 0,929/2 = 0,46 \text{ ó } 46\%$$

EL diagrama exérgico correspondiente se muestra en la fig. 4.5, b. En él se ve que el balance exérgico de la información más completa sobre las transformaciones energéticas en el sistema. Este balance indica cuánta energía útil capaz de trabajar se gasta, cuánta se obtiene y cuánta se pierde a causa de la irreversibilidad, provocada por la imperfección termodinámica del proceso. El rendimiento muestra (a diferencia del coeficiente térmico) el grado de aproximación del proceso al ideal: sólo el 46 % de la exergía suministrada fue utilizada. El 54 % restante se perdió. A pesar de que el rendimiento es considerablemente menor del 100 %, este calentamiento es más efectivo que directamente la calefacción eléctrica o por estufa; de aquí también la aspiración a utilizar el calor de la central termoeléctrica (CTE) y las estaciones de bombas de calor (EBC).

Veamos «cuánto cuesta» el calor en el sentido energético al obtenerlo por distintas vías. Expongamos este cálculo para esas mismas condiciones $T_{ma} = -10 \text{ °C}$, la

temperatura del aparato de calefacción $T_{\text{cal}} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$) aplicable al horno eléctrico. Cuando se consume 1 kW de energía eléctrica (es decir, de exergía) el horno producirá 1 kW de calor, $Q = 1$. De aquí la exergía del calor será

$$1 \frac{323 - 263}{323} = 0,186 \text{ kW}$$

tanto el rendimiento del horno eléctrico = 18,6 %. Aproximadamente el mismo valor del rendimiento tendrá el horno habitual; puesto que la exergía del combustible (por ejemplo, del carbón) prácticamente es igual al calor que puede ser obtenido de él en un proceso ideal de combustión. De esta manera de 1 kW de calor, igual que en el horno eléctrico, se obtendrá 0,186 kW de la exergía de calor. El rendimiento de la calefacción desde la CTE es de un 40-45 %, es decir, aproximadamente igual al de la estación de bomba de calor.

Calculemos para terminar cuánto calor Q puede dar para la calefacción en estas condiciones ($T_{\text{cal}} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$) 1 kW de energía eléctrica en una bomba ideal de calor. En el caso de $\eta_{\text{ex}} = 1$ (es decir, 100 %) 1a exergía del calor obtenido será igual a 1 kW. Obtendremos

$$1 - Q = \frac{323 - 263}{323}$$

de aquí

$$Q = 1/0,186 = 5.38 \text{ kW}$$

Ésta es la cantidad de calor que puede dar la bomba ideal de calor.

El análisis de la bomba de calor realizado antes muestra que este dispositivo es muy bueno y útil en su lugar. No obstante no existen motivos para considerar que la bomba posee propiedades admirables. La bomba de calor es útil, pero como cualquier instalación real aumenta la entropía transformando la energía eléctrica más ordenada y organizada y el calor Q_{ma} menos organizado en un flujo de calor aún menos organizado con una entropía mayor. Por eso la bomba no produce ninguna

«concentración» (si la comprendemos como el aumento de la calidad de la energía). El coeficiente térmico μ de la bomba siempre supera la unidad, pero en esto no hay ninguna maravilla, el μ no es el rendimiento. Es fácil demostrar que μ puede tener valores mucho más grandes de 2 ó de 3, si examinamos su variación en condiciones exteriores diferentes.

Tomemos como ejemplo una bomba de calor con un rendimiento alto pero totalmente alcanzable $\eta_{\text{ex}} = 0,5$ y calculemos su coeficiente térmico para diferentes valores de la temperatura superior T_2 y para $T_{\text{ma}} = 293 \text{ K}$ (20°C). Tomemos los valores T_2 iguales a 25, 50, 100, 150, 200 y 250°C (por la escala de Kelvin respectivamente 298, 323, 373, 423, 473 y 523 K). En tal caso con un gasto de potencia $N = 1 \text{ kW}$ obtendremos en el nivel superior, para un rendimiento elegido, una exergía de calor $E. = 0,5 \text{ kW}$. De aquí se puede determinar Q_{cal} utilizando la conocida relación

$$L = E_q = Q_{\text{cal}} \frac{T_{\text{cal}} - T_{\text{ma}}}{T_{\text{cal}}}$$

$$Q_{\text{cal}} = E_q \frac{T_{\text{cal}}}{T_{\text{cal}} - T_{\text{ma}}}$$

El coeficiente térmico $\mu = Q_{\text{cal}}/N$.

Los cálculos de μ dan:

$T_{\text{cal}}^\circ\text{C}$	250	200	150	100	50	25
$\frac{T - T_{\text{ma}}}{T}$	0,44	0,38	0,31	0,21	0,09	0,0017
μ	1,14	1,31	1,61	2,38	5,55	294
	(2,28)	(2,62)	(3,22)	(4,71)	(11,1)	(588)

De aquí vemos que los valores de μ incluso para una máquina real (sin hablar ya de estos valores para una máquina ideal, indicados entre paréntesis) pueden alcanzar en los correspondientes intervalos de temperaturas de 200 a 300 (o si lo

consideramos, como hacen otros, en % , 20 000-30 000 %) . ¡Realmente es una maravilla! Hay de qué maravillarse. ¡Gastas 1 kW y obtienes 290!

Sin embargo, antes de echar al vuelo las campanas veamos qué calor es este. Es un calor con una temperatura sólo 5 °C por encima de la del medio ambiente. El coeficiente que caracteriza su capacidad de trabajo es menor de 0,002; esto significa que si tenemos un «rublo de calor», el costo real de dicho rublo en energía totalmente organizada es menor de 0,2 kopeks. Con el «mejoramiento» del calor y el aumento de su temperatura T_{cal} su calidad crece y la magnitud de μ cae sensiblemente.

De esta manera las magnitudes grandes de μ testimonian no sobre la extracción maravillosa de «energía térmica» del medio ambiente, sino sólo sobre que el calor obtenido es de muy baja calidad.

No obstante, el jaleo alrededor de la bomba de calor, basado en los elevados valores del coeficiente de conversión no pasa. Como ejemplo podemos citar el artículo de G. Lijosherstnyj. «En búsqueda de la energía» [3.10], quien sobre la base de las «propiedades insólitas» de las bombas de calor con rendimientos «en decenas y centenas de veces superiores a la unidad», promovió una original idea energética. Él considera necesario realizar trabajos no sólo sobre «las investigaciones teóricas del problema», sino también «claro está, sobre el desarrollo de los procedimientos económicos de transformación del calor obtenido por dichas bombas en energía eléctrica». En otras palabras él propone transformar en energía eléctrica esa misma calor de baja calidad de la cual hemos hablado antes.

Veamos en qué se traduciría la realización de esta proposición.

En las estaciones termoeléctricas se obtiene energía eléctrica con un rendimiento aproximado de 40%. Más adelante esta energía eléctrica debe transformarse en calor en la bomba de calor. Tomemos para la bomba un rendimiento elevado igual a 0,5⁵⁹. Después utilizamos este calor para obtener energía eléctrica. Tomemos un rendimiento de esta transformación también suficientemente alto, 0,4 (40%).

Corno resultado la energía eléctrica final, por el procedimiento de Lijosherstnyj, se obtendrá con un rendimiento $0,4 \cdot 0,5 \cdot 0,4 = 0,08$ o bien el 8 %, es decir, 5 veces peor que simplemente en la central eléctrica.

⁵⁹ Los coeficientes de transformación en este caso serán lo suficientemente elevados de acuerdo con la tabla, pero esto, como hemos visto, no cambia nada.

Vea a qué conduce la tesis «el calor es el calor independientemente de la temperatura».

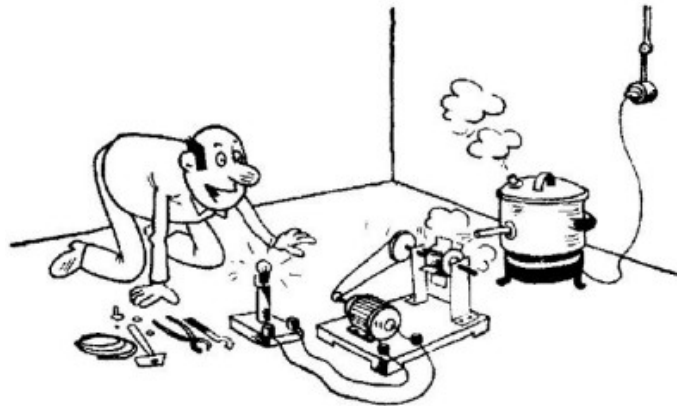


Fig. 4.6. «Sistema de alta eficacia» de obtención de energía eléctrica, análogo al esquema con la bomba de calor

En el apartado «móvil perpetuo» de la revista «Inventor y racionalizador» apareció la caricatura mostrada en la fig. 4.6.

Si comparamos la idea recién descrita con el esquema presentado por el dibujante, salta a la vista su sorprendente parecido; sólo es necesario cambiar el hornillo eléctrico por la bomba de calor. Difícilmente el autor del dibujo podría pensar que hubiera gente que propusiera en serio tal idea.

En el ejemplo de la bomba de calor se puede ver a qué conduce la incomprensión del segundo principio de la termodinámica. Este principio molesta realmente a la «creación libre» y el deseo más ardiente de los inventores del mpp-2 es conseguir su desaparición. Por cuanto esto no se consiguió sólo queda soñar. Precisamente así se portó el Candidato a Doctor en Ciencias Técnicas, N. Záev, al publicar un artículo titulado «Tentación energética» [3.5] y dando una imagen de la perspectiva energética «tras la barrera del siglo XX». Antes de pasar, en el siguiente capítulo, al examen de los mpp-2 modernos, merece la pena citar fragmentos de este artículo que representa cierto «manifiesto antitermodinámico»: «Sólo a los buquinistas⁶⁰ se pueden comprar tomos viejos de nuestra termodinámica. Ella se ha quedado sin provecho. Con el desarrollo de la termodinámica real, los cursos anteriores primero se dejaron de impartir y después, de editar. La termodinámica real explica de una

⁶⁰ Vendedor de libros viejos (Nota PB)

manera elemental lo que en tiempos anteriores explicaban con amontonamiento de principios, teoremas, fórmulas ... Ya no existen las entropías, entalpías, exergías y términos semejantes de sonido enigmático...».

Este cúmulo de consignas negativas se reduce en esencia al llamamiento a la libertad respecto de la ciencia: hagamos una termodinámica que «explique de manera elemental» todo lo que hace falta sin ninguno tipo de «principios, teoremas, fórmulas».

Pero dado que aún no existe una termodinámica nueva que «explique de manera elemental», y la vieja la tienen no sólo los buquinistas, pasaremos a examinar la historia y los proyectos modernos del mpp-2 basado en la termodinámica existente. Sin embargo, antes sería útil prestar cierta atención al esclarecimiento de la cuestión que surge inevitablemente al examinar la última etapa de la historia del mes: ¿por qué con todo ello siguen inventando el mpp-2? Nosotros hemos expuesto en los capítulos 3 y 4 todos los argumentos de los partidarios de la «energoinversión»: los filosóficos, cosmológicos, biológicos, técnicos... Todo el material expuesto en estos capítulos muestra unívocamente que no existe un sólo argumento o hecho que pueda ser admitido con toda seriedad como demostración de la posibilidad de existencia del mpp-2. Y con todo ello siguen los tenaces intentos de argumentar y crear el mpp-2. Se proponen también, como veremos más adelante, nuevas concepciones teóricas con nombres enmarañados como «estructuras de Prometeo» o incluso «estructuras de Jottabych»⁶¹, se hacen nuevos proyectos... Por poco serio que sea el análisis resulta que todas ellas se basan en los mismos errores, de las cuales ya se habló detalladamente.

¿De qué se trata. pues?

4.5. ¡Por qué pues se inventa el mpp!

Hasta aquí nos ocupaba, principalmente, la parte científico-técnica de la historia del móvil perpetuo, tocando sólo de paso las particularidades de las personas relacionadas con él. Pero la parte humana de este asunto también merece nuestra atención. Más aún, ocupados de la historia del mpp, nosotros, si queremos comprender este fenómeno de verdad, no podemos no intentar comprenderla. Así

⁶¹ Genio de la botella de la obra infantil soviética «El viejo Jottabych».

pues, ¿por qué inventaron y siguen inventando el mpp? Por lo visto, la causa del móvil en esencia siempre es la misma, el deseo de resolver los problemas energéticos por una vía fácil y sencilla. Los inventores, en las dos primeras etapas históricas del mpp, como ya hemos señalado, no conocían las leyes de la ciencia, que excluían la posibilidad de crear el mpp. Ellos precisamente llamaban su ideal «móvil perpetuo». Por ello la respuesta a la pregunta formulada en el título de este apartado es clara: lo inventaban en aquel entonces porque no veían y no conocían ningún tipo de prohibición de principio, lo cual hacía su objetivo inalcanzable.

Respecto de los inventores del mpp-2 esto no se puede decir. La mayor parte de estos inventores y teóricos, no autodidactas, sino especialistas diplomados; una parte importante de estos especialistas son candidatos a Doctor o incluso Doctores. Tanto en la URSS como en el extranjero ellos representan una pequeña parte de las personas relacionadas con la técnica energética. Pero con todo eso ellos existen, actúan, consumiendo innecesariamente sus fuerzas y tiempo y apartando del trabajo útil a mucha gente. Ellos no pueden no conocer las leyes de la ciencia, lo escrito en los manuales, en muchos libros y artículos. No obstante, el flujo de proposiciones, inventos y teorías, referentes al mpp-2, no se agota. Más aún con ayuda de científicos no muy competentes que apoyaban este tipo de «ideas progresivas» y periodistas poco exigentes que difunden sensaciones pseudocientíficas a través de la prensa, ellos influyen en los lectores, sobre todo en la juventud.

Como último ejemplo puede servir el artículo en el periódico «Moskovskaya pravda» [3.27], donde con todos los procedimientos de influencia sobre los sentimientos y mentes de los lectores nuevamente se predica el carácter progresivo de la idea del móvil perpetuo de segundo orden. Todo esto crea un fondo de ligeros malabarismos sin demostración con ideas y proposiciones generales pseudocientíficas, a primera vista atractivas, pero muy alejadas de la ciencia verdadera y técnica avanzada. El lector no profesional toma esto en serio por cuanto el interés por todo lo nuevo y progresivo es una cualidad característica de nuestro tiempo. Un interés muy grande en los últimos tiempos se revela precisamente hacia las cuestiones de la energética; la importancia del cumplimiento del programa energético [1.31] es evidente no sólo para los especialistas.

Así pues, la primera parte de la cuestión, sobre porqué también hoy se inventan el mpp-2 y a esto se dedica mucha gente incluyendo la juventud, es clara: la tendencia de encontrar nuevas vías radicales en la solución de problemas energéticos. Pero queda abierta la segunda parte de la cuestión: ¿por qué los inventores no ven que el camino por ellos elegido conduce inevitablemente a un callejón sin salida, que sus ideas, en principio, son irrealizables?

El autor tuvo que participar muchas veces en el peritaje de las más diversas proposiciones e inventos referentes al mpp-2 y encontrarse con sus autores. No conseguí convencer a ninguno de ellos, a pesar de mis largas y múltiples discusiones. Sólo un inventor, al fin y al cabo, cambió su postura⁶². Los demás quedaron con sus convencimientos de que los expertos son unos conservadores rutinarios, a los cuales sólo se pueden demostrar las cosas con un modelo en movimiento y «con todo y ello no se sabe si les convencería», como me dijo en un arranque de cólera un inventor, dándose golpes en la frente con el dedo de una manera muy significativa. Pero este modelo con todo y eso no apareció nunca.

La causa de tal «estabilidad» en personas con tan diferentes especialidades, niveles de enseñanza y edades es muy difícil de establecer. El hallazgo de esta causa en gran medida está relacionado con cuestiones psicológicamente finas que pueden resolver sólo especialistas. Nosotros por otra parte debemos limitarnos a la parte científico-técnica e informativa del asunto. Aquí el problema se facilita ligeramente por el hecho de que la historia de la ciencia y la técnica (incluyendo la historia del mes), así como los materiales que se publican en las revistas «Izobretatel y ratsionalizator», «Téjnika y naúka» y otras ofrecen un amplio material que ayuda a esclarecer esta cuestión. Una serie de ideas profundas sobre el asunto que nos ocupa contiene el excelente trabajo de A. I. Hertzen «Diletantismo en la ciencia» [1.21].

Basándose en toda esta información es posible en cierta medida comprender el porqué gente instruida, contrariamente a lo que dice la ciencia, inventa y difunde el mpp-2.

⁶² Éste era un ingeniero metalúrgico (no un energético) que se tomó el trabajo de citar todos los libros recomendados a él e incluso mostró el necesario experimento (para todo esto consumió casi un año). Después de esto vino y reconoció valientemente que no tenía razón.

Señalemos ante todo lo principal, el hecho de que todos los inventores del mpp-2 sin excepción no son profesionales, sino diletantes. Esta afirmación, a primera vista, puede parecer extraña, si tenemos en cuenta que la mayoría de ellos, como ya hemos señalado, son gente con preparación técnica. No obstante esto es verdad. Recordemos qué es un diletante. Diletante es una palabra italiana que significa «persona que se ocupa de algún arte o ciencia sin suficiente preparación, necesaria para tratar este tema a fondo; con conocimientos superficiales en dicha área del saber». La definición es muy cierta, pero insuficiente, incompleta: esto sólo caracteriza los conocimientos del diletante. A. I. Herten enfocó la cuestión con mayor amplitud, examinando el diletantismo como fenómeno social. Él escribió: «El diletantismo es el amor hacia la ciencia ligado al total desconocimiento de la misma»; «... es una pasión platónica y romántica por la ciencia, un amor hacia ella, del cual no nacen niños».

Herten expresó de la siguiente manera otras dos partes del diletantismo: en primer lugar la carencia de comprensión de la ciencia por parte del diletante y en segundo, la infructuosidad de su ocupación.

Si «medimos» todas las características enumeradas de los diletantes a los inventores y teóricos del mpp-2, salta a la vista la impresionante coincidencia. Realmente, un conocimiento sólido, y con más razón la profunda comprensión y asimilación de la ciencia básica, la termodinámica, sin la cual es imposible crear nuevos sistemas de transformación de la energía ellos no tienen. Incluso el breve resumen de la «base teórica» de mpp-2, hecho en el capítulo y en los anteriores párrafos del capítulo 4 muestran claramente la confusión en los conceptos fundamentales de la termodinámica (sin hablar ya del segundo principio y sus aplicaciones), que reina en sus cabezas.

En lo que respecta a los «hijos», es decir, a los motores que trabajan por «inversión energética», éstos realmente en total correspondencia con las predicciones de A. I. Herten no existieron y no existen. Sólo existen muchas ideas y proyectos (un análisis minucioso de algunos de estos proyectos se da en el capítulo siguiente). Aquí nosotros continuaremos nuestro «razonamiento» sobre el diletantismo actual que produce no sólo los proyectos de los mpp-2, sino también otros inventos no menos quiméricos.

Una actitud tan rígida y negativa hacia los diletantes puede producir objeción a pesar del apoyo de una autoridad tan importante como A. I. Herten. Existe una opinión bastante difundida de que muchas personas llamadas diletantes hicieron un gran aporte al desarrollo de la ciencia, técnica y arte. Más aún, tiene una gran circulación el punto de vista de que un diletante de talento que no «se atascó en la rutina y tradiciones profesionales», utilizando la fantasía y la intuición puede salir, con mayor facilidad, al nuevo camino y crear algo relevante.

En muchos trabajos de historia de las distintas direcciones de la creación humana se exponen múltiples ejemplos de grandes descubrimientos e inventos hechos por diletantes y obras artísticas hechas por ellos. Entre ellos el relojero Peltier, descubridor del enfriamiento termoeléctrico, el monje I. Mendel, fundador de la genética, el cervecero Joule, sobre cuyo papel en la formación del primer principio de la termodinámica ya hemos hablado en capítulos anteriores, el farmacéutico A. Leeuwenhoek, inventor del microscopio y fundador de la microbiología, el sacerdote R. Stirling⁶³, quien a comienzos del siglo XIX inventó y fabricó un motor térmico de gas, cuyas virtudes fueron valoradas 150 años más tarde, el maestro de escuela K. E. Tsiolkovski, de cuyos méritos no hay necesidad de escribir... En este mismo grupo caerá también S. Carnot, capitán de zapadores.

Si pasamos al área del arte, también se pueden encontrar referencias análogas. Entre los compositores se citan a personas como el oficial de la guardia A. A. Aliabiev, el químico A. P. Borodin... Se pueden hallar ejemplos análogos en la literatura, escultura y pintura.

Considerar que toda esta gente puede ser considerada como gente de talento o incluso como diletantes geniales es un gran error. Este error se basa en un enfoque superficial, realmente diletante respecto de las biografías de estas personas.

Ante todo es incorrecto el propio concepto básico de empezar por el título, el cargo, el diploma o el lugar de trabajo.

Juzgando así se puede considerar como diletante literario al médico A. P. Chéjov, al teniente de caballería M. Yu. Lérmontov o al teniente de artillería L. N. Tolstoi. Pero lo más importante reside en otra cosa. Cada uno de los grandes hombres enumerados de la ciencia, técnica o arte era un profesional de la más elevada clase,

⁶³ Con el nombre de Stirling volveremos a tropezar en el capítulo siguiente.

que estudiaba la esfera en la que trabajaba de manera que poseía por completo el nivel de conocimientos, sabiduría e incluso hábitos de su época (y con frecuencia se adelantaba a ella). Cualquier «diletante genial» en un estudio más profundo resulta un verdadero profesional. El verdadero profesional, si volvemos a la esfera de la técnica, no sólo domina libremente todo el bagaje científico referente a la esfera en la que trabaja. Él debe saber enfocar críticamente cualesquiera ideas y resultados (incluyendo los suyos) y por fin llevar una conversación «de igual a igual» con sus colegas. Claro que no todos los profesionales, incluso los de la clase más elevada, obligatoriamente son inventores, pero todos los inventores serios obligatoriamente son grandes profesionales⁶⁴ (por supuesto que en el sentido real de la palabra y no en el de su historial). Si no se tiene esto, ningunas fantasías e intuiciones ayudarán a «producir» grandes inventos. La fantasía, según V. I. Lenin, es una «calidad de extraordinario valor» y puede trabajar fructíferamente sólo en el caso cuando se apoya en los conocimientos y en la experiencia, se «nutre» y se corrige por ellos [1.2]. Sin ello la fantasía convierte a la persona en un fantaseador y lo lleva a donde, como dijo A. I. Herten, «no hay niños». Esto precisamente es lo que ocurre con los inventores del mpp-2.

Quedan sin aclarar, sin embargo, otros dos puntos.

1. Se sabe que son partidarios del mpp-2 gente que tiene trabajos científicos o técnicos relevantes. ¿Pueden llamarse diletantes estas personas?
2. ¿Por qué, si los argumentos científicos contra el mpp-2 son de tanto peso e irrefutables, los inventores y los teóricos del mpp-2 son tan firmes en sus convencimientos y no pueden deshacerse de ellos?

La respuesta a la primera pregunta está relacionada con una circunstancia objetiva, la creciente especialización en la esfera científico-técnica. Por eso un gran profesional en una esfera con frecuencia resulta un diletante completo en otra, incluso en una esfera cercana. El intento de realizar una revolución en otra rama, no lo suficientemente conocida, basándose en la erudición y experiencia alcanzada en la suya conducen a esos lastimosos resultados como los observados por nosotros cuando se intenta explicar y crear el mpp-2.

⁶⁴ Es preciso, claro está, tener en cuenta que los profesionales también son diferentes. Existen profesionales más estrechos, más exactamente, los especialistas, muy instruidos en una esfera local, pero para la creación, debido a su limitado horizonte intelectual, son casi inútiles. Precisamente de éstos decía C. Marx que ellos adolecen de «cretinismo profesional».

Ya desde los tiempos del fabulista Krylov, cuando la especialización no estaba tan desarrollada, se conoce la triste historia del panadero y el zapatero que intentaron ocuparse de otra profesión.

Claro que a nadie se le prohíbe, después de trabajar con éxito en una rama, pasar a otra (sobre todo en aquellos casos cuando estas ramas tienen zonas de contacto). Más aún, a consecuencia de este paso se pueden obtener buenos resultados. Los «puntos de crecimiento» en los contactos de las distintas ciencias con mayor frecuencia se crean por estos especialistas «dobles». Tomemos como ejemplo al famoso constructor de puentes E. O. Patón (1870-1953), quien a los 40 años, siendo ya un profesional maduro y uno de los líderes en la construcción de puentes, pasó a una esfera totalmente nueva para él, la soldadura eléctrica, y creó escuela, que aún existe y conserva su posición de vanguardia en el mundo.

No obstante este paso puede tener éxito sólo en el caso cuando al entrar en esta nueva profesión, el especialista la estudia de tal manera que se transforma en profesional en esta rama. Aquí no se excluyen también los conflictos con los especialistas «locales», así como las nuevas ideas.

Pero ocurre también al revés. Al especialista le parece que en la nueva rama puede pasar con su propio bagaje adquirido antes. De golpe (o examinando superficialmente el tema) ve en qué se equivocan los «nativos» que no se dan cuenta que debajo de sus narices hay soluciones nuevas que vuelcan todas las tradiciones. De esta manera nacen proposiciones «revolucionarias» como el mpp-2 y las correspondientes a ellas tesis teóricas basadas en la fantasía y la instrucción sin una justificación científica seria; la verdadera discusión con la utilización de la «filosofía» general y a veces de demagogia, citas de clásicos, aplicación de clichés de «conservadores» a los oponentes, etc.

De esta manera el profesional se convierte en diletante con todas las consecuencias que inevitablemente se deducen de ello.

Un tipo especial de diletantes lo representan personas más o menos famosas que hacen propaganda del mpp-2 en artículos ligeros, prefacios, memorias, entrevistas, etc. A diferencia de los que se ocupan del mpp-2, ellos ni superficialmente conocen la esencia del asunto y parten de conceptos superficiales alejados de la ciencia o pretenden apoyar algo nuevo. El lector no experimentado, al ver delante del apellido

del autor su grado científico, con toda razón supone que «una persona así no se pondrá a escribir en vano». Pero, no obstante ocurre también así, y ejemplos de ello ya hemos visto.

Por fin, responderemos a la segunda pregunta de por qué los inventores y teóricos del mpp-2 no perciben conclusiones científicas, a primera vista evidentes, y se agarran tozudamente a sus conceptos.

Sin profundizar en las raíces psicológicas de este fenómeno, se pueden recordar dos tesis, de conocimiento general, que pertenecen a dicho fenómeno.

La primera consiste en que a toda persona muy atraída por una idea cualquiera, enamorada de ella, siempre le parece correcto y bueno todo aquello que está a favor de su idea e incorrecto y malo todo lo que está en contra de ella. Esta es una cualidad muy normal de la persona, sin la cual el mundo, por lo visto, sería menos interesante.

A. S. Puslikin en su «Eugenio Onegin» expresó esta idea en una fórmula clásica muy completa: «Valen más para nosotros las tinieblas de la baja realidad que el engaño que nos eleva».

Esta fórmula contiene también la segunda tesis relacionada con la primera: a la persona le cuesta mucho rechazar su idea querida, para el desarrollo de la cual él consumió mucho trabajo, esfuerzo, tiempo y dinero. A veces, se añaden también ideas relacionadas con otras personas asociadas al trabajo común: se dan determinadas promesas, se desarrollan planes. ¿Cómo negarse de esto y tachar todo? De aquí el deseo comprensible de intentar una y otra vez de hallar para sí otros argumentos cualquiera en defensa de su querida idea. Todo el que haya tenido que ver con los inventores, que tomaron un camino equivocado, tropieza con esta, muy comprensible, cualidad humana.

Pero las leyes de la «naturaleza indiferente» son inexorables: iguales para entusiastas honrados, empedernidos estafadores, doctores en ciencias y artífices semianalfabetos. Es imposible realizar todo lo que contradice a la ley científica. Por ello con toda la compasión humana hacia los inventores del mpp-2, hay que mostrar su impotencia y descubrir las «tinieblas de la baja realidad», en las cuales (así es la dialéctica) se halla la verdadera luz.

A esto precisamente nos dedicaremos en el capítulo siguiente.

Capítulo 5

Móviles Perpetuos de Segunda Especie

Yo no pretendo criticar. Simplemente no puedo comprender ¿cómo puede la persona escribir tal tontería?

N. Bohr

5.1 ¿Qué mpp-2 se inventan hoy día?

Se proponen muchos proyectos de mpp-2 y el principio de funcionamiento de todos ellos es muy variado: termomecánico, químico, gravitacional, eléctrico... Existen también tales, a los cuales es difícil escoger un término científico, para explicar el principio de su funcionamiento.

Al mismo tiempo, independientemente del principio de su funcionamiento todos los móviles propuestos pueden ser divididos en dos grandes clases.

La primera clase incluye móviles perpetuos de segunda especie regulares «teóricamente puros», basados en la «inversión energética», de la cual ya hemos hablado. Claro está que ninguno de ellos funciona a pesar del esfuerzo de sus autores. Estos «verdaderos» mpp-2 en la mayoría de los casos se basan en principios termomecánicos sencillos. En función de la esfera hacia la cual se inclina el inventor, los proyectos de estos mpp-2 se basan en la termotecnia o en la técnica criogénica. Pero muchos inventores, decepcionados de las posibilidades de una y otra, buscan «camino nuevos». De aquí la aparición de proyectos de mpp-2 eléctricos, químicos e incluso electroquímicos. La realización de cualquiera de estos proyectos y la puesta en marcha del correspondiente motor inmediatamente retirarían la cuestión de la posibilidad de ejecución del mpp-2 y darían la vuelta a la termodinámica. Sin embargo, no existe una sola acta sobre la introducción de tal sistema.

La segunda clase, por el contrario, incluye aquellas máquinas-motores que con toda seguridad pueden funcionar, aunque, a primera vista también representan un mpp-2. Estos ya no son «verdaderos» mpp-2; se les puede llamar pseudo-mpp. El

principio de su funcionamiento concuerda íntegramente con los principios de la termodinámica. No obstante, se hacen intentos de presentarlos por verdaderos mpp-2 y de esta manera demostrar la posibilidad de su creación. Más examinando esmeradamente siempre resultará que en ellos no hay ninguna «inversión» de la energía.

A los «verdaderos» mpp-2 están dedicados los apartados segundo y tercero de este capítulo.

En ellos se muestra que aquellos motores que realmente pueden funcionar no son «perpetuos» (no son mpp-2), y aquellos que realmente son perpetuos no pueden funcionar.

En el cuarto apartado se describen los más interesantes pseudo-mpp.

5.2 Proyectos de mpp-2 termomecánicos

Ahora es difícil establecer cuándo fue propuesto el primer proyecto de móvil perpetuo de segunda especie. En cualquier caso se sabe con precisión que esto ocurrió más de 100 años atrás.

El primer inventor famoso en esta rama fue el profesor norteamericano Gemgi, que propuso el llamado motor cero construido por él y que debía funcionar, extrayendo calor, como ya lo hemos dicho, del medio ambiente equilibrado. Esto ocurrió en 1880.

El segundo en proponer un motor, que funcione con el «calor del medio ambiente», también era un norteamericano, Tripler, una persona más conocida que Gemgi, por haber construido (sólo que basada en proyectos conocidos) una instalación para licuar aire. La publicación sobre el motor de Tripler apareció por primera vez en 1899.

Estos dos inventos tienen una misma propiedad: los procesos en ellos deben transcurrir a temperaturas inferiores a las del medio ambiente. Precisamente aquí en el medio específico de bajas temperaturas, donde «al fresco» todo parecería ocurrir de manera diferente a cómo transcurre en la termotecnia tradicional, ambos inventores querían resolver el problema energético de un modo nuevo. No hay duda de que precisamente esta dirección «fría» de las ideas de los primeros creadores de los proyectos del mpp-2 está relacionada con los éxitos sensacionales de la

maquinaria de bajas temperaturas que precisamente aparecieron hacia finales de los años 70-90 del siglo pasado.

La temperatura más baja que hasta entonces había alcanzado Faraday en 1840 era de -110°C , pero en 1877 Kaye e independiente de éste Píeles consiguieron una temperatura de -180°C y en los años 90 K. Olishevski logró rebajar la frontera récord de temperaturas bajas hasta $-200... 230^{\circ}\text{C}$, y, por fin, D. Dewar licuó hidrógeno a -253°C .

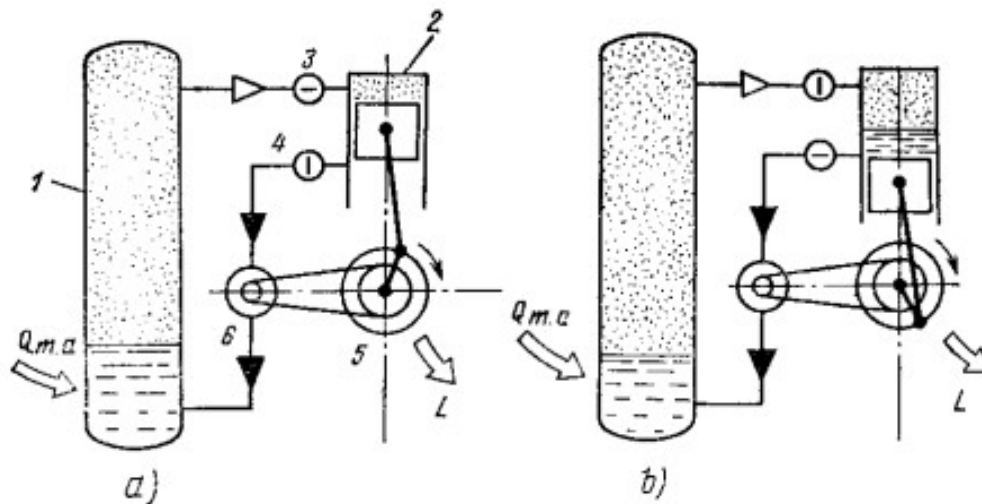


Fig. 5.1. Esquema del motor-cero de Gemgi: a, admisión del vapor a la máquina de expansión; b, evacuación del líquido de la máquina de expansión; 1, caldera; 2, máquina de expansión (máquina para enfriar gases por expansión); 3, válvula de admisión; 4, válvula de escape; 5, mecanismo de biela y manivela con volante; 6, bomba para amoníaco líquido

Este brusco adelanto en la esfera de bajas temperaturas, imposibles anteriormente, produjo una gran impresión en sus contemporáneos.

Al mismo tiempo se desarrollaban también las aplicaciones técnicas de las bajas temperaturas. Telier (1867) y después Linde en los años 70 desarrollaron máquinas frigoríficas de amoníaco, y en 1895 Linde y Hempson, casi al mismo tiempo, crearon instalaciones industriales para licuar aire.

Precisamente estos dos logros de la técnica de bajas temperaturas de aquel tiempo - la máquina frigorífica de amoníaco y la instalación de licuación del aire sirvieron de prototipos respectivos de los proyectos de Gemgi y Tripler. Lllamarlos prototipos se

puede sólo relativamente, por cuanto la idea era totalmente nueva: utilizar las máquinas frigoríficas en un sentido muy diferente, como motores.

El esquema del autor del «motor-cero» puede verse en la fig. 5.1. Más adelante este esquema fue perfeccionado (fue añadida otra caldera e introducido un eyector a chorro). Sin embargo, estos cambios no concernían al principio de funcionamiento del «motor-cero».

¿Cómo, en opinión del autor, debería trabajar este motor? Se sabe que a la temperatura del medio ambiente (por ejemplo, $300\text{ K} = 27\text{ °C}$) el amoníaco hierve a una presión de $1,0\text{ MPa}$ (10 atm)⁶⁵. Por consiguiente, en la caldera con amoníaco líquido, ubicado en este medio, se establecerá una presión del vapor superior a la atmosférica.

Este vapor puede enviarse a la máquina criogénica de émbolo (la llamada máquina para enfriar gases por expansión). En este caso el vapor se expande por ejemplo hasta $0,1\text{ MPa}$ (1 atm), entregando el trabajo exterior, respectivamente se enfría hasta 250 K (-23 °C) y de manera parcial se licua. El amoníaco líquido, junto con el vapor, pasa por la válvula de escape a la bomba que pone en movimiento la propia máquina de expansión: la máquina para enfriar gases por expansión.

En la bomba la presión del amoníaco volverá a elevarse hasta $1,0\text{ MPa}$ (10 atm). La mezcla fría de amoníaco líquido y vapor vuelve a la caldera. Aquí a costa del calor A_{ma} que llega de una atmósfera más caliente (recordemos que el amoníaco después de la expansión tiene una temperatura de -23 °C) el amoníaco vuelve a evaporarse. El vapor se conduce a la máquina para enfriar gases por expansión y el ciclo se repite. De esta manera el motor funciona entregando al consumidor el trabajo L (igual al trabajo realizado por la máquina para enfriar gases por expansión, descontando una parte pequeña de este trabajo consumido para el accionamiento de la bomba)

Aquí no se produce ninguna alteración del primer principio de la termodinámica, el principio de conservación de la energía: la cantidad de calor que se recibe del medio ambiente A_{ma} , es igual a la que se gasta en forma de trabajo ($L = Q_{ma}$). Al parecer todo está en orden.

⁶⁵ La curva que refleja la dependencia de la presión del vapor respecto de la temperatura de ebullición del amoníaco se puede ver en la fig. 5.2.

Pero... Siempre este maldito «pero», en cuanto se llega al mpp. Pero el motor no se sabe por qué no funcionaba. ¿Qué es lo que pasaba?

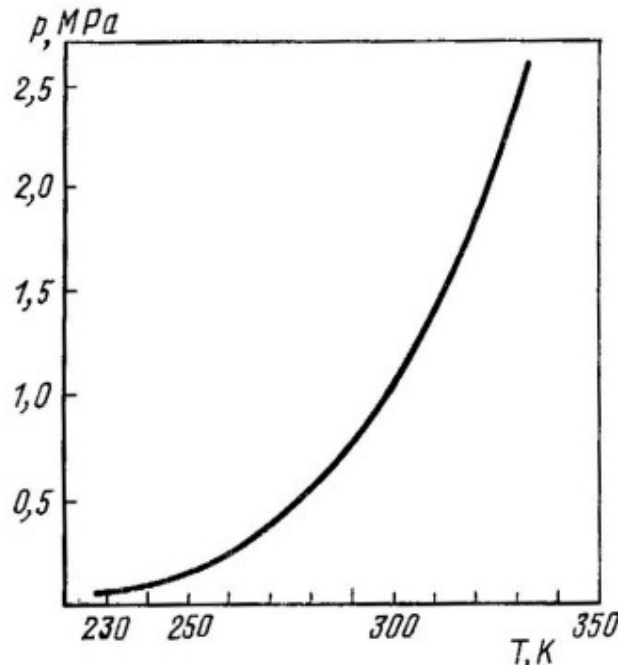


Fig. 5.2. Temperatura de ebullición del amoníaco en función de la presión

Para responder a esta pregunta, compongamos los balances entrópico y exérgico del «motor-cero». Hacer el balance entrópico es más difícil que hacer el balance energético: con el calor se introduce cierta entropía Q_{ma}/T_{ma} , pero con el trabajo la entropía no se expulsa, por cuanto la entropía del flujo de trabajo es nula. Por consiguiente, la entropía no sólo disminuye, sino incluso desaparece. Esto es una evidente alteración del segundo principio.

Lo mismo muestra el balance exérgico. La exergía del calor recibido es igual a cero, ella no es capaz de trabajar, pues tiene la temperatura del medio ambiente T_{ma} . El trabajo que se recibe es igual a la exergía por lo que la exergía se retira pero no se conduce, ella aparece «de la nada». El rendimiento del «motor-cero» es infinito:

$$\eta_{ex} = \frac{E''}{E'} = \frac{L}{0} \rightarrow \infty$$

De esta manera el «motor-cero» es un típico «motor monotérmico», un mpp-2.

Imaginémonos por un minuto que nos encontramos en el lugar de aquel mecánico que debe poner en marcha el motor ya ensamblado y repostado con amoníaco. Por ahora está parado, y esto es completamente normal puesto que no está frío y la presión es igual en todo lugar, 1,0 MPa (10 atm). ¿Cómo mover del lugar todas las partes de la máquina? Probemos el procedimiento más sencillo, comencemos a girar el volante y después lo soltamos para que la máquina continúe funcionando por sí sola. No obstante, podemos predecir de antemano que la máquina no se impulsará, sino al contrario, lentamente se detendrá. El intento de poner el motor en marcha independiente por otros procedimientos conducirá al mismo resultado.

Esto se explica muy sencillo. Para que la máquina de expansión (máquina para enfriar gases por expansión) trabaje se necesita que la presión tras ella sea inferior a la presión delante de ella. Gemgi pensaba que así será, por cuanto la bomba extrae una mezcla de vapor y líquido del tubo entre la máquina de expansión y la bomba. Pero para que esto ocurra hay que gastar trabajo en el accionamiento de la bomba, pero ¿de dónde lo cogemos? La máquina de expansión no lo puede proporcionar puesto que las presiones antes y después de ella son iguales y si la hacemos girar desde fuera (al ponerla en marcha) ella trabajará también como una bomba, impulsando el amoníaco al tubo anterior de la bomba. En este caso el amoníaco en ella no se enfriará, sino que incluso se calentará. De esta manera el «motor-cero» sólo podrá funcionar en el caso si se le hiciera girar por accionamiento exterior, consumiendo el trabajo L sin obtenerlo. La correspondiente cantidad de calor, en la cual sin utilidad se «transformará» el trabajo se entregará al medio ambiente.

En otras palabras, el «motor-cero» en lugar de trabajo nos entregará entropía, aproximando, si confiamos en Clausius, el fin del mundo. Así pues, el nombre de «motor-cero» inventado por Gemgi le gastó una mala broma: el motor en el sentido directo de la palabra resultó ser un motor cero, pero no por el consumo nulo de combustible, sino por el resultado cero, ausencia de trabajo útil producido.

¿Se puede hacer algo para obligar al «motor-cero» a realizar trabajo y no a consumirlo? Esta tarea se resuelve de una manera muy sencilla. Es necesario incluir en el esquema un condensador delante de la bomba, como puede verse en la fig.

5.3 y retirar de él el calor Q a una temperatura inferior $T_0 < T_{ma}$. En tal caso el amoníaco se licuará en la bomba y su presión se reducirá respectivamente.

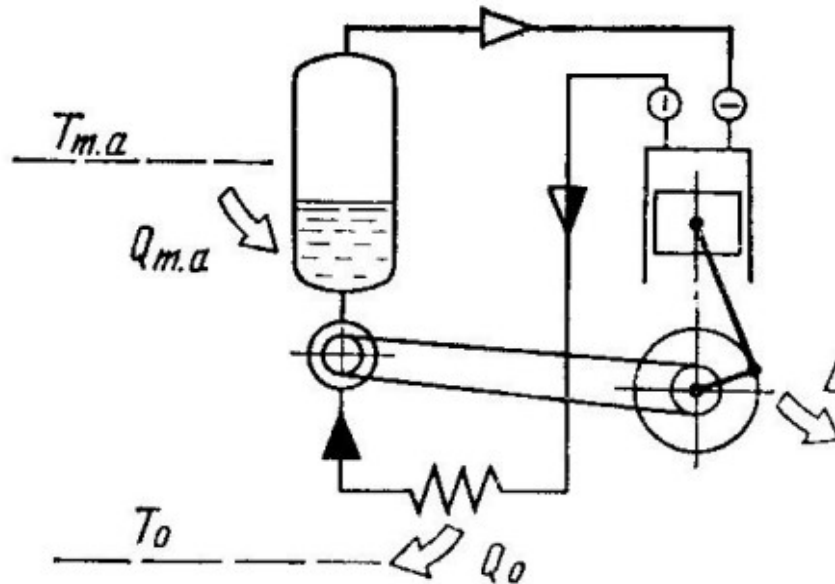


Fig. 5.3. Motor de Gemgi «perfeccionado» con toma de calor Q_0 en el nivel inferior de temperatura

Si, por ejemplo, realizamos la condensación a la temperatura $T_0 = 250 \text{ K}$ (-23°C), como se ve en la curva de la fig. 5.2, la presión en el condensador se establecerá cercana a $0,16 \text{ MPa}$ ($1,6 \text{ atm}$). El motor revivirá inmediatamente, ya que en la máquina de expansión surgirá una diferencia de presiones; empezará a trabajar expandiendo el amoníaco desde $1,0 \text{ MPa}$ (10 atm) hasta $0,16 \text{ MPa}$ ($1,6 \text{ atm}$). Parte del trabajo realizado irá la bomba y el restante, el trabajo útil, será entregado al consumidor. Ésta será la mayor parte del trabajo de la máquina de expansión, puesto que la bomba consumirá sólo una pequeña parte (bombeará líquido, cuyo volumen será decenas de veces menor que el del vapor; respectivamente menor será el trabajo necesario).

Tal motor funcionaría por cuanto se cumpliría la exigencia del segundo principio, existiría una diferencia de temperaturas ($T_{ma} - T_0$). A T_{ma} se suministraría el calor Q_{ma} y a T_0 se desviaría el calor $Q_0 > Q_{ma}$. La diferencia $Q_{ma} - Q_0$ daría el trabajo $L = Q_{ma} - Q_0$ en completa correspondencia no sólo con el primero, sino también con el

segundo principio de la termodinámica. El motor «monotérmico» se convertiría en un motor común que trabaja entre dos niveles de temperatura.

Surge la pregunta, ¿por qué Gemgi no se dio cuenta de esta solución? Esto quedó sin conocerse. Sin embargo, es evidente también otra cosa. Incluso si semejante idea le llegara a la mente, esto no ayudaría en nada. En realidad, si retiramos el calor Q_0 a una temperatura baja T_0 , el motor se pondrá en marcha. Pero, ¿qué hacemos después con este calor? Pues, para esto tenemos que disponer de algún termo receptor que admita este calor. Y dicho termo receptor debe estar aún más frío (por ejemplo, a $T_0 = -23^\circ\text{C}$ debe tener una temperatura, digamos, de -25°C). De lo contrario, Q_0 no se dirigirá hacia él, por cuanto de conformidad nuevamente con el segundo principio de la termodinámica el calor puede pasar sólo de un cuerpo con mayor temperatura a un cuerpo con temperatura más baja y de ningún modo al revés.

Para crear un termo receptor de este tipo en el que $T < T_0 < T_{\text{ma}}$ se necesita por obligación una máquina criogénica (bomba de calor) que lleve el calor Q_0 , de vuelta al nivel del medio ambiente T_{ma} para esto es necesario, incluso en el ideal gastar un trabajo igual al que proporciona el motor ideal en igual intervalo de temperaturas, o sea, todo lo «ganado» en el motor inmediatamente se lo «comería» la bomba de calor. Como consecuencia de nuevo se obtiene un resultado cero. En el caso real el resultado será peor. El motor dará *menos* trabajo que el ideal

$$L_{\text{motor real}} < L_{\text{motor ideal}}$$

y la bomba de calor exigirá más trabajo que la ideal

$$L_{\text{bomba de calor real}} > L_{\text{bomba de calor ideal}}$$

Por cuanto

$$L_{\text{motor ideal}} = L_{\text{bomba de calor ideal}}$$

entonces

$$L_{\text{bomba de calor real}} > L_{\text{motor real}}$$

es decir, para que se mueva este sistema hay que girarlo desde fuera, gastando un trabajo

$$L = L_{\text{bomba de calor real}} - L_{\text{motor real}}$$

De nuevo obtuvimos el «motor-cero». Por consiguiente, el segundo nivel de temperaturas artificial tampoco resuelve el problema, por cuanto su creación requiere, en el mejor de los casos, la misma cantidad de trabajo que se puede obtener con el motor. El motor real puede ser creado sólo en el caso cuando en el medio exterior haya un desnivel de cualquier tipo, una diferencia, de cualesquiera fuerzas en movimiento (por ejemplo, ΔT , Δp , etc.), que se puede transformar en trabajo. Disponiendo de un sólo nivel de temperaturas del medio ambiente, no se puede obtener trabajo alguno.

Es fácil ver que el motor que muestra la fig. 5.3 tiene un esquema básico completamente igual al de la máquina de vapor. Sólo que las condiciones exteriores de trabajo de la máquina de vapor son diferentes: el nivel superior de temperaturas de esta máquina no corresponde al de la temperatura del medio ambiente, sino a una temperatura más alta, a la de los gases calientes de chimenea. El nivel inferior de temperaturas ya no es el artificial T_0 , sino el del medio ambiente T_{ma} . Aquí se utiliza la diferencia de potenciales ya existente en el medio exterior (por la composición química: combustible-oxígeno del aire). A cuenta de esta diferencia, por combustión, se crea precisamente el flujo térmico al nivel $T > T_{ma}$ que se utiliza en los motores verdaderos.

Otro inventor de mpp-2 de baja temperatura, del cual ya hemos hablado, Tripler, llegó más allá que Gemgi. En primer lugar intentó utilizar precisamente la idea que utilizamos para poner en marcha el motor-cero de Gemgi: con otra máquina, unida a la primera, crear un bajo nivel de temperaturas artificial. En segundo lugar él no trabajó con amoníaco, sino con aire líquido (temperatura inferior $T_0 = -190^\circ\text{C}$). Mas no ayudó ni lo uno ni lo otro, no se consiguió crear el motor.

Claro que, evaporando el aire líquido con calor tomado del medio ambiente, se puede conseguir aire comprimido y ponerlo a girar el motor. Y después, ¿qué? De nuevo surge la misma «maldita pregunta» que a Gemgi, condensar nuevamente el aire, o sea, retirar de él el calor a una temperatura muy baja, a una temperatura criogénica⁶⁶. Y para ello de nuevo se necesita aire líquido que para conseguirlo precisa, como mínimo, una cantidad de energía igual a la que produjo el motor (y en condiciones reales aún más). Otra vez en lugar de obtener trabajo, éste sólo se gasta.

En marzo de 1899 en la revista «Macklurs magazin» fue publicado un artículo dedicado al laboratorio de Tripler y a los formidables trabajos que él realiza. El artículo fue escrito por R. Baker. El autor refutaba el segundo principio de la Termodinámica y anunciaba a Tripler como creador del móvil perpetuo, incluyendo las palabras del inventor: «Utilicé en mi máquina 3 galones de aire y obtuve en la licuadora unos 10 galones de líquido. De tal manera se obtuvo un incremento de 7 galones que no me costaron nada y que puedo utilizar dondequiera para realizar trabajo útil»

Hemos de notar aquí que Tripler hizo equivocarse a Baker aprovechando su falta de conocimientos. La instalación de Tripler para licuar aire era, en esencia, una copia de la que construyó Linde en Munich en 1895. En dicho sistema, de 1 kg de aire se obtenía en el licuador unos 50 g de aire líquido, o sea, un 5 %. Por eso Tripler no pudo obtener de «3 galones de aire un incremento de 7 galones».

Tripler no reconoció el fracaso de su idea. Todos los expertos que intentaron llegar a él, por no se sabe qué razón, llegaban a «destiempo» y volvían sin haber visto el motor al que tanta publicidad se había hecho.

No podemos pasar sin señalar el especial interés revelado hacia la utilización militar del móvil perpetuo de segunda especie. Realmente, ¿qué puede haber más atractivo para los militares que un barco o un avión con un motor que pueda trabajar en régimen autónomo por un tiempo, prácticamente, indefinido?

Es lógico que el «motor-cero» del profesor Gemgi pareciera muy bueno como motor para los barcos de la armada de los EE.UU., ante la cual ya entonces se planteaban cuestiones basadas en planes de muy largo alcance.

⁶⁶ De la palabra griega «crío», muy frío. Así se llama la zona de temperaturas inferiores a 120 K (-153 °C)

He aquí lo que escribía el ingeniero jefe del departamento de la armada de los EE.UU., Iserwood a su superior⁶⁷, recomendando realizar unas pruebas completas del motor de Gemgi: «Todo esto crearía las bases para el diseño de un motor con posibilidades ilimitadas. Teniendo en cuenta la particular importancia de este descubrimiento tanto para la armada de los EE.UU., como para la humanidad, yo recomiendo insistentemente al departamento la creación, para el profesor Gemgi, de las mejores condiciones para que continúe sus investigaciones experimentales e informar de ellas al gobierno de los Estados Unidos. El profesor expresa su disposición de entregar su invento para el análisis pericial más riguroso y hacer esto sin demora».

Es característico que Iserwood no se olvida de la «humanidad», pero pone en primer plano las necesidades de la armada de los EE.UU. Más adelante aclara: «A diferencia de las potencias marítimas europeas que tienen colonias y bases con reservas de combustible en las distintas regiones del mundo, potencias que deben ser consideradas como enemigos potenciales en los futuros conflictos militares, los EE.UU., no tienen ni lo uno, ni lo otro. Por ello en el curso de las operaciones militares lejos de sus costas la flota de los EE.UU. puede verse en una situación estratégicamente inconveniente por no tener bases con reservas de combustible. Las posiciones de las partes, en este sentido, se nivelarán si la armada de los EE.UU. recibe motores de este nuevo tipo. En tal caso nuestros cruceros podrán alcanzar los acuatorios más alejados igual de fácil que las armadas de los países que disponen allí de reservas de combustible».

De la carta vemos que en problemas estratégicos el ingeniero jefe comprendía mucho más que en los energéticos. No obstante, se sabe que el presidente Garfield recibió un informe sobre este motor. Qué ocurrió más adelante y cómo se desarrollaron los acontecimientos, no se pudo establecer; pero esto no es tan importante, por cuanto el final «cero» de esta historia era inevitable. Hay que subrayar solamente que el redactor del periódico «Kansas City review» en el que fue publicado el emocionante reportaje sobre el motor de Gemgi, comentó esta historia de la siguiente manera: «La práctica, al fin de cuentas, mostrará las ventajas reales de este invento».

⁶⁷ La cita es del libro de Ord-Home [2.51, publicado en «Kansas City review» (tomo 5, 1882, pág. 86-89)

Esta precaución y respeto hacia el experimento pueden servir de buen ejemplo para algunos redactores de hoy que publican artículos sobre el mpp-2.

En el hemisferio oriental tampoco pasaron de largo a la posibilidad de utilizar militarmente el mpp-2. Dos años antes de la Primera Guerra Mundial (en 1912) cierto Hofmann propuso su proyecto de móvil perpetuo. Era una de las variantes termomecánicas del mpp-2 aunque complicado, pero, naturalmente, como otros estaba imposibilitado para el trabajo. Su autor pertenecía al grupo de teóricos que no sólo inventan motores mpp-2, sino también tratan de darle a sus ideas una base «teórica». Con trabajos de algunos de estos teóricos ya hemos tropezado. Sin embargo, el trabajo de Hofmann no sólo glorificaba el móvil perpetuo. En él se reflejó claramente aquel espíritu patriótico militar que en aquel tiempo se implantaba en Alemania.

En un pequeño folleto publicado en Leipzig titulado «Teoría del móvil perpetuo» Hofmann escribió sobre la posible utilización del mpp-2 en la aviación militar: «Hoy en Alemania no se comprende la importancia de la creación de móviles perpetuos, asemejándose a los escépticos que unos 10 años atrás negaban la posible aparición de aparatos voladores más pesados que el aire. Como consecuencia de esta falta de fe, varios años atrás en Reims los franceses y los norteamericanos demostraron que son ellos y no los alemanes los líderes en la navegación aérea. Quiera Dios que la fortuna proteja a los alemanes de otra deshonra como la de Reims. Pues parece que mientras el norteamericano John y el francés Pierre no lleguen a Hamburgo o a Berlín en barcos provistos de móviles perpetuos el Michel alemán no despertará de su sueño letárgico».

Hofmann tenía miedo porque en la competición internacional de 1909 en Reims los aviones alemanes resultaron mucho peores que los americanos y los franceses. Él veía la salida en sobrepasara los futuros contrarios en la aplicación del mpp-2. No obstante, el llamamiento de Hofmann hacia la utilización militar del mpp-2 quedó sin realizar.

Las ideas sobre los mpp-2 termomecánicos de bajas temperaturas volvieron a surgir más de una vez en las más diferentes variantes. Después de Gemgi y Tripler se dedicaron a ellos Lipmann (1900), Svedberg (1907) y otros muchos. Hoy día siguen presentándose semejantes proyectos.

Como ejemplo se puede citar la máquina de Jersen la cual fue patentada en los EE.UU., con prioridad del 3.12. 1981 [3.13].

La descripción y las ilustraciones en la patente son muy enrevesadas (por lo visto, ésta es una particularidad internacional de todos los inventores del mpp-2) y con errores

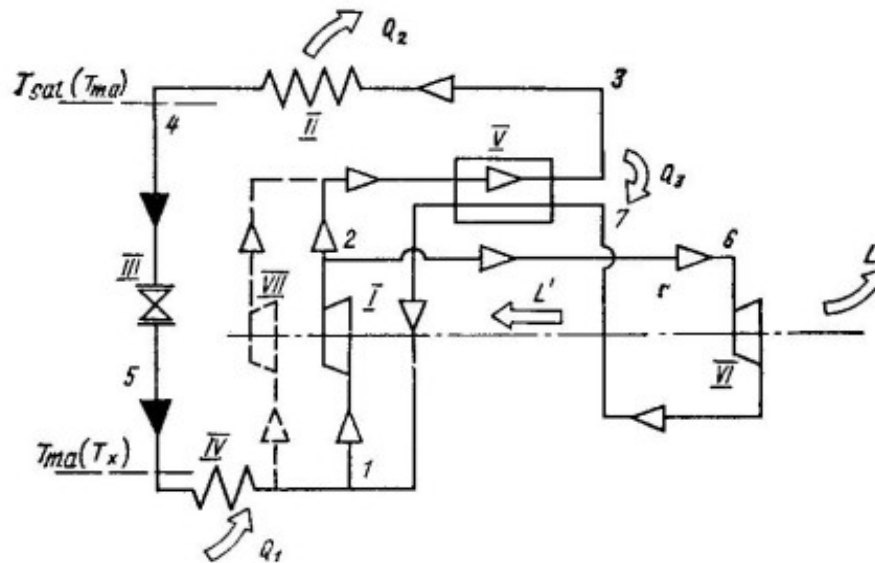


Fig. 5.4. Esquema básico de la máquina térmica de Jersen: I, compresor; II, condensador; III, válvula de estrangulación; IV, evaporador; V, intercambiador de calor; VI, turbina; VII, compresor de arranque

Es natural también que el dispositivo que se ofrece no se nombre directamente móvil perpetuo, sino que lleva un nombre decoroso, «máquina térmica». Pero después del desciframiento se hace evidente que es un mpp-2 típico, pero ligeramente perfeccionado.

El esquema básico de la máquina de Jersen se puede ver en la fig. 5.4. Incluye dos contornos unidos por el compresor I común para ambos. El primero, mostrado con líneas continuas, representa una bomba de calor clásica. La presión del cuerpo de trabajo que circula por el compresor y se comprime en él aumenta de p_1 a p_2 ; al mismo tiempo sube también su temperatura. El cuerpo de trabajo caliente (amoníaco o freón⁶⁸) en el estado correspondiente al punto 2 primero pasa al

⁶⁸ Freones se llaman un grupo de sustancias derivadas de halógenos de los hidrocarburos límites que se utilizan como cuerpos de trabajo de instalaciones frigoríficas y de bombas de calor.

intercambiador de calor V, donde entrega el calor Q_3 y después se enfría adicionalmente en el condensador II. En este caso de él se desprende el calor Q_2 . El agente frigorífico líquido se estrangula en la válvula III, como resultado de lo cual su presión se reduce de p_2 a p_1 . Parte del líquido se evapora y su temperatura cae. El líquido frío se evapora en el vaporizador IV al añadir a éste desde fuera el calor Q_1 .

De esta manera, la acción de la máquina conduce a la extracción del calor Q_1 a un nivel de temperaturas bajo de cualquier emisor de calor y la entrega del calor Q_2 a un nivel más alto. El inventor indica que puede utilizarse el dispositivo propuesto por él, tanto como máquina criogénica, como bomba de calor. En el primer caso el calor Q_1 se retira a una temperatura baja $T_1 < T_{ma}$ y la cantidad de calor Q_2 se entrega a una temperatura alta (desde T_3 hasta T_4), próxima a T_{ma} . En el segundo caso el calor Q_1 se extrae del medio ambiente a T_{ma} y Q_2 se retira a una temperatura alta $T_2 > T_{ma}$. Hasta aquí por ahora todo es correcto. Estas instalaciones existen y funcionan satisfactoriamente como frigoríficas y como bombas de calor. Pero, naturalmente, con una condición: el compresor se debe poner en marcha mediante un trabajo exterior. Y ¿cómo pasar sin éste? Para evitar la aplicación de un trabajo exterior (en tal caso no habría invento), Jersen toma el camino «clásico», característico para todos los inventores del mpp-2: intenta utilizar sólo «recursos interiores». La bomba de calor debe asegurarse por sí sola de energía para el accionamiento del compresor. Para ello se crea precisamente el segundo contorno, presentado en la figura con líneas de trazos. Él, en resumidas cuentas, consiste de la turbina motor VI, cuyo accionamiento se asegura por una parte del cuerpo de trabajo comprimido que se retira en el punto 2 tras el compresor. Ensanchándose en la turbina de la presión p_2 a la presión p_1 , el cuerpo de trabajo realiza determinado trabajo y vuelve, después de calentado en el intercambiador de calor V, a la línea de aspiración del compresor. Según el inventor, este trabajo debe alcanzar también para hacer girar el compresor (hacer el trabajo L') y para el consumidor exterior (el trabajo L). El autor tampoco olvidó sobre la puesta en marcha de la instalación que se acciona de una transmisión exterior especial (en el esquema no se indica) y del turbocompresor VII. ¡Todo está previsto!

Si «todo» esto pudiera existir realmente, la humanidad recibiría un motor que funcione sólo a costa del calor extraído del medio ambiente. Y esto es poco, este motor daría adicionalmente o bien frío (si el primer contorno trabajara como máquina frigorífica), o bien calor (si actuara como bomba de calor). Pero, no obstante, el segundo principio prohíbe ambas variantes. Tanto en el primer como en el segundo caso un cálculo simple muestra que el trabajo de la turbina no alcanza incluso para accionar el compresor, sin hablar ya de consumidor exterior.

Aquí el balance energético, como en cualquier mpp-2 decente coincide y no se altera el primer principio.

Realmente, para ello sólo es necesario que $Q_2 = Q_1 - L$. Las magnitudes L' y Q_3 no entran en el balance puesto que caracterizan la transmisión interior de la energía de una de las partes de la instalación a otra. Se ve que no hay nada imposible (desde el punto de vista del primer principio) en la ecuación: la cantidad de energía que llega con el flujo de calor es igual a la que se retira con el trabajo y el calor.

El balance exérgico del motor de Jersen, en función del régimen, se expresará de distinta manera.

Para el régimen de la bomba de calor

$$O = E_q + L$$

La exergía del calor Q_1 extraído del medio ambiente es igual a cero y de ello (de cero) Jersen obtiene tanto la exergía del calor Q_2 producida por la bomba de calor

$$E_q = Q_2 \frac{T_{cal} - T_{ma}}{T_{cal}}$$

como trabajo exterior. Ésta es una situación claramente imposible: exergía del calor y trabajo de la nada; el rendimiento η_{ex} sería igual al infinito:

$$\eta_{ex} = \frac{E_q + L}{0} \rightarrow \infty$$

Para el régimen de instalación frigorífica también $0 = E_q + L$. Aquí nuevamente la exergía no llega de ninguna parte, pero se consume por dos direcciones. En primer lugar, ella se entrega en forma de «frío»

$$E_q = Q_1 \frac{T_f - T_{ma}}{T_f}$$

puesto que la llegada del calor, cuando $T > T_{ma}$ corresponde al gasto de exergía (Q_1 y E_q tienen signos diferentes, por cuanto

$$E_q = \frac{T_f - T_{ma}}{T_f} < 0$$

En segundo lugar, la exergía se retira en forma de trabajo L . Otra vez dos resultados útiles de «la nada» y ¡un rendimiento infinito!

Junto con el mpp-2 «frío» se diseñaron también otros mpp-2 «calientes», destinados para trabajar sólo a temperaturas superiores a las del medio ambiente. La fuente de energía para ellos era la misma: «el calor del medio ambiente». Sus autores se apoyaban en la tradición de la termotecnia. Algunos de ellos están protegidos por certificados de autor o patentes [3.143.17].

Examinemos uno de ellos, el más característico [3.14]. El autor (el profesor A. N. Shelest) le dio el nombre de «máquina del futuro» al motor propuesto por él, Otro nombre de este motor es «máquina de calor atmosférico» [3.17].

El esquema de la máquina se muestra en la fig. 5.5. Consta de dos contornos. El primero, que incluye el turbocompresor 1 y la turbina 2, está unido a la entrada y salida con la atmósfera y se pone en marcha con un motor eléctrico de arranque que en el esquema no está indicado. El aire atmosférico que se succiona al compresor (a P_{ma} y T_{ma}) se comprime; su temperatura, respectivamente, aumenta. En el intercambiador de calor 3 el aire caliente comprimido se enfría (en el límite, hasta la temperatura inicial) y calienta el cuerpo de trabajo del segundo contorno. Después de esto el aire frío comprimido llega a la turbina 2, donde se expande, entrega el trabajo exterior y se expulsa a la atmósfera. Por cuanto la temperatura

delante de la turbina es próxima a T_{ma} , la del aire expandido ya utilizado T , tras la turbina, será inferior a la temperatura del medio ambiente T_{ma} .

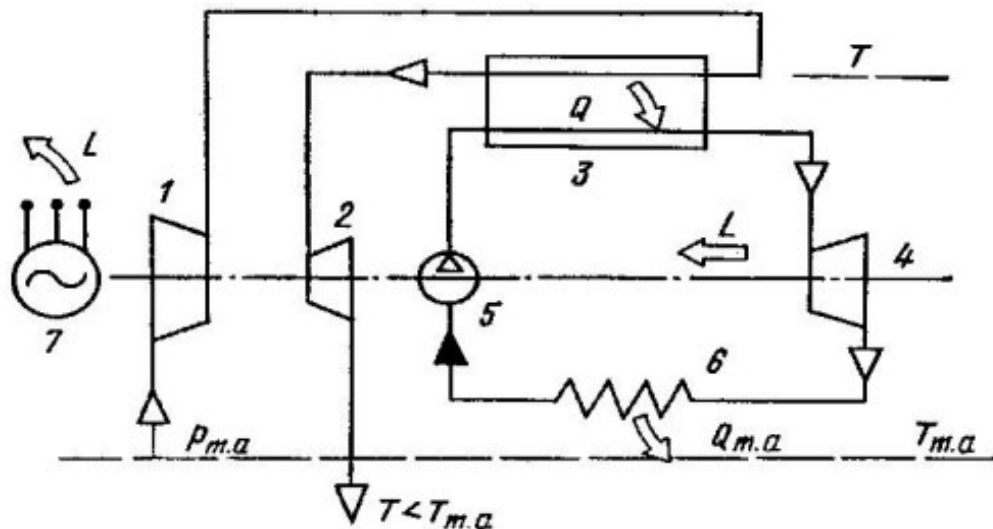


Fig. 5.5. Esquema de la «máquina del calor atmosférico»

La potencia desarrollada por la turbina 2 se utiliza para accionar el compresor 1, lo cual permite reducir la potencia del electromotor de arranque necesaria para el funcionamiento del compresor. De esta manera, en opinión de A. I. Shelest, el primer contorno hace las veces de bomba de calor que «bombee» el calor de aire atmosférico a un nivel superior de temperaturas T , utilizado en el intercambiador de calor 3.

El segundo contorno representa un ciclo térmico de fuerza, en el cual circula un cuerpo de trabajo cualquiera con un bajo punto de ebullición que se evapora en el intercambiador de calor 3 por acción del calor Q que llega del primer contorno. El cuerpo de trabajo condensado en el condensador 6 a una temperatura próxima a T_{ma} es transferido por la bomba 5 a través del intercambiador de calor a la turbina principal 4, donde se ensancha produciendo trabajo. Este trabajo, en un régimen estacionario, se entrega al accionamiento del primer contorno (el motor eléctrico se desconecta) y la parte restante se entrega al generador eléctrico 7 que produce energía para el consumo exterior.

Como resultado a costa del calor atmosférico se produce energía eléctrica. El gasto de combustible (y de energía eléctrica, sin considerar el período de arranque) se excluye.

De esta descripción vemos que «la máquina de calor atmosférico» propuesta representa un mpp-2 clásico, un «motor monotérmico». Comprendiendo que una máquina térmica no puede producir trabajo sin utilizar dos niveles de temperaturas, el inventor trata de ladear el segundo principio, creando artificialmente este segundo nivel más alto, combinando el compresor 1 con la turbina de expansión 2. Pero el segundo principio se revela inevitablemente: esta bomba de calor captará todo el trabajo producido en el ciclo térmico y la instalación no dará ningún efecto; ella simplemente se detendrá al poco de ser puesta en marcha.

Realicemos un análisis de los balances energético y exérgico de «la máquina de calor atmosférico» por el método descrito en el capítulo 4. Comencemos por el balance energético.

A la instalación (al compresor 1) llega el aire atmosférico. Su entalpía H_1 muestra la cantidad de energía introducida por el aire. Esta energía se gasta por tres capítulos:

- 1) se expulsa con el aire saliente (entalpía H_2).
- 2) se entrega en forma de calor Q_{ma} al ambiente a través del condensador 1.
- 3) se entrega en forma de trabajo útil L del generador eléctrico 7.

El balance energético tendrá el siguiente aspecto:

$$H_1 = H_2 + Q_{ma} + L$$

Este balance no ofrece duda: desde el punto de vista del primer principio de la termodinámica todo está en orden.

El balance exérgico, a diferencia del energético, incluirá sólo dos términos, la exergía E_2 retirada a la atmósfera desde la turbina de aire frío y el trabajo útil L . La exergía del aire aspirado de la atmósfera es $E_1 = 0$ puesto que su temperatura T_{ma} de la presión p_{ma} corresponden a los parámetros atmosféricos. De la misma manera es igual a cero la exergía del calor que se entrega desde el condensador al medio

ambiente a la temperatura T_{ma} . Este calor no es capaz de producir trabajo, por consiguiente, el balance exérgico del sistema (si trabajara) sería el siguiente:

$$0 \geq L + E_2$$

por cuanto la exergía que llega debe ser mayor (en el ideal debe ser igual) a la que sale. Dicho de otro modo, en el balance la parte de exergía que llega es nula y la que se gasta es igual a la suma $L + E_2$. Esto significa que la «máquina del futuro» no sólo debe producir trabajo desde «la nada», sino también producir aire frío con una exergía mayor de cero, dado que, teniendo una temperatura distinta que el medio ambiente, posee determinada capacidad de trabajo.

En el caso ideal (signo de igualdad) la máquina, en principio, puede funcionar pero como frigorífica, produciendo aire frío y gastando el trabajo L (por cuanto $-L = E_2$). En el caso real también tendremos un frigorífico, pero producirá menos frío para un mismo gasto de trabajo ($-L > E_2$). No hay ni que pensar en obtener trabajo en este caso.

El rendimiento del sistema (en el supuesto de que la máquina pudiera trabajar como motor) será igual a la razón entre el resultado ($L + E_2$) y el gasto de exergía. Por cuanto el gasto es igual a cero

$$\eta_{ex} = \frac{E_2 + L}{0} = \infty$$

Si la máquina funcionara, su rendimiento sería infinito. Tal rendimiento es característico de todos los mpp, no sólo de segunda, sino también de primera especie, pues todos ellos producen exergía (o sea, también trabajo) de la nada.

Esta máquina, al igual que la de Jersen, es un interno clásico de realizar un motor que funcione a costa de la energía del medio ambiente estacionario. Esta energía realmente es inmensa, pero por cuanto su exergía es nula, carece totalmente de capacidad de trabajo.

Para finalizar el estudio de la «máquina del futuro» proponemos un fragmento del artículo dedicado a ella, publicado en el periódico «*Ekonomicheskaya gazeta*»

[3.17]. El autor del artículo, indignado por la rutina de quienes cesaron en el trabajo de creación de esta máquina, escribió:

«El elevado rendimiento de esta máquina que alcanza el 60-80 %, es asegurado por la utilización del calor del aire atmosférico. Éste se absorbe por el compresor de la instalación, a la temperatura de la atmósfera y sale de la turbina a una temperatura más baja. Así en esta máquina se utiliza el principio, conocido en la física, como principio de la bomba de calor.

La máquina del sistema de A.N. Shelest, que utiliza el calor atmosférico, puede ser utilizada en estaciones termoeléctricas con unos rendimientos dos veces mayores que los actuales».

Incluso si creemos en la afirmación del autor de este artículo de que la máquina trabajará, resulta incomprensible, ¿por qué el rendimiento será «2 veces» (80 %) mayor? Pues en la central termoeléctrica se consume combustible; para elevar el rendimiento 2 veces la cantidad de combustible que habrá que gastar por 1 kw/h será 2 veces menor. En la «máquina del futuro» el combustible, en general, no se consume. ¿Por qué «2 veces»?

No vamos a examinar otros intentos de realizar un «motor monotérmico» de calor basados en transformaciones termomecánicas. Todos ellos son muy parecidos y la diferencia se revela sólo en detalles. Al igual que al crear el mpp-1, sus inventores suponen ingenuamente que cambiando cualesquiera detalles se conseguirá violar la ley de la ciencia.

En esta convicción les ayudan algunos teóricos que tratan de aplicar una «base científica» al mpp-2. En el curso de la exposición en capítulos anteriores, ya hicimos referencia de ellos. No obstante, todos ellos, como hemos visto, se apoyan más en la idea de carácter filosófico-cosmológico o sobre razonamientos generales.

Hoy, teniendo a su disposición información sobre proyectos de mpp-2 reales, se puede dar el siguiente paso: examinar las teorías científicas que justifican directamente la posibilidad de crear un motor «monotérmico». Para ello se crea una nueva base «termodinámica» con liquidación inevitable del segundo principio.

Los trabajos relacionados con la creación de tal «base científicas y las discusiones en las páginas de los medios de información de masas tuvieron lugar tanto en la URSS como en el extranjero. En Polonia, por ejemplo. el artículo con la descripción

del motor «monotérmico» titulado «Teplovik» (Máquina de calor) y su argumentación teórica fueron publicados por el ingeniero J. Mordasewicz [3.20]. Claro que la redacción de la revista actuó de manera muy racional, publicando tras aquel artículo otro del profesor S. Ocheduszko y de J. Sikora [3.21], en el cual claramente se mostraba la inconsistencia de las ideas de Mordasewicz (de todos modos Mordasewicz recibió el certificado de autor de su «teplovik»).

Podría parecer que en esto la historia debería acabar: la verdad científica triunfó y el autor del «teplovik» recibió el documento deseado. Pero pasaron 20 años y la idea del «teplovik» saltó nuevamente. En el periódico «Política» apareció un artículo sobre Mordasewicz con un título curioso « ¿Loco o genio?» [3.22]. No tenemos necesidad de analizar este u otros trabajos extranjeros por cuanto existen suficientes publicaciones análogas en idioma ruso.

Detengámonos, con este motivo, en los trabajos del profesor M.A. Márnontov [3.96; 3.18]. Los lectores se ven obligados a profundizar en construcciones teóricas de semejante tipo: esto casi siempre es un trabajo difícil. Es difícil no porque resulte complicada la comprensión de las profundas ideas, sino a consecuencia de la forma especial de exposición.

Se conoce un aforismo sabio: «Quien piensa con claridad, con claridad se expresa». No es menos cierta la afirmación contraria. Como regla, las teorías equivocadas se exponen de una manera muy enredada, utilizando muchas palabras sabias, términos y conceptos nuevos. Salir del laberinto formado no es tan simple. Esto es natural: si la exposición de las mismas tesis fuera precisa y consecuente su inconsistencia se revelaría por sí misma. Los conceptos anticientíficos falsos pueden vivir sólo en condiciones de confusión en las ideas y en las palabras, éste es su «medio vital».

Así pues, analicemos la base teórica del mpp-2, la termodinámica «renovada». Actuaremos así: primero presentaremos las correspondientes citas, colocándolas, dentro de lo posible, en una secuencia lógica y después las vamos a desenredar y analizar. Comencemos por el capítulo «Posibilidad esencial de creación del motor de calor con una fuente de calor» en [3.16].

El autor escojo como objeto en el que se produce el fenómeno «que se encuentra en evidente contradicción con algunas tesis de la termodinámica clásica»⁶⁹, las herramientas neumáticas. «Los fenómenos, observados regularmente, de condensación de vapores de agua en la cavidad de trabajo de los motores neumáticos y las interrupciones en el funcionamiento de estos motores a consecuencia de la congelación de las gotas de agua son una muestra indiscutible del enfriamiento real del cuerpo de trabajo del motor neumático hasta temperaturas muy inferiores a la del aire atmosférico». Y a continuación:

«Las causas de una divergencia tan brusca de las tesis expuestas de la termodinámica clásica con los hechos reales indiscutibles consisten en la concepción clásica del calor, tomada como base del análisis clásico. A pesar de este análisis, la conducción de la energía térmica a la cavidad de trabajo del motor neumático se realiza por migración del calor a temperaturas de la sustancia de trabajo conducida, próxima a la temperatura del medio ambiente (atmósfera). En estas condiciones desde el primer momento de la etapa de expansión del volumen de trabajo se crean condiciones en las que la temperatura de la sustancia de trabajo se vuelva inferior a la del medio ambiente. Como resultado de lo cual:

la variación del estado del cuerpo comienza a la temperatura de la sustancia de trabajo, próxima a la del medio ambiente;

- el trabajo se realiza a costa del enfriamiento de la sustancia de trabajo por debajo de la temperatura del medio ambiente;
- la transmisión del calor del cuerpo de trabajo al receptor de calor se produce a una diferencia negativa de las temperaturas (el calor pasa del cuerpo con temperatura alta)».

Otra cita:

«Los fenómenos antes indicados de enfriamiento del cuerpo de trabajo, que con mayor claridad se observan en motores neumáticos sin calentamiento del aire, tienen una importancia esencial, por cuanto abren la posibilidad de conducir el calor al cuerpo de trabajo a costa de la energía térmica de la atmósfera.

⁶⁹ Aquí y en adelante el autor cita las «tesis de la termodinámica clásica» o bien no del todo comprensible o bien por fuentes en las cuales están expuestas no de la mejor manera. Por ello en los correspondientes lugares nosotros debemos recordarlos por sí mismos: esto no contradice a las reglas de la discusión.

Si aseguramos un aumento considerable de la superficie interior de la cavidad de trabajo (superficie de calentamiento) y un movimiento lento del émbolo, utilizando la diferencia de temperaturas creada entre las paredes de la cavidad de trabajo y el cuerpo de trabajo se puede transformar el proceso de ensanchamiento del adiabático en un proceso próximo al isotérmico. Por cuanto la isoterma durante el ensanchamiento pasa bastante más alto que la adiábata, entonces la variación indicada del proceso conducirá a un aumento considerable del trabajo útil.

De esta manera del motor neumático se podrá obtener trabajo no sólo a cuenta de la energía del aire en el acumulador, sitio también a costa de utilizar el calor gratuito de la atmósfera».

«...Si tenemos en cuenta que la termodinámica clásica, de conformidad con sus concepciones niega categóricamente la posibilidad de transformación directa del calor del medio ambiente en trabajo, el establecimiento de la posibilidad de tal transformación en los motores neumáticos (de gas) tiene un gran significado esencial».

Lo expuesto en estas citas no es simple «filosofía», sino conclusiones concretas de fenómenos reales. El autor más adelante basa en estas conclusiones el proyecto del motor. Por ello antes de seguir analicemos estas conclusiones.

Primero es necesario confirmar el indudable hecho bien conocido de que el aire comprimido, al expandirse en los motores neumáticos, se enfría hasta una temperatura más baja que la del medio ambiente. En esto no hay nada sorprendente y es raro porque M.A. Mámontov saca conclusiones de tan largo alcance. Realmente se conoce bien que el aire, como cualquier otro gas, se calienta al comprimirlo en condiciones adiabáticas⁷⁰. Este hecho lo observa cualquier ciclista o automovilista al inflar las ruedas de su vehículo. El trabajo consumido se convierte en energía interior del gas y su temperatura aumenta. De la misma manera al ensancharse el gas con entrega de trabajo (como, por ejemplo, en la herramienta neumática) el aire comprimido se enfría.

⁷⁰ Las condiciones adiabáticas comprenden el total aislamiento térmico del cuerpo de trabajo (en este caso el aire) respecto del medio exterior. El calor en este caso no puede suministrarse a través de las paredes del cilindro, ni retirarse de él

Señalemos que este enfriamiento puede ser considerable. Si, por ejemplo, la presión del aire es de 4 atm (0,4 MPa) y la temperatura, $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (293 K), al ensancharse hasta la presión atmosférica él se enfría aproximadamente hasta $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ (198 K), es decir, en $95\text{ }^{\circ}\text{C}$. En las condiciones reales, a causa de la llegada del calor, el enfriamiento sería menor, pero de todos modos suficientemente grande. Todo esto ocurre «de acuerdo con la ciencia» y nadie niega la existencia de tal proceso. Los diagramas de los flujos de energía para estos casos se muestran en la fig. 5.6.

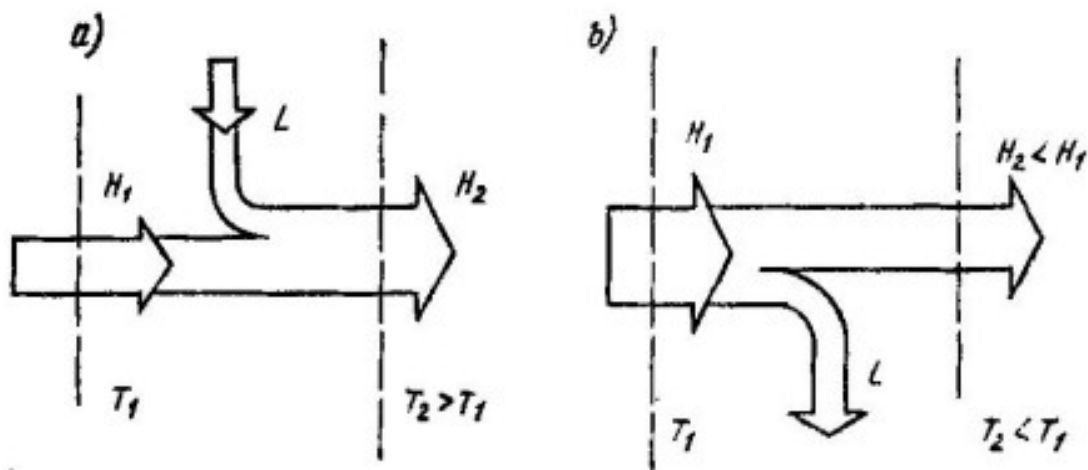


Fig. 5.6. Diagramas de los flujos de energía para los procesos adiabáticos de compresión (a) y de expansión (b)

Vayamos más adelante y descifremos la segunda y más larga cita. En ella se habla de otro proceso de expansión pero ya no adiabático, sino isotérmico. Su particularidad consiste en que durante la expansión del gas se conduce calor del medio ambiente en tal cantidad que no se enfría. Como resultado la temperatura del gas se mantiene invariable (de aquí el término «isotérmico»).

Analicemos este proceso de conformidad con la termodinámica clásica y después comparemos los resultados con la interpretación de M.A. Mámontov.

En la fig. 5.7 podemos ver los gráficos de variación de la temperatura T y de la presión p del gas durante su expansión en el cilindro de la herramienta neumática en función de la carrera l del émbolo. El punto 1 corresponde a la posición inicial del émbolo, los puntos 2' y 2'', a los pinitos finales del mismo.

Durante la expansión adiabática (rayado vertical) la temperatura del gas desciende, al igual dile la presión, mientras el émbolo se desplaza hacia la derecha. En el punto final 2 la presión se reduce hasta la atmosférica P_{ma} y la temperatura hasta T'_2 bastante más baja que T_{ma} . La energía L_{ad} retirada en forma de trabajo corresponde al área con rayado vertical. Por el primer principio de la termodinámica ella será igual a la reducción de la energía interior del gas: $L_{ad} = \Delta U_{1-2}$.

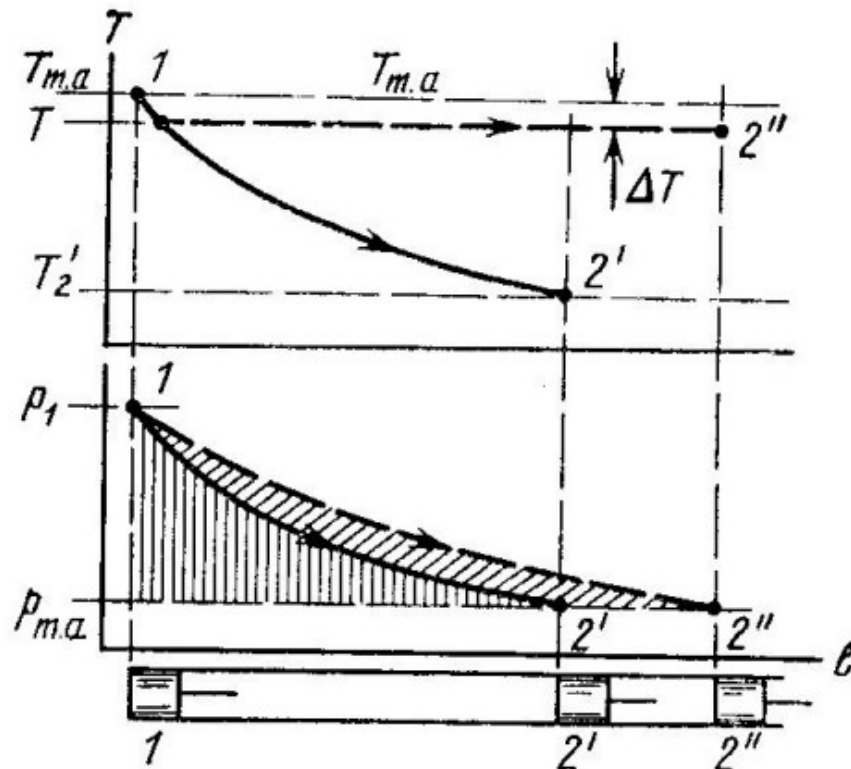


Fig. 5.7. Variación de la temperatura y la presión del gas (aire) durante la expansión teniendo en cuenta la afluencia de calor del exterior

Durante la expansión isotérmica (rayado inclinado) la temperatura del gas, sólo en el primer momento se reduce en una magnitud muy pequeña ΔT , diferencia de temperaturas necesarias para que el calor del medio ambiente pueda comunicarse al gas. En adelante la temperatura será permanente hasta el final de la expansión, igual a $T = T_{ma} - \Delta T$. La presión del gas se reducirá lentamente, por cuanto al gas se le aplica permanentemente calor. Por eso el émbolo hacia el momento cuando p se iguale a P_{ma} recorrerá un camino grande y se detendrá sólo en el punto 2''. Respectivamente también el trabajo L_{is} realizado por el gas, será mayor (y la

carrera del émbolo y la presión aquí es mayor). El trabajo adicional corresponde al área con rayado inclinado; el trabajo sumario es igual a la cantidad de calor conducido Q_{ma} ($L_{is} = Q_{ma}$)⁷¹.

Ahora nosotros podemos volver a las citas de M.A. Mámontov.

En el segundo y tercer puntos siguientes a las palabras «Como resultado de la cual» todo lo que ocurre en el motor, no se sabe por qué, se comprende al revés. El trabajo, como hemos visto, se realiza no «a cuenta del enfriamiento» (como en el proceso adiabático), sino al revés calentando permanentemente la sustancia de trabajo. Pues el calor Q_{ma} que asegura el trabajo del motor, todo el tiempo se suministra al cuerpo de trabajo y no se retira de él. Por ello el segundo punto es incorrecto. El tercer punto es totalmente incomprensible. La transmisión de calor viene no «desde el cuerpo de trabajo, sino al revés hacia el cuerpo de trabajo (hacia el gas), y no a una diferencia «negativa» de temperaturas, sino a diferencias positivas ($\Delta T = T_{ma} - T$) y no «desde un cuerpo con temperaturas bajas» (el gas), sino por el contrario hacia él desde el medio ambiente.

En la parte posterior de la cita no hay tales «inversiones». Si no tenemos en cuenta la palabra «sobreenfriamiento»⁷², que aquí no viene a qué (simplemente hay que poner «enfriamiento»), la parte real está expuesta correctamente. Pero la interpretación de los acontecimientos, en principio, es incorrecta. El autor supone que del motor isotérmico se puede obtener trabajo «también a cuenta de la utilización del calor gratuito de la atmósfera». A primera vista puede parecer correcto: pues el trabajo L_{is} es igual al calor Q_{ma} extraído del medio ambiente. Pero tal conclusión sería prematura. Pensemos: si el aire *de antemano* no fuera comprimido ¿podría funcionar el motor “a costa del calor atmosférico gratuito”? Por lo visto, no. ¿Y de dónde surgió la presión? Del compresor, en el cual tiene lugar el proceso, totalmente inverso al que se produce en el motor. Allí el gas se comprime desde p_{ma} (punto 2”) hasta p_1 . En tal caso su temperatura (si conducimos el proceso también de manera isotérmica) no será inferior, sino superior a T_{ma} en ΔT y el calor Q_{ma} será entregado al medio y el motor cogió la misma cantidad de calor del medio.

⁷¹ La energía interior del gas no cambió por cuanto ella no depende del volumen y se determina sólo por la temperatura.

⁷² Sobreenfriamiento es una cosa totalmente diferente: el enfriamiento de la sustancia por debajo de la temperatura de paso a otro estado de agregación. Por ejemplo, el agua enfriada hasta -10 °C, pero no convertida en hielo se denomina «sobreenfriada».

¡Como resultado se obtiene cero! El trabajo L se obtiene sólo a cuenta de un trabajo absolutamente igual, gastado en la compresión por el compresor. Así será en el caso ideal, si el compresor y el motor son isotérmicos. El trabajo en las condiciones reales gastado en el compresor y la cantidad de calor retirado al medio ambiente será mayor que el trabajo obtenido en el motor y mucho mayor que el calor que él extrae del medio ambiente. Como resultado se obtendrá el mismo cuadro clásico: la entropía sumaria crecerá y la exergía al revés se reducirá parcialmente, por cuanto la exergía del aire comprimido después del compresor será menor que el trabajo conducido, y el trabajo del motor neumático será menor que la exergía del aire comprimido (prácticamente queda de 5 a 10 % del trabajo gastado por el compresor). El lector, si lo desea, puede comprobarlo, componiendo el esquema correspondiente de los flujos de energía y exergía.

Lo expuesto muestra toda la inconsistencia del último pasaje de M.A. Mámontov contra la termodinámica clásica. Nosotros vimos que al analizar el motor neumático no existe divergencia alguna con hechos indiscutibles y ellos se inscriben bien en sus tesis.

Cómo no recordar aquí algo que dijo en el siglo XVII el gran científico inglés R. Hooke (1.28]: «La mayoría de los científicos tienen conocimientos superficiales..., de unas pocas tesis indeterminadas e imprecisas sacan las conclusiones más generales y con ellas formulan las leyes que rigen el mundo y la naturaleza». Si en esta expresión sustituimos la palabra «mayoría» por «minoría», lo que también sirve para el día de hoy.

El profesor M.A. Mámontov no se limitó a investigaciones teóricas. Llevando a la práctica la ligazón de la ciencia con la producción, él propuso un motor «con una sola fuente de calor». Veamos el dibujo y la descripción tomados del libro ya citado. «Examinemos ahora un motor de émbolo, cuyo diagrama de indicación muestra la figura 8⁷³.

Antes de avanzar el émbolo en la cavidad de trabajo de volumen inicial invariable se inyecta un líquido de bajo punto de ebullición que se evapora y se calienta hasta la temperatura del medio ambiente (del aire atmosférico) por acción de la temperatura de este medio.

⁷³ La figura 8 del libro de M.A. Mámontov está reproducida en la fig. 5.8.

Como resultado la presión en la cavidad de trabajo aumenta hasta cierta presión, superior a la del medio ambiente. El salto de presiones en la cavidad de trabajo y en el medio ambiente mueve el émbolo y expande la sustancia de trabajo.

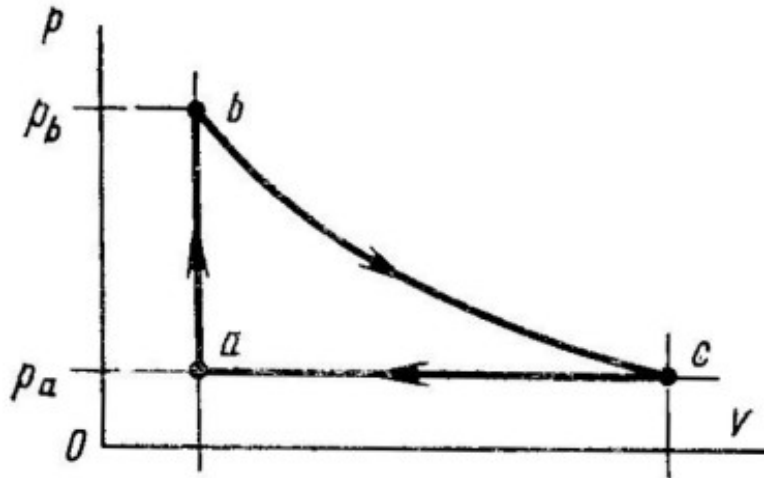


Fig. 5.8. Diagrama de indicador de un motor de émbolo «con una sola fuente de calor»

Siendo considerable la superficie interior de las paredes de la cavidad de trabajo que tiene la misma temperatura que el medio ambiente y siendo lento el movimiento del émbolo, se asegura la expansión isotérmica de la sustancia de trabajo a cuenta del calor que se recibe del medio ambiente. El movimiento del émbolo hacia la derecha termina en el momento, cuando la presión en la cavidad de trabajo se iguale con la atmosférica. En la carrera de vuelta la sustancia de trabajo, con una temperatura igual a la atmosférica, se expulsa a la atmósfera.

En el punto c del diagrama la presión es igual a la atmosférica. El tramo ab del diagrama representa el proceso de calentamiento de la sustancia de trabajo obtenida por evaporación del líquido de bajo punto de ebullición, siendo invariable el volumen de trabajo inicial de la cavidad.

Como vemos de lo expuesto, el ciclo consta de la isoterma bc, la isobara ca y la isocora ab. El trabajo del ciclo se expresa con la superficie abc y se realiza íntegramente a cuenta del calor obtenido del medio ambiente (por cuanto la energía interior de la sustancia de trabajo en el proceso isotérmico queda invariable).»

En este texto todo está relativamente bien, a excepción de la última frase. Más aún, el motor propuesto es realizable y puede trabajar con toda seguridad. Sin embargo, si corregimos el error en esta última frase, el invento pierde de golpe su «aspecto comercial». «El trabajo del ciclo se expresa con el área abc y se ejecuta íntegramente a cuenta del calor obtenido del medio ambiente (por cuanto la energía interior de la sustancia de trabajo, en el proceso isotérmico, queda invariable).»

Aquí el autor comete un error al examinar sólo el proceso isotérmico. Lo demás no le interesa, pero allí precisamente se encuentra aquello, «a costa de lo cual» puede trabajar el motor. El trabajo del motor se asegura con el líquido que se suministra a una temperatura inferior a T_{ma} (a una presión P_{ma}) y que sale en forma de vapor con los mismos valores de la presión y la temperatura. El autor no escribe de dónde se obtiene el vapor y a dónde va a parar. Él sólo subraya que «...el gasto de líquido a baja temperatura en el proceso que examinamos se puede interpretar como una especie de compensación por la transformación del calor en trabajo, pero semejante compensación, por su naturaleza es equivalente a la transmisión del calor al frigorífico».

Entre tanto la sal se encuentra precisamente en esta «especie de compensación». Para obtener este líquido de baja temperatura con determinada exergía obligatoriamente hay que gastar trabajo. Este trabajo, precisamente, irá a retirar, a una temperatura baja, el calor procedente de la condensación del líquido y entregarlo a la temperatura T_{ma} al medio ambiente. Así que esa «especie de compensación» requiere, en primer lugar, un gasto de trabajo y en segundo lugar la «transferencia de calor al frigorífico». El trabajo gastado y el calor entregado al medio ambiente, en el mejor (el ideal) de los casos, serán iguales respecto al trabajo obtenido del motor de Mámontov y al calor obtenido por él del medio. Por su parte en las condiciones reales para obtener este líquido de trabajo habrá que gastar trabajo y expulsar al medio una cantidad mucho mayor de calor que la que puede compensar el motor. Otra vez, como resultado, se obtiene un crecimiento general de la entropía y la correspondiente pérdida de exergía. El autor refuta totalmente los méritos del líquido frío (que el inventor debería elogiar puesto que sin él no se movería nada). Sobre este líquido que aquí sustituye a la gasolina del motor de combustión interna, él escribe estas malas palabras: «... la conducción de

un líquido de bajas calorías y de reducido punto de ebullición se considera como el aseguramiento habitual material y constructivo del proceso».

De todo esto se llega a conclusiones generales, o sea, a «las leyes que rigen el mundo y la naturaleza», como dijo R. Hooke.

M. A. Mámontov escribe: «Lo expuesto muestra que la amplia concentración de calor, trabajo y cuerpo de trabajo introducen variaciones radicales en el análisis de las condiciones de funcionamiento del motor térmico. En particular, basándose en estos conceptos resulta ilegal el conocido postulado de Planck: «Es imposible construir una máquina de acción periódica, cuyo trabajo se reduzca a levantar cierta carga y al correspondiente enfriamiento del recipiente térmico».

Este postulado supone la obligatoriedad de «compensar» la posible transformación periódica del calor en trabajos⁷⁴. Esta compensación se reduce a la pérdida de una parte del calor conducido a causa de la transmisión de este calor al medio ambiente (al frigorífico) en la fase de presión baja.

Puesto que el trabajo del motor que estamos examinando y que funciona periódicamente en la fase de altas presiones se realiza a cuenta del calor que se toma del medio ambiente, la retirada del calor en la fase de presiones reducidas, de vuelta a ese mismo medio, no se puede igualar a la compensación antes indicada».

Las ideas de M. A. Mámontov no quedaron sin continuadores. Sin esperar a la realización de estas ideas (habría que esperar mucho tiempo), el Candidato a Doctor en Ciencias Técnicas N. E. Záev también propuso un motor, al cilindro del cual se inyecta nitrógeno líquido (temperatura -196 °C). Esta idea, semejante a la propuesta por Tripler, realmente asegurará el movimiento del motor. Cuando el nitrógeno recibe el calor del medio ambiente, se evapora, la presión sube y el motor neumático se pone en marcha. Pero maravillándose de esta excelente idea, tanto el autor, como sus partidarios [3.10] olvidan la misma «pequeñez» que olvidó M. A. Mámontov.

¡El nitrógeno líquido aún hay que conseguirlo! Y esto requiere el gasto de un trabajo mucho mayor que el que puede darnos el motor.

¡Otra vez la vieja termodinámica con su «compensación» inevitable!

⁷⁴ En este caso el trabajo gastado en obtener líquido de «bajas calorías» y la entrega del calor al medio ambiente, relacionada con dicho trabajo, es precisamente la compensación de la cual hablaba M. Planck.

En otro trabajo del profesor M. A. Mámontov [3.18] éste expone un concepto un poco distinto, que relaciona directamente con aquél que hemos examinado. Esta nueva doctrina» se expuso en el artículo, modestamente llamado por el autor «De la estructura de Carnot a la estructura de Prometen». Ésta se reduce, en esencia, a las tesis ya conocidas sobre la posibilidad de crear un motor que funcione a cuenta de la «circulación del calor». Si retiramos el amontonamiento de términos como «termogénico», «termomasogénico» «estructura de Jottabych», «trabajo revertorio», «trabajo termomoderador», «sistema combustible de Prometen», «sistema multiposicional de Watt, etc..., quedará la vieja idea basada en la completa incomprensión de las propiedades de la bomba de calor.

El autor, al igual que otros «inversionistas», piensa que la bomba de calor puede hacer aquello que, en realidad, no puede hacer: realizar una maravilla. Al recibir el trabajo de la máquina térmica, la bomba debe entregar a ella, a un nivel superior de temperaturas, tal cantidad de calor que no sólo alcance para realizar este trabajo, sino también que sobre algo. A cuenta de este sobrante se realizará un trabajo adicional que se entregará a un consumidor exterior. Pero nosotros sabemos que, en principio, la bomba no puede resolver esta cuestión.

Aquí la razón del equívoco es la misma que la de otros teóricos del mpp-2: la incomprensión del aspecto cualitativo de las transformaciones energéticas. Contentos de que la bomba de calor produce mucho calor («mayor que el trabajo gastado»), ellos olvidan su escasa capacidad de trabajo: la exergía de este calor, que en una instalación ideal es igual al trabajo gastado y en la instalación real es menor. Por eso la afirmación: «...el postulado de Clausius, en su interpretación habitual, refleja de manera incompleta la regularidad del funcionamiento de las bombas de calor. La regularidad real se expresa mediante el postulado ampliado de Clausius: «La regeneración del calor por sí misma, sin compensación, es irrealizable: en su ejecución la compensación, cuantitativamente es mucho menor que el calor regenerado».

Sobre esta base en lugar de la «estructura de Carnot» se crea la «estructura de Prometen». Para tener una idea de esta «estructura», ofreceremos unas citas. No hay necesidad de comentarlas: ellas hablan por sí mismas. Sólo se requiere descifrar los términos enrevesados. Señalemos, para empezar, que TTF significa

«transformación térmica de fuerza», TBC es «transformación por bomba de calor» y TTM, «transformación termomecánica».

«Como ya hemos indicado, la imposibilidad de la completa transformación del calor en trabajo en las TTF cerradas está condicionada por el desvío considerable del calor desde el agente de trabajo al agua de enfriamiento.

Por cuanto, según el postulado de Carnot, es imposible evitar este desvío del calor, sólo queda un camino, el de transformar por completo el calor en trabajo: de alguna forma devolver todo el calor, entregado al agua de enfriamiento, al agente de trabajo en el órgano receptor de calor.

En orden de resolución del problema que examinamos más adelante como «anexo» a la estructura de TTF cerrados, se utiliza un bloque de bombas de calor monoalimentador.

El autor llama «estructura combustible de Prometen» al híbrido, obtenido de esta manera, de un motor térmico y una bomba de calor.

«La prioridad característica de la estructura sintetizada consiste en que los órganos del mecanismo de TTF cumplen funciones de los órganos periféricos TBC y al revés. Para que la estructura combustible de Prometen pueda funcionar (producir trabajo útil), es necesario que el trabajo enviado al bloque de bombas de calor desde el bloque térmico de fuerza sea menor que el trabajo producido por el bloque térmico de fuerza.

La condición indicada se cumple en el curso de la elección de órganos del sistema sintetizado.»

De aquí la valiente conclusión:

«...Con lo expuesto se establece que el trabajo útil del sistema natural de Prometeo es igual (para una ejecución ideal del sistema) al calor conducido al mecanismo del sistema desde el medio ambiente natural y que el rendimiento térmico del sistema es igual a la unidad.»

Y la conclusión, en la que en lugar de las tesis anticuadas de Carnot, Clausius, Kelvin y Ostwald se introducen cambios nuevos «indudablemente correctos»:

«Las estructuras indicadas conducen a una afirmación diametralmente contraria al postulado Kelvin-Ostwald: «La transformación completa del calor en trabajo y la transformación del calor natural en trabajo son realizables». Si el postulado Kelvin-

Ostwald, por su contenido físico, puede ser llamado ley de disipación del calor, esta afirmación, considerando su contenido físico, puede condicionadamente llamarse ley de circulación del calor.

La demostración de la legitimidad de la ley de circulación del calor se encuentra no sólo en las estructuras que reflejan adecuadamente las TTM, sino también en el hecho de existencia de las bombas de calor y de sus regularidades especiales».

Y finalmente la formulación ampliada definitiva «...la ley de la circulación del calor se expresará con la siguiente formulación ampliada:

1. La transformación total del calor en trabajo es realizable, si la compensación por la regeneración del calor expulsado es menor que el trabajo obtenido por regeneración del calor.
2. La transformación del calor natural en trabajo es realizable, si la compensación por regeneración del calor natural es menor que el trabajo obtenido por regeneración del calor natural.

La veracidad absoluta del postulado ampliado de Clausius significa la veracidad absoluta de la ley de circulación del calor y la realidad absoluta de las estructuras de Prometeo».

Esto sería formidable si el «sí» en los puntos 1 y 2 se transformara en «por cuanto». Hemos visto que esto desgraciadamente no es así. En ello radica la causa de la imposibilidad de crear tal híbrido de la máquina térmica y la bomba de calor. Parecería que no hay nada más sencillo - tanto lo uno como lo otro se pueden encontrar en cualquier laboratorio termotécnico decente - que unirlos y mostrar la «estructura de Prometen» en funcionamiento. Con la «estructura de Carnot» y con otros clásicos se podría haber acabado de un golpe por knock-out.

Queda hacer sólo una advertencia: es dudoso que merezca la pena molestar, para todo esto, la sombra del gigante Prometen, que, de acuerdo con la leyenda, dio el fuego a la gente. Pues su nombre traducido del griego significa «profeta»: persona que mira sólo hacia adelante. Como protector de la teoría de la «circulación del calor», que mira casi dos siglos hacia atrás, debe seleccionarse otra persona. Aquí viene mejor la candidatura del hermano de Prometen. Es una figura menos popular,

lo cual no es de entrañar. Epímeteo era la antítesis de su heroico hermano. La «circulación del calor» -«principio de Epímeteo» - no puede sustituir el principio de Carnot.

5.3. Nuevas ideas: mpp-2 químicos, ópticos y electroquímicos

A pesar de todas las tentativas, incluso de hasta atraer como aliado al propio Prometen, la inutilidad de la creación del mpp-2 a base de los principios termodinámicos clásicos se hace poco a poco evidente incluso para sus partidarios más empedernidos. Por eso, muchos de ellos se han adaptado a nuevas esferas en búsqueda de tales efectos que puedan ayudar a eludir el segundo principio.

Más que nada estas esperanzas se basan en una de las dos premisas erróneas (o en las dos al mismo tiempo).

La primera de ellas está relacionada con que los inventores no ven el problema en total. Pues independientemente de la cadena de cualesquiera transformaciones intermedias de la energía en la entrada de cualquier mpp-2 se debe introducir obligatoriamente calor, es decir, entropía, y a la salida se recibe trabajo (a veces también calor). Por consiguiente, independientemente de todas las circunstancias la entropía debe sufrir algo para que pueda transformarse «por el camino»; el mpp-2 está ligado con la entropía con lazos inseparables. Y donde se encuentra la entropía, el calor, «el microdesorden», allí está el segundo principio.

La segunda premisa errónea se apoya en la noción de que los fenómenos químicos, ópticos, eléctricos, magnéticos y algunos otros «no se someten al segundo principio. Esta inocente ilusión surgió como consecuencia de la incompreensión del hecho de que cualesquiera fenómenos en los cuales existe (o puede aparecer) microdesorden, están inevitablemente enlazados con la entropía y, por lo tanto, con el segundo principio. De él no te escapas, incluso utilizando para la creación del mpp-2 los efectos más ingeniosos.

Se podrían dar aquí muchas variantes de mpp-2 de semejante especie: ellos se inventan en suficiente cantidad. No obstante, aquí daremos como ejemplo sólo los tres más característicos: el químico, el óptico y el electroquímico.

Comencemos por los mpp-2 químicos. Sobre estos dispositivos se ha escrito mucho menos que sobre otros tipos de móviles perpetuos; sin embargo es necesario decir

algunas palabras sobre ellos. Naturalmente que los autores no llaman a estas máquinas «móviles perpetuos»; ordinariamente se eligen unos términos más aceptables.

Los mpp-2 químicos pueden ser de dos tipos.

Al primero pertenecen aquellos, en los cuales se utiliza «el calor del medio ambiente» para obtener trabajo. La idea es estándar: al principio en la bomba de calor se obtiene calor de alto potencial, y luego este calor se utiliza para el motor térmico, el cual además de su tarea principal hace girar «en el intermedio» a la bomba de calor.

Ésta es, por decirlo así, la variante tradicional de mpp-2, pero realizado con la participación de reacciones químicas. Corrientemente se propone utilizar la combinación de las reacciones exotérmicas (con desprendimiento de calor) y las endotérmicas (con absorción de calor) de unas sustancias cualesquiera.

La reacción del primer tipo se lleva a cabo en el nivel superior de temperatura, y la del segundo tipo, en el nivel inferior con absorción de calor, extraído del medio ambiente. Como resultado, según la opinión de los autores, debe obtenerse una bomba de calor de «alta eficacia»; utilizar esta bomba para el motor, ya es asunto de la técnica.

Sin embargo, cada vez tanto el cálculo como el experimento muestran que la reacción o no transcurre en general, o cesa al cabo de poco tiempo, si el motor se pone en movimiento por un empujón desde fuera. Para el funcionamiento continuo este «motor» debe ser calentado o enfriado, o bien puesto en rotación desde fuera. En este caso, como siempre, el gasto de exergía, necesario para el accionamiento, es mayor que la exergía del calor proporcionado por la bomba de calor química. El segundo principio también aquí funciona inflexiblemente.

El examen detallado de las variantes de estas bombas de calor ocuparía en este libro mucho lugar, pero no daría nada esencialmente nuevo. Son más interesantes otros tipos, los mpp-2 «híbridos».

A los mpp-2 químicos de este tipo pertenecen unos dispositivos más originales. Estos son los motores térmicos, en los cuales, como de corriente, sucede el suministro de calor desde una fuente exterior cualquiera a alta temperatura (por ejemplo quemando combustible). Al parecer aquí el mpp-2 no tiene nada que ver y

el principio de Carnot no se infringe. No obstante, eso no es así. Los inventores afirman que valiéndose de un cuerpo de trabajo especial, en el cual transcurren las reacciones químicas, se puede obtener un trabajo mayor que el que permite el principio de Carnot. Esto significa que el trabajo suplementario se obtiene ya en contradicción con el segundo principio. Por esta razón, el motor de este tipo, pese a que por su aspecto exterior sería bastante respetable, representaría un mpp-2, proporcionando trabajo suplementario «ilegal».

Algunas variantes de semejante motor y los logros de sus inventores fueron preconizadas de manera impresionante por E. Muslín en el artículo con el título muy prometedor, pero no muy correcto «Por encima del ciclo de Carnot» [3.3]. Este artículo era suficiente para ver en qué consistía el asunto. Fue formado de una manera muy interesante. El autor comienza con una referencia extraordinariamente respetuosa sobre S. Carnot, llamando su obra (con absoluta justeza) genial. Incluso abre el artículo el retrato de S. Carnot. Pero, después de realizar el ciclo necesario de reverencias y arrastres ante el genio, E. Muslín «sin cobrar aliento» intenta aniquilar completamente el principio de Carnot. Él hace esto alegando a uno de los inventores del nuevo motor, I. M. Kovtún.

Citamos: Él (es decir, Kovtún) leía de nuevo los teoremas pulidos de la termodinámica, intentando hallar algunas salidas no utilizadas en el fundamento inexpugnable de la «reina de las ciencias». ¡Y, la halló! La halló en el propio núcleo, en el sanctasanctórum de la termodinámica, en el famoso teorema fundamental de Carnot, que dice que el rendimiento del ciclo depende sólo de la temperatura del calentador y del refrigerador y no depende ni de la estructura de la máquina térmica, ni de la naturaleza del gas de trabajo. Kovtún, claro está, no pretendía refutar este teorema, de la justeza del cual es imposible dudar. Pero él sacó la conclusión de que a pesar de la generalidad aparente, él no es universal y justo en todos los casos, ni mucho menos. ¿En efecto, qué significa «el rendimiento no depende de la naturaleza del gas de trabajo? ¿Quiere decir esto, que puede ser cualquier gas: helio, hidrógeno y nitrógeno? Es justo. Pero en este caso, se sobreentiende en forma implícita que ya que el gas está elegido, él permanece siendo el mismo que durante el trabajo sus propiedades no cambian. ¿Y si elegimos tales gases o sus mezclas, en los cuales en el curso del ciclo transcurren reacciones

químicas inversas? Es evidente, que en este caso el teorema de Carnot ya no es válido y se pueden eludir sus limitaciones».

Comencemos el examen de esta larga cita con la constatación de que E. Muslín tergiversó por completo el teorema de Carnot, transformando su preciso contenido en una absurdidad. Él hizo esto de una manera muy simple: quitó de la formulación solamente una palabra: «máximo». En la formulación de Carnot, valiéndose de los términos modernos, se habla sobre el valor límite, máximo del rendimiento térmico, y no del rendimiento en general, de cualquier máquina. Todas las demás inexactitudes en la exposición del teorema de Carnot por Muslín no tienen importancia alguna en comparación con esta «corrección».

El sentido verdadero de la tesis de Carnot no tiene nada que ver en absoluto con el que le dio E. Muslín. Carnot afirmaba lo que ya mencionamos en el capítulo 4: que cualquiera que sea el cuerpo de trabajo (y no sólo el gas, como afirma Muslín) y en cualquier tipo de motor la cantidad de trabajo obtenido del calor Q no puede superar

$$Q = \frac{T - T_{ma}}{T} \quad (75)$$

Tomemos en consideración esta corrección y volvamos a los razonamientos de E. Muslín. De, ésta se desprende ante todo que Carnot en ninguna parte afirmaba que para las máquinas-motores reales el rendimiento no depende de la naturaleza del gas. Él comprendía perfectamente que depende. Y no solamente del gas, sino de cualquier cuerpo de trabajo en cualquier estado de agregación.

Los motores empleados en la técnica funcionan a base de los más distintos cuerpos de trabajo: empezando por el agua y terminando por el helio; en cada caso los diseñadores de estas máquinas, pretendiendo elevar el rendimiento, eligen tanto los procesos como los cuerpos de trabajo más adecuados. Como se sabe, estos cuerpos, en contradicción a Muslín cambian en el ciclo sus propiedades. Pera con todo, no se puede superar el límite establecido por Carnot para el ciclo ideal, se puede solamente aproximarse a él. A esto se dedican los verdaderos energéticos.

⁷⁵ La magnitud $(T - T_{ma})/T$ (el factor de Carnot) se llama a veces rendimiento térmico del ciclo de Carnot. En realidad éste es el máximo coeficiente de transformación del calor en trabajo R las temperaturas dadas T y T_{ma}

Ellos no establecen ninguna clase de prohibiciones de principio a las propiedades del cuerpo de trabajo. Todo depende de la utilidad. ¡Si en el cuerpo de trabajo suceden reacciones químicas reversibles y esto eleva el rendimiento, por favor! El principio de Carnot permite utilizar cualquier cuerpo de trabajo (sustancia pura, mezcla, solución, lo que se quiera). Por eso la afirmación de que «a este caso no se extiende el teorema de Carnot», no tiene ningún fundamento sensato. La utilización de las reacciones químicas en el cuerpo de trabajo puede ser útil, en particular, también en los motores de Stirling⁷⁶. Sin embargo, no existe ni existirá ningún «rendimiento superior al rendimiento del ciclo de Carnot».

Así E. Muslín refutó a S. Carnot. No se comportó mejor con R. Clausius.

El ataque contra él E. Muslín lo comienza bajo una consigna absolutamente justa, que suena incluso de una manera algo conservadora: «Las leyes son justas y sólidas, pero deben ser correctamente comprendidas». Citamos: «El propio Rodolfo Clausius, el creador del segundo principio, tiene otra formulación más, en la cual se dice que este «paso (del calor de un cuerpo menos caliente a otro más caliente) es imposible de realizar con ayuda de cualesquiera máquinas y aparatos sin que en la naturaleza sucedan otros cambios cualesquiera».

Luego de esto se saca una atrevida y precisa conclusión: «De este modo, si hay cambios, entonces el segundo principio ya no tiene nada que ver y el ciclo de Carnot aquí ya no manda». Aquí, así como al examinar el postulado de Carnot, Muslín simplemente tergiversa al clásico, quien nunca escribió nada semejante. Cogemos el trabajo de Clausius [1.13] y leemos el lugar correspondiente: «La transición del calor de un cuerpo más frío a otro más caliente es imposible sin compensación». En lugar de las dos palabras «sin compensación» E. Muslín escribió sobre «las máquinas y aparatos» y «cualquiera»... «cambios en la naturaleza».

Mientras tanto Clausius, al hablar de la compensación tenía en cuenta una idea muy precisa y clara (¡por eso es clásico!). Ella consiste en que la transición del calor «de abajo arriba» requiere compensación, por ejemplo, gasto de trabajo (hablando en el lenguaje actual, en un plano más general, exergía de cualquier tipo). Con otras palabras, el funcionamiento de toda bomba de calor (precisamente ella realiza la extracción del calor de un cuerpo más frío y su transferencia a un cuerpo más

⁷⁶ Sobre el motor de Stirling y su historia se puede leer en [1.29, 1.30].

caliente) es posible solamente gastando trabajo. Esto es la «compensación». Por esta razón, la conclusión de que «el ciclo de Carnot ya no manda» y todo lo demás, no se desprende de ninguna manera del postulado de Clausius.

Todo lo dicho más arriba, E. Muslín lo escribió, según confiesa él mismo, «sin profundizarse» en los pormenores termodinámicos. ¡Lo que es justo, es justo!

Los mpp-2 ópticos representan en sí un ejemplo aún más original de las búsquedas de cómo eludir el segundo principio, que los químicos.

Como ejemplo puede servir el dispositivo de transformación de la radiación, descrito por G. Lijosherstnyj [3.10], sobre cuya aportación en la ciencia sobre las bombas de calor ya hablamos. Él, sin sombra de duda, afirma que valiéndose de las propiedades de las sustancias luminiscentes se puede obtener una «adición energética»... «a cuenta de la concentración de energía térmica del medio ambiente y esta adición puede ser muy considerable». Como fuente de información científica él utiliza el libro de Yu. P. Chukova «Luminiscencia antistokes y nuevas posibilidades de su aplicación». Éste es un libro bastante serio, en el cual no hay ni ataques contra el segundo principio, ni «adiciones energéticas».

Recordemos que se llama luminiscencia el proceso de emisión del cuerpo (luminóforo) bajo la acción de cualquier excitación energética (por ejemplo, luminosa) de la radiación suplementaria, diferente de su propia radiación térmica.

Muchas de las sustancias luminiscentes (luminóforos) reirradian la radiación incidente sobre ellas, de tal manera, que la luz emitida por ellas tiene mayor longitud de onda que la radiación que se recibe. Ésta es la llamada luminiscencia de Stokes⁷⁷.

Después se hizo conocida la luminiscencia antistokes, en la cual la radiación emitida tiene menor longitud de onda que la excitadora. En el primer caso los cuantos emitidos de radiación tienen menor energía media que la que se recibe, en el segundo mayor. La diferencia en el balance energético se compensa a cuenta de la energía interna del luminóforo.

Es evidente que la luminiscencia antistokes debe provocar (y realmente provoca) el enfriamiento del luminóforo, por cuanto la radiación que sale se lleva más energía que la que trae la radiación que entra.

⁷⁷ En honor de J. Stokes (1819-1903), conocido físico y matemático inglés que descubrió este fenómeno.

En condiciones estacionarias en este caso al luminóforo hay que suministrar el calor Q , que compensa la diferencia (fig. 5.9, a).) El calor puede ser suministrado de cualquier lugar, en particular, del medio ambiente a T_{ma} . Precisamente este hecho fue aprovechado por G. Lijosherstnyj; él vio en él la «concentración de la energía del medio ambiente». En realidad, si llegamos a comprender este proceso, aquí no sucede nada semejante; es más, todo es al contrario.

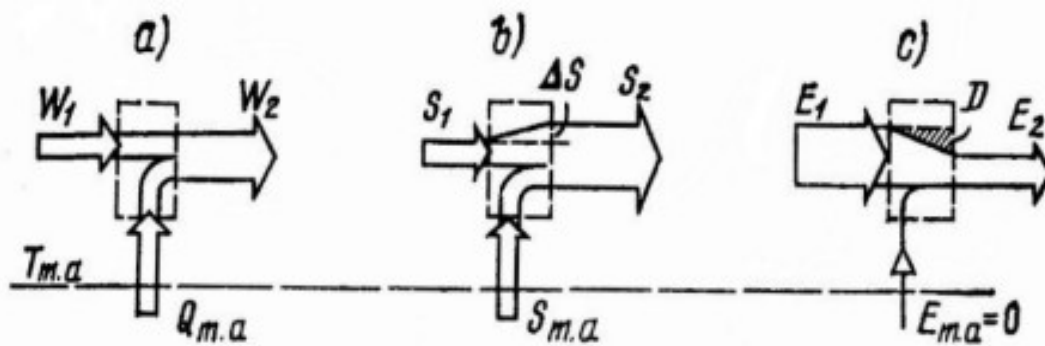


Fig. 5.9. Diagramas de los flujos de energía (a), entropía (b) y exergía (c) para la luminiscencia antistokes

Toda radiación, además de todas las demás características (luminancia, composición espectral, polarización, etc.), se caracteriza también por la entropía (otra vez esa maldita entropía, inventada por R. Clausius para desgracia de todos los «inversionistas»). Ella es igual a cero solamente en la radiación coherente monocromática (unicolor), en la que todos los cuantos tienen absolutamente igual frecuencia de oscilaciones sincrónicas. Semejante radiación «de alta calidad» tiene una exergía igual a la energía y puede, por consiguiente, ser en principio totalmente transformada en trabajo. Si el flujo de radiación se caracteriza por un amplio espectro de distintas frecuencias, su entropía puede ser considerable: ella es tanto mayor, cuanto mayor es el «desorden», que se obtiene al superponer distintas frecuencias en un flujo general de radiación. La luminiscencia antistokes se caracteriza por que la energía se acumula en el luminóforo por radiación con un espectro estrecho de frecuencias (con pequeña entropía), emitiéndose con un espectro ancho (con elevada entropía); no hay razón para alegrarse de que $W_2 > W_1$, y que Q se ha extraído del medio ambiente y se «acumula». Al contrario, hay que reconocer que el proceso transcurre con «empeoramiento» de la energía; el

flujo de radiación que se escapa se lleva mayor cantidad de entropía que la que traen los flujos que entran de energía (fig. 5.9, b). El incremento de entropía ΔS está relacionado con la irreversibilidad del proceso real en el luminóforo. Aquí, como dicen los ajedrecistas, tenemos evidentemente una «pérdida de calidad». Esto se ve también del balance exergético (fig. 5.9, c): la exergía que sale es menor que la que entra en la magnitud de las pérdidas D.

De este modo, el proceso de transformación de la energía de radiación en el luminóforo transcurre de acuerdo con todas las leyes de la termodinámica con degradación de la energía y el crecimiento de la entropía. Aquí no hay ni sombra de ninguna clase de «concentración». Es fácil ver también que el proceso en el luminóforo es análogo, en cierto grado, como se indica en [2.10], al que transcurre en la bomba de calor; la diferencia consiste en que el flujo de calor se transforma en flujo de energía de radiación. De Q_{ma} se obtiene W_2 , con la particularidad de que el coeficiente de transformación $W_2 / Q_{ma} > 1$. En calidad de energía motriz de alta calidad aquí se usa no la energía eléctrica, sino la radiación con una energía W_1 . En este caso, la exergía E_2 del flujo de energía W_2 es menor que la exergía E_1 del flujo de radiación, que porta la energía W_1 , (es decir, $E_2 < E_1$). ¡Todo es lo mismo que en una bomba de calor corriente!

Los generadores electro-químicos de energía últimamente atraen cada vez más su atención. Cosa que está absolutamente justificada. Efectivamente, la posibilidad de obtener energía eléctrica sin quemar combustible, sino transformando la energía química del mismo y de la sustancia oxidante directamente en energía eléctrica, es extraordinariamente seductora. La larga cadena de transformaciones energéticas [la energía química del combustible y de la sustancia oxidante - la energía interna de los productos calientes de la combustión- el calor - la energía interna del cuerpo de trabajo (agua, vapor) - la energía mecánica de la turbina - la energía eléctrica], que se llevan a cabo en dispositivos complejos con considerables pérdidas de exergía (más del 50 %), se sustituye por un solo proceso en un solo dispositivo, el generador de energía eléctrica electroquímico (GEQ). El rendimiento de estos dispositivos es muy alto. Por ahora los GEQ son caros y su aplicación está limitada, pero el trabajo intensivo en su perfeccionamiento se lleva a cabo con bastante éxito.

Es evidente, que algunos de los inventores prestaron atención al GEQ con el fin de utilizar esta idea para el mpp-2. El principal aliciente aquí era el alto valor del rendimiento. Tanto en la literatura al alcance de todos [3.19], como en la científica seria se puede encontrar la mención de valores del rendimiento de los convertidores electroquímicos de energía, que superan considerablemente el 100 ó (120, 130 e incluso 150 %).

Estas cifras aparecieron debido a que los electroquímicos, los autores de los correspondientes trabajos, que dominan perfectamente su asignatura, no conocen muy a fondo el concepto de rendimiento. Por eso ellos calcularon para sus GEQ el coeficiente de transformación (el cual, como mostramos en el capítulo 3, puede ser, efectivamente, tanto mayor como menor de 100 %), y lo llamaron, sin martingalas, rendimiento y quedaron muy satisfechos de los índices tan altos de su técnica.

No obstante, lo mismo que en el caso con la bomba de calor, los valores del rendimiento mayores del 100 % provocaron en la gente insuficientemente instruida grandes esperanzas. Y de nuevo «se armó la de San Quintín». ¡Y la que se armó! Expongamos como ejemplo sólo tres citas.

N. Záev, candidato a doctor en ciencias técnicas, ya mencionado por nosotros escribe: «Se han elaborado dispositivos, los llamados elementos combustibles, el rendimiento de los cuales puede alcanzar 1,3. La instalación calorífica de fuerza corriente es siempre de dos temperaturas (de aquí los flujos de calor y el ciclo ideal de Carnot), el elemento combustible es un generador de energía de una sola temperatura, en el cual prácticamente se ha resuelto el problema a». N. Záev llama problema al siguiente: «Extraer continua o cíclicamente la energía calorífica de un sistema abierto, además, extraer más que gastar en la toma, como resultado de lo cual el sistema se enfriará y a él correrá calor del medio ambiente».

Yu. Chirkov, doctor en ciencias técnicas [3.19] dice: «El rendimiento de la instalación energética es la relación de la energía eléctrica recibida a la capacidad calorífica del combustible (a la reserva de energía, encerrada en él)». Utilizando incondicionalmente el valor del rendimiento basado en esta definición, y llamando metafóricamente al proceso en el GEQ «combustión fría», él escribe a continuación: «Se diferencia del corriente: está privado de limitaciones, establecidas por Carnot, aquí el rendimiento puede incluso superar el 100 °».

G. Lijosherstnyj [3.10] agrega: «La particularidad intrigante de semejante tipo de concentradores de energía del medio ambiente consiste en que ellos funcionan a cuenta de la disminución de la temperatura del medio ambiente». Aquí corrientemente desconcierta el hecho de que en este caso como si se infringiera la prohibición de W. Thomson y M. Planck. «En la naturaleza es imposible el proceso, el efecto completo del cual consistiera en el enfriamiento del recipiente térmico Y en el trabajo mecánico equivalente». Esta prohibición fue formulada en el período de supremacía de las máquinas térmicas, que transformaban directamente el calor en trabajo. Claro está, que la máquina térmica corriente no es capaz de funcionar a cuenta del enfriamiento del recipiente térmico. Los concentradores de energía descritos reciben energía del medio con rodeos, además, sin infringir el segundo principio de la termodinámica, la concreción del cual es la «prohibición» mencionada más arriba.

A pesar de ciertas distinciones en los detalles la «base ideológica» de los autores de los tres fragmentos citados es la misma. La inocente convicción de que el segundo principio es inaplicable en los procesos electroquímicos. ¡Aquí no existe su negación infundada, nada de eso! Al contrario, para «los trastos viejos» - las máquinas térmicas «ordinarias»- el principio de Carnot es válido. Pero para lo nuevo, los elementos combustibles, los cuales tienen una «particularidad intrigante», la posibilidad de obtener «energía del medio con rodeos», él ya no es válido. Estos dispositivos «están privados de las limitaciones establecidas por Carnot».

Todo esto, claro está, no es justo. El segundo principio de la termodinámica, incluyendo el principio de Carnot, sigue siendo válido con arreglo a cualesquiera procesos electroquímicos. Estos procesos no están «privados» de nada; su rendimiento es siempre menor del 100 %, y si verdaderamente tienen «particularidades intrigantes», de ninguna manera en la esfera «de los principios de la termodinámica, sino en los problemas que deben ser resueltos para el ulterior desarrollo de esta orientación,

Antes de examinar brevemente los errores en la interpretación de los procesos electroquímicos, amontonados en las citas expuestas, hay que decir unas cuantas palabras sobre la tentativa de dejar a W. Thomson y M. Planck en «la época de la

supremacía de las máquinas térmicas que transforman directamente el calor en trabajo».

Aquí también todo está confundido. Ante todo, simplemente no hubo tal «época». Es más, tampoco existieron tales máquinas (e incluso no existen en la actualidad, a excepción de modelos experimentales). Tanto en los tiempos de W. Thomson (1824-1907), como en los tiempos no muy lejanos de M. Planck (1858-1947) y en la actualidad, el calor se transforma en trabajo no «directamente», sino, como es sabido, por un camino largo y complicado.

En segundo lugar, precisamente W. Thomson fundamentó la termodinámica de los fenómenos termoeléctricos, mediante los cuales esta «transformación directa» tiene lugar. M. Planck también hizo un enorme aporte a las nuevas esferas de la termodinámica. La tentativa de representarlos como algo antiguo y ya viejo no sólo es ignorante, sino que está dirigida a eliminar todo lo que estorba a obtener energía «con rodeos», incluso también a los obstinados clásicos de la ciencia.

Todo lo que se habla sobre las «particularidades intrigantes» del GEQ se apoya en la incompreensión de las verdaderas particularidades de su balance energético y la determinación incorrecta, relacionada con esto, de su rendimiento. Aquí se reflejan las tradiciones del cálculo del rendimiento térmico de las centrales eléctricas que funcionar basándose en combustible orgánico. Para ellas el rendimiento térmico η_t se calcula por la relación de la energía eléctrica obtenida $L_{eléc}$, al calor de combustión del combustible utilizado ΔH . El es igual en realidad, a la relación de la energía eléctrica obtenida al calor gastado: $\eta_t = L_{eléc} / \Delta H$. Hablando estrictamente, por cuanto en él se comparan distintas formas cualitativas de energía, el calor y el trabajo, η_t representa no el rendimiento, sino el coeficiente de transformación de la energía. Para las centrales termoeléctricas esta distinción no es muy importante, puesto que la exergía (capacidad de trabajo) del combustible E_{comb} coincide aproximadamente (con una diferencia de hasta $\pm 8... 10 \%$) con su calor de combustión ΔH . Por eso, aquí el rendimiento exergético $\eta_e = L_{eléc} / \Delta E$ es aproximadamente igual al coeficiente de transformación $\eta_t = L_{eléc} / \Delta H$, el cual por tradición se llama rendimiento térmico ($\eta_t = \eta_e$). No obstante, al pasar al GEQ esta igualdad se infringe. Aquí la diferencia de exergías ΔE de las sustancias químicas de partida (reactivos), por ejemplo, $H_2 + Cl_2$, $2H_2 + O_2$, $N_2H_4 + 2H_2O_2$, $2C + O_2$, y los

productos de la reacción, HCl, H₂O, N₂, CO puede diferenciarse considerablemente del calor de la reacción ΔH . En esto se manifiesta la diferencia natural del máximo trabajo de los procesos de su efecto térmico. Por eso, también el valor del coeficiente de transformación, obtenido por la fórmula $\eta = L_{\text{eléc}}/\Delta H$ para el GEQ, no es igual al rendimiento; el no tomar en consideración esta diferencia conduce a apreciaciones erróneas.

Efectivamente, el máximo (para el caso ideal) trabajo eléctrico $L_{\text{eléc máx}}$, como se sabe de la termodinámica, se determina por la disminución de la magnitud G , el llamado potencial de Gibbs:

$$L_{\text{eléc máx}} = -\Delta G = -(\Delta H - T\Delta S).$$

De esta fórmula se ve, que $L_{\text{eléc máx}}$ puede ser tanto mayor de ΔH (si ΔS es negativa, es decir, la entropía S disminuye durante la reacción), como menor (si ΔS es positiva, es decir, la entropía aumenta durante la reacción). En la práctica se tropieza con ambos casos. Por ejemplo, en el GEQ al hidrógeno-oxígeno la reacción transcurre con la disminución de la entropía ($\Delta S < 0$), lo que corresponde al desprendimiento de calor. En este caso $L_{\text{eléc máx}}$ será menor que ΔH . Así, para $T = 298 \text{ K}$ el valor de $\Delta H = -286 \text{ kJ/kmol}$, H₂ y $\Delta S = -0,163 \text{ (kJ/kmol} \cdot \text{K)}$.

Por consiguiente, $\Delta G = L_{\text{eléc máx}} = 286 + 298 \cdot 0,163 = -273,4 \text{ kJ/kmol}$.

Por lo tanto, el máximo valor del coeficiente de transformación

$$\eta_t = \frac{\Delta G}{\Delta H} = \frac{237.4}{286} = 0.83$$

Esta variante de GEQ, en el cual η_t es considerablemente menor del 100%, no atrae, naturalmente, a los «inversionistas». Pero, la otra, en la cual $\eta_t > 1$, les provoca entusiasmo. Efectivamente, por ejemplo, para el GEQ al carbón-oxígeno $\Delta G > \Delta H$, por cuanto la entropía, como resultado de la reacción aumenta como consecuencia del suministro de calor del medio ambiente. Aquí, a la misma

temperatura, que en el ejemplo anterior, $\Delta H = -110,6 \text{ kJ/(kmol}\cdot\text{K)}$, y $\Delta S = 0,089 \text{ kJ/(kmol}\cdot\text{K)}$. Por consiguiente, $\Delta G = -137,2 \text{ kJ/kmol}$, lo que es mayor que ΔH .

De aquí

$$\eta_t = \frac{137.2}{110.6} = 1.24$$

es decir, 124 % , lo que es mucho mayor del 100 % . He aquí un ejemplo, cuando «da energía eléctrica entregada por semejante elemento, es al fin de cuentas la energía transformada del medio ambiente». Pero, esto es absolutamente distinto. Toda la energía eléctrica, tanto en este caso como cuando $\eta_t < 1$, se obtiene a cuenta de la energía química de los reactivos, y el calor (tanto el suministrado como el extraído) se gasta en la variación de la entropía de los reactivos. Si ellos salen con menor entropía, que entran («más organizados»), se extrae calor, y si salen con mayor entropía («menos organizados»), se suministra calor.

Las magnitudes η_t , desgraciadamente, esto no lo muestra, puesto que el coeficiente de transformación (incluyendo el rendimiento térmico η_t) no dan en el caso general una información correcta sobre el perfeccionamiento termodinámico del proceso. El proceso ideal en el GEQ debe tener siempre un rendimiento justamente igual al 100 % , y no al 86 o al 124. Efectivamente, el rendimiento estrictamente determinado, del elemento combustible debe tener el aspecto $\eta_e = -L_{\text{eléc}}/\Delta E$ donde ΔE es la exergía gastada. Por cuanto en los ejemplos examinados $T = T_{\text{ma}}$, $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ es igual a $\Delta E = \Delta H - T_{\text{ma}} \Delta S$ y $\eta_e = L_{\text{eléc}}/\Delta G$. Entonces para el GEQ ideal obtenemos en todos los casos $\eta_e = 1$, es decir, el 100. El rendimiento real será, naturalmente, menor del 100 %, por cuanto $L_{\text{eléc}} < L_{\text{eléc máx}}$

Las transformaciones de la energía en el GEQ, que transcurren con la absorción de calor, y $\eta_t > 100\%$, no atestiguan ni sobre la obtención de energía eléctrica «a cuenta del calor del medio ambiente», ni sobre el hecho de que estos dispositivos «de una sola temperatura» no se someten al principio de Carnot. Esto se ve evidentemente de los diagramas de los flujos, representados para este caso en la fig. 5.10.

El primer diagrama (fig. 5.10, a) muestra la marcha de los flujos de energía; $\Delta H = H_1 - H_2$ y $L_{eléc} = (H_1 + Q_{ma}) - H_2$. De este diagrama puede verdaderamente surgir la sensación de que $L_{eléc}$ surge, aunque sea parcialmente, de Q_{ma} .

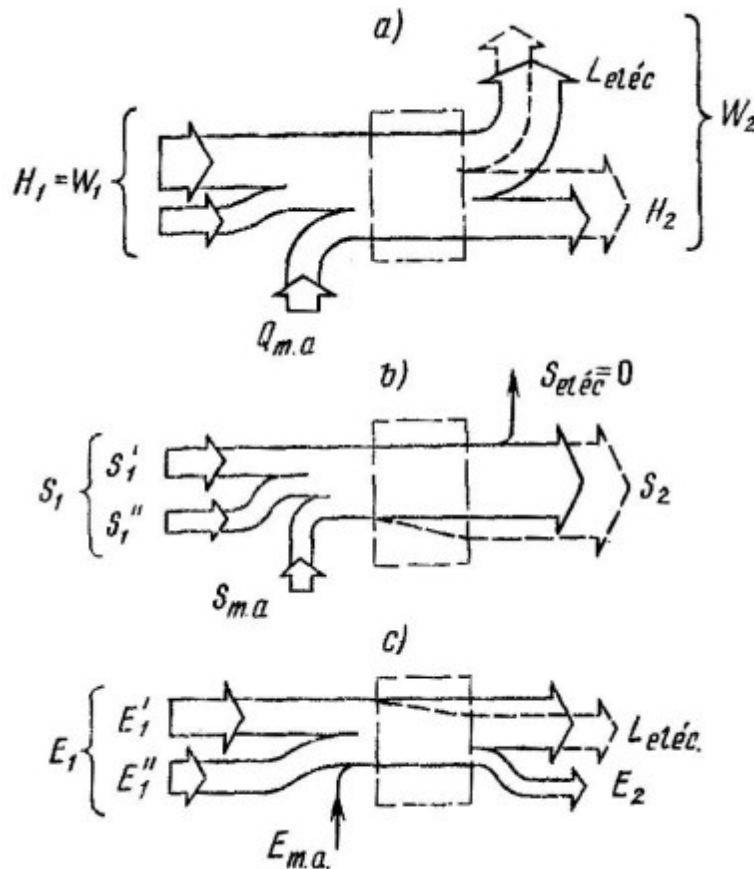


Fig. 5.10. Diagramas de flujo de energía (a), de entropía(b) y exergía (c) para el generador electroquímico(GEQ)

Pero, los diagramas entrópico y exérgico atestiguan de modo irrefutable que eso no es así. Toda la entropía que ingresa se gasta solamente en su aumento en los reactivos ($S_2 > S_1$). La energía eléctrica sin entropía no se la lleva. El balance exergético muestra que toda la exergía, necesaria para obtener la energía eléctrica $L_{eléc}$, se forma a cuenta de la diferencia de sus flujos que entran y que salen. El flujo térmico a T_{ma} no tiene exergía ($E_{ma} = 0$) y en este sentido no añade absolutamente nada.

En las condiciones reales $L_{eléc} < L_{eléc \text{ máx}}$ debido a las pérdidas; para este caso las magnitudes $L_{eléc}$ se muestran con líneas de trazos. Del diagrama se pueden tomar las magnitudes que determinan el coeficiente de conversión (el rendimiento térmico):

$$\eta_t = \frac{L_{eléc}}{\Delta H} = \frac{L_{eléc}}{H_1 - H_2} > 1$$

y el rendimiento exergético:

$$\eta_t = \frac{L_{eléc}}{\Delta E} = \frac{L_{eléc}}{E'_1 - E''_2 - E_2} \leq 1$$

Para el proceso ideal η_e es igual a la unidad; $(E'_1 + E''_1) - E_2$ para el proceso real es menor de la unidad, así como debe ser «conforme a la ciencia».

De este modo, la obtención electroquímica de electricidad transcurre en plena concordancia con el segundo principio de la termodinámica y de ninguna manera «concentra» la energía del medio ambiente». Al contrario, el GEQ real que proporciona $L_{eléc} < L_{eléc \text{ máx}}$, aumenta la entropía, lo mismo que cualquier dispositivo real de transformación de la energía (y en general todo en el mundo, desde el microorganismo y las plantas hasta la bomba de bicicleta y la central nucleoelectrónica).

Con este ejemplo terminaremos el examen de los proyectos «escogidos» de mpp-2. Todas las demás ideas de este mismo género al analizarlas minuciosamente resultan inevitablemente incapaces para el funcionamiento.

Verdad que suelen haber casos, aunque muy raros, cuando los «móviles perpetuos» funcionan perfectamente. Pero, entonces al fin de cuentas se aclara inminentemente que su funcionamiento se basa en una idea absolutamente legal, que no tiene relación alguna con el mpp-2. Algunos de estos dispositivos se describen en el párrafo siguiente.

5.4. Móviles perpetuos que funcionan (pseudo-mpp)

En este apartado se describirán algunos motores que verdaderamente funcionan (o que pueden funcionar), los cuales por sus rasgos exteriores corresponden a los mpp. En realidad, naturalmente, ellos no tienen relación alguna con los mpp. De aquí viene el prefijo «pseudo», uno verdaderos, falsos».

El secreto del funcionamiento de algunos de ellos es actualmente conocido, sin embargo existen también tales, que se pueden tomar (o hacer pasar) por mpp, puesto que no siempre es fácil hallar y explicar la causa de su movimiento.

Estos motores aparecieron hace mucho tiempo. Su estructura es muy diferente; con más frecuencia se aplicaban para el accionamiento de los relojes «perpetuos», que no requieren cuerda, juguetes móviles, modelos de máquinas, etc. El rasgo general de estos modelos de mpp consiste en que ellos verdaderamente funcionan un plazo ilimitadamente largo, al parecer, sin motivos visibles. A las personas que no conocen el principio de su funcionamiento, les causa una enorme impresión. A algunos partidarios de la «inversión de la energía» estos juguetes les despiertan incluso esperanzas como «prototipos» del mpp-2. Sin embargo, siempre se halla una explicación lo suficientemente científica. Pero existen también tales pseudo-mpp, el secreto de los cuales todavía no se ha descubierto; a continuación exponemos los datos de uno de ellos.

Por lo que se sabe, el primer inventor que inventó y realizó un motor que funcionaba, extrayendo energía del medio ambiente sin la ayuda de ninguna fuente ajena, fue el ingeniero y físico holandés Cornelio van Drebbel (1572-1633). Este hombre, muy famoso en su tiempo, de quien injustamente rara vez se acuerdan hoy día, fue indudablemente un eminente investigador e inventor con conocimientos extraordinariamente amplios, excepcionales incluso en comparación con otras lumbreras del final del s. XVI principios del XVII. Los biógrafos escribían sobre él, por ejemplo así: «Él era una persona de alta inteligencia, que pensaba con agudeza y lleno de ideas que se referían a grandes invenciones... El vivía como un filósofo...». La mayoría de sus trabajos fueron realizados en Inglaterra, donde él servía en la corte del rey Jacobo I. Su libro en el idioma latino con el título, característico para aquellos tiempos «Mensaje al monarca más sabio (sapientissimus) de Gran Bretaña Jacobo sobre la invención del móvil perpetuo» fue editado en 1621 en Hamburgo. En cuánto él miraba al futuro se puede ver de la

enumeración breve de sólo algunos de sus logros. Drebbel elaboró el primer termostato conocido en la historia de la técnica, un dispositivo en el cual se mantenía automáticamente la temperatura dada independientemente de sus variaciones en el exterior. El mismo confeccionó y reguló, hablando en el lenguaje actual, «el sistema de regulación automática» necesario para ello. La idea de este termostato se utilizó en la incubadora, el honor de la invención de la cual también le pertenece a él.

Drebbel inventó, diseñó, construyó y ensayó en el río Támesis un submarino que venció exitosamente la distancia desde Westminster hasta Greenwich (cerca de 12 km). El representaba en sí algo parecido a una campana de bucear estirada a lo largo. El submarino se ponía en movimiento por remeros (de 8 a 12), sentados en el interior en unos bancos, colocados de tal manera que las piernas de las personas no alcanzaran el nivel del agua. Lo más interesante, quizás, sean los medios de navegación y sobre todo el sistema de control ambiental de la tripulación, también creados por Drebbel.

La dirección se determinaba por vía tradicional: con ayuda de la brújula, pero la profundidad de inmersión se determinaba por un procedimiento nuevo, mediante un barómetro de mercurio. Este era un aparato bastante preciso, puesto que cada metro de profundidad de inmersión correspondía a 76 mm de altura de la columna de mercurio.

Para asegurar la respiración de la tripulación el inventor empleó salitre, el cual al calentarse desprendía oxígeno. Se puede valorar el talento (si no el genio) de Drebbel si se tiene en cuenta que el oxígeno fue descubierto por el químico sueco C. Scheele en 1768-1773, es decir, medio siglo después. Drebbel, indudablemente, era un excelente químico. Sobre esto atestiguan no sólo la elaboración del sistema químico de control ambiental, sino también otras invenciones suyas: los detonadores para las minas de fulminato de mercurio $\text{Hg}(\text{ONC})_2$, la tecnología a la obtención de ácido sulfúrico actuando con ácido nítrico sobre el azufre (esto fue señalado por D. I. Mendeléev en «fundamentos de la química»), la utilización de las sales de estaño para fijar el color al pintar las telas con cochinilla. Si a todo lo citado más arriba se añade que Drebbel era especialista en los aparatos ópticos, los lentes

para los cuales él los rectificaba en un torno inventado por él, esto será suficiente para apreciar sus méritos.

Drebbel también se dedicaba al móvil perpetuo. Sin embargo, tal persona como él no podía enfrentar el problema por vía estándar, una vez más inventando una rueda con pesos o molinos de agua con bombas. EL comprendía perfectamente que por este camino era imposible crear el móvil perpetuo.

En el año 1607 él demostró a Jacobo I el reloj «perpetuo» (patentado por él ya en 1598), puesto en movimiento, naturalmente, por otro móvil perpetuo. Sin embargo, a diferencia de la inmensa cantidad de otros dispositivos con el mismo nombre él era verdaderamente en cierto sentido «perpetuo».

Después de mostrarlo al rey el reloj fue expuesto en el palacio Etlhem a la consideración de todos los que deseaban verlo y causó sensación entre los londinenses. ¿En qué consistía el secreto de este reloj (mejor dicho, de su motor)? El reloj perpetuo de Drebbel funcionaba con ayuda de un accionamiento, el cual, lo mismo que todo motor real, utilizaba la única fuente de trabajo posible, los desequilibrios (la diferencia de potenciales) en el medio ambiente. Nosotros ya hablamos de ellos: las diferencias de presiones, temperaturas, composiciones químicas y otros, frenados y desenfrenados, en los cuales se basa toda la energética.

Pero los desequilibrios utilizados por Drebbel eran de un género especial, distintos de aquellos, sobre los cuales se habló en el cap. 3, pese a que también están relacionados con las diferencias de temperaturas y presiones. Ellos pueden actuar en un medio ambiente absolutamente equilibrado, en todos los puntos del cual reinan absolutamente iguales temperaturas y presiones. ¿Qué es lo que sucede aquí y de dónde aparece el trabajo? El secreto reside en que aquí existen diferencias de potencial (de presiones y temperaturas), pero ellas se manifiestan no en el espacio, sino en el tiempo. Esto se puede explicar con mayor evidencia en el ejemplo de la atmósfera. Supongamos que en la región, en la que se encuentra el motor no existen ningunas diferencias esenciales de presiones y temperaturas⁷⁸: todo está en calma y tranquilo. Pero la presión y temperatura generales (en todos los puntos) varían (por ejemplo, durante el día y la noche). Precisamente estas diferencias

⁷⁸ Si naturalmente se menosprecian las distinciones de poca importancia, que no tienen significado práctico.

pueden ser empleadas para obtener trabajo (en plena concordancia con los principios de la termodinámica). Aquí, naturalmente, la entropía, lo mismo que en todos los casos de igualación de las diferencias de potencial, crecerá.

El procedimiento más simple de utilización de las oscilaciones de los parámetros del medio ambiente equilibrado es colocar en él un barómetro o termómetro con elementos móviles y obligarlos a trabajar, a realizar algo útil. Precisamente así procedió Drebbel. En su reloj se encontraba un «temoscopio» líquido en el cual el nivel del líquido subía o bajaba al variar la temperatura y la presión. Unir el flotador en la superficie del líquido con el accionamiento del reloj era ya cosa de la mecánica, la cual el inventor dominaba a la perfección.

Drebbel explicaba el funcionamiento de su motor por la acción del «fuego solar». Eso no sólo era al compás del tiempo, sino que absolutamente justo desde las posiciones actuales. Efectivamente, todas las variaciones de la temperatura y la presión de la atmósfera se determinan al fin de cuentas por la radiación solar. El dibujo del motor atmosférico de Drebbel no llegó hasta nuestros días. No obstante, su idea del accionamiento perpetuo se repetía en distintas modificaciones y se utilizaba reiteradamente por otros inventores. Por la descripción de sus aparatos se puede en cierta medida juzgar sobre cómo podía ser el motor de Drebbel.

Cerca del año 1770 el inglés Cocks propuso un motor barométrico. En la fig. 5.11 se puede ver su esquema básico. Un vaso lleno de mercurio está suspendido de unos cables, unidos con la llanta de una rueda. El vaso está equilibrado con un peso colocado en una barra, enlazada rígidamente con la rueda. En el vaso va inmerso un tubo barométrico, fijado en su parte superior. Al variar la presión atmosférica variaba la altura de la columna de mercurio en el tubo; correspondientemente parte del mercurio bien salía del tubo al vaso (caída de la presión), bien era empujado del vaso al tubo (elevación de la presión).

En el primer caso el vaso se hacía más pesado y descendía; en el segundo, al contrario, se elevaba. Este movimiento alternativo obligaba a la rueda a girar alternativamente en sentidos contrarios. Por medio de un trinquete colocado en ella, a la rueda de trinquete se le comunicaba movimiento unidireccional.

Esta máquina era bastante grande (en el vaso había cerca de 200 kg de mercurio) y podía dar constantemente cuerda a un reloj grande. He aquí la referencia que dio

sobre ella Fergusson en 1774: «No hay razón para suponer que este reloj se parará algún día, puesto que la fuerza motriz acumulada en él podría asegurar su marcha en el transcurso de un año incluso al eliminar por completo el barómetro⁷⁹.

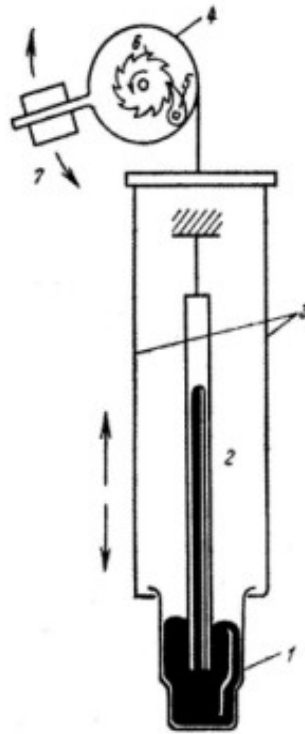


Fig. 5.11. Motor barométrico de Cocks: 1, taza suspendida con mercurio; 2, tubo barométrico; 3, suspensión; 4, polea; 5, trinquete; 6, rueda de trinquete; 7, peso de equilibrio

Debo decir con toda sinceridad que, como muestra el estudio detallado de este reloj, por su idea y confección él representa el mecanismo más maravilloso que pude ver en mi vida...».

Lo mismo que las oscilaciones de la presión, se podía haber utilizado para el accionamiento del reloj las oscilaciones de la temperatura. El relojero suizo P. Droz (cerca del año 1750) creó un motor de este tipo muy simple y gracioso. El confeccionó un muelle de dos capas (fig. 5.12), la parte exterior del cual estaba hecha de latón, y la interior, de acero. Ya entonces era conocido que el coeficiente de dilatación térmica del latón es considerablemente mayor que el del acero. Por

⁷⁹ Esto significa que la potencia de este motor era mucho mayor que la que se requería para el funcionamiento del reloj.

esta razón, al aumentar la temperatura el muelle se encorvará (la flecha llena), y al bajar la temperatura, se enderezará (la flecha de trazos). Con ayuda de un sistema de palancas este movimiento en distintas direcciones se transforma en giro unidireccional de una rueda dentada que eleva la carga, o da cuerda al muelle.

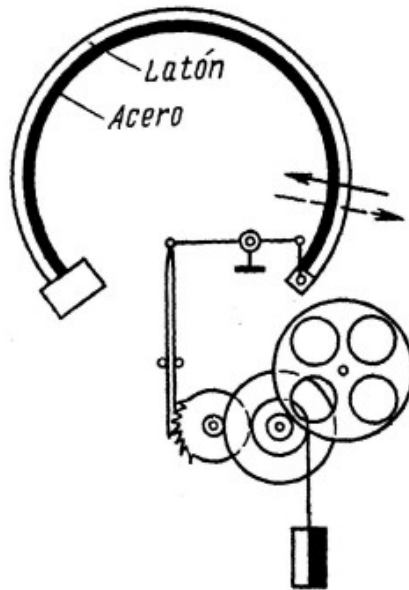


Fig. 5.12. Motor de P. Droz para la cuerda automática de un reloj con muelle bimetálico de dos capas

En la actualidad la idea de Droz se aplica ampliamente en los aparatos térmicos más diversos.

Ulteriormente se crearon muchos de estos motores básicos o térmicos, constructivamente más perfeccionados, pero que repetían en realidad las ideas de Cocks y de Droz. Si se cubre todo el mecanismo del motor con una funda, prácticamente es imposible demostrar que este no es un mpp.

Hay que señalar que estos motores otros semejantes, que se basan en la utilización de las oscilaciones de la temperatura y la presión del medio ambiente, son muy ventajosos en el sentido económico, puesto que son muy simples y prácticamente tienen un plazo de vida ilimitado.

A veces en la literatura, incluyendo la dedicada a los móviles perpetuos, aparecen las apreciaciones de los dispositivos de este tipo, que pueden desorientar al lector.

No se puede, por ejemplo, reconocer correctos los cálculos de la economía del micromotor que se aportan en [2.6]. El autor razona así: «...para la cuerda de 24 horas de un reloj de pulsera corriente se requiere un trabajo de aproximadamente 0,4 J, lo que constituye cerca de $5 \cdot 10^{-6}$ J por cada segundo de marcha del reloj. Y puesto que 1 kW es igual a 1000 J/s, la potencia del muelle de nuestro mecanismo de reloj constituye en total $5 \cdot 10^{-9}$ kW. Si los gastos en la confección de las partes principales de semejante dispositivo que funciona por el principio de la dilatación térmica, se toman iguales a 0,01 coronas, por una máquina de 1 kW de potencia tendríamos que pagar 2 millones de coronas (250 mil rublos)». De aquí se saca la conclusión: «Claro está que la creación y utilización en gran escala de estas fuentes de energía caras no es rentable».

Claro está que no se puede razonar así. Los gastos, sobre todo en los sistemas técnicos pequeños, al compararlos con los grandes, no se pueden considerar proporcionales a sus tamaños. (Entonces, por ejemplo, una escarpia de carril será 10 000 veces más cara que un alfiler!). De esta manera se pueden obtener cifras absolutamente fantásticas. En realidad las oscilaciones diarias (y de temporada), por ejemplo, la temperatura del aire o del agua pueden utilizarse con éxito, con gran efecto económico para resolver los problemas energéticos locales. Además de trabajo se pueden obtener otros resultados útiles. En el caso general el efecto útil posible se determina por la exergía de cualquier cuerpo de trabajo que se encuentra en equilibrio con el medio en el caso de un valor extremo de la temperatura T'_{ma} o la presión P'_{ma} en contacto con el medio ambiente con su otro valor extremo (P''_{ma} , T''_{ma}). Si por ejemplo, en invierno a T'_{ma} se acumula una gran cantidad de hielo con una temperatura, digamos, de -10°C , en verano a $T''_{ma} = 20^{\circ}\text{C}$, 1 kg de hielo (incluso si se tiene en cuenta solamente su temperatura de fusión) poseerá mayor exergía. De la misma manera el suelo calentado en verano hasta la temperatura del medio ambiente puede servir (y ya se utiliza) para el abastecimiento de calor en invierno.

La utilización de estas reservas energéticas puede proporcionar un efecto económico considerable (y en pequeña y en gran escala).

Otro grupo de pseudo-mpp no está relacionado con la variación de los parámetros del medio ambiente. Su funcionamiento tiene lugar, a primera vista, sin la utilización de cualesquiera diferencias de potencial.

Entre ellos se conocen particularmente la «bola autocorredora» y el «pato bebedor», llamado a veces en la URSS pato de Jottabich»⁸⁰.

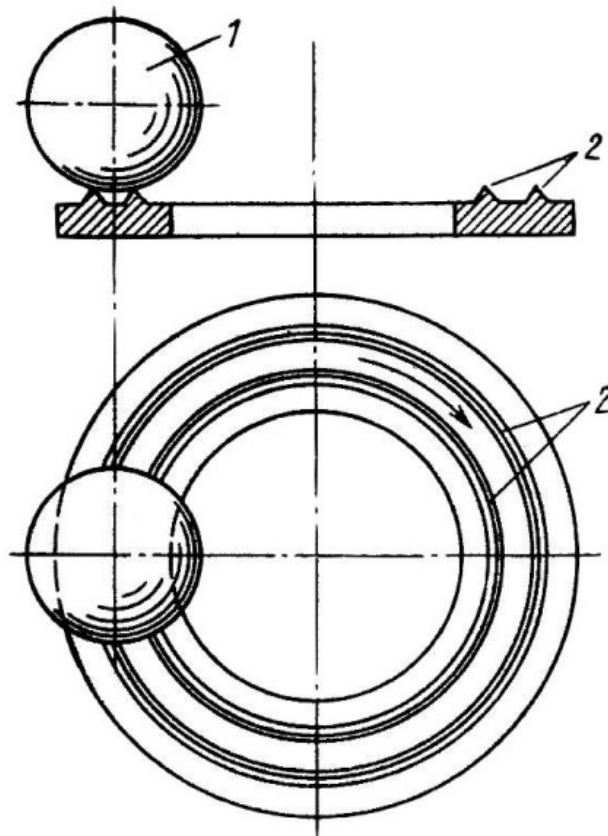


Fig. 5.13. «Bola autocorredora 1, bola de bronce caliente; 2, rieles de plomo

La «bola autocorredora» tiene una estructura muy simple (fig. 5.13). Sobre unos carriles circulares concéntricos de plomo de sección triangular se coloca una bola de cobre o de bronce, cuyo diámetro es 2-3 veces mayor que la dimensión de la vía. En cuanto el experimentador suelta la bola, colocada sobre los rieles, ella comienza, sin ninguna causa visible, a rodar por los rieles, describiendo un círculo tras otro sin parar. Si se para la bola y luego se suelta de nuevo, ella de nuevo rodará. Este

⁸⁰ El porqué a este juguete se le dio el nombre del viejo Jottabich - el héroe del libro conocido de N. Laguin- se puede uno figurar. Seguramente porque Jottabich podía hacer milagros. Ya vimos que su nombre fue inclino relacionado con el mpp-2 «estructura de Jottabich»).

experimento causa una gran impresión, puesto que, a primera vista, la causa del movimiento de la bola es incomprensible. No obstante la explicación es bastante simple. La bola se calienta previamente.

La conductibilidad térmica del plomo es comparativamente no muy alta. Por eso la bola, al hacer, contacto con los rieles calienta los lugares de contacto. El plomo, al dilatarse, forma pequeños montículos, de los cuales la bola se desliza; a continuación estos montículos se forman continuamente tras el movimiento de la bola y la empujan constantemente hacia adelante.

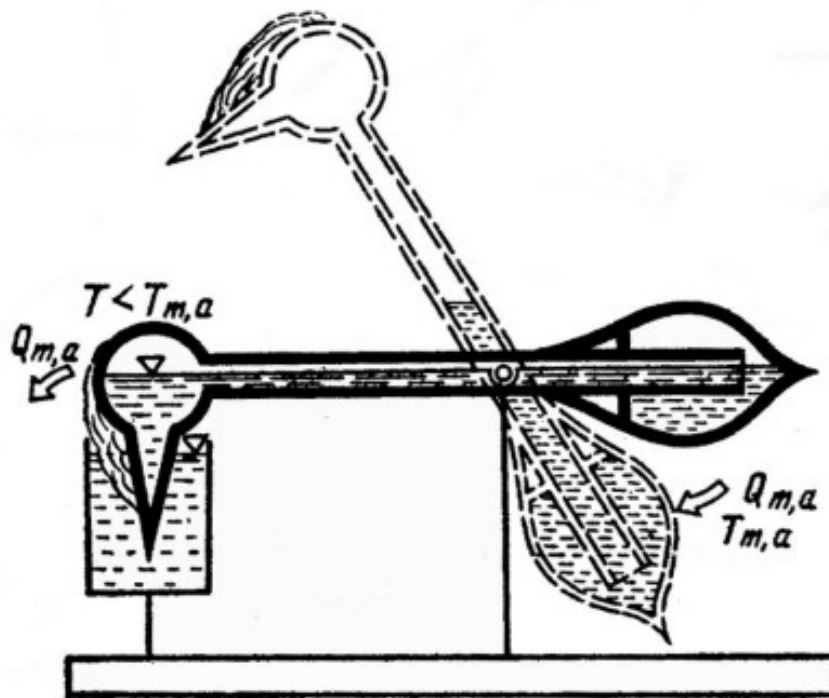


Fig. 5.14. «Pato de Jottabich»

Para el instante cuando la bola regresa al lugar de partida, los rieles se enfrían y continúa la formación de montículos. De esta manera la bola continuará rodando durante largo tiempo, hasta que su temperatura y la temperatura de los anillos-rieles de plomo prácticamente se igualen.

Este experimento ilustra muy evidentemente el principio de Carnot. Si existe diferencia de temperaturas, existe movimiento; si no hay diferencia de temperaturas, no hay movimiento (mientras que tanto en la bola como en la placa

con los rieles hay mucha energía interna, casi la misma cantidad que la que había antes de comenzar el movimiento; ella solamente se redistribuyó uniformemente). El «pato de Jottabich», el aspecto exterior y el corte del cual se muestran en la fig. 5.14, no necesita calentamiento previo, tampoco él se para tan rápidamente como la bola (incluso puede no pararse en general). El oscila puntualmente alrededor del eje horizontal, metiendo cada vez su pico en el agua para beber, y levantando de nuevo la cabeza. Estos movimientos se repiten metódicamente sin motivo visible alguno y continúan mientras hay agua en el vaso. Aquí no existe ninguna diferencia de temperaturas entre esta agua y el giro circundante, que pudiera ser utilizada para el movimiento; sus temperaturas son iguales.

El motivo del movimiento del pato se hace claro al estudiar su estructura. La «cabeza» del pato representa un vaso, unido por medio de un tubo recto con el «torso», otro vaso grande en el cual este tubo entra de tal manera que casi llega hasta su fondo. La cavidad interior está llena de un líquido de fácil ebullición, éter dietílico ($\text{H}_5\text{C}_2\text{-O-C}_2\text{H}_5$) de tal manera que en posición horizontal su nivel se encuentra aproximadamente en la mitad del tubo. Para poner el pato en movimiento hay que expuestas en la literatura al alcance de todos, incluso en la dedicada a los móviles perpetuos, ocasionan confusiones, por ejemplo, las frases de este tipo: « Las oscilaciones constantes del pato suceden únicamente merced a que toma el calor del aire circundante». El hecho consiste no sólo (y no tanto) en esto. Ningún dispositivo, incluyendo el pato (incluso el perteneciente al propio hechicero Jottabich), no podía « tomar calor» del aire circundante sin gastar en esto exergía obtenida de fuera. Para ello hay que disponer de diferencia de potencial entre el medio ambiente y un cuerpo cualquiera que se encuentra en éste.

¿Pero, de dónde se toma en este caso la exergía? Tanto la temperatura como la presión en el medio ambiente, el aire, no tienen saltos, de los cuales se pueda hacer uso. El agua que « bebe» el pato también tiene la misma temperatura que el aire. No obstante, aquí existe un salto, a cuenta del cual funciona el pato. Este salto está relacionado con la diferencia de las presiones del vapor de agua sobre la superficie del agua y en el aire. Puesto que ordinariamente el aire no está saturado de vapor de agua (la humedad relativa es $\varphi < 100 \%$), en la superficie del agua sucede continuamente su evaporación con la correspondiente disminución de la

temperatura. En el vaso esto no se nota, hay mucha agua, pero la superficie de evaporación es pequeña. Pero el algodón en la cabeza del pato es otra cosa: su superficie es enorme, mientras que en él hay poca agua. Por esta razón, él siempre está enfriado; su temperatura es menor que la temperatura del medio ambiente. Esta diferencia de temperaturas es la que asegura el funcionamiento del «pato de Jottabich». Pero ella es secundaria y surge como resultado de la distinta tensión del vapor en el medio ambiente (aire) y sobre la superficie del agua. Si se cubre el pato con una campana, el aire bajo ella se saturará rápidamente de humedad, su evaporación de la cabeza cesará y con esto terminará la «extracción de calor del medio ambiente»⁸¹.

De este modo, el «pato de Jottabich» vive y se mueve en plena correspondencia con el segundo principio. En este sentido él no se distingue en nada del pato vivo corriente.

Ahora podemos pasar a otro grupo de dispositivos, los cuales aunque no se han llevado hasta el nivel de móviles perpetuos que funcionan, pero pueden, según la opinión de algunos partidarios de la «inversión de energía», hacerse la base para su diseño. Estos dispositivos crean diferencia de temperaturas; es evidente que disponiendo de esta diferencia ya no es difícil hacer el motor: esto ya es asunto de la técnica. Precisamente por eso el ensueño de crear diferencia de temperaturas sin gastar trabajo es una de las variantes de la ilusión sobre el mpp-2.

El famoso físico inglés J. Maxwell inventó en 1879 para semejantes soñadores una figura mística especial, el llamado «demonio de Maxwell». Este demonio debía realizar un trabajo no complicado, a primera vista, separar en el gas las moléculas con altas velocidades («calientes») y con bajas («frías»). Es sabido que en cualquier gas existen unas y otras; la temperatura total del gas se determina por cierto valor medio de todas las velocidades.

El demonio debe encontrarse cerca del tabique que divide el vaso con gas en dos partes y guardar un pequeño orificio practicado en él, abriéndolo y cerrándolo de tal manera, que se deje pasar hacia un lado solamente las moléculas «calientes», y

⁸¹ En el trabajo del profesor M. A. Mámontov [3.18], que ya examinamos en este capítulo, hay unas cuantas palabras sobre el «pato de Jottabich». Se dice así: «El hecho del funcionamiento regular del sistema de Jottabich con la ausencia de otras fuentes de energía, a excepción del calor de la atmósfera, significa que la estructura de Jottabich posee, en comparación con la estructura cerrada ordinaria, una propiedad peculiar que permite obtener trabajo a cuenta del calor natural». Por lo visto, aquí no hacen falta comentarios.

hacia el otro, solamente las «frías». Para otras moléculas el paso está cerrado. Entonces, pasado cierto tiempo, el trabajo del demonio-portero conducirá a que en una mitad del vaso se acumulará el gas caliente, y en la otra, el frío. ¡El objetivo se ha alcanzado! En el capítulo 3 mostramos, a base de las estadísticas que esta separación no puede suceder espontáneamente. Mientras tanto, aquí el «demonio» obtuvo la separación sin gastar trabajo.

El demonio de Maxwell provocó muchos debates. Para todos los especialistas serios en termodinámica estaba claro que semejante demonio no puede existir; su «actividad» infringiría con evidencia el segundo principio de la termodinámica. Pero resultó no tan fácil acabar con este demonio desde el punto de vista estrictamente científico. Al fin y al cabo esto se hizo⁸². Resultó que el demonio no puede funcionar «casualmente». Los gastos en su actividad no pueden ser menores que el trabajo que son capaces de realizar ambas porciones de gas al igualar la diferencia de temperaturas entre ellas.

No obstante, algunos enemigos del segundo principio de la termodinámica continuaban soñando en hacer algo en este sentido. Y apareció un dispositivo que revivió sus esperanzas. Este fue el *tubo de torbellino* o tubo de Rank (llamado así en honor a su inventor, el ingeniero francés J. Rank).

He aquí lo que escribe sobre este dispositivo uno de los propagandistas de la «inversión de la energía» [3.10]: «Si el procedimiento de separación de los componentes calientes del aire de los fríos (las moléculas rápidas de las lentas) con ayuda de los demonios maxwellianos que abren en el tabique del vaso las puertas ante las moléculas rápidas, por lo visto, es imposible, con ayuda de la turbina de torbellino... esto se logró realizar. Esta representa un dispositivo en forma de boquilla que remolinea el aire habitual bombeado a través de él, de tal manera que de él salen al exterior dos chorros: caliente y frío. Esta turbina simple, que no posee partes móviles, tiene un gran porvenir».

Si en esta cita se sustituye la «turbina de torbellino» no existente, la cual además no «tiene partes móviles» por el «tubo de torbellino» y se quitan las palabras sobre los «componentes» (los componentes del aire es otra cosa absolutamente

⁸² A los lectores que se interesen por el demonio de Maxwell, se les puede recomendar estudiarlo en la literatura, por ejemplo, en [1.22].

diferente), todo será justo. El tubo de torbellino separa realmente el aire suministrado a él en dos flujos: calentado y enfriado; él tiene verdaderamente no sólo un gran futuro, sino que ya se emplea hace mucho en la técnica [1.20]. Todo esto es así. No obstante, con su ayuda no se puede crear «inversión energética», ni, por lo tanto, ninguna clase de mpp-2.

Aclaremos de qué se trata. En la fig. 5.15 se muestran el esquema de funcionamiento del tubo de torbellino y su estructura interior.

El flujo de gas comprimido (por ejemplo, aire) se suministra a la entrada de la boquilla, situada tangencialmente a la pared del tubo. En el tubo el gas se remolinea en un flujo que se mueve en espiral. La parte exterior 3 de este flujo, que sale a través de una rendija anular, resulta calentada, mientras que la parte interior 2, que sale a través de un orificio en el diafragma, enfriada.

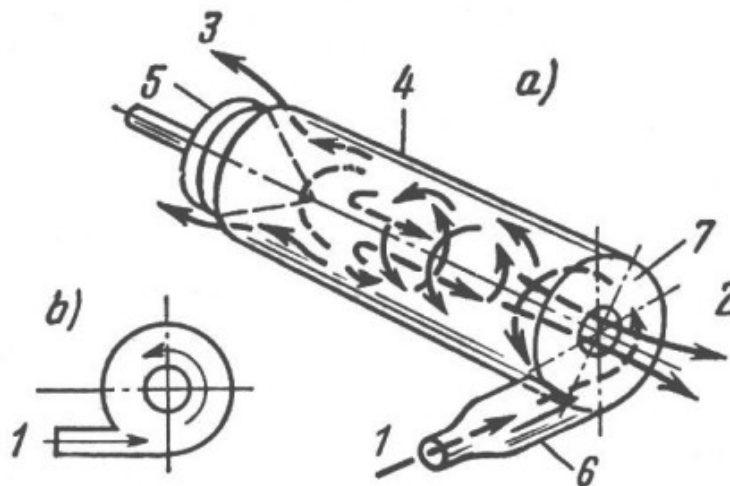


Fig. 5.15. Tubo de torbellino: a, vista general; b, corte de boquilla: 1, flujo de gas comprimido; 2, flujo enfriado; 3, flujo calentado; 4, tubo; 5, cono para regular la presión del gas en el tubo; 6, entrada de boquilla; 7, diafragma del extremo frío del tubo

Variando la posición del cono 5, se puede variar los gastos y las temperaturas de los flujos caliente y frío. No obstante, en todos los casos la temperatura del flujo frío T_2 es menor que la del flujo que entra T_1 , y la del caliente T_3 , mayor. Las diferencias de temperaturas $T_1 - T_2 = \Delta T_v$ y $T_3 - T_1 = \Delta T_c$, pueden constituir decenas de grados.

Este fenómeno paradójico, pero absolutamente explicable, surge como resultado de fenómenos gasodinámicos complicados, los cuales no podemos aclarar aquí⁸³. Para nosotros tiene importancia el resultado final: el surgimiento de diferencia de temperaturas en el tubo sin calentamiento o enfriamiento especial. ¿Se puede utilizar esta diferencia para obtener trabajo? Sí, indudablemente. Se puede obtener trabajo. ¿Pero hace falta obtenerlo por este procedimiento? ¿Tiene esta transformación sentido alguno?

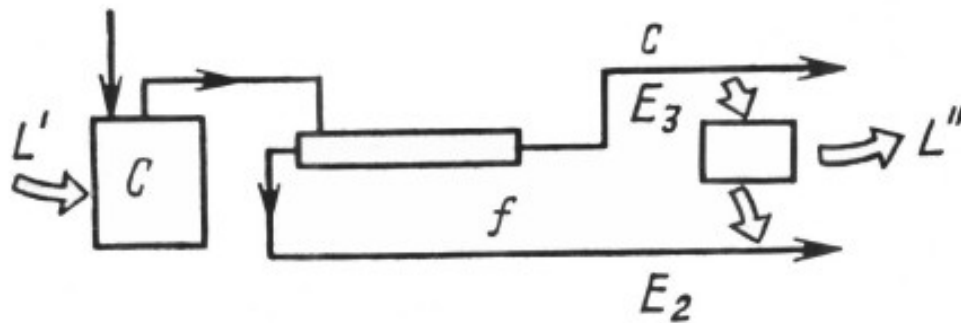


Fig. 5.16. Esquema de la obtención de trabajo mediante el tubo de torbellino

No, en absoluto. De esto puede uno convencerse examinando el esquema de conexión del tubo de torbellino en la fig. 5.16. Para que él funcione hay que suministrar a él gas comprimido, pero para comprimirlo se necesita un compresor, y para que este compresor funcione hace falta suministrarle un trabajo L' desde un motor. Así pues, si se compara este trabajo gastado L' con la exergía, la capacidad de trabajo de los flujos caliente E_3 y frío E_2 de gas, él será considerablemente mayor: $L \gg E_2 + E_3$. La diferencia $L - (E_2 + E_3)$ proporcionará la pérdida D de exergía en este proceso. Resulta que ella en el mejor de los casos constituye un 92-95 % del trabajo suministrado. Con otras palabras, el rendimiento de todo el sistema formará no más del 8 %.

Está claro que aquí no hay «inversión de energía» alguna; al contrario, así como en todo dispositivo técnico real se pierde exergía (y crece la entropía). Claro está, que también aquí se puede obtener energía eléctrica L'' , pero en este caso se obtendrá inevitablemente el mismo resultado deplorable que con los demás «concentradores

⁸³ Éstos se examinan en la correspondiente literatura, por ejemplo, en [1.20].

de energía», por ejemplo, con la bomba de calor: L'' con relación a L' formará el 1-2 %.

A propósito, el autor de una y otra idea es una misma persona.

Es interesante señalar que la idea de que el tubo de torbellino, alojamiento del demonio de Maxwell, y su acción infringe el segundo principio de la termodinámica venía a las mientes de muchos. Es característico en este sentido el artículo de M. Silvermen publicado en 1982 en la revista de la Sociedad Física Europea con el título intrigante «Tubo de torbellino: ¿infracción del segundo principio? [2.15]. Examinando el problema detalladamente en cinco páginas, el autor al fin y al cabo saca la conclusión de que en el tubo de torbellino no se infringe el segundo principio.

Otra variante, no menos interesante, de obtención «espontánea» de diferencia de temperaturas fue expuesta por el conocido cristalógrafo soviético, académico (entonces profesor) A. V. Shúbnikov en el artículo «Paradojas de la física» [2.16]. El autor plantea la cuestión: ¿se puede calentar un líquido por encima de 100°C con ayuda de un vapor de cien grados? A continuación él escribe: « Esta pregunta fue propuesta 25 años atrás por el profesor de química física Krapivin a los graduados de la Universidad de Moscú, a los cuales pertenecía también el autor de este artículo.

Desde entonces muchas veces hice esta pregunta a los físicos y químicos ordinarios y no hubo ni un caso cuando yo recibiera una respuesta correcta. Uno de los notables químicos se enfadó en tal grado al hacerle esta pregunta que no deseó continuar la conversación sobre este tema, declarando, que el propio planteamiento de la pregunta demuestra mi supina ignorancia en la física; es de pensar que él me incluyó entre los locos inventores de los móviles perpetuos. El asunto terminó con que tuve que llevarle con engaño al inteligente químico al laboratorio, donde de antemano estaba preparado un experimento que mostraba que con vapor de cien grados se puede calentar un líquido hasta 110°C y mucho más. El experimento se realiza de una manera muy simple».

A continuación se describe la instalación para el experimento. En un frasco de Wurtz (fig. 5.17, a) se echa agua; en el cuello del frasco se coloca un tapón con un termómetro, con la particularidad de que la bolita del termómetro, como debe ser,

se instala cerca del tubo de derivación del vapor del frasco; el extremo libre de este tubo se introduce en una solución saturada de sal común. En el vaso con la solución se añade un exceso considerable de sal y se introduce el segundo termómetro. Al calentar el agua en el frasco hasta la ebullición el mercurio del termómetro en el frasco, al elevarse hasta la marca de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, permanecerá en esta posición mientras hierve el agua; el mercurio del segundo termómetro se elevará hasta que la solución de sal también hierva.

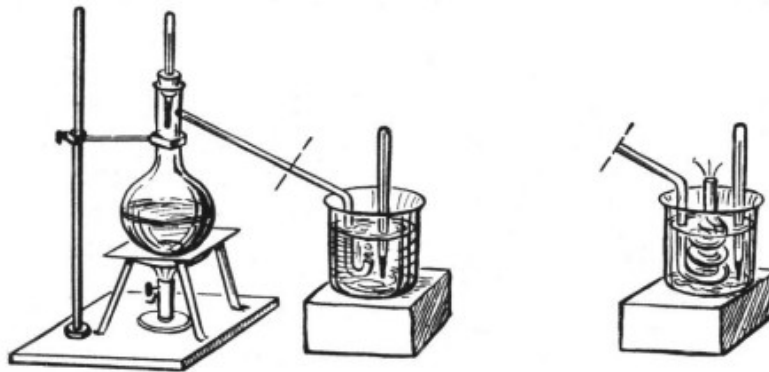


Fig. 5.17. «Experimento de Krapivin»: a, la salmuera se calienta por el vapor hasta $110\text{ }^{\circ}\text{C}$; b, la salmuera se calienta por el vapor hasta $100\text{ }^{\circ}\text{C}$

La temperatura de ebullición de la solución saturada de sal es aproximadamente igual a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta temperatura es la que indica el segundo termómetro. Para mayor evidencia del experimento se puede cambiar de lugar los termómetros; de todos modos el termómetro indicará que la solución de sal tiene una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por consiguiente, el vapor de agua, que tiene una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, ha calentado la salmuera hasta $110\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Cómo proceder con el segundo principio de la termodinámica?

El experimento es verdaderamente interesante, y sus resultados deben ser minuciosamente estudiados. Esto debe hacerse con especial escrupulosidad, por cuanto, como ya vimos, cualquier inexactitud, incluso la más pequeña, puede conducir a grandes errores, entre ellos al inmediato «móvil perpetuo».

Por esta razón, comencemos, como siempre en estos casos, por los términos. Señalemos, antes de comenzar a examinar la esencia del problema, una pequeña inexactitud, pero de gran importancia, en la propia denominación del experimento.

Hablando estrictamente, en el experimento se realiza no el «calentamiento de un líquido hasta 110 °C y más con ayuda de un vapor de cien grados», sino algo más complicado.

Para mostrar evidentemente esto, presentemos el experimento en tal forma que corresponda exactamente a la denominación. Entonces el frasco con el líquido que se calienta tendría un aspecto algo diferente, así como se muestra en la fig. 5.17, b. El vapor de calefacción se debería hacer pasar por un serpentín sin mezclarlo con el agua salada en el vaso, sino solamente calentándola a través de la pared del tubo. Entonces sería verdaderamente el calentamiento del líquido en el vaso «con vapor de cien grados». Si en estas condiciones el líquido, el agua salada, se calentara hasta 110 °C, entonces aquí llegaría el fin del segundo principio, de gozo para todos los inventores del móvil perpetuo de segunda especie. Pero esto no sucederá, con tal estructura del dispositivo cualquier líquido, incluso el agua salada, nunca se calentaría por encima de la temperatura del vapor, 100 °C. Cualquiera quien lo desee puede comprobarlo fácilmente. Resulta que aquel «químico escéptico», a quien Shúbnikov llevó con engaño al laboratorio tenía muchísima razón al indignarse: «calentar» (en el sentido estricto de esta palabra) la salmuera hasta 110 °C «con un vapor de cien grados» es realmente imposible.

Ahora podemos volver al «experimento de Krapivin» y examinarlo exactamente en la forma que él describió en el artículo. Aquí tiene lugar no simplemente el calentamiento, sino la mezcla del vapor de agua con el agua salada. En esto, como ya se habrá dado cuenta el lector, consiste la «enjundia» de la cuestión. Las burbujas de vapor, como en lo sucesivo explica correctamente A. V. Shúbnikov, se condensan en la solución de sal, diluyéndola todo el tiempo. En este caso la sal que se encuentra en el fondo del vaso pasa poco a poco a la solución, manteniéndola en un estado próximo a la saturación. Estos dos procesos de disolución - de las burbujas de vapor en la solución y la sal en ésta - conducen al calentamiento de la salmuera hasta una temperatura considerablemente mayor de 100 °C.

El efecto térmico que surge durante la solución recíproca de los gases, líquidos y sólidos, es bien conocido. El puede ir acompañado, en dependencia del signo del calor de solución, tanto de enfriamiento (por ejemplo, al mezclar hielo y sal) como de calentamiento (por ejemplo, al mezclar alcohol etílico y agua).

El calentamiento de la salmuera en el «experimento de Krapivin» hasta una temperatura superior a 100 °C no tiene relación alguna con la «transferencia del calor a la inversa», de un cuerpo más frío al caliente y, por lo tanto, a la infracción del segundo principio. Aquí no se transmite calor en absoluto.

Todo reside en el calor de solución, que proporciona un efecto suplementario de calentamiento, el cual se determina por dos componentes. La primera de ellas y la principal es el calor de solución del vapor en la solución saturada de sal, que conduce al calentamiento de la solución que se forma. La segunda es el calor de solución de la sal sólida en la salmuera, que tiene signo contrario y que conduce al enfriamiento de la solución. Por cuanto la primera magnitud es considerablemente mayor, como resultado se obtiene un calentamiento considerable de la solución. Lo mismo que en todo proceso de mezclado, en este caso la entropía aumenta.

El «efecto de Krapivin», así como toda reacción exotérmica (es decir, que transcurre con el desprendimiento de calor), es un fenómeno que no contradice de ninguna manera al segundo principio de la termodinámica⁸⁴. A base de este fenómeno es imposible crear un mpp-2.

Existen muchos fenómenos más, los cuales infunden una vez más esperanzas en los corazones de los partidarios de la «inversión de la energía» en «eludir» el segundo principio, pero cada vez el análisis científico las refuta implacablemente.

En conclusión hay que mencionar una dirección más en la elaboración de los pseudo-mpp, la creación de juguetes o modelos especiales que imitan a los móviles perpetuos. Sus autores comprenden perfectamente que es imposible crear el mpp, pero ellos utilizan todas las posibilidades de la técnica moderna, incluso el empleo de microprocesadores, para crear tal modelo de mpp, en el cual el secreto de su accionamiento esté ocultado lo mejor posible.

La estructura de algunos de estos juguetes se describe detalladamente en la literatura. De ejemplo puede servir el modelo del mpp-1 magnético con una bola que rueda por un canalón y es atraída de nuevo por el imán, descrito en el cap. 1 (véase la fig. 1.18). Allí todo está ideado y ocultado con tal habilidad, que se crea la ilusión completa de un móvil perpetuo en funcionamiento [2.14]. Sin embargo, el

⁸⁴ Es interesante compararlo con el «motor de salmuera» mostrado en la fig. 1.27, b.

récord en la creación del modelo activo de mpp fue establecido por un inglés, quien lo hizo a base de una rueda de bicicleta (¡otra vez la rueda de bicicleta!).

Cada año la Asociación Británica de Ayuda al Desarrollo de la Ciencia (algo parecido a la sociedad soviética «Znanie») (conocimiento) reúne su congreso. En el año 1981 este congreso, dedicado al 150 aniversario de esta organización, se celebró en la ciudad de York. En él por tradición se organizó una exposición. A pesar de la abundancia de muestras científicas, el que más atrajo la atención fue el móvil perpetuo en funcionamiento, expuesto por la redacción de la revista «New Scientist». La máquina, construida a base de la rueda de bicicleta sin cámara y cubierta, está encerrada en un cajón de vidrio herméticamente cerrado. La rueda gira a velocidad constante, 14 r.p.m. ininterrumpidamente, sin ruido alguno. La fotografía de este motor se da en la fig. 5.18.

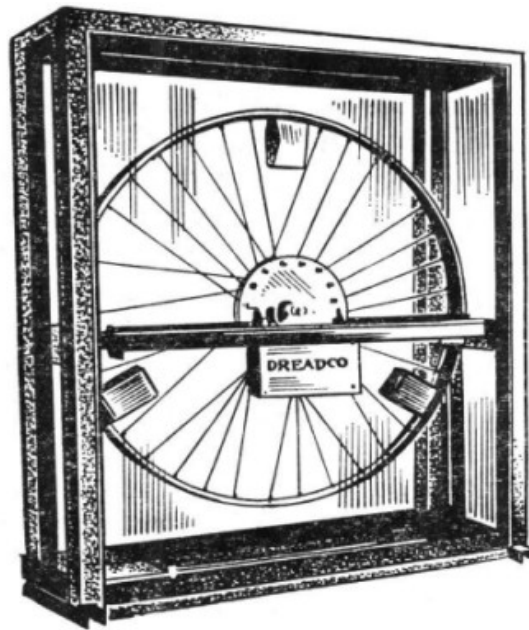


Fig. 5.18. «Móvil perpetuo» de una rueda de bicicleta

A todos los que deseaban se les propuso adivinar el secreto del movimiento de la rueda. Incluso se estableció un premio: la suscripción anual gratuita a la revista más una camisa de firma con el emblema.

Durante el congreso (que duró un mes) la redacción recibió 119 respuestas: ninguna de ellas era correcta. Lo más interesante es que 16 personas consideraron el motor como un verdadero mpp y correspondientemente explicaron su

funcionamiento. Cuando el inventor del modelo les decía que su rueda no es un móvil perpetuo, ellos se marchaban muy desilusionados. Uno de ellos dijo: «El nos engaña especialmente para ocultar su secreto». Incluso se encontró un atrevido estudiante que logró robar el motor, lo examinó atentamente y lo devolvió avergonzado, sin comprender en qué consistía el asunto; el motor continuaba girando.

El inventor de esta máquina, el químico de Newcastle David Johns a las preguntas de los corresponsales respondió: «Lo único que distingue mi máquina de otros móviles perpetuos es el hecho de que en ella se ha escondido la fuente de energía. Yo he utilizado los principios conocidos por todos, pero de tal manera, como hasta ahora a nadie le vino a la cabeza a ninguna persona razonable; incluso no lo podía soñar».

Con esto terminó la interviú, y el inventor se negó categóricamente a dar las explicaciones. Así el secreto quedó no descifrado.

Con este mpp, el más enigmático de todos y el único que funciona, terminamos el examen de los móviles perpetuos, «reales» y falsos.

En conclusión queda tocar brevemente una cuestión más, la última: ¿en cuál relación se encuentran las búsquedas del mpp con la verdadera energética moderna y podrán darle algo útil a ella, sino no en la actualidad, aunque sea en perspectiva?

Conclusión

Posibilidades reales de la energética y callejones sin salida

*No se puede engañar a la naturaleza,
pero sí se puede ponerse de acuerdo
con ella.*

A. Einstein

Nos hemos conocido con la multiseccular historia de las tentativas de resolver los problemas energéticos por vía directa, o sea, de crear un motor que produzca trabajo bien de la nada (mpp-1), o bien partiendo de lo que hay, pero que no puede producir trabajo (mpp-2).

Estas tentativas, como es natural, no condujeron al éxito, aunque sí contribuyeron de una manera determinada en las primeras etapas al desarrollo de la ciencia sobre la energía. Es más, todo el camino recorrido por la «seudo-energética», ocupada en la búsqueda del móvil perpetuo, está ligado con la historia de la verdadera energética. La seudo-energética se inquietaba por los problemas planteados ante la verdadera energética, tratando también de resolverlos.

Realmente, la tarea que se planteaba la energética en el período inicial de su desarrollo consistía en crear un motor universal simple y fiable para accionar las distintas máquinas y mecanismos en cual; cualquier lugar necesario. El móvil perpetuo de primera especie, precisamente, tenía que satisfacer esta necesidad y librar a la humanidad de la utilización de la fuerza de los hombres y de los animales, y luego, del agua y del viento.

Después que aparecieron los motores térmicos, máquinas de vapor, ante el mpp-1 se planteó un nuevo problema que consistía en librarse de la necesidad de un constante aumento del consumo del costoso combustible. No se planteaba estrictamente la tarea ligada con la economía de los recursos naturales; se trataba sólo de la comodidad de la explotación barata y, por último, de las distancias de navegación autónoma de los buques.

Una situación diferente comenzó a formarse a finales del siglo XIX y principios del XX. La energética alcanzó tales proporciones que cada vez con mayor agudeza se presentaba el problema sobre el agotamiento y encarecimiento de los recursos energéticos naturales⁸⁵ por una parte, y el problema ecológico, o sea, de la influencia negativa de la energética sobre la habitación del hombre, por otra. Las contaminaciones térmicas, químicas y luego radiactivas provocadas por la energética comenzaron a dar lugar a cambios irreversibles de esta habitación. Para este tiempo el móvil perpetuo de primera especie desapareció de escena: su carácter irrealizable se hizo evidente.

Y es aquí donde aparece, de acuerdo con el espíritu de la época, el móvil perpetuo de segunda especie que además de no necesitar combustible es ecológicamente

⁸⁵ El que se haga un acento especial con relación al agotamiento precisamente de los recursos energéticos y no de los recursos en general, tiene sus causas. El hecho es que el agotamiento de los recursos materiales (metales, agua potable, materia prima para la industria química, etc.) siempre se puede compensar de una u otra manera, si la sociedad dispone de suficientes recursos energéticos (más exactamente, exérgicos). Entonces es posible explotar los minerales pobres o los que se encuentran a profundidad, desalar el agua marítima, sintetizar los productos necesarios, etc. Pero el agotamiento de los recursos exérgicos no puede ser compensado con nada

puro. En efecto, la materia prima para él se extrae del medio ambiente en equilibrio y se entrega a éste después de ser utilizado en la misma cantidad y forma. Tal «ciclo del calor» (primero «concentración» de la energía, luego «disipación» y de nuevo «concentración»), de la mejor manera, al parecer, corta todo el nudo de los problemas energéticos actuales.

Precisamente de tal seductora concepción parten los adeptos de la «inversión energética». Ellos consideran falso el camino por el cual se mueve la energética contemporánea.

.Aportemos aquí dos citas de carácter programático de las obras de autores que ya conocemos.

G. Lijoshérstnyj [3.10] escribe: «Su esencia (de la inversión energética) se reduce a la búsqueda de las vías de concentración, según nociones tradicionales, de la energía desechada de los océanos acuático y aéreo. Es esta la energía técnica la cual, como consideran los «enínovtsi» (miembros del Instituto Social de Inversión Energética⁸⁶, puede ser concentrada y transformada en otros tipos de energía. Lo atractivo de esta idea consiste no sólo en que las reservas de la energía disipada son autorrecuperables. Mientras que el uso de las fuentes de energías químicas nucleares introducen en el medio ambiente calor suplementario y por lo tanto en perspectiva amenaza con «la obstrucción térmica», el uso de la energía disipada solamente distribuye la energía que ya existe en el medio».

N. Záev [3.5] escribe: «Contra la amenaza del hambre energética han sido lanzados millones y millones de rublos, dólares, libras esterlinas, francos, marcos, días y noches de múltiples colectivos, la potente industria del experimento, el vacío cósmico y el frío. Y todo esto bajo el estandarte único de la termodinámica de Clausius y Gibbs, la termodinámica del fuego y del vapor, la termodinámica del siglo pasado. Ella marca el curso, prefija la ruta diaria del movimiento. Ella es compás, ella es timón...

Es hora de reflexionar, de comparar lo logrado con el precio. Siglo y medio atrás Carnot dio el primer paso hacia la ciencia sobre el calor, ya es hora de dar el siguiente».

⁸⁶ Estos miembros trabajan desde 1967 bajo la dirección del profesor V. K. Oschépkov sobre dispositivos, los cuales deben refutar la segunda ley de la termodinámica.

¡Así es! Lo que valen los proyectos de «concentración de energía» y los ataques a la «termodinámica del fuego y del vapor», ya lo hemos analizado detalladamente en los correspondientes capítulos del libro. Los académicos L. Artsimovich, P. Kapitsa e I. Tamm [2.8] expusieron en su tiempo una breve, pero tal vez la más exacta, característica de la «concentración de la energía» y su aplicación, determinando todo esto como «concentración de la ignorancia».

Con esto podríamos dar por concluida la conversación sobre el mpp, pero para terminar es necesario decir unas cuantas palabras sobre otra cosa. El llamamiento a «reflexionar» pone, en esencia, en duda el camino por el cual «bajo el estandarte único de la termodinámica» va la energética contemporánea, gastando «rublos, dólares, francos» y otras divisas. Vamos a reflexionar.

Comencemos por recordar la realidad con la cual hoy día están conformes todos: la única tendencia correcta, científicamente argumentada, del desarrollo de la energética es aquella que permite incrementar su potencia, en un ritmo imprescindible para la humanidad, pero de tal manera que conserve (y hasta mejore) el medio natural que nos rodea. Si continuamos incrementando el potencial energético sin pensar en las consecuencias ecológicas locales y globales, o dejando las preocupaciones al respecto para el futuro, entonces las consecuencias pueden ser peligrosas. ¿Cuáles son las vías de desarrollo de la energética trazadas por la ciencia que permitan resolver este problema de tal manera que se cumplan simultáneamente ambos requerimientos?

Es evidente que para un enfoque científico real es necesario dejar a un lado la pseudo-energética, la cual aunque lo ofrece todo no promete, como sabemos, realmente nada, ya que tiene la esperanza de «engañar a la naturaleza. Sólo queda contar con aquellos recursos energéticos, para cuyo uso «es posible ponerse de acuerdo con la naturaleza».

Para establecer cuáles son estos recursos ante todo es necesario considerar, desde posiciones de principio, el balance de nuestro planeta (en el sentido amplio de la palabra, teniendo en cuenta no sólo su aspecto cuantitativo, sino también cualitativo).

Comencemos por el balance energético general sin profundizar en su aspecto cualitativo. La Tierra recibe del Sol aproximadamente $170 \cdot 10^{15}$ W de energía

[1.11]. Cerca del 34% de esta cantidad inmediatamente se refleja al cosmos. La parte restante participa en las diversas transformaciones en la atmósfera, la hidrosfera y en la superficie de la Tierra, después de lo cual también se extiende por el espacio universal. De esta manera toda la energía recibida del Sol, independientemente de sus caminos en la Tierra, en fin de cuentas se irradia al cosmos. La Tierra no deja nada para sí. Esto es, precisamente, lo que explica el estado térmico estacionario relativo de la Tierra ($W' = W''$, $\Delta W = 0$).

Las pequeñas desviaciones de este balance están ligadas con dos factores.

El primero de ellos es la fotosíntesis, la absorción por las plantas de la Tierra de la radiación con la formación de la correspondiente masa orgánica. Esta energía, que es colosal por su magnitud absoluta ($300 \cdot 10^{12}$ W), recoge nada más que el 0,2 %, aproximadamente, de la potencia de la radiación que llega a la Tierra.

El segundo factor es el antropógeno, relacionado con la actividad del hombre. Al liberar y utilizar la energía de los recursos naturales no renovables, del combustible, la humanidad ha aumentado en cierto grado el desprendimiento de energía en la Tierra. Esta cantidad de energía que se desprende es relativamente pequeña (cerca de $7 \cdot 10^{12}$ W), casi 50 veces menor que la que se absorbe durante la fotosíntesis. Es evidente que ambos factores (sobre todo el segundo) no pueden por ahora influir en el balance energético de la Tierra.

El balance entrópico de la Tierra tiene un aspecto distinto que el energético. La radiación solar que llega a la Tierra se caracteriza por una entropía muy pequeña, ya que la temperatura de esta radiación es de 5800 K, aproximadamente. Por el contrario, la radiación de la Tierra recibida del Sol en igual cantidad, corresponde como promedio a una temperatura mucho más baja, próxima a los 300 K.

Es por eso, evidentemente, que la entropía entregada por la Tierra es sustancialmente mayor, que la recibida; todos los procesos que transcurren en ella conducen en resumidas cuentas, como debe ser en la termodinámica, al incremento de la entropía. Aquí no huele a ninguna «inversión energética». El balance entrópico, al mostrar el cuadro físico general del cambio cualitativo de la característica de la energía, no determina, como se sabe, los valores de la energía útil, que sirve para ser aprovechada. Para revelarlos es necesario utilizar el balance exérgico.

El balance exérgico de la Tierra se determina ante todo por su parte de entrada. El flujo de la energía radiante que llega del Sol se caracteriza por una alta exergía, que constituye aproximadamente 0,93 de su valor. Por consiguiente, el flujo de exergía que llega a la Tierra es igual aproximadamente a $0,93 \cdot 170 \cdot 10^{15} \text{ W} = 158 \cdot 10^{15} \text{ W}$, de los cuales el 34% inmediatamente se refleja al cosmos. De esta manera a la superficie de la Tierra llega un flujo exérgico $E' = 158 \cdot 10^{15} \cdot 0,66 = 104 \cdot 10^{15} \text{ W}$. El flujo de exergía que abandona la Tierra es relativamente pequeño. Desde el punto de vista de la energética terrestre éste puede no considerarse, ya que para él la temperatura media ambiental es alrededor de 300 K (solamente en la Tierra se puede emplear, con determinadas limitaciones, en calidad de receptor de calor la temperatura de la radiación de equilibrio del cosmos)⁸⁷. Así pues, «dejando pasar» toda la energía recibida del Sol, la Tierra «se queda» con su exergía. La magnitud E' representa la reserva principal de las fuentes renovables de exergía, la cual puede ser en principio utilizada por la humanidad sin influir en el balance energético del planeta. Este exergía (es decir, todas las diferencias de potenciales creadas por él, o sea, de presión, temperatura y concentración) de todas formas «se produce» por la naturaleza y en su mayor parte es inútil para el hombre (a excepción de una pequeña parte que se consume en la fotosíntesis y en los saltos de presión de agua y aire, que se utilizan en las centrales hidroeléctricas y eólicas).

A las fuentes de exergía no renovables pertenecen todas aquellas que pueden producirlo como resultado de la liberación de la diferencia de potencial «congeladas» en la naturaleza. Estas fuentes, tipos de combustible químico y nuclear, no podrían haber sido puestas en acción sin la intervención del hombre. La exergía obtenido al quemar estas respectivas fuentes (químicas o nucleares) se desprende a fin de cuentas, después de ser utilizado, en forma de calor de bajo potencial y se une al flujo de radiación entregado por la Tierra, que por ahora constituye aproximadamente una veinticincomilésima parte suya. Es natural, que incluso un aumento al décuplo de este desprendimiento de calor no puede conducir a una sustancial alteración del balance energético de la Tierra, si este desprendimiento se va a irradiar al cosmos sin obstáculo.

⁸⁷ A los recursos renovables pertenecen, además de la exergía de la radiación solar (la cual puede ser utilizada tanto directamente, como a través de la energía del agua, de la biomasa, etc.), la exergía de las mareas ascendientes y geotérmicas. Ambos no están relacionados con la radiación solar.

De esta manera las perspectivas de desarrollo de la situación energética en la Tierra, partiendo del punto de vista puramente técnico lucen bastante bien. El análisis de la calidad de los recursos tanto renovables, como no renovables, demuestra [1.11, 1.12] que la humanidad puede en un plazo determinado por los pronósticos, estar garantizada de la cantidad de energía necesaria, incluso considerando el incremento de sus necesidades de consumo.

Sin embargo, cada vez más y más se manifiesta otro lado del progreso técnico-científico (incluyendo también el energético), su influencia sobre la naturaleza de la Tierra.

Hasta mediados del siglo pasado la situación en este campo no provocaba una preocupación especial. Solamente en regiones aisladas surgían situaciones que creaban tal presión de la actividad humana sobre el medio ambiente natural, la cual conducía a consecuencias aunque nocivas, pero con todo locales. No obstante, más tarde debido al tempestuoso desarrollo de la tecnosfera y al incremento de la población, el carácter antropógeno⁸⁸ de presión sobre la naturaleza comenzó a cambiar. Este tomó escalas planetarias, y sus características cuantitativas se hicieron conmensurables con las fuerzas que actúan en la propia naturaleza de la Tierra. La alteración del equilibrio natural se lleva a cabo en un grado de incremento constante a la vez «desde dos extremos»: por una parte, extracción de los recursos naturales (minerales, agua potable, biosfera) y por otra parte, contaminación de todas las tres constituyentes del medio ambiente: la litosfera, hidrosfera y atmósfera. A las contaminaciones químicas, térmicas y radiactivas indicadas anteriormente ahora se adiciona también la biológica.

También la energética hace un aporte considerable a una gran parte de estos «hechos sucios». Sin hablar ya de su coparticipación indirecta (ningún objeto técnico podría trabajar sin energía), ella carga directamente la culpa por muchas cosas.

Para la energética se extraen de las entrañas de la Tierra en grandes cantidades carbón, petróleo y gas, mineral de uranio; ella misma lanza a la atmósfera dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, y a la tierra, ceniza y desechos radiactivos. Sobre todo esto se ha dicho y escrito mucho; la ecología, ciencia

⁸⁸ Se determina por la acción de la actividad humana.

especial sobre la interacción entre el medio natural y el hombre, lo ha calculado todo minuciosamente. Recordemos tan solo un índice: las centrales termoeléctricas, que queman combustible orgánico, lanzan a la atmósfera en un año más de cinco mil millones de toneladas de dióxido de carbono. A esto hay que agregar otras fuentes energéticas de CO₂, por ejemplo, los automóviles, cada uno de los cuales agrega a la atmósfera cerca de 5 t al año. En total todo esto constituye ¡más de una tonelada por cada ciudadano de la Tierra!

La inclusión de las irrupciones de CO₂ (como también del metano) en el ciclo de carbono del planeta crea un constante crecimiento de la alteración del balance entre el desprendimiento y la absorción de estos gases (el principal consumidor del CO₂ son las plantas que absorben mediante la fotosíntesis el carbono y devuelven el oxígeno a la atmósfera). La alteración del balance se debe a la exterminación de los bosques (principalmente de los tropicales, cuya área disminuye catastróficamente). Como resultado el contenido de CO₂, en el aire aumentó los últimos 100 años de $0,030 \cdot 10^{-2}$ a $0,033 \cdot 10^{-2}$ (es decir, aproximadamente, en un 10 %) y continúa incrementándose. Esto conduce al crecimiento del llamado «efecto de invernadero», ya que el CO₂ retiene cada vez una mayor parte de la radiación técnica de la Tierra impidiéndola que salga a través de la atmósfera al cosmos. Esto a su vez conduce a un clima más cálido, al aumento del área de las zonas de sequía, al derretimiento de los hielos polares, al aumento del nivel del océano y a la inundación de las tierras bajas. Estos procesos ya tienen lugar y su ritmo va en aumento; aún más, la inercia gigante de la Tierra es tal que si incluso cesara ahora la acumulación de CO₂ en la atmósfera, sus consecuencias de todas formas continuarán aún por largo tiempo y hasta aumentarán. Todo esto son hechos establecidos científicamente: la discusión es sólo acerca del ritmo en que se van a desarrollar estas y otras influencias negativas sobre la naturaleza y de cuándo podrá llegar la situación catastrófica.

¿Dónde buscar la salida?, existe ésta:

Está claro que cualesquiera recetas del tipo «simplemente es necesario volver hacia atrás», o sea, cesar el desarrollo de la técnica, detener el crecimiento de la población, negarse de los bienes materiales de la civilización y pasar a una «vida simple en el seno de la naturaleza», son irreales e ingenuas. Sus autores serían los

primeros en querer volver, si se les estableciera en una isla y se les obligara a matar el tiempo libre a la luz de una astilla de alumbrados⁸⁹.

Como el progreso técnico-científico y el aumento de las fuerzas, relacionadas con él, que se encuentran a disposición de la humanidad es imposible detenerlos (y además, no es necesario), la única solución que elimina la catástrofe ecológica consiste en otra cosa. Esta es la utilización razonable minuciosamente pensada y controlada de los logros de la ciencia y la técnica en armonía con la naturaleza y considerando las consecuencias de cada paso. La necesidad de esto se comprende cada vez con mayor plenitud; la continuación despiadada de la política técnica anterior se hace claramente inadmisible. Los problemas ecológicos y las vías de salida de la crisis se ventilan y comentan ampliamente. Los hombres esperan de la ciencia soluciones urgentes.

Pero la ciencia a pesar de toda su potencia no puede inmediatamente eliminar todos los problemas; se necesita un trabajo serio, teniendo en cuenta todas las dificultades técnicas, económicas y hasta políticas. Y aquí sobre el fondo de una alarma general de nuevo emerge la «inversión energética» que ya conocemos bien y que permite eliminar todas las preocupaciones de un golpe.

Por ejemplo, en la rúbrica «La cerca» de la revista «Técnica y ciencias (N° 12, 1988) apareció un anuncio (N° 229): «Se necesita un sponsor que esté conforme en financiar la elaboración del móvil perpetuo, que transforme directamente la energía mecánica de los microcuerpos (átomos y partículas subelementales del sólido), en energía mecánica del macrocuerpo (rotación del eje). El móvil perpetuo es capaz de abastecer a la humanidad de cualquier cantidad de energía y simultáneamente eliminar por completo el recalentamiento de la capa de aire de la Tierra. El autor concluyó las búsquedas y garantiza la elaboración del móvil perpetuo». A diferencia de Oschépkov, el cual habla de la necesidad de investigaciones, aquí todos los problemas ya están «resueltos». ¡Estas «discretas» promesas son realmente esperanzadoras! Tanto más que algunas personas que muestran sincera

⁸⁹ Otra cosa es una reducción razonable del consumo de materia prima y energía a base de una racionalización de su utilización. El análisis demuestra que sin reducir cualesquiera bienes materiales de la civilización se puede disminuir el consumo de energía para las necesidades de producción y cotidianas. Como mínimo, en 2-2,5 veces. Claro que esto no elimina los problemas ecológicos en general, ellos quedan, pero facilita substancialmente su resolución.

preocupación por la protección de la naturaleza, pero que están lejos del pensamiento científico, caen en tales trampas.

En el pleno de la Unión de Escritores de la URSS, dedicado a los problemas de ecología (1989), entre otros escritores intervino S. Samsónov que planteó una serie de consideraciones bastante argumentadas acerca de la protección del medio ambiente. Pero aquí mismo (naturalmente sin sospecharlo), él apoyó la idea de utilizar para este fin... el móvil perpetuo. Literalmente S. Samsónov dijo lo siguiente: «Hace dos años que apareció en la prensa una noticia sensacional: los ingenieros y científicos japoneses aprendieron a tomar el calor disipado en el agua y el aire, y enviarlo a las fábricas. Pero para nuestro científico P. K. Oschépkov, fundador de la radiolocalización e introscofia soviética, esto no constituyó una sensación, puesto que él ya hace tiempo que se ocupa de este problema. Una de las firmas japonesas propuso colaborar con él y con su Instituto Social de Inversión Energética, ENIN. (ENIN se ocupa de las cuestiones de utilización de la energía del medio ambiente. Su objetivo es la creación ya hoy día de una determinada alternativa a las centrales termoeléctricas, hidroeléctricas y electronucleares.)

Por decisión de la junta directiva de la AC de la URSS, ya en 1954 el laboratorio de Oschépkov, que confirmó su idea sobre la posibilidad de utilizar la energía disipada del espacio ambiental, fue integrado en el Instituto de Metalurgia, dirigido entonces por I. P. Bardin. De esta manera la ciencia reconoció oficialmente la posibilidad de realizar sus investigaciones. Ya en 1959 las investigaciones fueron «cerradas y el laboratorio, disuelto». En resumidas cuentas S. Samsónov propuso «convocar un referéndum sobre la ulterior utilización de la energía de las centrales electronucleares, invitando también a los representantes de ENIN de Oschépkov».

No es difícil ver, que la «noticia sensacional» acerca de los ingenieros y científicos japoneses «que aprendieron a tomar el calor, disipado en el agua y el aire, y enviarlo a las fábricas», es una información de lo más corriente sobre la utilización directamente según su designación de las bombas de calor, bien conocidas ya hace tiempo y descritas por nosotros en el § 4.4.

Todo lo demás es una repetición textual de las sensaciones periodísticas ignorantes acerca de las «investigaciones» de P. K. Oschépkov y otros inventores del mpp-2, que ya fueron detalladamente examinadas por nosotros.

S. Samsónov va más allá que los inventores y que los periodistas que creyeron en ellos, cuando habla de la creación «ya hoy día de una determinada alternativa a las centrales termoeléctricas, hidroeléctricas y electronucleares». Como tal «alternativa» no se podrá realizar ni hoy ni en el futuro, sólo queda seguir el consejo de A. Einstein, o sea, negarse de las tentativas de «engañar a la naturaleza» y ponerse, no obstante, de acuerdo con ella. Aquí, si no tocamos las cuestiones de ahorro de energía, que ya hemos mencionado, existen dos tendencias.

La primera, por el momento la principal, se apoya en la técnica que se basa en la liberación de las reservas de energía «congeladas» (de combustible químico y nuclear). Esta técnica permite a un ritmo necesario incrementar el potencial energético, y a medida que se perfecciona la técnica, disminuir la cantidad de irrupciones y desechos nocivos. No obstante, esta tendencia no puede⁹⁰ garantizar radicalmente la solución de los problemas ecológicos, la acumulación de exceso de energía AW en la Tierra continuará.

La segunda tendencia está basada en la utilización de las diferencias de potencial, que de todas maneras se producen por la naturaleza, pero que no son utilizadas por la energética. A ellas pertenecen tanto aquellas que están relacionadas con la acción de la radiación solar, como aquellas que están condicionadas por la rotación de la Tierra y la atracción lunar, así como por el calentamiento de las capas interiores de la Tierra.

Las diferencias de las presiones de aire y de los niveles de agua permiten crear instalaciones energéticas eólicas, centrales mareomotrices (no digamos ya de las centrales hidroeléctricas). Las diferencias de temperaturas dan la posibilidad de obtener energía eléctrica tanto en el norte (agua más templada en el océano y aire frío y hielo en la superficie), como también en el sur (agua templada del océano en la superficie, y agua más fría en el fondo), así como en las regiones donde las capas calientes profundas llegan cerca de la superficie (geotermia). En las regiones con radiación solar intensiva es posible transformar y utilizar esta energía mediante una serie de procedimientos. Incluso se están elaborando procedimientos de obtención de energía eléctrica a base de la utilización de la diferencia de concentraciones de

⁹⁰ Incluso las centrales nucleares del futuro darán una contaminación térmica potente, aunque excluyen el desprendimiento de CO₂.

sales en el agua marítima y en los ríos que desembocan en el mar (recordemos el motor osmótico de J. Bernoulli, mostrado en la fig. 1.27). En todos estos casos la obtención de energía, que al fin y al cabo se entrega de nuevo, no cambia de ninguna manera AW. El flujo de energía simplemente va por otro camino, el útil; en lugar de disiparse inmediatamente en el medio ambiente, él realiza un trabajo útil. Tal energética ecológicamente pura podría eliminar todos los problemas ecológicos, incluso sin utilizar por completo los potenciales naturales. Pero... Este «pero» está relacionado con el hecho de que por diferentes causas, bien debido a concentraciones⁹¹ pequeñas de los flujos de la energía utilizada (por ejemplo, de la energía solar, eólica), o bien a consecuencia de una situación geográfica desventajosa (por ejemplo, alejamiento de los golfos con mareas altas de los lugares de consumo de energía) los gastos para la construcción de tales centrales eléctricas o para la transmisión de la energía eléctrica resultan muy elevados. Cada kilovatio de potencia establecida resulta mucho más caro que en las centrales eléctricas con combustible orgánico o nuclear. Resulta que la energía que hay que gastar para obtener los materiales especiales, fabricar, transportar y montar la maquinaria de la central y de las líneas de transporte de energía, es mayor que la energía que da esta central durante todo el período de servicio. Es evidente, que por ahora es desventajoso construir tales centrales. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que para muchos consumidores no muy grandes, dispersos en una amplia área, el suministro de energía es tan costoso, que las fuentes de energía ecológicamente puras, situadas muy cerca, ya hoy día resultan preferentes. Pero lo principal consiste en que las posibilidades de perfeccionar tales sistemas sólo comienzan a estudiarse seriamente. En una próxima perspectiva su costo puede reducirse bruscamente. Es por eso que el escepticismo de algunos energéticos, que ven una amplia difusión de las centrales eléctricas ecológicamente puras, que funcionan con fuentes de energía renovables, para mediados del siglo XXI, casi no tiene argumentación.

Incluso este breve resumen demuestra que los trabajos destinados al perfeccionamiento y transformación de la energética en todas sus direcciones es muy difícil, pero interesante. Estos trabajos requieren de personas dispuestas,

⁹¹ Concentración en el sentido directo de la palabra, y no como la interpretan los inventores del mpp-2

apoyándose en los conocimientos científicos, a manifestarse, a marcar audazmente nuevos caminos sin temer a las tempestades de la revolución técnico-científica.

Todas las tentativas de encauzar a la energética al callejón sin salida de la «inversión energética», de resolver los problemas energéticos mediante la utilización del móvil perpetuo de segunda especie están totalmente desprovistas de perspectivas. Ellas sólo desvían a las personas de los problemas más reales. La afición por el móvil perpetuo, que se conserva hasta nuestros días en una forma peculiar de mpp-2, no puede existir por mucho tiempo a pesar de su formalización «científica». El móvil perpetuo de segunda especie, al igual que su precedente, el móvil perpetuo de primera especie, quedará solamente como un episodio interesante e instructivo de la historia de la física y de la ciencia energética.

Conclusión

Posibilidades reales de la energética y callejones sin salida

*No se puede engañar a la naturaleza,
pero sí se puede ponerse de acuerdo
con ella.*

A. Einstein

Nos hemos conocido con la multiseccular historia de las tentativas de resolver los problemas energéticos por vía directa, o sea, de crear un motor que produzca trabajo bien de la nada (mpp-1), o bien partiendo de lo que hay, pero que no puede producir trabajo (mpp-2).

Estas tentativas, como es natural, no condujeron al éxito, aunque sí contribuyeron de una manera determinada en las primeras etapas al desarrollo de la ciencia sobre la energía. Es más, todo el camino recorrido por la «seudo-energética», ocupada en la búsqueda del móvil perpetuo, está ligado con la historia de la verdadera energética. La seudo-energética se inquietaba por los problemas planteados ante la verdadera energética, tratando también de resolverlos.

Realmente, la tarea que se planteaba la energética en el período inicial de su desarrollo consistía en crear un motor universal simple y fiable para accionar las distintas máquinas y mecanismos en cual; cualquier lugar necesario. El móvil perpetuo de primera especie, precisamente, tenía que satisfacer esta necesidad y librar a la humanidad de la utilización de la fuerza de los hombres y de los animales, y luego, del agua y del viento.

Después que aparecieron los motores térmicos, máquinas de vapor, ante el mpp-1 se planteó un nuevo problema que consistía en librarse de la necesidad de un constante aumento del consumo del costoso combustible. No se planteaba estrictamente la tarea ligada con la economía de los recursos naturales; se trataba sólo de la comodidad de la explotación barata y, por último, de las distancias de navegación autónoma de los buques.

Una situación diferente comenzó a formarse a finales del siglo XIX y principios del XX. La energética alcanzó tales proporciones que cada vez con mayor agudeza se

presentaba el problema sobre el agotamiento y encarecimiento de los recursos energéticos naturales⁹² por una parte, y el problema ecológico, o sea, de la influencia negativa de la energética sobre la habitación del hombre, por otra. Las contaminaciones térmicas, químicas y luego radiactivas provocadas por la energética comenzaron a dar lugar a cambios irreversibles de esta habitación. Para este tiempo el móvil perpetuo de primera especie desapareció de escena: su carácter irrealizable se hizo evidente.

Y es aquí donde aparece, de acuerdo con el espíritu de la época, el móvil perpetuo de segunda especie que además de no necesitar combustible es ecológicamente puro. En efecto, la materia prima para él se extrae del medio ambiente en equilibrio y se entrega a éste después de ser utilizado en la misma cantidad y forma. Tal «ciclo del calor» (primero «concentración» de la energía, luego «disipación» y de nuevo «concentración»), de la mejor manera, al parecer, corta todo el nudo de los problemas energéticos actuales.

Precisamente de tal seductora concepción parten los adeptos de la «inversión energética». Ellos consideran falso el camino por el cual se mueve la energética contemporánea.

.Aportemos aquí dos citas de carácter programático de las obras de autores que ya conocemos.

G. Lijoshérstnyj [3.10] escribe: «Su esencia (de la inversión energética) se reduce a la búsqueda de las vías de concentración, según nociones tradicionales, de la energía desechada de los océanos acuático y aéreo. Es esta la energía técnica la cual, como consideran los «enínovtsi» (miembros del Instituto Social de Inversión Energética⁹³, puede ser concentrada y transformada en otros tipos de energía. Lo atractivo de esta idea consiste no sólo en que las reservas de la energía disipada son autorrecuperables. Mientras que el uso de las fuentes de energías químicas nucleares introducen en el medio ambiente calor suplementario y por lo tanto en

⁹² El que se haga un acento especial con relación al agotamiento precisamente de los recursos energéticos y no de los recursos en general, tiene sus causas. El hecho es que el agotamiento de los recursos materiales (metales, agua potable, materia prima para la industria química, etc.) siempre se puede compensar de una u otra manera, si la sociedad dispone de suficientes recursos energéticos (más exactamente, exérgicos). Entonces es posible explotar los minerales pobres o los que se encuentran a profundidad, desalar el agua marítima, sintetizar los productos necesarios, etc. Pero el agotamiento de los recursos exérgicos no puede ser compensado con nada

⁹³ Estos miembros trabajan desde 1967 bajo la dirección del profesor V. K. Oschépkov sobre dispositivos, los cuales deben refutar la segunda ley de la termodinámica.

perspectiva amenaza con «la obstrucción térmica», el uso de la energía disipada solamente distribuye la energía que ya existe en el medio».

N. Záev [3.5] escribe: «Contra la amenaza del hambre energética han sido lanzados millones y millones de rublos, dólares, libras esterlinas, francos, marcos, días y noches de múltiples colectivos, la potente industria del experimento, el vacío cósmico y el frío. Y todo esto bajo el estandarte único de la termodinámica de Clausius y Gibbs, la termodinámica del fuego y del vapor, la termodinámica del siglo pasado. Ella marca el curso, prefija la ruta diaria del movimiento. Ella es compás, ella es timón...

Es hora de reflexionar, de comparar lo logrado con el precio. Siglo y medio atrás Carnot dio el primer paso hacia la ciencia sobre el calor, ya es hora de dar el siguiente».

¡Así es! Lo que valen los proyectos de «concentración de energía» y los ataques a la «termodinámica del fuego y del vapor», ya lo hemos analizado detalladamente en los correspondientes capítulos del libro. Los académicos L. Artsimovich, P. Kapitsa e I. Tamm [2.8] expusieron en su tiempo una breve, pero tal vez la más exacta, característica de la «concentración de la energía» y su aplicación, determinando todo esto como «concentración de la ignorancia».

Con esto podríamos dar por concluida la conversación sobre el mpp, pero para terminar es necesario decir unas cuantas palabras sobre otra cosa. El llamamiento a «reflexionar» pone, en esencia, en duda el camino por el cual «bajo el estandarte único de la termodinámica» va la energética contemporánea, gastando «rublos, dólares, francos» y otras divisas. Vamos a reflexionar.

Comencemos por recordar la realidad con la cual hoy día están conformes todos: la única tendencia correcta, científicamente argumentada, del desarrollo de la energética es aquella que permite incrementar su potencia, en un ritmo imprescindible para la humanidad, pero de tal manera que conserve (y hasta mejore) el medio natural que nos rodea. Si continuamos incrementando el potencial energético sin pensar en las consecuencias ecológicas locales y globales, o dejando las preocupaciones al respecto para el futuro, entonces las consecuencias pueden ser peligrosas. ¿Cuáles son las vías de desarrollo de la energética trazadas por la

ciencia que permitan resolver este problema de tal manera que se cumplan simultáneamente ambos requerimientos?

Es evidente que para un enfoque científico real es necesario dejar a un lado la pseudo-energética, la cual aunque lo ofrece todo no promete, como sabemos, realmente nada, ya que tiene la esperanza de «engañar a la naturaleza. Sólo queda contar con aquellos recursos energéticos, para cuyo uso «es posible ponerse de acuerdo con la naturaleza».

Para establecer cuáles son estos recursos ante todo es necesario considerar, desde posiciones de principio, el balance de nuestro planeta (en el sentido amplio de la palabra, teniendo en cuenta no sólo su aspecto cuantitativo, sino también cualitativo).

Comencemos por el balance energético general sin profundizar en su aspecto cualitativo. La Tierra recibe del Sol aproximadamente $170 \cdot 10^{15}$ W de energía [1.11]. Cerca del 34% de esta cantidad inmediatamente se refleja al cosmos. La parte restante participa en las diversas transformaciones en la atmósfera, la hidrosfera y en la superficie de la Tierra, después de lo cual también se extiende por el espacio universal. De esta manera toda la energía recibida del Sol, independientemente de sus caminos en la Tierra, en fin de cuentas se irradia al cosmos. La Tierra no deja nada para sí. Esto es, precisamente, lo que explica el estado térmico estacionario relativo de la Tierra ($W' = W''$, $\Delta W = 0$).

Las pequeñas desviaciones de este balance están ligadas con dos factores.

El primero de ellos es la fotosíntesis, la absorción por las plantas de la Tierra de la radiación con la formación de la correspondiente masa orgánica. Esta energía, que es colosal por su magnitud absoluta ($300 \cdot 10^{12}$ W), recoge nada más que el 0,2 %, aproximadamente, de la potencia de la radiación que llega a la Tierra.

El segundo factor es el antropógeno, relacionado con la actividad del hombre. Al liberar y utilizar la energía de los recursos naturales no renovables, del combustible, la humanidad ha aumentado en cierto grado el desprendimiento de energía en la Tierra. Esta cantidad de energía que se desprende es relativamente pequeña (cerca de $7 \cdot 10^{12}$ W), casi 50 veces menor que la que se absorbe durante la fotosíntesis. Es evidente que ambos factores (sobre todo el segundo) no pueden por ahora influir en el balance energético de la Tierra.

El balance entrópico de la Tierra tiene un aspecto distinto que el energético. La radiación solar que llega a la Tierra se caracteriza por una entropía muy pequeña, ya que la temperatura de esta radiación es de 5800 K, aproximadamente. Por el contrario, la radiación de la Tierra recibida del Sol en igual cantidad, corresponde como promedio a una temperatura mucho más baja, próxima a los 300 K.

Es por eso, evidentemente, que la entropía entregada por la Tierra es sustancialmente mayor, que la recibida; todos los procesos que transcurren en ella conducen en resumidas cuentas, como debe ser en la termodinámica, al incremento de la entropía. Aquí no huele a ninguna «inversión energética». El balance entrópico, al mostrar el cuadro físico general del cambio cualitativo de la característica de la energía, no determina, como se sabe, los valores de la energía útil, que sirve para ser aprovechada. Para revelarlos es necesario utilizar el balance exérgico.

El balance exérgico de la Tierra se determina ante todo por su parte de entrada. El flujo de la energía radiante que llega del Sol se caracteriza por una alta exergía, que constituye aproximadamente 0,93 de su valor. Por consiguiente, el flujo de exergía que llega a la Tierra es igual aproximadamente a $0,93 \cdot 170 \cdot 10^{15} \text{ W} = 158 \cdot 10^{15} \text{ W}$, de los cuales el 34% inmediatamente se refleja al cosmos. De esta manera a la superficie de la Tierra llega un flujo exérgico $E' = 158 \cdot 10^{15} \cdot 0,66 = 104 \cdot 10^{15} \text{ W}$. El flujo de exergía que abandona la Tierra es relativamente pequeño. Desde el punto de vista de la energética terrestre éste puede no considerarse, ya que para él la temperatura media ambiental es alrededor de 300 K (solamente en la Tierra se puede emplear, con determinadas limitaciones, en calidad de receptor de calor la temperatura de la radiación de equilibrio del cosmos)⁹⁴. Así pues, «dejando pasar» toda la energía recibida del Sol, la Tierra «se queda» con su exergía. La magnitud E' representa la reserva principal de las fuentes renovables de exergía, la cual puede ser en principio utilizada por la humanidad sin influir en el balance energético del planeta. Este exergía (es decir, todas las diferencias de potenciales creadas por él, o sea, de presión, temperatura y concentración) de todas formas «se produce» por la naturaleza y en su mayor parte es inútil para el hombre (a excepción de una

⁹⁴ A los recursos renovables pertenecen, además de la exergía de la radiación solar (la cual puede ser utilizada tanto directamente, como a través de la energía del agua, de la biomasa, etc.), la exergía de las mareas ascendientes y geotérmicas. Ambos no están relacionados con la radiación solar.

pequeña parte que se consume en la fotosíntesis y en los saltos de presión de agua y aire, que se utilizan en las centrales hidroeléctricas y eólicas).

A las fuentes de exergía no renovables pertenecen todas aquellas que pueden producirlo como resultado de la liberación de la diferencia de potencial «congeladas» en la naturaleza. Estas fuentes, tipos de combustible químico y nuclear, no podrían haber sido puestas en acción sin la intervención del hombre. La exergía obtenido al quemar estas respectivas fuentes (químicas o nucleares) se desprende a fin de cuentas, después de ser utilizado, en forma de calor de bajo potencial y se une al flujo de radiación entregado por la Tierra, que por ahora constituye aproximadamente una veinticincomilésima parte suya. Es natural, que incluso un aumento al décuplo de este desprendimiento de calor no puede conducir a una sustancial alteración del balance energético de la Tierra, si este desprendimiento se va a irradiar al cosmos sin obstáculo.

De esta manera las perspectivas de desarrollo de la situación energética en la Tierra, partiendo del punto de vista puramente técnico lucen bastante bien. El análisis de la calidad de los recursos tanto renovables, como no renovables, demuestra [1.11, 1.12] que la humanidad puede en un plazo determinado por los pronósticos, estar garantizada de la cantidad de energía necesaria, incluso considerando el incremento de sus necesidades de consumo.

Sin embargo, cada vez más y más se manifiesta otro lado del progreso técnico-científico (incluyendo también el energético), su influencia sobre la naturaleza de la Tierra.

Hasta mediados del siglo pasado la situación en este campo no provocaba una preocupación especial. Solamente en regiones aisladas surgían situaciones que creaban tal presión de la actividad humana sobre el medio ambiente natural, la cual conducía a consecuencias aunque nocivas, pero con todo locales. No obstante, más tarde debido al tempestuoso desarrollo de la tecnosfera y al incremento de la población, el carácter antropógeno⁹⁵ de presión sobre la naturaleza comenzó a cambiar. Este tomó escalas planetarias, y sus características cuantitativas se hicieron conmensurables con las fuerzas que actúan en la propia naturaleza de la Tierra. La alteración del equilibrio natural se lleva a cabo en un grado de incremento

⁹⁵ Se determina por la acción de la actividad humana.

constante a la vez «desde dos extremos»: por una parte, extracción de los recursos naturales (minerales, agua potable, biosfera) y por otra parte, contaminación de todas las tres constituyentes del medio ambiente: la litosfera, hidrosfera y atmósfera. A las contaminaciones químicas, térmicas y radiactivas indicadas anteriormente ahora se adiciona también la biológica.

También la energética hace un aporte considerable a una gran parte de estos «hechos sucios». Sin hablar ya de su coparticipación indirecta (ningún objeto técnico podría trabajar sin energía), ella carga directamente la culpa por muchas cosas.

Para la energética se extraen de las entrañas de la Tierra en grandes cantidades carbón, petróleo y gas, mineral de uranio; ella misma lanza a la atmósfera dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, y a la tierra, ceniza y desechos radiactivos. Sobre todo esto se ha dicho y escrito mucho; la ecología, ciencia especial sobre la interacción entre el medio natural y el hombre, lo ha calculado todo minuciosamente. Recordemos tan solo un índice: las centrales termoeléctricas, que queman combustible orgánico, lanzan a la atmósfera en un año más de cinco mil millones de toneladas de dióxido de carbono. A esto hay que agregar otras fuentes energéticas de CO₂, por ejemplo, los automóviles, cada uno de los cuales agrega a la atmósfera cerca de 5 t al año. En total todo esto constituye ¡más de una tonelada por cada ciudadano de la Tierra!

La inclusión de las irrupciones de CO₂ (como también del metano) en el ciclo de carbono del planeta crea un constante crecimiento de la alteración del balance entre el desprendimiento y la absorción de estos gases (el principal consumidor del CO₂ son las plantas que absorben mediante la fotosíntesis el carbono y devuelven el oxígeno a la atmósfera). La alteración del balance se debe a la exterminación de los bosques (principalmente de los tropicales, cuya área disminuye catastróficamente). Como resultado el contenido de CO₂, en el aire aumentó los últimos 100 años de $0,030 \cdot 10^{-2}$ a $0,033 \cdot 10^{-2}$ (es decir, aproximadamente, en un 10 %) y continúa incrementándose. Esto conduce al crecimiento del llamado «efecto de invernadero», ya que el CO₂ retiene cada vez una mayor parte de la radiación técnica de la Tierra impidiéndola que salga a través de la atmósfera al cosmos. Esto a su vez conduce a un clima más cálido, al aumento del área de las zonas de sequía, al derretimiento

de los hielos polares, al aumento del nivel del océano y a la inundación de las tierras bajas. Estos procesos ya tienen lugar y su ritmo va en aumento; aún más, la inercia gigante de la Tierra es tal que si incluso cesara ahora la acumulación de CO₂ en la atmósfera, sus consecuencias de todas formas continuarán aún por largo tiempo y hasta aumentarán. Todo esto son hechos establecidos científicamente: la discusión es sólo acerca del ritmo en que se van a desarrollar estas y otras influencias negativas sobre la naturaleza y de cuándo podrá llegar la situación catastrófica.

¿Dónde buscar la salida?, existe ésta:

Está claro que cualesquiera recetas del tipo «simplemente es necesario volver hacia atrás», o sea, cesar el desarrollo de la técnica, detener el crecimiento de la población, negarse de los bienes materiales de la civilización y pasar a una «vida simple en el seno de la naturaleza», son irreales e ingenuas. Sus autores serían los primeros en querer volver, si se les estableciera en una isla y se les obligara a matar el tiempo libre a la luz de una astilla de alumbrados⁹⁶.

Como el progreso técnico-científico y el aumento de las fuerzas, relacionadas con él, que se encuentran a disposición de la humanidad es imposible detenerlos (y además, no es necesario), la única solución que elimina la catástrofe ecológica consiste en otra cosa. Esta es la utilización razonable minuciosamente pensada y controlada de los logros de la ciencia y la técnica en armonía con la naturaleza y considerando las consecuencias de cada paso. La necesidad de esto se comprende cada vez con mayor plenitud; la continuación despiadada de la política técnica anterior se hace claramente inadmisible. Los problemas ecológicos y las vías de salida de la crisis se ventilan y comentan ampliamente. Los hombres esperan de la ciencia soluciones urgentes.

Pero la ciencia a pesar de toda su potencia no puede inmediatamente eliminar todos los problemas; se necesita un trabajo serio, teniendo en cuenta todas las dificultades técnicas, económicas y hasta políticas. Y aquí sobre el fondo de una alarma general de nuevo emerge la «inversión energética» que ya conocemos bien y que permite eliminar todas las preocupaciones de un golpe.

⁹⁶ Otra cosa es una reducción razonable del consumo de materia prima y energía a base de una racionalización de su utilización. El análisis demuestra que sin reducir cualesquiera bienes materiales de la civilización se puede disminuir el consumo de energía para las necesidades de producción y cotidianas. Como mínimo, en 2-2,5 veces. Claro que esto no elimina los problemas ecológicos en general, ellos quedan, pero facilita substancialmente su resolución.

Por ejemplo, en la rúbrica «La cerca» de la revista «Técnica y ciencias (N° 12, 1988) apareció un anuncio (N° 229): «Se necesita un sponsor que esté conforme en financiar la elaboración del móvil perpetuo, que transforme directamente la energía mecánica de los microcuerpos (átomos y partículas subelementales del sólido), en energía mecánica del macrocuerpo (rotación del eje). El móvil perpetuo es capaz de abastecer a la humanidad de cualquier cantidad de energía y simultáneamente eliminar por completo el recalentamiento de la capa de aire de la Tierra. El autor concluyó las búsquedas y garantiza la elaboración del móvil perpetuo». A diferencia de Oschépkov, el cual habla de la necesidad de investigaciones, aquí todos los problemas ya están «resueltos». ¡Estas «discretas» promesas son realmente esperanzadoras! Tanto más que algunas personas que muestran sincera preocupación por la protección de la naturaleza, pero que están lejos del pensamiento científico, caen en tales trampas.

En el pleno de la Unión de Escritores de la URSS, dedicado a los problemas de ecología (1989), entre otros escritores intervino S. Samsónov que planteó una serie de consideraciones bastante argumentadas acerca de la protección del medio ambiente. Pero aquí mismo (naturalmente sin sospecharlo), él apoyó la idea de utilizar para este fin... el móvil perpetuo. Literalmente S. Samsónov dijo lo siguiente: «Hace dos años que apareció en la prensa una noticia sensacional: los ingenieros y científicos japoneses aprendieron a tomar el calor disipado en el agua y el aire, y enviarlo a las fábricas. Pero para nuestro científico P. K. Oschépkov, fundador de la radiolocalización e introscofia soviética, esto no constituyó una sensación, puesto que él ya hace tiempo que se ocupa de este problema. Una de las firmas japonesas propuso colaborar con él y con su Instituto Social de Inversión Energética, ENIN. (ENIN se ocupa de las cuestiones de utilización de la energía del medio ambiente. Su objetivo es la creación ya hoy día de una determinada alternativa a las centrales termoeléctricas, hidroeléctricas y electronucleares.)

Por decisión de la junta directiva de la AC de la URSS, ya en 1954 el laboratorio de Oschépkov, que confirmó su idea sobre la posibilidad de utilizar la energía disipada del espacio ambiental, fue integrado en el Instituto de Metalurgia, dirigido entonces por I. P. Bardin. De esta manera la ciencia reconoció oficialmente la posibilidad de realizar sus investigaciones. Ya en 1959 las investigaciones fueron «cerradas y el

laboratorio, disuelto». En resumidas cuentas S. Samsónov propuso «convocar un referéndum sobre la ulterior utilización de la energía de las centrales electronucleares, invitando también a los representantes de ENIN de Oschépkov».

No es difícil ver, que la «noticia sensacional» acerca de los ingenieros y científicos japoneses «que aprendieron a tomar el calor, disipado en el agua y el aire, y enviarlo a las fábricas», es una información de lo más corriente sobre la utilización directamente según su designación de las bombas de calor, bien conocidas ya hace tiempo y descritas por nosotros en el § 4.4.

Todo lo demás es una repetición textual de las sensaciones periodísticas ignorantes acerca de las «investigaciones» de P. K. Oschépkov y otros inventores del mpp-2, que ya fueron detalladamente examinadas por nosotros.

S. Samsónov va más allá que los inventores y que los periodistas que creyeron en ellos, cuando habla de la creación «ya hoy día de una determinada alternativa a las centrales termoeléctricas, hidroeléctricas y electronucleares». Como tal «alternativa» no se podrá realizar ni hoy ni en el futuro, sólo queda seguir el consejo de A. Einstein, o sea, negarse de las tentativas de «engañar a la naturaleza» y ponerse, no obstante, de acuerdo con ella. Aquí, si no tocamos las cuestiones de ahorro de energía, que ya hemos mencionado, existen dos tendencias.

La primera, por el momento la principal, se apoya en la técnica que se basa en la liberación de las reservas de energía «congeladas» (de combustible químico y nuclear). Esta técnica permite a un ritmo necesario incrementar el potencial energético, y a medida que se perfecciona la técnica, disminuir la cantidad de irrupciones y desechos nocivos. No obstante, esta tendencia no puede⁹⁷ garantizar radicalmente la solución de los problemas ecológicos, la acumulación de exceso de energía AW en la Tierra continuará.

La segunda tendencia está basada en la utilización de las diferencias de potencial, que de todas maneras se producen por la naturaleza, pero que no son utilizadas por la energética. A ellas pertenecen tanto aquellas que están relacionadas con la acción de la radiación solar, como aquellas que están condicionadas por la rotación de la

⁹⁷ Incluso las centrales nucleares del futuro darán una contaminación térmica potente, aunque excluyen el desprendimiento de CO₂.

Tierra y la atracción lunar, así como por el calentamiento de las capas interiores de la Tierra.

Las diferencias de las presiones de aire y de los niveles de agua permiten crear instalaciones energéticas eólicas, centrales mareomotrices (no digamos ya de las centrales hidroeléctricas). Las diferencias de temperaturas dan la posibilidad de obtener energía eléctrica tanto en el norte (agua más templada en el océano y aire frío y hielo en la superficie), como también en el sur (agua templada del océano en la superficie, y agua más fría en el fondo), así como en las regiones donde las capas calientes profundas llegan cerca de la superficie (geotermia). En las regiones con radiación solar intensiva es posible transformar y utilizar esta energía mediante una serie de procedimientos. Incluso se están elaborando procedimientos de obtención de energía eléctrica a base de la utilización de la diferencia de concentraciones de sales en el agua marítima y en los ríos que desembocan en el mar (recordemos el motor osmótico de J. Bernoulli, mostrado en la fig. 1.27). En todos estos casos la obtención de energía, que al fin y al cabo se entrega de nuevo, no cambia de ninguna manera AW. El flujo de energía simplemente va por otro camino, el útil; en lugar de disiparse inmediatamente en el medio ambiente, él realiza un trabajo útil. Tal energética ecológicamente pura podría eliminar todos los problemas ecológicos, incluso sin utilizar por completo los potenciales naturales. Pero... Este «pero» está relacionado con el hecho de que por diferentes causas, bien debido a concentraciones⁹⁸ pequeñas de los flujos de la energía utilizada (por ejemplo, de la energía solar, eólica), o bien a consecuencia de una situación geográfica desventajosa (por ejemplo, alejamiento de los golfos con mareas altas de los lugares de consumo de energía) los gastos para la construcción de tales centrales eléctricas o para la transmisión de la energía eléctrica resultan muy elevados. Cada kilovatio de potencia establecida resulta mucho más caro que en las centrales eléctricas con combustible orgánico o nuclear. Resulta que la energía que hay que gastar para obtener los materiales especiales, fabricar, transportar y montar la maquinaria de la central y de las líneas de transporte de energía, es mayor que la energía que da esta central durante todo el período de servicio. Es evidente, que por ahora es desventajoso construir tales centrales. Sin embargo, debe tenerse en

⁹⁸ Concentración en el sentido directo de la palabra, y no como la interpretan los inventores del mpp-2

cuenta que para muchos consumidores no muy grandes, dispersos en una amplia área, el suministro de energía es tan costoso, que las fuentes de energía ecológicamente puras, situadas muy cerca, ya hoy día resultan preferentes. Pero lo principal consiste en que las posibilidades de perfeccionar tales sistemas sólo comienzan a estudiarse seriamente. En una próxima perspectiva su costo puede reducirse bruscamente. Es por eso que el escepticismo de algunos energéticos, que ven una amplia difusión de las centrales eléctricas ecológicamente puras, que funcionan con fuentes de energía renovables, para mediados del siglo XXI, casi no tiene argumentación.

Incluso este breve resumen demuestra que los trabajos destinados al perfeccionamiento y transformación de la energética en todas sus direcciones es muy difícil, pero interesante. Estos trabajos requieren de personas dispuestas, apoyándose en los conocimientos científicos, a manifestarse, a marcar audazmente nuevos caminos sin temer a las tempestades de la revolución técnico-científica.

Todas las tentativas de encauzar a la energética al callejón sin salida de la «inversión energética», de resolver los problemas energéticos mediante la utilización del móvil perpetuo de segunda especie están totalmente desprovistas de perspectivas. Ellas sólo desvían a las personas de los problemas más reales. La afición por el móvil perpetuo, que se conserva hasta nuestros días en una forma peculiar de mpp-2, no puede existir por mucho tiempo a pesar de su formalización «científica». El móvil perpetuo de segunda especie, al igual que su precedente, el móvil perpetuo de primera especie, quedará solamente como un episodio interesante e instructivo de la historia de la física y de la ciencia energética.

Bibliografía

- 1.1. (V. I. Lenin. Referente a la característica del romanticismo económico.)
- 1.2. (V. I. Lenin. ¿Qué hacer?)
- 1.3. (C. Marx y F. Engels. La sagrada familia.)
- 1.4. (F. Engels. Dialéctica de la naturaleza.)
- 1.5. 1950 (R. Descartes. Obras escogidas.)
- 1.6. 1924 (M. Planck. Unidad del cuadro físico del mundo.)
- 1.7. 1967 (A. Einstein. Colección de obras científicas.)
- 1.8. 1972 (E. Schrödinger. ¿Qué es la vida desde el punto de vista de la física?.)
- 1.9. 1956 (J. Bernal. La ciencia en la historia de la sociedad.)
- 1.10. 1984 (K. K. Rebané. Energía, entropía y habitación.)
- 1.11. 1982 (Styríkovich M. A., Shpilráin E. E. Energética. Problemas y perspectivas.)
- 1.12. 1984 (¿Es más que suficiente?)
- 1.13. 1934 (Segundo principio de la termodinámica S. Carnot, W. Thomson-Kelvin, R. Clausius, L. Boltzmann, M. Smoluchowski.)
- 1.14. 1982 Ostwald W. Energetische Untersuchungen//Zeitschrift für physikalische Chemie.
- 1.15. 1936 (Danneman F. Historia de las ciencias naturales.)
- 1.16. 1935 (Kuznetsov B. G. Historia de la técnica energética.)
- 1.17. 1949 (A. S. Pushkin. Obras completas.)
- 1.18. 1988 (V. M. Brodianski, V. Frátsher, K. Mijálik. Método exérgico y su aplicación.)
- 1.19. 1982 (V. M. Brodianski. Energía: problemas de la calidad.)
- 1.20. 1976 (A. V. Martínov, V. M. Brodianski. ¿Qué es el tubo de torbellino?)
- 1.21. 1955 (A. I. Herzen. Dilettantismo en la ciencia.)
- 1.22. 1967 (Shambadal P. Desarrollo y aplicación del concepto de entropía.)
- 1.23. 1970 (L. Boltzmann. Artículos y discursos.)
- 1.24. 1974 (R. Tolmen. Relatividad, termodinámica y cosmología.)
- 1.25. 1978 (S. Hocking. Agujeros negros y termodinámica.)
- 1.26. 1981 (E. Ya. Sokolov, V. M. Brodianski. Fundamentos energéticos de transformación del calor y procesos de refrigeración.)
- 1.27. 1982 (D. Reij, D. MacMichel. Bombas de calor.)
- 1.28. 1984 (A. N. Bogoliúbov. R. Hooke.)
- 1.29. 1975 (Motores de Stirling.)
- 1.30. 1985 (Woker H. Motores de Stirling.)
- 1.31. 1983 (Programa energético de la URSS.).

- 2.1. v. 1. 1861; v. 2. 1870 Dirks H. The perpetuum mobile; or search for selfmotive power during the XVII, XVIII, XIX centuries

- 2.2. London, 1900 Daul A. Das perpetuum mobile. Wien. Hxrtleben.
- 2.3. 1911 (Máquinas de móvil perpetuo.)
- 2.4. 1925 (Ijak-Rubiner F. El móvil perpetuo - perpetuum mobile)
- 2.5. 1980 (Ord-Houm A. Móvil perpetuo. Historia de una obsesión.)
- 2.6. 1984 (Míjal S. El móvil perpetuo ayer y hoy.)
- 2.7. 1778. Histoire de l'Academie royale des sciences. Paris, P. 65-66.
- 2.8. 1959 (Acerca de lo imprudente que es perseguir sensaciones científicas.)
- 2.9. 1960 (N. Semiónov. El espíritu de la fábrica «Santécnica».)
- 2.10. 1984 (E. E. Shpilráin, A. M. Semiónov. La para-energética, o como no hay que buscar la energía.)
- 2.11. 1968 Angrist S. Perpetual motion machines// Scient. American. Vol. 218. P. 114-122.)
- 2.12. 1987 (E. Vélijov, A. Prójorov, V. Sagdéev. El milagro no ha tenido lugar.)
- 2.13. 1987 (V. V. Sychev, E. E. Shpilráin. Cuando el fin que se persigue es el espejismo.)
- 2.14. 1983 Walker J. Motors, in which magnets attract other magnets in apparent perpetual motion//Scientific American,
- 2.15. 1982 Silvermaa H. The vortex tube a violation of the second law?//Eur. Journ of Physics. N° 3. P. 88-92.
- 2.16. 1936 (A. V. Shúbnikov. Paradojas de la física.)
- 2.17. 1862 (P. P. Pekarski. La ciencia y la literatura en Rusia en el reinado de Pedro I.)
- 2.18. (A. Azimov. El último problema.)

- 3.1. 1982 (Oschépkov P. K. La vida y la ilusión.)
- 3.2. 1959 (I. I. Gvai. Acerca de una hipótesis poco conocida.)
- 3.3. 1969 (E. Muslín. Por encima del ciclo de Carnot.)
- 3.4. 1971 (E. Muslín. La máquina del siglo XX.)
- 3.5. 1976 (N. Záev. Tentaciones energéticas.)
- 3.6. 1959 (R. Leonidov, Yu. Medvédiev. Error o descubrimiento.)
- 3.7. 1966 (T. Lebediev. Realización de una ilusión.)
- 3.8. 1967 (A. Mitskévich, A. Erojin. El hombre va hacia los soles.)
- 3.9. 1968 (P. Oschépkov. La energía y nuestro planeta.)
- 3.10. 1988 (G. V. Lijosherstnyj. En busca de energía.)
- 3.11. 1960 (P. Kuznetsov. Problema de la vida y segunda ley de la termodinámica.)
- 3.12. 1965 (K. S. Tríncher. Biología e información.)
- 3.13. Patente 4.389858 EE.UU. E25 B1; 00. Heat engíne/Jessen H.E.)
- 3.14. (Máquina de calor atmosférico//Shelest A. N.)
- 3.15. (Transformador de vapor con hervidor de solución amoniaca y absorbedor de alta presión/ V. P. Taritónov.)
- 3.16. 1975-1976 (M. A. Mamontov. Teoría de los motores termicos.)

- 3.17. 1962 (Máquina de calor atmosférico.)
- 3.18. 1984 (Mámontov M. A. De la estructura de Carnot a la estructura de Prometeo.)
- 3.19. 1981 (Yu. Chirkov. En forma recreativa sobre la energética.)
- 3.20. Mordasewicz J. Czy zalozenia prowadzace do sformulowania II zas termodynamiki// Energetika przemyslowa. N° 10. S. 419-421.
- 3.21. 1962 Ochedusko S., Sikora J. Woboranie 11 zasdy termodynamiki//Energetika przemyslova. N°10. S. 419-421.
- 3.22. 1986 Abbo wariat, albo genuisz//Política,31 mai.
- 3.23. 1980 (S. Káshnikov. Móvil perpetuo ordinario.)
- 3.24. 1952 (E. M. Jaritónchik. Procesos y ciclos con entropia decreciente y su significado para las ciencias naturales y la técnica.)
- 3.25. 1971 (E. M. Jaritónchik. Sobre la interacción entre las leyes de la mecánica y de la termodinámica.)
- 3.26. 1982 (F. Paturi. Las plantas como ingenieras geniales de la naturaleza.)
- 3.27. 1988 (M. Sidorov. La estrella de Oschépkov.)

- 4.1. 1910 Scheerbart P. Das Perpetuum Mobile. Geschichte einer Erfindung. Leipzig,
- 4.2. 1951 (N. E. Saltykov-Schedrín. El idilio contemporáneo.)
- 4.3. 1958 (N. E. Petropávlovski. El móvil perpetuo.)
- 4.4. 1974 (V. Shukshín. El obstinado.)