

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 691 739**

(51) Int. Cl.:

**F04D 29/62** (2006.01)  
**F04D 1/00** (2006.01)  
**F04D 29/20** (2006.01)  
**F04D 29/049** (2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.12.2012 PCT/RU2012/001025**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **13.06.2013 WO13085433**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2012 E 12855650 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 2789858**

---

(54) Título: **Conjunto de bomba de petróleo eléctrica de línea principal y método para ensamblar la misma**

(30) Prioridad:

**09.12.2011 RU 2011150131**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.11.2018**

(73) Titular/es:

**LIMITED LIABILITY COMPANY NEFTEKAMSK MACHINERY PLANT (100.0%)  
ul. Magistralnaya 19/1  
Neftekamsk 452680, RU**

(72) Inventor/es:

**KUSHNAREV, VLADIMIR IVANOVICH;  
OBOZNYI, YURY SERGEEVICH;  
RYAKHOVSKY, OLEG ANATOLIEVICH;  
GUSKOV, ALEKSANDR MIKHAILOVICH y  
PETROV, ALEKSEI IGOREVICH**

(74) Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 691 739 T3**

---

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Conjunto de bomba de petróleo eléctrica de línea principal y método para ensamblar la misma

- 5 Campo técnico  
El conjunto de bomba de petróleo eléctrica de línea principal se refiere al campo de los conjuntos para bombeo de petróleo en oleoductos principales.
- 10 Antecedentes  
Es conocido un bastidor de base amortiguador de un conjunto de bomba (patente rusa n.º 103584, CIP F04D29/00, publicada el 20 de abril de 2011, siendo el propietario de la patente OOO "NKMZ"), el cual comprende medios de montaje ajustables autocorrectores (o, utilizando una terminología más precisa, soportes de montaje). No obstante, como describe un bastidor de base de un conjunto de bomba en vez del conjunto de bomba eléctrica en su totalidad, el cual comprende una bomba centrífuga de doble voluta de fase única, un motor eléctrico cuyos ejes están acoplados por un acoplamiento y un bastidor de base (o de montaje) que cuenta con soportes montados bajo los pies de una bomba y/o un motor, no se consideraron una serie de características de la interacción de todos los componentes principales del conjunto.
- 15 Es conocido un conjunto de bomba eléctrica centrífuga, el cual comprende una bomba y un motor montados en una base de apoyo común y acoplados mediante un acoplamiento (patente rusa n.º 95043, CIP F04D1/00, F16D3/50, publicada el 10 de junio de 2010). Se argumenta que el efecto técnico es reducir el desgaste de los cojinetes, el sobrecalentamiento del motor, el ruido y las vibraciones.
- 20 Sin embargo, este conjunto se refiere a la industria nuclear y, por lo tanto, no tiene en cuenta las características de los conjuntos de bombas de petróleo eléctricas de línea principal. Asimismo, esta patente centra su atención en el problema específico de mejorar el diseño de un acoplamiento flexible entre la bomba y los ejes del motor. Se ha descrito específicamente un acoplamiento flexible para la unidad de bomba centrífuga en la patente rusa n.º 2246047 (CIP F04D29/62, publicada el 10 de febrero de 2005). Sin embargo, las desventajas de este acoplamiento incluyen una fiabilidad operativa relativamente baja, el envejecimiento y el envejecimiento térmico de los elementos flexibles de caucho con el cambio del coeficiente de elasticidad del caucho en condiciones de grandes variaciones de temperatura, especialmente en presencia de vapores de petróleo y un posible contacto con el petróleo cuando se usa el acoplamiento en una bomba de petróleo centrífuga de línea principal.
- 25 Por lo que se refiere a que la bomba es el componente más importante y complejo del conjunto de bomba de petróleo eléctrica de línea principal, se conoce una bomba centrífuga de doble voluta para bombeo de petróleo de la planta JSC Sumskoy "Nasosenergomash" (patente de Ucrania n.º 22403, CIP F04D 1/00, publicada el 24 de abril de 2007). La bomba comprende una carcasa dentro de la cual está montado el rotor, en cuyo eje se fijan cojinetes, sellos mecánicos y un impulsor, que junto con el volumen de entrada y la voluta de expansión de la carcasa constituyen un área de flujo. La carcasa se instala además con un sistema de circulación de lubricación y enfriamiento de las cavidades internas de los sellos mecánicos, y el impulsor montado en un eje está dividido en dos mitades. La presencia de las dos mitades del impulsor permite reducir a la mitad las características de vibración de la bomba al montar dichas mitades del impulsor en el eje del rotor con la rotación de una mitad relativa a la otra alrededor del eje del rotor en el ángulo mitad entre las cuchillas. Se proporciona la rotación de las mitades mediante una configuración adecuada de las ranuras de chaveta. Una desventaja de esta bomba es la presencia de chavetas y ranuras de chaveta, que debilitan el eje del rotor y son concentradores de tensiones; dada la presencia fundamental de juego mecánico en conexiones por chaveta, la presencia de ranuras de chaveta en el eje facilita la excitación de las vibraciones del rotor de la bomba.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65
- También se conoce casi la misma bomba centrífuga de doble voluta para bombeo de petróleo del mismo titular de patente – JSC Sumskoy planta "Nasosenergomash" (junto con JSC "VNIIAEN" (Sumy, Ucrania)) (patente rusa n.º 106680, CIP F04D1/00, F04D29/00, publicadas el 20 de julio de 2011). La desventaja de esta bomba son los espacios en los soportes de cojinetes deslizantes que ocasionan golpes dinámicos en los espacios, lo que contribuye a un aumento de las vibraciones y el ruido de la bomba.
- Por lo que respecta al método análogo para ensamblar el conjunto de bomba montado en un bastidor por medio de su ensamblaje, moldeado, mecanizado y pulido (o desbastado) de alta eficiencia, se conoce una solicitud TCP internacional publicada WO2010030802 (CIP F04D 17/02, publicada el 18 de marzo de 2010) para un método de ensamblaje de una bomba centrífuga horizontal de tres fases de alta eficiencia como parte de un conjunto de bomba eléctrica. Sin embargo, este método aún no está diseñado para el ensamblaje del conjunto de la bomba de petróleo eléctrica de línea principal y, por lo tanto, no tiene en cuenta muchas de las características de diseño de dicho conjunto.
- También se conoce un método para fabricar un conjunto de bomba horizontal montado en pedestal (análogo a un bastidor de base) descrito en la Patente del Reino Unido n.º 1255169 (CIP F04C19/00, publicada el 1 de diciembre de 1971) utilizando el mecanizado de varias superficies de bomba para conexiones críticas posteriores durante una sola configuración. Sin embargo, la bomba descrita no es un tipo de bomba de petróleo de línea principal y, por lo tanto, este método de fabricación no está diseñado para el ensamblaje del conjunto de bomba de petróleo eléctrica de línea principal y, por consiguiente, no tiene en cuenta muchas de las características de diseño de dicho conjunto.

Como método análogo del ensamblaje montado en bastidor de alta eficiencia se conoce un método para ensamblar una unidad turbocompresora orientada horizontalmente (patente rusa n.º 2263247, CIP F16M5/00, F16M9/00, F01D25/28, publicadas el 27 de octubre de 2005), que consiste en un grupo turbocompresor (análogo funcional de una bomba) y un cargador (análogo funcional de un motor), y sus bastidores (de montaje y transporte y tecnológicos) con superficies de soporte.

Entre las desventajas de este método figuran el uso de métodos complejos y que requieren mucho tiempo para ensamblar e instalar la unidad en los bastidores y el uso de cuñas espaciadoras (o placas con un grosor medido) con una serie de limitaciones importantes de uso.

En el documento de la técnica anterior US 2.660.122 A se describe una bomba centrífuga que puede convertirse fácilmente de bomba de mano derecha a bomba de mano izquierda. El conjunto de bomba se describe como que comprende una bomba horizontal de doble voluta de fase única, un motor eléctrico, un acoplamiento que conecta sus ejes y un bastidor común para montar la bomba y el motor, en el que la bomba comprende una carcasa con dos entradas de semivoluta y una salida de doble voluta. Además, se proporciona una cubierta de la carcasa, un rotor que consiste en un eje y un impulsor instalado entre la carcasa y la cubierta, que está asentado sobre el eje, el cual comprende sellos mecánicos del rotor que están asentados sobre el eje, en el que el rotor de la bomba está montado fuera de la carcasa de la bomba en soportes de consola de cojinetes de rodillos.

En el documento de la técnica anterior CN 201.166.003 Y se describe una bomba de suministro de calor de doble aspiración de fase única que comprende un cuerpo de bomba fijado en un asiento de bomba a través de sujetadores de fijación. La bomba está diseñada para hacer circular agua por una red como medio de distribución de calor.

#### Compendio de la Invención

El principal objetivo general de la presente invención es crear un conjunto de bomba de petróleo eléctrica de línea principal con características técnicas y económicas mejoradas, en particular con una reducción de ruido y vibraciones, así como una mayor fiabilidad, vida útil y rendimiento gracias a un conjunto de mejoras tecnológicas y de diseño en todos los componentes esenciales del conjunto integrado por un único concepto inventivo.

El efecto técnico de la construcción mejorada del conjunto se logra porque como parte por las mejoras de los componentes básicos integrados por un único concepto inventivo, el conjunto de bomba eléctrica de línea principal comprende una bomba horizontal de línea principal de doble voluta de fase única, un motor eléctrico, un acoplamiento que conecta sus ejes, y un motor común sobre los mismos; dicha bomba comprende una carcasa con dos entradas de semivoluta y una salida de doble voluta y la cubierta de la carcasa, un rotor que consiste en un eje y un impulsor que se instala entre una carcasa y una cubierta, estando dicho impulsor asentado sobre el eje por medio de un dispositivo de sujeción de pinza de doble cara que tiene manguitos que se estrechan progresivamente y tornillos; los sellos mecánicos del rotor están asentados sobre el eje por medio de dispositivos de sujeción de pinza de una sola cara que tienen manguitos que se estrechan progresivamente y tornillos; dichos dispositivos de sujeción de pinza son una combinación de dos anillos coaxiales con superficies de trabajo que se estrechan progresivamente y los anillos se pueden deslizar mediante el uso de tornillos de sujeción a lo largo del eje principal del eje, uno con respecto al otro, con el fin de sujetar dicho eje. El rotor de la bomba está montado en el exterior con respecto a los soportes de consola de la carcasa de la bomba de cojinetes de rodillos de dos tipos: cojinete de rodillos esférico de doble hilera que soporta la carga axial del eje de la bomba y el cojinete de rodillos toroidal flotante; ambos cojinetes están montados sobre el eje sobre manguitos adaptadores que se estrechan progresivamente en sección axial, estando todas las conexiones de la carcasa sujetas de dos en dos, incluidas clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente con extremos roscados. Para un sellado seguro de los conjuntos de cojinetes, se pueden utilizar sellos de tornillo. Además, para reducir la concentración de tensiones en los cojinetes, la generación de la superficie cilíndrica interna del anillo interior del dispositivo de sujeción en áreas cercanas a los extremos es una curva de segundo orden; en las caras extremas de todos los manguitos que se estrechan progresivamente de aleación de acero de alta resistencia –los dispositivos de sujeción de pinza y los manguitos de sujeción–, estos extremos pueden ser alisados con precisión micrométrica.

La carcasa de la bomba tiene entradas laterales gemelas de semivoluta de doble voluta de la bomba que consisten en una entrada, una voluta y un área de convergencia delante de la entrada del flujo en el impulsor, y que se caracteriza por secciones transversales de referencia e intermedias de la parte de voluta de entrada, un ángulo de contacto de la parte de voluta de entrada y la presencia de la lengüeta de la voluta que separa los flujos de líquido que atraviesan la parte de voluta y la entrada. Las entradas mejoradas tienen secciones transversales de referencia e intermedias de la parte de voluta reducidas en un 15-20% de la eficiencia del flujo, el ángulo de contacto de la parte de voluta de entrada se incrementa hasta 200°-210° y la lengüeta de forma modificada se estrecha progresivamente desde la periferia hacia el centro.

La bomba y el motor del conjunto de la bomba eléctrica se instalan sustancialmente sin juego mecánico por sus pies a través de los soportes de montaje en los bastidores comunes o separados: la fijación de la bomba y el motor a bastidores comunes o separados se realiza utilizando los soportes de montaje de alta precisión ajustables en altura y autocorrectores en ángulo, las superficies de montaje de los pies de la bomba se elevan al nivel de un eje central común de las boquillas de succión y de descarga de la bomba, y también se utiliza un acoplamiento doble de compensación que tiene discos flexibles; dicho soporte de montaje de alta precisión consiste en tres juntas, dos juntas inferiores que están conectadas por

una rosca que permite cambiar la altura del soporte montado, y las juntas media y superior que tienen superficies esféricas de interconexión con el mismo radio de curvatura; todas las mencionadas juntas tienen un orificio axial común para el perno y la tuerca de montaje para la sujeción final de los pies al bastidor mediante pernos y tuercas a través del orificio pasante común, y dos juntas inferiores tienen orificios radiales ciegos para permitir el uso del efecto palanca cuando se ajusta la altura del soporte.

El acoplamiento que conecta el motor y el eje de la bomba es un acoplamiento de disco doble de compensación y consiste en una combinación de dos acoplamientos idénticos conectados por un eje hueco intermedio; cada acoplamiento tiene un disco de acero endurecido flexible (o un conjunto (paquete) de discos) montado entre sus dos semiacoplamientos; con el fin de descargar discos en los acoplamientos se instalan juntas de rodillos en forma de cojinetes esféricos de rodillos de doble hilera; cada uno de los dos acoplamientos tiene el mismo número par de dispositivos de fijación del conjunto de discos; se disponen manguitos en direcciones opuestas de los dispositivos de fijación en las bridas de los semiacoplamientos siguientes excepto uno, uniformemente y a una misma distancia radial desde el eje central común de rotación del acoplamiento y los ejes, en el que los dispositivos de sujeción en direcciones opuestas de discos flexibles de ambos acoplamientos son coaxiales.

Un efecto técnico del método para ensamblar el conjunto de bomba se logra mediante un proceso de ensamblaje tecnológico sin prácticamente ningún juego mecánico y de alta precisión utilizando los componentes básicos. Este método consiste en una secuencia de las siguientes técnicas: en primer lugar, ensamblar la bomba y después ensamblar la totalidad del conjunto de la bomba; antes de ensamblar la bomba, en la carcasa moldeada de la bomba y la cubierta moldeada de la carcasa, las superficies de asentamiento de los pies de la carcasa de la bomba y los planos de separación –un plano horizontal común de la carcasa y la cubierta y planos verticales de acoplamiento alrededor de los orificios del eje del rotor– son básicamente pulidos para instalar carcasa de conjuntos de cojinetes. Con el fin de perforar orificios para ajustar los anillos del espacio libre axial del rotor en la carcasa, orificios de sellado del espacio del impulsor y orificios de cojinete en las carcasa del conjunto de cojinete entre la carcasa de la bomba y la cubierta de la bomba y a través de las carcasa de cubierta de cojinetes vacías en una máquina perforadora en una operación de configuración única, se preselecciona una barra perforadora con herramientas de perforación colgadas reguladas; a continuación la carcasa de la bomba y la cubierta se acoplan mediante clavijas y dos clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente con extremos roscados en el plano horizontal de su separación, y las carcasa del conjunto de cojinete vacías se acoplan mediante tornillos y pares de clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente con extremos roscados en los planos de separación verticales con la carcasa de la bomba y la cubierta de la carcasa. Después de perforar los orificios en una única configuración, todas las bases y cubiertas se desconectan, extrayendo todas las clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente. Independientemente de la operación de perforación en una única configuración, el rotor de la bomba está formado por el eje, el impulsor y los dos manguitos conformados en el eje implicados en la formación de un área de flujo de bomba, utilizando dispositivos de sujeción de pinza de doble cara con manguitos que se estrechan progresivamente y tornillos y usando la herramienta en forma de un tubo de longitud dimensional precisa para un posicionamiento preciso del impulsor en el eje; después se instalan y fijan los manguitos conformados a ambos lados del dispositivo de sujeción de pinza; a continuación el rotor se monta con anillos espaciadores de holgura axial montados preliminarmente en su eje en la carcasa de la bomba sin cubierta, y se alinean los espacios entre el impulsor y los anillos con bloqueo axial del eje en relación con la carcasa de la bomba, por ejemplo mediante espaciadores temporales. Con independencia del montaje del rotor en la carcasa de la bomba, se ensamblan por separado dos conjuntos de cojinetes con un cojinete de rodillos esférico de doble hilera que soporta una carga axial y un cojinete de rodillo toroidal, el cual es flotante y por lo tanto no soporta una carga axial. A continuación se realiza el ensamblaje de ajuste, seguido por un desmontaje del conjunto de cojinete con un cojinete de rodillos esférico de doble hilera en el eje del rotor y la carcasa de la bomba para proporcionar una ausencia sustancial de juego mecánico entre los planos de acoplamiento de la base del conjunto de cojinete y la carcasa de la bomba a expensas de una disminución correspondiente en el grosor del anillo de compensación. Antes del montaje final de la cubierta de la bomba a la carcasa de la bomba con clavijas y clavijas que se estrechan progresivamente, se extraen los espaciadores temporales de los espacios axiales del eje con respecto a la carcasa. Después de montar la cubierta de la bomba a la carcasa de la bomba, se ensamblan juntos sellos mecánicos entre el eje del rotor y la carcasa de la bomba ensamblada, se fijan sellos mecánicos en la carcasa, por ejemplo con clavijas, y en el eje con un dispositivo de sujeción de pinza de extremo único sin juego mecánico con manguito que se estrecha progresivamente y tornillos. Al final del ensamblaje de la bomba, los conjuntos de cojinetes son fijados finalmente en la carcasa de la bomba ensamblada utilizando manguitos de sujeción que se estrechan progresivamente entre los cojinetes y el eje y se establece el espacio radial entre el impulsor y la carcasa de la bomba, incluidos los sellos de espacios, mediante la reutilización de clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente entre las bases de conjuntos de cojinetes y la carcasa de la bomba.

La conexión de la cubierta de la bomba y la carcasa de la bomba es preferentemente asegurada y compactada para que no tenga juego mecánico, o es sellada herméticamente con un líquido obturador (sellador anaeróbico), con la expectativa de curación completa con el sellador. El sellador se cura en ausencia de aire entre las superficies metálicas sin juego mecánico mediante fuerzas comprimidas de clavijas tensoras. El monómero líquido de fuente se transforma en el sellador de polímero causado por la fuerza de compresión pero sin el aire durante 1-2 días y después sujetada de forma segura el sello de la junta en condiciones operativas de altas presiones diferenciales.

A continuación se realiza el ensamblaje del conjunto de la bomba eléctrica, el cual comprende el montaje de la bomba y del motor eléctrico en un bastidor común o bastidores separados sobre una base, la conexión (normalmente mediante

soldadura) de tuberías a bridas de las boquillas de la bomba, el ajuste de la alineación de la bomba y los ejes del motor eléctrico y el acoplamiento final de la bomba y los ejes del motor eléctrico a través de un acoplamiento. El montaje de la bomba y el motor eléctrico en un bastidor común o bastidores separados con sujetadores al bastidor se lleva a cabo preferentemente mediante soportes de montaje ajustables de alta precisión y generalmente incluye la siguiente secuencia de técnicas: el montaje de un bastidor común o bastidores individuales en una base, la nivelación horizontal de las superficies de soporte en dos niveles, y finalmente el montaje de los bastidores en la base; el montaje específico de la bomba y/o el motor eléctrico en el bastidor o los bastidores individuales sobre soportes de montaje; la realización de orificios pasantes generales en los soportes, los pies y las superficies de montaje correspondientes del bastidor y la prefijación de los pernos de montaje en los orificios pasantes realizados, la conexión mediante soldadura o bridas de las boquillas de la bomba con tuberías; el ajuste e instalación final de todos los soportes de montaje debajo de la bomba y el motor eléctrico, utilizando simultáneamente láser para una alineación precisa de la bomba y los ejes del motor eléctrico; el ajuste final de los pernos de montaje de los soportes; la conexión de la bomba y los ejes del motor eléctrico exhibidos coaxialmente alineados y espaciados entre sí mediante la instalación de un acoplamiento de disco doble de compensación con el eje intermedio.

#### 15 Descripción de los dibujos

- La Figura 1 es una vista general del conjunto de bomba eléctrica;
- La Figura 2 es una vista de una bomba con tuberías conectadas;
- La Figura 3 es una vista en perspectiva de una bomba de petróleo de línea principal mejorada;
- La Figura 4 es una vista en sección transversal lateral general de una bomba;
- La Figura 5 es un dispositivo de sujeción de doble cara sin espacios para montar el impulsor en un eje;
- La Figura 6 es un dispositivo de sujeción de una sola cara sin espacios de uno de los dos sellos mecánicos del eje;
- La Figura 7 es un soporte (conjunto) de cojinete del rotor de la bomba con un cojinete de rodillo toroidal;
- La Figura 8 es un soporte (conjunto) de cojinete del rotor de la bomba con un cojinete de rodillos esférico de doble hilera;
- La Figura 9 es un soporte de montaje debajo del pie de la bomba y el motor eléctrico en una vista en sección lateral aumentada;
- La Figura 10 es una sección transversal longitudinal general del acoplamiento de disco doble de compensación entre los ejes de la bomba y el motor eléctrico;
- La Figura 11 es un esquema de entrada de bomba de semivoluta modificada.

#### 30 Descripción de la realización

En las figuras, en la numeración total de las posiciones, están marcados los siguientes componentes significativos y las partes a gran escala. Los componentes y partes más importantes del conjunto de bomba eléctrica son: una bomba horizontal de fase única de doble voluta (1), un motor eléctrico (2), un bastidor (3), soportes de montaje (4) debajo de los pies (5) de una bomba y un motor y un acoplamiento (6). Los componentes y partes más importantes de una bomba son: una carcasa moldeada (7) con dos entradas de semivoluta y una salida de doble voluta y una cubierta moldeada (8) de la carcasa de la bomba (con un plano horizontal común de la separación en el plano central común de simetría de los orificios para el rotor de la bomba), un rotor de bomba que consiste en un eje equilibrado y mecanizado (9) y un impulsor (10), un dispositivo de sujeción de pinza de doble cara (11) del impulsor en el eje, dos manguitos conformados (12) en el eje para formar la parte de flujo de la bomba, sellos mecánicos (13), dispositivos de sujeción de pinza de una cara (14) en el eje, dos cojinetes de rodillos diferentes: un cojinete de rodillos esférico de doble hilera (15) y un cojinete de rodillos toroidal (16), manguitos de sujeción que se estrechan progresivamente (17 y 18) para los cojinetes (19 y 20), carcasa de cojinetes de tipo tubo (soportes de consola), un sistema de lubricación y sellado de cojinetes, conjuntos de sujetadores (tornillos, pernos, tuercas, clavijas y clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente con extremos roscados).

Para garantizar una conexión firme sin juego mecánico del impulsor y un eje, se utiliza un elemento de sujeción que consiste en tres partes principales: un anillo central al que son atraídos anillos laterales idénticos por la fuerza de tensión del tornillo, en el que las superficies que se estrechan progresivamente de los anillos son presionadas contra las superficies que se estrechan progresivamente del anillo. El anillo central y los anillos laterales entran en contacto mediante superficies que se estrechan progresivamente. La conexión es autocentrante en relación con el eje de rotación y es una conexión a presión de montaje fácil. La conexión transmite fuerzas considerables de torsión y axiales.

Para asegurar la conexión de las carcasa, la relación de estrechamiento progresivo de las clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente es pequeña, por lo general de 1:50. Para extraer la clavija se utiliza su extremo roscado.

Los manguitos de sujeción que se estrechan progresivamente de los cojinetes están equipados con una sección axial para incrementar la flexibilidad del cuerpo del manguito.

El bastidor del conjunto está fabricado preferentemente a base de canales. En virtud de las recomendaciones de la ingeniería empírica, el tamaño del canal es aproximadamente 0,1 del tamaño total máximo del bastidor.

Los factores que afectan las características de un conjunto convencional, principalmente los parámetros de vibraciones y ruido, son los siguientes:

- Mecánicos: desequilibrio del rotor; longitud del eje del rotor, su perfil con ranuras de chaveta y conexión enchavetada con espacios; soportes de cojinete; desalineamiento del eje de la bomba y el motor; el grado de fijación no rígida del conjunto al bastidor;
- Hidrodinámicos: vibración de la cuchilla y funcionamiento fuera de diseño (no clasificado) de la bomba.

5 Las principales soluciones de diseño técnico que mejoran las prestaciones de las características referidas del conjunto de la bomba, reduciendo en primer lugar las vibraciones y el ruido del conjunto de la bomba, son:

- el uso de un asentamiento no estriado sin juego mecánico del impulsor sobre un eje liso;
- el uso de cojinetes de rodillos a medida asentados de forma no acanalada y sin juego mecánico en un eje liso;
- el uso de sellos mecánicos asentados de forma no acanalada y sin juego mecánico sobre un eje liso;
- el uso de soportes de montaje esféricos ajustables en altura y autocorrectores bajo los pies de la bomba y el motor;

10 15 y la principal solución tecnológica en el proceso de ensamblaje de la bomba: la perforación de las superficies de asentamiento de la carcasa de la bomba para el rotor en una operación única de configuración.

20 La principal ventaja del uso de dispositivos de sujeción de pinza con manguitos que se estrechan progresivamente y tornillos es la sustitución completa de las conexiones acanaladas, y por lo tanto la eliminación de la fuente de concentradores de tensiones peligrosas del eje del rotor, lo que garantiza un impacto en la reducción de las vibraciones y aumenta los recursos del rotor de la bomba y del conjunto de la bomba en su totalidad. El dispositivo de sujeción de pinza no tiene juego mecánico, no daña la superficie del eje y el núcleo, y se instala y extrae fácilmente de la conexión de sujeción.

25 30 La principal ventaja del uso de cojinetes de rodillos a medida, permitiendo la flotación del eje del rotor sin doblar (cojinete de rodillos toroidal) y percibiendo fácilmente los cambios en la longitud del eje causados por los desplazamientos térmicos (cojinete de rodillos esféricos de doble hilera) es la posibilidad de un acortamiento significativo (15-20%) de la longitud del eje con cojinetes con rigidez creciente y una disminución correspondiente de sus vibraciones. Además, las carcasa tubulares de los cojinetes, en lugar de las carcasa semitubulares de cojinetes desmontables, también mejoran las características de rigidez de la bomba.

#### **Ensamblaje detallado de la bomba**

35 Antes de ensamblar la bomba, se realiza la perforación de orificios con una barra perforadora en una máquina perforadora en las carcasa en una operación de única configuración (cuando se perforan dichos orificios, las carcasa vacías de los cojinetes deben estar aseguradas en la carcasa de la bomba mediante tornillos y fijadas mediante los pares de clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente).

40 A continuación, se conecta el eje del rotor y el impulsor mediante una conexión de sujeción de pinza de doble cara con manguitos que se estrechan progresivamente y tornillos. Se asegura la posición del impulsor con relación al eje mediante una herramienta en forma de un tubo con una longitud de medición precisa con un disco y orificios para tornillos en el extremo. Cuando se instala el impulsor, se coloca el tubo completamente en el eje hasta que el disco se detiene en el extremo del eje y, a través del orificio en el disco, se fija al extremo del eje con un tornillo. Se aprietan los tornillos de la conexión de pinza en tres pares de sujeción de derivación 0,3T, 0,7T y T.

45 50 Se fijan tornillos falsos para conectar el impulsor con un manguito conformado en el lado opuesto principal a los tornillos de la conexión de pinza.

Se fijan los manguitos conformados a ambos lados del impulsor, se aseguran con tuercas y tuercas de retención.

55 60 Al desplazar el eje a lo largo del eje principal se logra una igualdad de separación entre el impulsor y los anillos, se insertan espaciadores temporales (medidores) en estos espacios para la fijación axial del eje con relación a la carcasa de la bomba.

Independientemente, en la mesa de montaje se ensamblan dos conjuntos de cojinetes. Cuando se ensambla el conjunto de cojinete con un cojinete de rodillos esférico de doble hilera, se inserta el cojinete en la carcasa del cojinete y se fija mediante un tapón falso. De forma similar, se ensambla otro conjunto de cojinete con un cojinete de rodillos toroidal.

65 70 A ambos lados del eje del rotor se instalan sellos de máquina, manguitos de sello de latón (que pueden sellarse con un tornillo) y anillos de compensación (no mostrados en las figuras).

75 Se instala el conjunto de cojinete en el eje, se inserta un manguito que se estrecha progresivamente en el cojinete (desde el juego de cojinetes) y se asegura con una tuerca. Se instalan los tornillos para conectar la carcasa del cojinete a la carcasa de la bomba. Al atornillar los tornillos a mano y usar las juntas de montaje, se garantiza que los planos de

- acoplamiento de la carcasa de cojinete y la bomba están en paralelo. Se mide con un medidor el espacio libre entre el plano de acoplamiento de las carcchas de cojinete y la carcasa de la bomba. Después de desmantelar el conjunto de cojinete, se extrae el anillo y se reduce su grosor en la cantidad de espacio libre que permitirá en el ensamblaje final proporcionar un espacio libre corregido cercano a cero entre los planos de acoplamiento de las carcchas de los cojinetes y la carcasa de la bomba.
- 5 Se extraen los espaciadores temporales de los espacios (laterales) axiales.
- 10 Se instala la cubierta de la bomba en la carcasa de la bomba. Para llevar a cabo esta acción, después de haber lubricado las superficies de contacto con un líquido obturador (monómero sellador anaeróbico), se baja suavemente la cubierta de la bomba sobre la carcasa de la bomba, se colocan las clavijas y se asegura a la carcasa, girando las tuercas algunas vueltas. Debemos asegurarnos de que cuando la tapa se baje, las protuberancias de los anillos se producen en respuesta a las ranuras de la cubierta de la bomba. Se deja reposar la construcción durante el tiempo suficiente para que el sellador se polimerice.
- 15 Se ensamblan los sellos mecánicos, habiéndolos instalado de tal manera que una de las aberturas para lavar el sello mecánico se dirige hacia la abertura superior en la cubierta de la bomba. Se asegura el sello mecánico en la carcasa de la bomba mediante clavijas y en el eje en la dirección axial mediante un dispositivo de sujeción de pinza de una sola cara. Se desmontan las abrazaderas de resorte de los sellos mecánicos.
- 20 Se instala el conjunto de cojinete en el eje, habiendo prefijado un anillo, un manguito y un anillo de compensación (no mostrados). Se instala entre el cojinete y el eje un manguito de sujeción que se estrecha progresivamente, se aprieta la tuerca mediante un par estandarizado y se bloquea. Se aprietan los tornillos a mano y, usando el tornillo de montaje, se alinean los orificios de las clavijas en la carcasa del cojinete con los orificios de acoplamiento en la carcasa de la bomba.
- 25 Se colocan las clavijas que se estrechan progresivamente y se aprietan y bloquean los tornillos.
- Se extrae la cubierta falsa y se instala la cubierta en su lugar. Al ajustar el grosor de la junta se garantiza la ausencia de un espacio libre del cojinete axial con respecto a su cuerpo.
- 30 Cuando se instala el soporte con cojinete de rodillo toroidal, la movilidad axial de los anillos de cojinete de rodillos proporciona un ajuste de las bridas de la carcasa del cojinete y la bomba. Sin embargo, para optimizar las condiciones de su operación, es necesario acoplar los planos de la cara extrema de los anillos interior y exterior, lo que se asegura ajustando el grosor de un anillo de compensación (no mostrado). Para llevar a cabo esta acción, se instala y asegura el conjunto de cojinete en la carcasa de la bomba apretando los tornillos a mano, se coloca un manguito de sujeción que se estrecha progresivamente en el cojinete y se aprieta la tuerca. Se mide el desplazamiento relativo de los anillos exterior e interior del cojinete y se ajusta el grosor del anillo de compensación contra el desplazamiento. A continuación, por último se instala y asegura el conjunto de cojinete.
- 35 Se comprueba la libertad de rotación de la bomba ensamblada.
- 40 El ensamblaje de la bomba ha terminado. Si es necesario, los cojinetes y los sellos mecánicos del eje del rotor pueden reemplazarse sin desconectar la cubierta y la carcasa de la bomba.
- 45 También se describe el proceso de ensamblaje de la bomba en la siguiente secuencia de técnicas: montar un bastidor común o bastidores individuales en una base, nivelar horizontalmente sus superficies de soporte en dos niveles y finalmente montar los bastidores en la base, ajustando el montaje de la bomba y/o el motor eléctrico en el bastidor o bastidores individuales en soportes de montaje; realizar orificios pasantes generales en los soportes, pies y las superficies de montaje correspondientes del bastidor y prefijar los pernos de montaje en los orificios pasantes realizados, la conexión soldada o embriddada de las boquillas de la bomba con tuberías; ajustar e instalar finalmente todos los soportes de montaje debajo de la bomba y el motor eléctrico, utilizando simultáneamente láser para la alineación precisa de la bomba y los ejes del motor eléctrico; ajustar finalmente los pernos de los soportes de montaje; conexión de la bomba y los ejes del motor eléctrico exhibidos alineados coaxialmente y separados el uno del otro mediante la instalación de un acoplamiento de disco doble de compensación con el eje intermedio.
- 50
- 55 El ensamblaje del conjunto de la bomba ha terminado en esta fase. Si es necesario, puede extraerse el manguito entre los ejes sin mover la bomba o el motor eléctrico.
- Un ejemplo de evaluación de los beneficios de un método para ensamblar el conjunto de bomba.
- 60 Pruebas preliminares de los prototipos del conjunto de bomba y la evaluación de expertos produjeron los siguientes valores relativos del impacto de las soluciones técnicas propuestas, principalmente en la reducción de las vibraciones del conjunto de bomba, los cuales se muestran en el cuadro en otra página.
- 65 Por consiguiente, como resultado de todas las mejoras inventivas propuestas del conjunto de bomba (la reducción de las vibraciones y el ruido, así como el incremento de recursos), su rendimiento mejorará sustancialmente, y por lo tanto se alcanzará el objetivo principal de la presente invención.

Cuadro de soluciones técnicas para reducir las vibraciones de los conjuntos de bomba eléctrica que tienen bombas del tipo NM 1250-10000

Factores que influyen en los parámetros de vibración	Solución técnica que reduce las vibraciones		
	Uso de cojinetes de rodillos asentados de forma no acanalada y sin juego mecánico sobre el eje liso	Uso de sellos mecánicos asentados de forma no acanalada y sin juego mecánico sobre el eje liso	Uso de soportes esféricos ajustables auto-correctores bajo los pies de apoyo de la bomba
Desequilibrio del rotor	Velocidad $n$ y $2n^*$ Reducida en 15-20%	Velocidad $n$ y $2n^*$ Reducida en 20-25%	Velocidad $n$ , $2n$ Reducida en 3%
Longitud y perfil del eje	Velocidad $n$ y $2n^*$ Reducida en 5-10%	Velocidad $n$ y $2n^*$ Reducida en 20-25%	Velocidad $n$ y $2n$ Reducida en 1-3%
Soportes de cojinete deslizantes	Velocidad $0,5n$ y $n^*$ Reducida en 10-15%	Velocidad $0,5n$ y $n^*$ Reducida en 20-25%	Velocidad $0,5n$ y $n^*$ Reducida en 1-3%
Desalineamiento del eje de la bomba y el eje del motor	Velocidad $n$ y $2n^*$ Reducida en 5-10%	Velocidad $n$ y $2n^*$ Reducida en 10%	Velocidad $n$ y $2n$ Reducida en 25-50%
Rigidez de montaje del conjunto en un bastidor	Velocidad $0,5n$ y $n^*$ Reducida en 3-5%	Velocidad $0,5n$ y $n^*$ Reducida en 5-10%	Velocidad $n$ y $2n$ Reducida en 25-50%
Vibración de la cuchilla	Velocidad $k^*\eta$ ; $2^*k^*\eta$ ; $4^*k^*\eta$ Reducida en 10%	Velocidad $k^*\eta$ ; $2^*k^*\eta$ ; $4^*k^*\eta$ Reducida en 10%	Velocidad $k^*\eta$ ; $2^*k^*\eta$ ; $4^*k^*\eta$ Reducida en 5%
Funcionamiento de la bomba en un modo de diseño	Velocidad $k^*\eta$ ; $2^*k^*\eta$ ; $4^*k^*\eta$ Reducida en 5%	Velocidad $k^*\eta$ ; $2^*k^*\eta$ ; $4^*k^*\eta$ Reducida en 5%	Velocidad $k^*\eta$ ; $2^*k^*\eta$ ; $4^*k^*\eta$ Reducida en 10-20%

## Símbolos:

n: velocidad del rotor, Hz (normalmente 50 Hz = 3000 rev./min.).

k: número de palas de impulsor (en la bomba propuesta, k = 7).

factor 2: de disponibilidad de chavetas en versiones convencionales de la bomba de petróleo de línea principal.

factor 0,5: de disponibilidad de cojinetes en versiones convencionales de la bomba de petróleo de línea principal.

## REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de bomba eléctrica de oleoducto principal que comprende una bomba horizontal de doble voluta y fase única de línea principal (1), un motor eléctrico (2), un acoplamiento (6) que conecta sus ejes, y bastidores comunes o separados (3) para montar la bomba (1) y el motor (2) sobre los mismos; dicha bomba (1) comprende una carcasa (7) con dos entradas de semivoluta y una salida de doble voluta, una cubierta de carcasa (8), un rotor que consiste en un eje (9) y un impulsor (10) que se instala entre la carcasa (7) y la cubierta de carcasa (8); dicho impulsor (10) está asentado sobre el eje (9) por medio de un dispositivo de pinza de sujeción de doble cara (11) que tiene manguitos que se estrechan progresivamente (12) y tornillos, estando los sellos mecánicos de rotor (13) asentados sobre el eje (9) por medio de dispositivos de sujeción de pinza de una sola cara (14) que tienen manguitos que se estrechan progresivamente (17, 18) y tornillos; los mencionados dispositivos de sujeción de pinza son una combinación de dos anillos coaxiales con superficies de trabajo que se estrechan progresivamente con anillos que pueden deslizarse mediante el uso de tornillos de sujeción a lo largo del eje principal del eje (9), en relación los unos con los otros, con el fin de sujetar el eje (9),  
 5 el rotor de la bomba está montado fuera de la carcasa de la bomba en soportes de consola de cojinetes de rodillos de dos tipos, a saber, un cojinete de rodillos esférico de doble hilera (15) que soporta una carga axial del eje de la bomba (9), y un cojinete de rodillos toroidal flotante (16), estando ambos cojinetes montados sobre el eje (9) en manguitos adaptadores que se estrechan progresivamente en sección axial, y estando todas las uniones de la carcasa (7) sujetas por pares, incluidas clavijas que se estrechan progresivamente extraíbles con extremos roscados.  
 10  
 15  
 20
2. El conjunto de bomba eléctrica de oleoducto principal de la reivindicación 1, en el que el conjunto de bomba comprende entradas de semivoluta laterales gemelas de doble voluta de la carcasa de la bomba (7) que consiste en una entrada, una voluta y un área de convergencia delante de la entrada del flujo en el impulsor (10), y que se caracteriza por la sección transversal de la parte de voluta, un ángulo de contacto de la parte de voluta y la presencia de la lengüeta de la voluta que separa el flujo de líquido que atraviesa la parte de voluta y la entrada, en el que la sección transversal de la parte de voluta tiene una velocidad de flujo reducida en un 15-20% en comparación con las entradas, el ángulo de contacto de la parte de voluta es de 200°-210° y en el que la lengüeta se estrecha progresivamente desde la periferia hacia el centro.  
 25  
 30  
 35
3. El conjunto de bomba eléctrica de oleoducto principal de la reivindicación 1, en el que la bomba (1) y el motor eléctrico (2) se instalan de una forma sustancialmente sin juego mecánico por sus pies (5) a través de los soportes de montaje (4) sobre los bastidores comunes o separados (3), la fijación de la bomba (1) y el motor (2) a bastidores comunes o separados (3) se realiza utilizando los soportes de montaje de alta precisión en ángulo, ajustables en altura y autocorrectores (4), las superficies de montaje de los pies de la bomba (5) son elevadas al nivel de un eje central común de las boquillas de succión y descarga de la bomba, también se utiliza un acoplamiento doble de compensación que tiene discos flexibles, dicho soporte de montaje de alta precisión (4) consiste en tres juntas, dos juntas inferiores están conectadas por una rosca que permite cambiar la altura del soporte montado (4), [y] las juntas medias y superiores tienen superficies esféricas de interconexión con el mismo radio de curvatura,  
 40 todas las juntas mencionadas tienen un orificio axial común para el perno y la tuerca de montaje para la sujeción final de los pies (5) al bastidor (3) mediante perno y tuerca a través del orificio pasante común, [y] dos juntas inferiores tienen orificios radiales ciegos para permitir la utilización del efecto palanca cuando se ajusta la altura del soporte (4).  
 45  
 50  
 55
4. El conjunto de bomba eléctrica de oleoducto principal de la reivindicación 1, en el que el acoplamiento (6) que conecta los ejes de la bomba y el motor eléctrico es un acoplamiento de disco doble de compensación y consiste en una combinación de dos acoplamientos idénticos conectados por un eje hueco intermedio, teniendo cada acoplamiento un disco de acero endurecido flexible o un conjunto de discos montados entre sus dos semiacoplamientos; con el fin de descargar discos en los acoplamientos se instalan juntas de rodillos en forma de cojinetes de rodillos esféricos de doble hilera; cada uno de los dos acoplamientos tiene el mismo número par de dispositivos de sujeción del conjunto de discos; se disponen manguitos en direcciones opuestas de los dispositivos en las bridas de los semiacoplamientos, de forma uniforme y a la misma distancia radial del eje central común de rotación de los acoplamientos y ejes, en el que los dispositivos de sujeción en direcciones opuestas de los discos flexibles de ambos acoplamientos son coaxiales.  
 60  
 65
5. Un método para ensamblar el conjunto de bomba eléctrica de oleoducto principal de conformidad con la reivindicación 1, el cual comprende, en primer lugar, el ensamblaje de una bomba (1), en particular:  
 antes de ensamblar la bomba (1), en la carcasa moldeada de la bomba (7) y la cubierta moldeada de la carcasa (8), las superficies de asentamiento de los pies (5) de la carcasa de la bomba (7) y los planos de separación –un plano horizontal común de la carcasa (7) y la cubierta (8) y planos verticales de acoplamiento alrededor de los orificios del eje del rotor– son básicamente pulidos para instalar carcasa de conjuntos de cojinetes;  
 con el fin de perforar orificios para ajustar los anillos del espacio libre axial del rotor en la carcasa (7), orificios de sellado del espacio del impulsor (10) y orificios de cojinete en las carcasas del conjunto de cojinete entre la carcasa de la bomba (7) y la cubierta de la bomba (8) y a través de las carcasas del conjunto de cojinete

vacías en una máquina perforadora en una única operación de configuración, se prefija una barra perforadora con herramientas de perforación colgadas reguladas, y a continuación la carcasa de la bomba (7) y la cubierta se acoplan mediante clavijas y dos clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente con extremos roscados en el plano horizontal de su separación, y las carcasas del conjunto de cojinete vacías se acoplan mediante tornillos y pares de clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente con extremos roscados en los planos de separación verticales con la carcasa de la bomba (7) y la cubierta de la carcasa (8);

después de perforar los orificios en una única configuración, todas las bases y cubiertas se desconectan, extrayendo todas las clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente;

en una única configuración, el rotor de la bomba está formado por el eje (9), el impulsor (10) y los dos manguitos conformados en el eje (9) implicados en la formación de un área de flujo de bomba, utilizando dispositivos de sujeción de pinza de doble cara (11) con manguitos que se estrechan progresivamente (12) y tornillos y usando la herramienta en forma de un tubo de longitud dimensional precisa para un posicionamiento preciso del impulsor (10) en el eje (9), y después se instalan y fijan los manguitos conformados a ambos lados del dispositivo de sujeción de pinza;

a continuación el rotor se monta con anillos espaciadores de holgura axial montados preliminarmente en su eje (9) en la carcasa de la bomba (7) sin la cubierta (8), y se alinean los espacios entre el impulsor (10) y los anillos con bloqueo axial del eje en relación con la carcasa de la bomba (7), por ejemplo mediante espaciadores temporales;

se ensamblan dos conjuntos de cojinetes con un cojinete de rodillos esférico de doble hilera (15) y un cojinete de rodillos toroidal (16), el cual es flotante;

a continuación se realiza el ensamblaje de ajuste del conjunto de cojinete con un cojinete de rodillos esféricos de doble hilera (15) sobre el eje del rotor (9) y la carcasa de la bomba (7) con el fin de proporcionar una ausencia sustancial de juego mecánico entre los planos de acoplamiento de la base del conjunto de cojinete y la carcasa de la bomba (7);

antes del montaje final de la cubierta de la bomba (8) en la carcasa de la bomba (7) con clavijas y clavijas que se estrechan progresivamente, se extraen los espaciadores temporales de los espacios axiales del eje con respecto a la carcasa (7);

después de montar la cubierta de la bomba (8) en la carcasa de la bomba (7), se ensamblan juntos sellos mecánicos (13) entre el eje del rotor (9) y la carcasa de la bomba ensamblada (7), se fijan sellos mecánicos (13) en la carcasa (7), por ejemplo con clavijas, y en el eje (9) con un dispositivo de sujeción de pinza de extremo único sin juego mecánico (14) con manguito que se estrecha progresivamente (17 y 18) y tornillos; al final del ensamblaje de la bomba, los conjuntos de cojinetes son fijados finalmente en la carcasa de la bomba ensamblada (7) utilizando manguitos de sujeción que se estrechan progresivamente entre los cojinetes y el eje (9) y se establece el espacio libre radial entre el impulsor (10) y la carcasa de la bomba (7), incluidos los sellos de espacios, mediante la reutilización de clavijas extraíbles que se estrechan progresivamente entre las bases de conjuntos de cojinetes y la carcasa de la bomba (7);

a continuación se realiza el ensamblaje del conjunto de la bomba eléctrica, el cual comprende el montaje de la bomba (1) y del motor eléctrico (2) en un bastidor común o bastidores separados (3) sobre una base, la conexión de tuberías a bridas de las boquillas de la bomba, el ajuste de la alineación de la bomba (1) y los ejes del motor eléctrico (9), y el acoplamiento final de la bomba (1) y los ejes del motor eléctrico (9) a través de un acoplamiento (6).

6. Un método, de conformidad con la reivindicación 5, en el que cuando finalmente se conectan una cubierta de bomba (8) y una carcasa de bomba (7), se utiliza una junta de monómero líquido, un sellador anaeróbico, con la expectativa de finalizar la polimerización completa del sellador bajo presión y en ausencia de aire.

7. Un método, de conformidad con la reivindicación 5, en el que el montaje de la bomba (1) y el motor eléctrico (2) en un bastidor común o bastidores separados (3) con sujetadores al bastidor (3) se lleva a cabo usando soportes de montaje ajustables de alta precisión (4) e incluye la siguiente secuencia de técnicas:

el montaje de un bastidor común (3) o bastidores individuales (3) en una base, la nivelación horizontal de las superficies de soporte en dos niveles, y finalmente el montaje de los bastidores (3) en la base;

el montaje de la bomba (1) y/o el motor eléctrico (2) en el bastidor común (3) o los bastidores individuales (3) sobre soportes de montaje (4);

la realización de orificios pasantes generales en los soportes, pies (5) y las correspondientes superficies de asentamiento del bastidor (3) y la prefijación de los pernos de montaje en orificios pasantes realizados, la conexión mediante soldadura o bridas de las boquillas de la bomba con tuberías;

el ajuste e instalación final de todos los soportes de montaje (4) debajo de la bomba (1) y el motor eléctrico (2), utilizando simultáneamente láser para una alineación precisa de la bomba (1) y los ejes del motor eléctrico (9);

el ajuste final de los pernos de montaje de los soportes (4);

la conexión de la bomba (1) y los ejes del motor eléctrico (9) exhibidos coaxialmente alineados y espaciados entre sí mediante la instalación de un acoplamiento de disco doble de compensación con el eje intermedio (9).

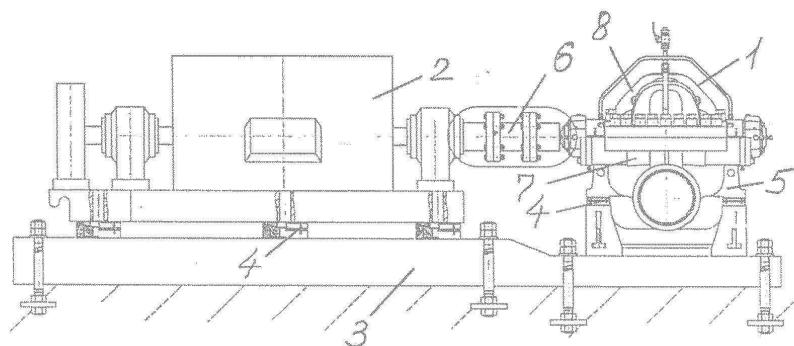


Fig. 1

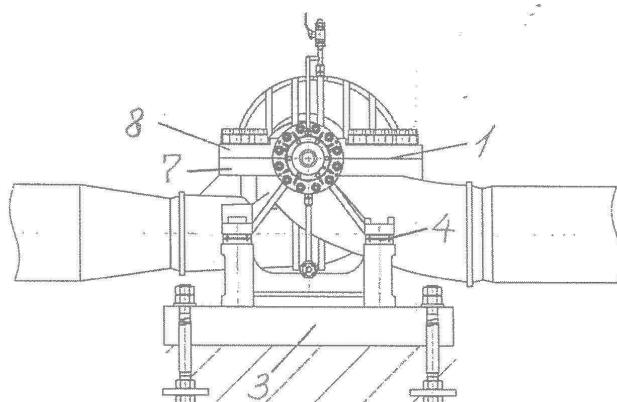


Fig. 2

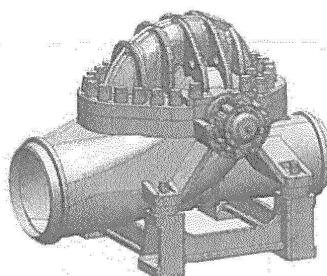


Fig. 3

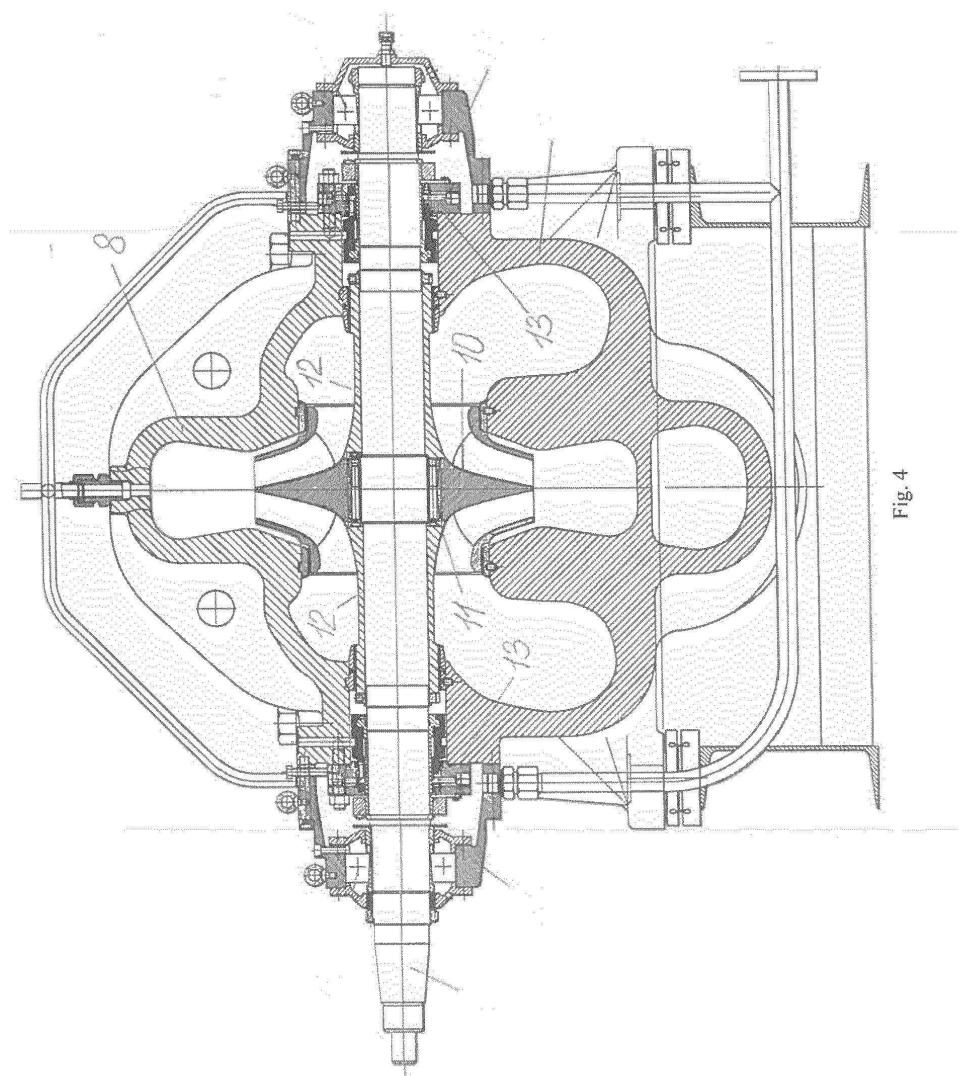


Fig. 4

