

Решение задач по центровке (выверке соосности) насосов является важным условием для обеспечения надежности и экономичности оборудования. В стандарте технических решений НО:2010, на который переходят все нефтехимические предприятия СНГ, сертифицированные по ISO-9001, этому направлению уделяется особое внимание.

ЦЕНТРОВКА НАСОСОВ

В.В. Севастьянов, Р.А. Романов

Ведущие технические специалисты ООО «Балтех»

г.Санкт-Петербург

PUMP ALIGNMENT.

V.V. Sevastyanov, R.A. Romanov,
Lead Technical Experts, ООО «Batech»

Dealing with the issues of aligning the pumps (checking the alignment) is an important condition for ensuring the reliability and economy of the equipment. In «NO:2010» Technical Solutions Standard to which all the petrochemical enterprises of the CIS certified to ISO-9001 are now transitioning, this activity is given special consideration.

The pump alignment in itself is a technical discipline which is not common to the specialties related to the service and repairs of the equipment, it tends to be defined more as a specialization. In order to obtain good results on large, high speed or high temperature units, the alignment requires unique and expensive measurement devices, a certain amount of calculation capability and, to a great extent, depends on the expert's experience.

At the present time, in Russia, there are no uniform standards which would regulate the tolerances for the work with respect to alignment of the rotary equipment and the procedure of doing such work, there is program in place for validation of specialists, which causes the results to be greatly inconsistent. At the same time, incorrect alignment of the pumps results in higher consumption of energy, premature wear of parts (couplings) and increased vibration, which, in most cases, culminates in series wrecks and emergencies.

Here comes up a reasonable question: what is pump alignment and how can lack of alignment be identified, what are the tolerances for the work to be done and what devices are to be used to do this work? Let us start from the very beginning and for that purpose we will introduce some basic definitions:

All the shafts, whether they are straight or curved, rotate around the axes, called centers of rotation. Correspondingly the centers of rotation form a straight line.

The shafts are aligned if their centers of rotation form a straight line, and the shafts are misaligned, if their centers of rotation do not lie on the same line during the machine operation. Correspondingly, alignment is defined as the operation to coordinate the rotation axis of the pump and the electric motor.

In the theory of the alignment there are two types of misalignment: parallel offset and angular opening. In practice both types occur at the same time.

Parallel offset of the axis means that the centers of rotation of the machines lie in parallel planes and, as a rule, constitute intersecting lines. The distance

Сама по себе центровка насосов – техническая дисциплина, не являющаяся общей для профессий, связанных с обслуживанием и ремонтом оборудования, а определяемая более как специализация. Для получения хороших результатов на больших, высокоскоростных или высокотемпературных агрегатах, центровка требует уникальных и дорогостоящих средств измерений, некоторой вычислительной способности и в большой степени зависит от опыта специалиста.

К настоящему времени в России нет единых стандартов, регламентирующих допуски на производство работ по центровке роторного оборудования и сам порядок проведения работ отсутствует, нет программы сертификации специалистов, что влечет за собой большое непостоянство результатов. В то же время неправильная выверка насосов ведет к повышенному расходу энергии, преждевременному износу деталей (муфт) и повышенной вибрации, которая в большинстве случаев приводит к серьезным авариям.

Встает резонный вопрос: что такое центровка насосов и как определить наличие расцентровки, каковы допуски на производство работ и какими средствами ее производить? Начнем по порядку и с этой целью введем основные определения:

Все валы, будут ли они прямыми или изогнутыми, вращаются вокруг осей, называемых центрами вращения. Соответственно центры вращения образуют прямую линию.

Валы являются соосными, если их центры вращения образуют прямую линию, и валы несоосны, если их центры вращения не лежат на одной линии во время работы машины. Соответственно центровкой называют операцию по согласованию осей вращения насоса и электродвигателя.

В теории вопроса центровки существует два типа несоосности: параллельное смещение и угловое раскрытие. На практике всегда встречаются оба вида одновременно.

Параллельное смещение оси подразумевает, что центры вращения машин лежат в параллельных плоскостях и являются, как правило, скрещивающимися прямыми.

Расстояние между плоскостями определяет величину параллельного смещения (рис.1.).

Наклон (угловое раскрытие) может быть просто оценен сначала определением разницы между смещениями вала, измеренными в двух плоскостях, ортогональных линии опорного вала, (смещение 1 - смещение 2), и делением этой разницы на расстояние между точками пересечения этих плоскостей с линией вала. В случае, показанном на рисунке:

$$\frac{(-0.12) - (-0.35)}{350} - \frac{+0.35 - 0.12}{350} = -0.00066 \text{ mm/mm},$$

умножая на 100, мы получим более употребительное значение:

$$0,00066 \times 100 \text{ мм} / 100 \text{ мм} = 0,066 \text{ мм} / 100 \text{ мм}$$

Когда валы несоосны, в соединении возникают силы, воздействие которых на насос приводит к его аварийному останову. Определить наличие этих сил можно по первичным признакам, таким как повышенная вибрация механизма, чрезмерный нагрев муфтовых соединений, быстрый выход из строя узлов насоса (подшипников, уплотнений, муфт) по сравнению с аналогичными насосами, и по вторичным: масляные подтеки, горки резиновых или пластмассовых крошек под защитным кожухом, чрезмерный износ зубьев в соответствующем зубчатом зацеплении и т.п.

Допустимой является такая несоосность валов, при которой точка пересечения их осей вращения находится в области муфты и прилежащий угол между осевыми линиями мал. Эти два критерия используются в двух перпендикулярных направлениях, обычно для удобства в вертикальном и горизонтальном, и нормируются в зависимости от скорости (частоты вращения).

Требования по центровке высокоскоростных машин жестче по сравнению с низкоскоростными машинами.

Ввиду отсутствия российского стандарта, регламентирующего допуски на производство работ по центровке, можно▶

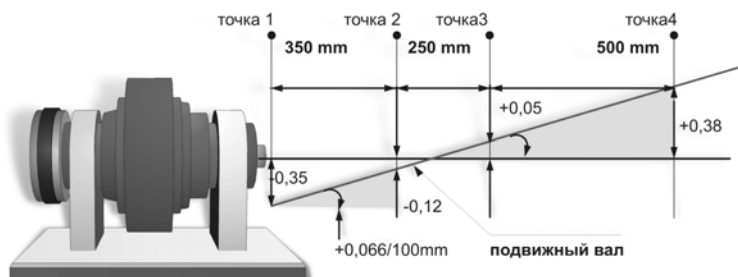


Рис. 1. Расчет угловой расцентровки

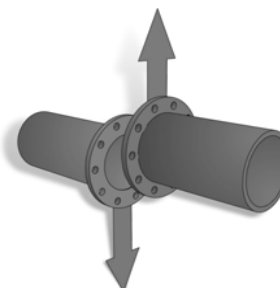


Рис. 2. Влияние сил в муфтовом соединении

воспользоваться нормами, принятыми на Западе. В табл.1 представлены допуски на центровку немецкой компании BALTECH GmbH, в табл. 2 даны нормы, рекомендуемые фирмой Ficturlaser, Швеция.

Центровка обязательно должна проводиться на всех машинах и механизмах (насосы, дымососы, вентиляторы, компрессоры, электродвигатели, редукторы, дизели, турбины и пр.), где есть:

- муфтовые соединения горизонтальных и вертикальных машин,
- промвставки горизонтальных и вертикальных машин,
- валопроводы из 3 и более последовательно соединенных машин,
- карданные передачи,
- ременные передачи,
- влияние параллельности и перпендикулярности валов на качество выпускаемой продукции (бумагоделательные машины, экструдеры, прокатные станы, компрессоры),
- влияние плоскости станины на надежность установленного механизма на фундамент,
- геометрическая центровка (прямолинейность направляющих кранов, выставление постелей подшипников скольжения, «пробитие» линии вала дизелей и судовых валопроводов),
- необходимость выставления проточной части турбоагрегатов (турбины, компрессоры).

В последующих статьях мы будем рассказывать о методах и средствах достижения качества и надежности выше перечисленных агрегатов с помощью приборов центровки Ficturlaser XA.

При проведении работ по центровке специалисту необходимо принять во внимание множество факторов, влияющих на условия эксплуатации насосов.

Это осевой зазор в муфте, деформация корпуса, установка подшипников (если подшипники менялись), плоскостность базы, тепловые расширения, изгиб валов, натяжение трубной обвязки и прогиба выносных элементов измерительной системы. В полномочия специалиста по центровке входит определение влияния этих факторов и проведение соответствующих корректировок.

Вибрация не должна использоваться как критерий качества центровки, несмотря на то, что задачей центровки является ее снижение. Оценивать центровку необходимо в статике с помощью измерительных инструментов, закрепленных на валах, используя «Допустимые пределы центровки». Другие причины могут вызвать вибрацию, такие как резонанс конструкции или дисбаланс. Поэтому нельзя использовать повышенную вибрацию как единственный признак расцентровки. Но если работающий насос не вызывает вибрации, то очевидно, что центровка удовлетворительна и ее можно принять.

Шум и повышенная температура подшипника могут быть связаны с расцентровкой, но эти симптомы также могут указывать на другие проблемы. Применять наличие шума и повышенной температуры у подшипника в качестве единственных признаков плохой центровки недопустимо.

Эти рассуждения не мешают специалисту остаться у машины при запуске и для своего удовлетворения наблюдать за рабочим состоянием машины. Не запрещается также для достижения более мягкой работы машины с помощью средств виброконтроля в качестве обратной связи проводить центровку работающего агрегата.

Выбор измерительных систем и методов – дело специалиста. Основные варианты – стрелочные индикаторы или лазеры. Основное требование для любой системы ►

between the planes determines the amount of the parallel offset.

The tilt (angular opening) can be assessed simply, first by determining the difference between the offsets of the shaft measured in the two planes orthogonal to the line of the support shaft, (offset 1 - offset 2), and by dividing this difference by the distance between the points of intersection of these planes with the line of the shaft. In the case shown in the figure:

by multiplying by 100, we will obtain a more usable value:

$$0,00066 \times 100 \text{ mm} / 100 \text{ mm} = 0,066 \text{ mm} / 100 \text{ mm}$$

When the shafts are off center (misaligned), there arise such forces in the connection whose impact on the pump results in an emergency failure. The existence of such forces can be identified by initial signs, such as increased vibration of the mechanism, overheating of the coupling joints, fast failure of the pump components (bearings, seals, couplings) compared to similar pumps, and by secondary signs: oil leaks, heaps of rubber or plastic fragments under the protective cover, excessive wear of the teeth in the relevant tooth mesh, etc.

Acceptable is such misalignment of the shafts in which the intersection point of their axes of rotation is located in the coupling area and the adjacent angle between the axial lines is small. These two criteria are used in two perpendicular directions, normally for the sake of convenience in the vertical and horizontal directions, and are standardized depending on the speed (rpm).

The alignment requirements with respect to the high speed machines are more stringent compared to the low speed machines.

Due to lack of the Russian standard, which regulates the tolerances for the alignment work, one can use the norms accepted in the West. Table 1 gives the alignment tolerances of the German company BALTECH GmbH, while Table 2 lists the norms recommended by Ficturlaser, Switzerland.

It is mandatory that all the machines and mechanisms (pumps, exhaust blowers, fans, compressors, electric motors, reducers, diesel engines, turbines, etc.) should be aligned where there are:

- Coupling joints of the horizontal and vertical machines,
- Inserts of the horizontal and vertical machines,
- Shaft lines consisting of 3 or more machines connected in series,
- Gimbal drives,
- Belt drives,
- Influence exercised by the parallelism and perpendicularity of the shafts on the quality of the products made (paper making machines, extruders, rolling mills, compressors),
- Influence of the bed flatness on the reliability of the mechanism installed on the foundation,
- Geometric alignment (straightness of the crane guide ways, aligning the sleeve bearing seats, «positioning» the diesel engine shaft line and vessel shaft lines),
- The need to align the plenum part of the turbo units (turbine, compressors).

In subsequent articles we will be describing the methods and devices by which to achieve quality and reliability of the above mentioned units using the Ficturlaser XA alignment instruments.

When doing the alignment work, a technician needs to take into consideration many factors which impact the operating conditions of the pumps. These are axial play in the coupling, the housing deformation, installation of the bearings (if the bearings have been replaced), flatness of the base, thermal expansions, the bend of the shafts, the tension of the pipework and the sagging of the remote elements of the measuring system. Part of the alignment technician's powers is to determine the effect of these factors and to make appropriate corrections.

Vibration is not to be used as a criterion of the

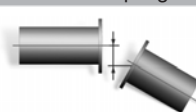
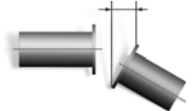
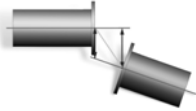
Для коротких муфт: For Short Couplings:		Скорость вращения (об/мин) Rpm	Допустимо Acceptable	Отлично Excellent
	Параллельное смещение (мм) Parallel Offset (mm)	750	0,19	0,09
		1500	0,09	0,06
		3000	0,06	0,03
		6000	0,03	0,02
	Угловое раскры- тие (мм/100мм) Angular Opening (mm/100mm)	750	0,13	0,09
		1500	0,07	0,05
		3000	0,04	0,03
		6000	0,03	0,02
Для валов с промвставкой и дисковых муфт: For Shafts with Insert and Plate Couplings:				
	Смещение (на 100 мм длины промвставки) Off- set (over 100 mm of the Insert Length)	750	0,25	0,15
		1500	0,12	0,07
		3000	0,07	0,04
		6000	0,03	0,02

Табл. 1. Допуски на центровку Baltech, Германия | Tab. 1 Alignment Tolerances Baltech, Germany

Скорость вращения (об/мин) Rpm	Угловое раскрытие (мм/100мм) Angular Opening (mm/100mm)		Параллельное смещение (мм) Excellent Parallel Offset (mm)	
	Отлично	Допустимо	Отлично	Допустимо
0-1000	0,06	0,10	0,07	0,13
1000-2000	0,05	0,08	0,05	0,10
2000-3000	0,04	0,07	0,03	0,07
3000-4000	0,03	0,06	0,02	0,04
4000-5000	0,02	0,05	0,01	0,03
5000-6000	0,01	0,04	<0,01	<0,03

Табл. 2. Допуски на центровку Ficturlaser, Швеция | Tab.2. Alignment Tolerances Ficturlaser, Switzerland

alignment quality despite the fact that the purpose of the alignment is to reduce it. The alignment is to be appraised in static condition, using the measuring instruments attached to the shafts and referring to the "Acceptable alignment limits". Other causes may lead to vibration, such as the structure resonance or imbalance. Therefore, increased vibration cannot be used as the only sign of misalignment. However, if the operating pump does not cause vibration, it is obvious that the vibration is satisfactory and it can be accepted.

Noise and elevated temperature of the bearing can be attributed to misalignment, however these symptoms may be indicative of other problems. It is not permitted to use the existence of noise and elevated temperature as the only signs of bad alignment.

Such talk should not preclude the technician from staying by the machine when it is started up or from watching the machine to satisfy himself that the machine is in running order. It is not prohibited either to align an operating unit, in order to achieve a smoother operation of the machine, using the vibratory control devices for feedback.

It is up to the technician to choose measuring systems and methods. The main options are needle indicators or lasers. The key requirement for any shaft alignment system is the repeatability of the readings. This is evaluated using the repeatability test in a circular turn. This test is a good way of evaluating the system attachment when deciding to purchase it. On the whole, the measuring system which does not return to zero (with the tolerance of 0.05 mm) after rotating 360 degrees, has to be rejected. Do not trust plastic clamps or other attachment elements which are not rigid enough.

Selecting a tool to work on the equipment alignment is an important activity.

What should be the focus when buying a tool (instrument)?

Who is the manufacturer? Who manufactures the tool and where. How is the tool sold and in the case of unforeseen emergency, where can it be repaired, replaced or where some option to add to it can be efficiently sourced. Where can it be checked and calibrated and what is the time scale for checking and calibration?

Who are the sellers? Will the sellers provide training in the use of the instrument? Will the sellers be telling about the capabilities of the instrument from the point of view of the user? Will they provide consulting regarding selection of hardware and will they take responsibility in the event of them committing a mistake?

But you have to be prepared yourself for the purchase of a new device. When buying a new measuring device to do alignment work, you have to have a precise knowledge of the following items:

1. Length of the shafts to be mated
2. Existence of thermal expansion
3. If there is a shaft line, the number of the shafts to be mated
4. The temperature range in which the instrument has to operate steadily.
5. Will the instrument require protection from explosion

The technicians of the Baltech Company will help you to make the right choice of the hardware, will teach you to operate it free of charge and will offer the most optimum terms and conditions for cooperation.

Mechanical, electronic and digital as well as laser alignment systems of the QUANTUM series have been developed and manufactured by the «BALTECH» Company, and in terms of many parameters, these systems are superior to their Western equivalents.

Example. The classical spectrum of the misalignment when carrying vibratory diagnostics of the pump at a company based in St.Petersburg by "Baltech" technicians, during preventive repairs (July 2005). In most cases the 2-nd reverse harmonic is 50% greater than the 1-st, also the resonances of the other components of the coupling joint are visible.

центровки валов – повторяемость измерений. Это оценивается тестом на повторяемость показаний при круговом повороте. Этот тест – хороший способ оценки крепежа системы при принятии решения о ее закупке. В основном измерительная система, которая не возвращается в ноль (с допуском 0,05 мм) после вращения на 360 градусов, должна быть отвергнута. Не доверяйте пластиковым скобам или другим элементам крепежа с недостаточной жесткостью.

Выбор инструмента для проведения работ по центровке оборудования – ответственное и важное мероприятие.

На что следует обратить внимание при покупке инструмента (прибора)?

Кто производитель? Кто и где производит инструмент. Как он продается и где в случае непредвиденной ситуации можно его отремонтировать, заменить или оперативно докупить к нему какую-либо опцию? Где производить его поверку и калибровку и в какие сроки?

Кто продавец? Проведет ли продавец обучение пользованию прибором? Расскажет ли о возможностях прибора с точки зрения пользователя? Даст ли консультацию по выбору аппаратного средства и возьмет ли на себя ответственность в случае своей ошибки?

Но и Вы сами должны быть подготовлены к покупке нового средства. При покупке нового измерительного средства для производства работ по центровке Вы долж-

ны точно знать следующие моменты:

1. Длина сопрягаемых валов
2. Наличие теплового расширения
3. При наличии валопровода – кол-во сопрягаемых валов
4. Температурный диапазон, при котором прибор должен устойчиво работать.
5. Потребуется ли прибору наличие взрывозащищенности.

Специалисты компании «БАЛТЕХ» помогут Вам осуществить правильный выбор аппаратного средства, бесплатно обучат Вас работе и предложат самые оптимальные условия сотрудничества.

Механические, электронно-цифровые и лазерные системы центровки серии КВАНТ разработаны и выпускаются фирмой «БАЛТЕХ» по многим параметрам превосходят западные аналоги.

Мы осуществляем также поверку лазерных измерительных головок производства фирм Fixturlaser (Швеция).

Пример:

Классический спектр наличия расцентровки при проведении вибродиагностики диагностики насоса предприятия в г.Санкт-Петербурге специалистами компании «Балтех» во время ППР (июль 2005г.). В большинстве случаев 2-я оборотная гармоника больше 1-й на 50%, а также видны резонансы прочих составляющих муфтового соединения. ■

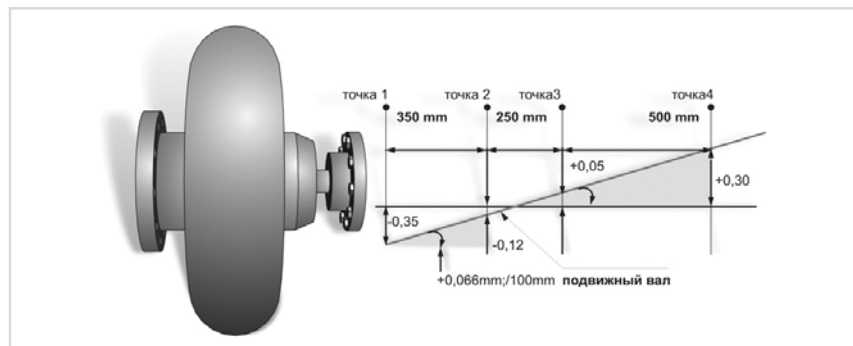


Рис. 3. Расчет линии вращения вала привода | We also check laser measuring heads made by Fixturlaser

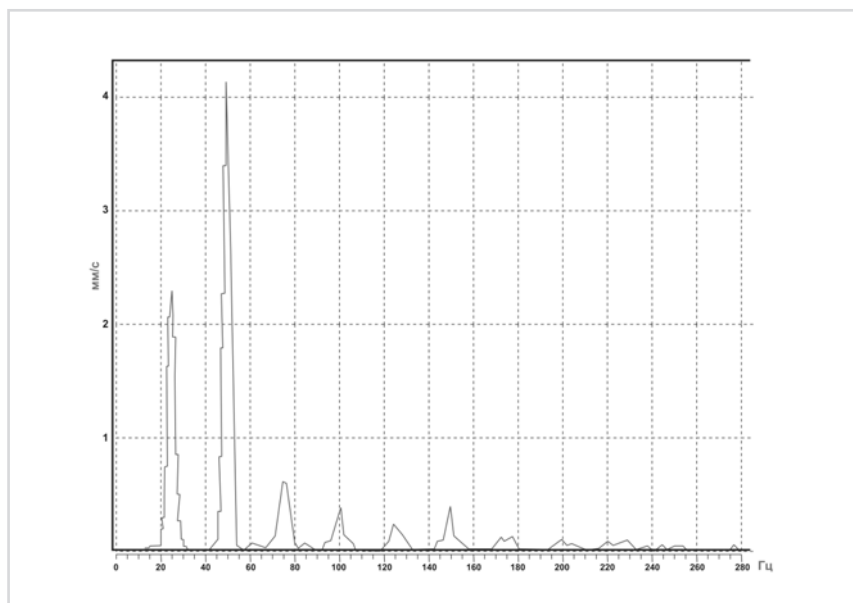


Рис. 2. Классический спектр расцентровки