



Судовые двигатели

Руководство по применению и монтажу

- **Привод**
- **Монтаж и центровка**
- **Монтаж вспомогательных двигателей**

Материалы и технические характеристики
могут быть изменены без предварительного
уведомления

© 2000 Caterpillar Inc.
Отпечатано в России



Привод

Привод гребного винта

Реактивная передача

Крутильные колебания

Приводные муфты

Приводы можно подразделить на две группы в зависимости от того, как создаются тяговые усилия, толкающие корпус судна.

В приводах гребного винта мощность двигателя преобразуется гребным винтом в силу тяги с внешней стороны корпуса. Усилия, создаваемые гребным винтом, передаются корпусу судна через гребной вал и судовую трансмиссию.*

В реактивных передачах приводимые водяные насосы, установленные внутри корпуса или неподвижно закрепленные на нем болтами, разгоняют большие потоки воды. Усилие потока воды, проходящего через насос, приводит в движение корпус. Сила тяги воздействует на корпус судна через корпус насоса.

Привод гребного винта

Существует несколько способов соединения двигателя с гребным винтом.

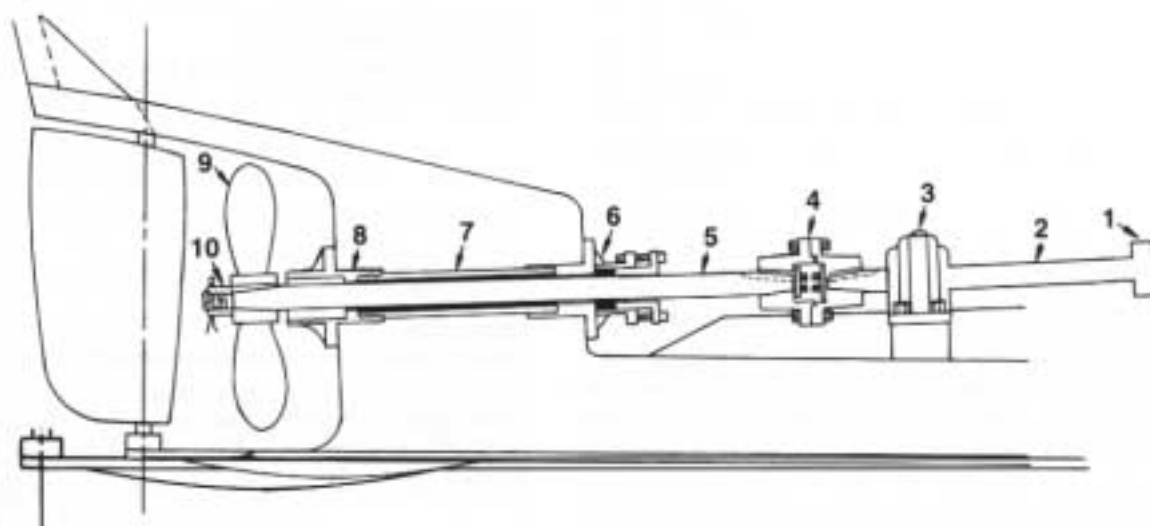
Система обычного прямолинейного валопровода

В гребных установках с обычным прямолинейным валопроводом, гребной вал - прямой, жесткий и передает усилие по прямой от фланца выходного вала редуктора к гребному винту. Двигатель или двигатели располагаются в нижней части корпуса, ближе к продольной оси, и усилие от винта обычно воспринимается редуктором или редукторами.

Диаметр вала и расстояние между опорами

Для предотвращения преждевременного повреждения опоры вала устанавливают на таком расстоянии друг от друга, при котором исключается биевание вала, но допускается его изгиб вместе с корпусом судна. В этом случае конструкция вала должна выдерживать осевые и скручивающие нагрузки.

* На судах с гребным винтом в управляющей насадке (насадка Корта) часть силы тяги создается за счет гидродинамических сил насадки. Гребные винты с насадками, как правило, не встречаются на быстроходных судах, т.к. на большой скорости они развивают высокое гидродинамическое сопротивление.



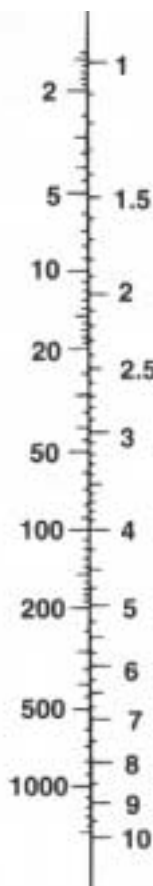
- | | |
|--|--|
| 1. Двойной фланец | 6. Сальник с подшипником или без него |
| 2. Промежуточный вал | 7. Дейдвудная труба с резьбой на одном конце и скользящей посадкой на другом |
| 3. Опора, промежуточная, расширяющаяся | 8. Дейдвудный подшипник |
| 4. Фланцевая муфта | 9. Гребной винт |
| 5. Гребной вал | 10. Стопорная гайка |

Рис.1.1. Детали привода, смонтированного вдоль оси корпуса через стерн-пост

Поскольку в случае столкновения гребного винта с подводными объектами в первую очередь разрушается гребной вал, его усиливают.

Ниже приведены номограммы, которые могут служить руководством для определения размера вала и расстояния между опорами. В них также содержатся названия материалов, традиционно применяемых в судостроительной практике.

Мощность, формально приходящаяся на 100 об/мин гребного винта



Диаметр вала (Дюймы)

Гребной вал для тяжелых условий работы необходимо усилить. Для этого к диаметру гребного вала прибавляют 1 % от диаметра гребного винта.

Диаметр промежуточных валов можно уменьшить до 0,95 от полученного размера.

Мягкая сталь, следует читать буквально. Тобинская бронза, умножьте на 1,05. Монель, умножьте на 0,88.

Пример 1

Условие задачи

Найти диаметр гребного вала из бронзы для двигателя, номинальная мощность которого на повторно-кратковременном режиме равна 315 л.с. при частоте вращения винта, равной 2000 об/мин. Передаточное отношение равно 2:1, диаметр винта - 32 дюйма. Условия эксплуатации - легкие.

Решение

Номинальная мощность на повторно-кратковременном режиме = 315 л.с.

Частота вращения винта = $2000/2 = 1000$

Мощность, формально приходящаяся на 100 об/мин гребного винта = $315/10,00 = 31,5$

Диаметр основного вала по номограмме рис.1.2 = 2,75 дюйма

Диаметр вала из бронзы = $2,75 \cdot 1,05 = 2,88$ дюйма

ПРИМЕЧАНИЕ: Округлите диаметр вала до ближайшего большего стандартного размера.

Пример 2

Условие задачи

Найти диаметр стального промежуточного вала и гребного вала из бронзы для эксплуатации в тяжелых условиях работы. Максимальная мощность на длительном режиме двигателя составляет 300 л.с. при частоте вращения винта 1800 об/мин. Передаточное отношение равно 4,5:1, а диаметр винта - 54 дюйма.

Решение

Максимальная мощность на длительном режиме = 300 л.с.

Частота вращения винта = $1800/4,5 = 400$

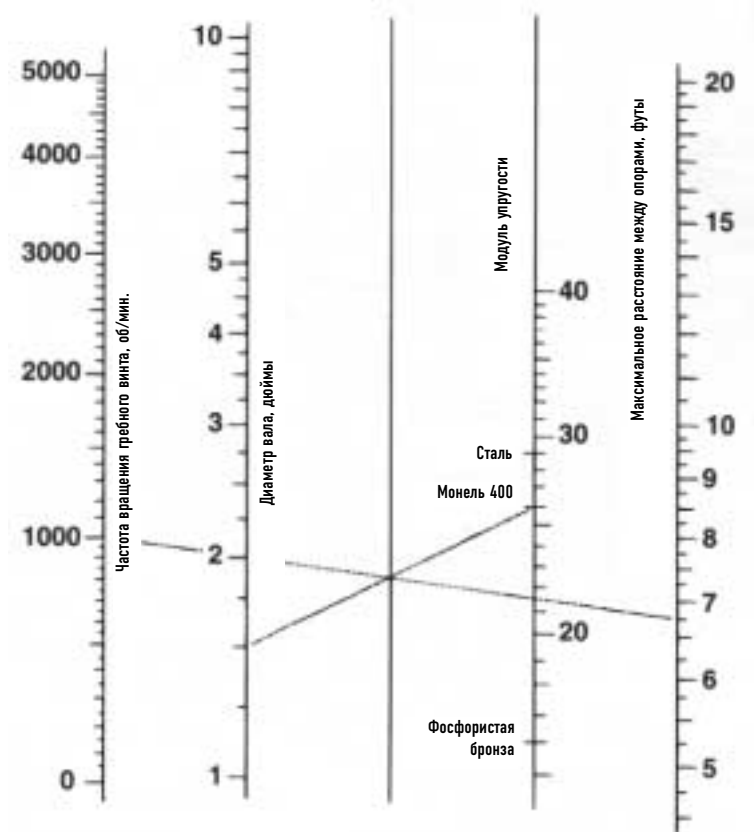
Мощность, формально приходящаяся на 100 об/мин гребного винта = $300/4,00 = 75$

Диаметр основного вала = 3,64 дюйма

Стальной промежуточный вал = $3,64 \cdot 0,95 = 3,46$ дюйма

Бронзовый гребной вал = $(3,64 \times 1,05) + (54 \times 0,01) = 3,82 + 0,54 = 4,36$ дюйма

Рис. 1.2. Номограмма для определения диаметра вала



Чтобы определить расстояние, с помощью линейки проведите линию от диаметра вала на второй шкале до модуля упругости на четвертой шкале (значение для монеля составляет 26). Затем от точки пересечения со средней шкалой проведите линию к левой шкале, где указана частота вращения, и продолжите ее вправо до пересечения с правой шкалой.

Рис. 1.3. Расстояние между опорами

Место расположения первой от редуктора кормовой опоры вала

Расстояние от первой опоры промежуточного вала до фланца выходного вала редуктора, является важным фактором.

Чтобы упорный подшипник редуктора не подвергался воздействию нежелательных нагрузок, опору промежуточного вала располагают на расстоянии не менее 12, предпочтительнее не менее 20 или более диаметров вала от фланца выходного вала редуктора. Если опору необходимо расположить на расстоянии меньшем, чем 12 диаметров, допуски на центровку должны быть значительно уменьшены. При этом рассматривается возможность использования эластичной муфты.

"Монель" - это официально зарегистрированная торговая марка компании International Nickel Corp.

Номограмма опубликована с любезного разрешения Пола Г. Томалина

V-образная передача

В V-образных передачах валопровод состоит из двух частей. Первая его часть соединяет гребной винт с узлом V-образной передачи.

Узел V-образной передачи является коническим зубчатым редуктором. Узел V-образной передачи полностью воспринимает осевое усилие от гребного винта, передавая тяговое усилие корпусу через лапу крепления.

Вторая часть валопровода поворачивает к двигателю под острым углом. Двигатель, как правило, устанавливают ближе к корме. При этом маховик обращен к носу судна.

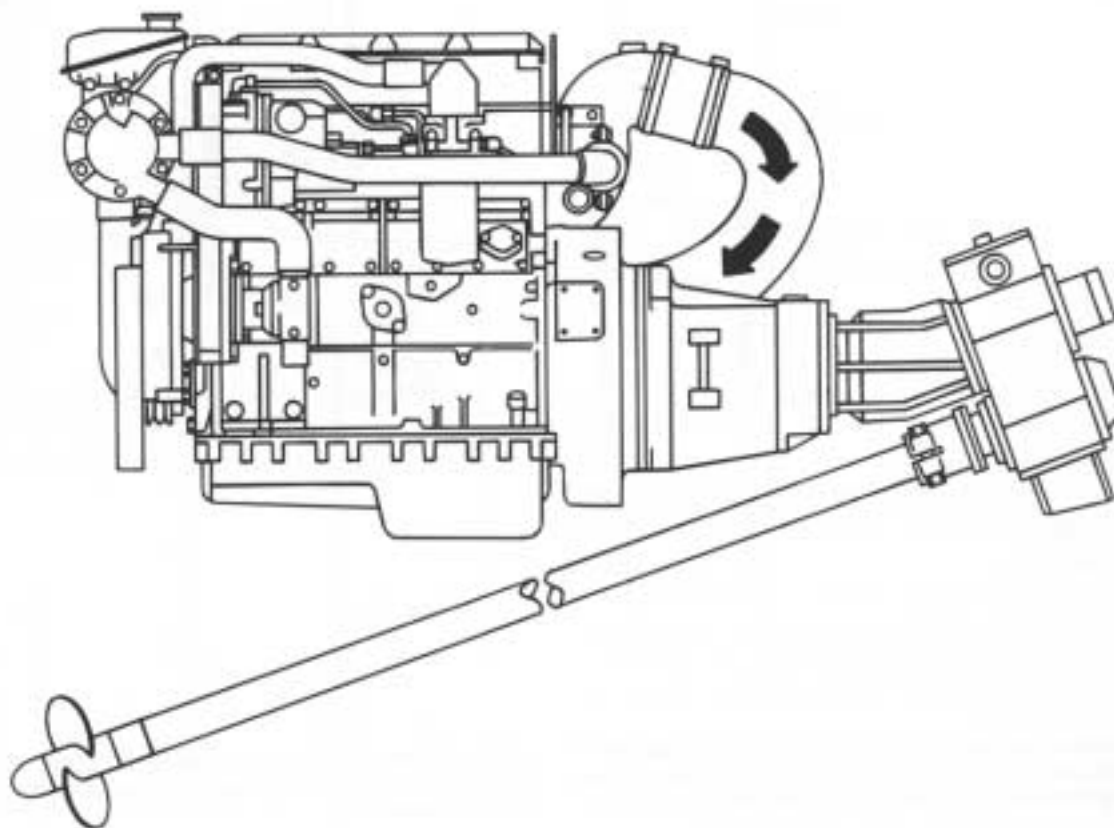


Рис. 1.4. V-образная передача

V-образная передача имеет несколько преимуществ.

Двигатель расположен ближе к кормовой оконечности судна и занимает минимальную полезную площадь внутри корпуса.

Поскольку вал между двигателем и узлом V-образной передачи не нагружен тяговыми усилиями гребного винта, на нем устанавливают универсальные шарниры или упругие муфты. Подвижность привода позволяет использовать упругие опоры для двигателя, и в результате снизить шум.

Недостаток V-образной передачи заключается в следующем.

Центр тяжести двигателя располагается относительно высоко. Он удален на большее расстояние от носовой оконечности, чем в обычных линейных передачах. Это ухудшает остойчивость судна и неблагоприятно сказывается на равновесии корпуса.

Z-образная передача

В Z-образной передаче двигатель соединен с шестеренным узлом для передачи вращения под прямым углом. Вертикальный вал проходит вниз через корпус ко второму шестеренному узлу, передающему крутящий момент под прямым углом и находящемуся в подводном положении. Нижний шестеренный узел приводит в движение гребной винт с помощью короткого горизонтального вала. Двигатель может быть обращен к носовой или кормовой оконечности судна. Не рекомендуется поперечное расположение двигателя*.

* Бортовая качка может сократить срок службы упорных подшипников коленчатого вала. При бортовой качке коленчатый вал совершает движение вперед и назад, постукивая упорными подшипниками. При работающем двигателе движение затормаживается масляной пленкой. При неработающем двигателе масляная пленка, защищающая упорные подшипники, стекает.

Дейдвудные передачи

В дейдвудной передаче двигатель соединен с реверсивным редуктором (обеспечивающим возможность заднего хода), который передает крутящий

момент гребному винту через зубчатые передачи с помощью вала и двух карданных шарниров. Маховик двигателя обращен к кормовой части.

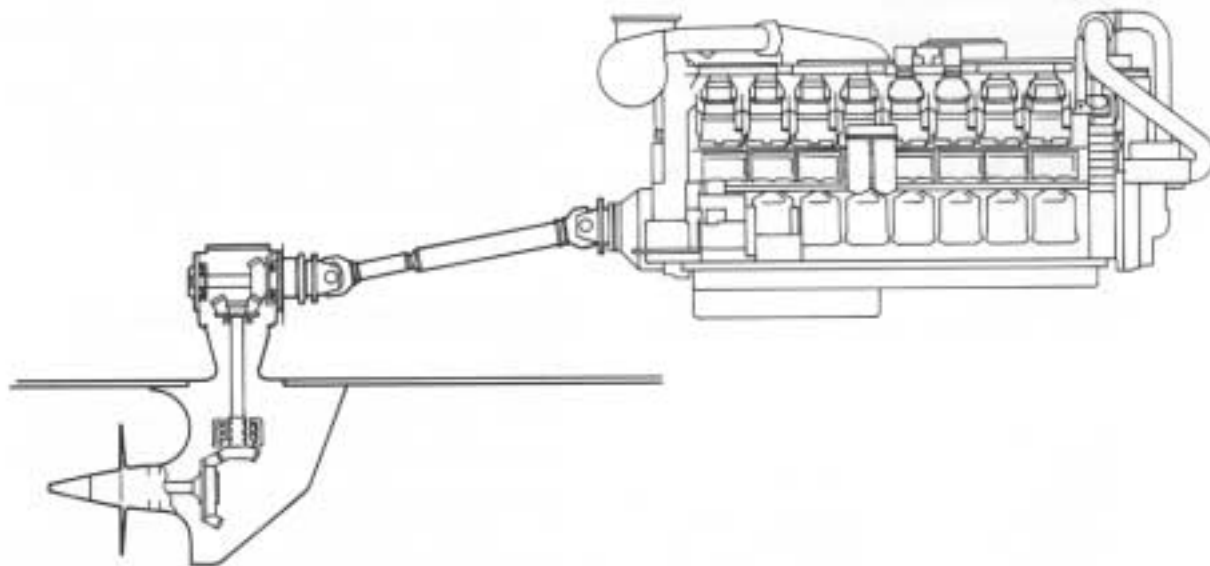


Рис. 1.5. Дейдвудная передача

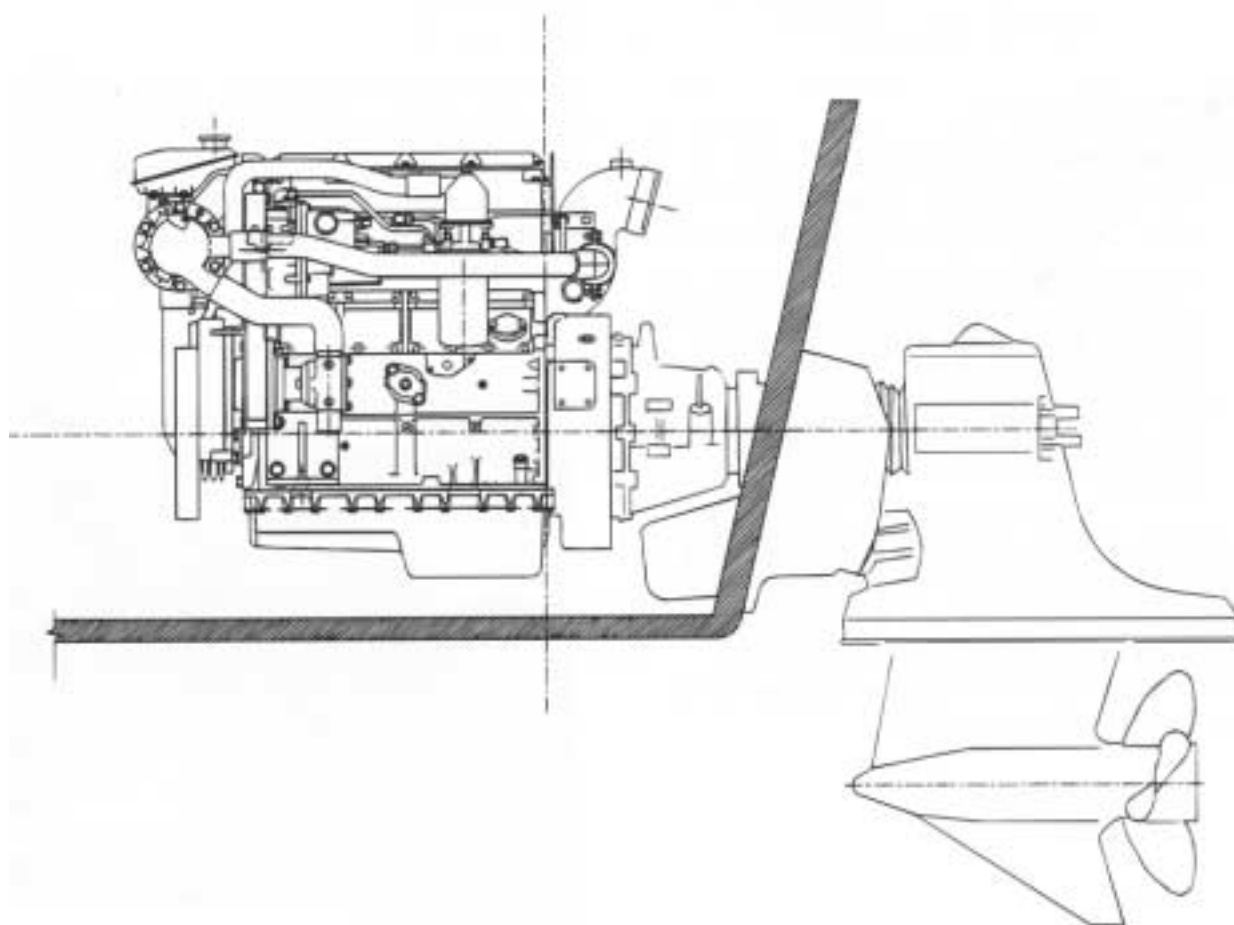


Рис. 1.6

Реактивная передача

Определение реактивной передачи

Судно движется за счет ускорения потока воды, которая поступает через впускную решетку в нижней части корпуса и выбрасывается через патрубок, смонтированный в дейдвуде. Ускорение потока придают насосы. Рабочее колесо насоса приводится во вращение от двигателя с помощью соединенного с ним муфтой редуктора либо непосредственно от маховика двигателя через вал и карданный шарнир.

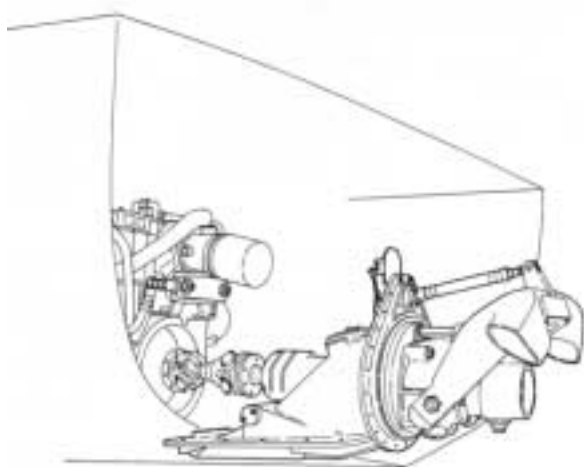


Рис. 1.7. Реактивная передача

Преимущества реактивной передачи

- Отсутствует необходимость в реверсивной зубчатой передаче. Задний ход осуществляется с помощью створок или направляющих устройств в выпускном патрубке, которые перенаправляют реактивную струю вперед.
- Допускается работа на малых глубинах, не допускающих эксплуатации гребных винтов.

Нагрузка двигателя в реактивной передаче, как правило, зависит от расхода воды. Системы с реактивной передачей в этом смысле значительно менее зависимы, поскольку скорость судна слабо влияет на потребление реактивной мощности. Узлы реактивной передачи менее чувствительны к столкновениям с обломочным материалом, плавающим в море.

Недостатки реактивных передач

Недостатками реактивных передач являются следующие:

- заброс частоты вращения двигателя при выходе судна из воды и "заглатывании" воздуха, потеря нагрузки. После входа в воду резкое нагружение может произойти при несогласованности частоты вращения двигателя и нагрузки;
- засорение впускной решетки обломочным материалом. Некоторые реактивные установки оснащены встроенными механизмами очистки.

Крутильные колебания

Определение

Под крутильными колебаниями понимают циклическую неравномерность вращения в системе валов, вызванную импульсами сгорания, возвратно-поступательным движением поршней и гребным винтом. При вращении валов крутящий момент на входе (по мере сгорания смеси в цилиндрах) и сопротивление вращению (вызванное гребным винтом), отличаются друг от друга. Крутильные колебания являются естественными и неизбежными. Опасность возникает только в том случае, если они неуправляемы.

Все валы, вращающиеся с закрепленными на обоих концах массами, подвержены крутильным колебаниям при неравномерности вращения обеих масс. Вращение возникает в результате движения поршней.

Ниже приводится механизм передачи, который в упрощенном виде демонстрирует взаимосвязь между диаметром вала, его длиной и инерцией частоты собственных колебаний системы.

Источники крутильных колебаний

Многие факторы вызывают или способствуют образованию крутильных колебаний:

- неравномерность поступления воды на гребной винт, вызванная сопротивлением кронштейнов, выступающих частей, зазором корпуса;
- неточность шага лопастей винта;
- взаимодействие зубьев зубчатых колес редуктора;
- установленные с перекосом эластичные муфты;
- карданные шарниры (за исключением шарниров равных угловых скоростей);
- горение в отдельных цилиндрах двигателя;
- дополнительные нагрузки, возникающие при отборе мощности двигателя.

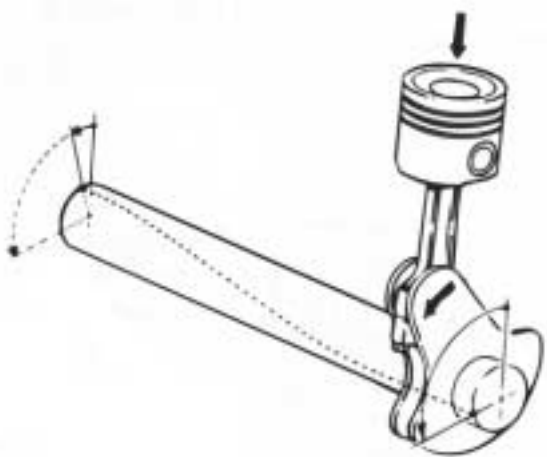


Рис. 1.8

Расчет крутильных колебаний

Чтобы обеспечить совместимость двигателя и приводимого оборудования, необходимо провести теоретический расчет крутильных колебаний (РКК).

Рассогласованность крутильных колебаний двигателя и приводимого оборудования может привести к многочисленным повреждениям узлов приводимого механизма и, соответственно, к дополнительным издержкам или отказу двигателя. Заключение по крутильным колебаниям должно содержать сведения о частоте собственных колебаний, значимой резонансной частоте вращения и, либо данные об относительных амплитудах, либо вывод о том, превышает ли допустимый уровень нагрузки. Также в заключении указываются узловые точки для каждой значимой частоты собственных колебаний.

Проведенный на стадии разработки расчет выявляет сложности, могущие возникнуть вследствие действия крутильных колебаний, и чего можно избежать путем изменения характеристики оборудования, валов, муфт или масс.

Перечень данных, необходимых для проведения расчета крутильных колебаний

Для РКК требуются следующие данные.

1. Рабочий диапазон частоты вращения - от предельно низкой до предельно высокой, а также данные о режиме постоянной или переменной скорости.
2. Кривую нагрузки для определенных установок, где применяется муфта переменной жесткости с характеристиками, зависящими от нагрузки.
3. При подключении приводимого оборудования с двух сторон двигателя, необходимо указать требуемую мощность в л.с. для каждой единицы оборудования и, будут ли они работать одновременно.
4. Общую схему всей системы, на которой обозначены места расположения оборудования и тип соединения.
5. Марки и модели муфт с обязательным указанием значения махового момента* (WR^2) и жесткости при кручении.
6. Значения маховых моментов или основные размеры вращающихся масс и расположение массы на валу.
7. Жесткость при кручении и минимальный диаметр вала, или точные размеры всех валов в системе привода с указанием, установлены ли они в корпусе или без него.

* Маховый момент - это величина, определяющая сопротивления объекта изменению его частоты вращения. Маховик - это та часть двигателя, которая специально проектируется с высоким маховым моментом. Если бы при той же массе металл маховика был бы сконцентрирован около ступицы, то маховой момент был бы значительно ниже.

8. При использовании поршневого компрессора требуется провести гармонический анализ кривой изменения крутящего момента компрессора в условиях различных нагрузок. При отсутствии данных требуется кривая изменения крутящего момента компрессора для каждой нагрузки. Необходимо также указать значения махового момента для имеющихся маховиков компрессора.
9. Передаточное отношение редуктора или повышающей передачи, и были ли откорректированы данные о маховых моментах и жесткости редуктора или повышающей передачи. При этом отношение скоростей возводят в квадрат.
10. Значения махового момента и количество лопастей гребного винта.

Характеристики оборудования фирмы Caterpillar для расчета крутильных колебаний

По просьбе заказчика фирма Caterpillar бесплатно предоставляет данные об инерционности систем поставляемых ею единиц оборудования для того, чтобы заказчик мог сам выполнить расчет крутильных колебаний.

Данные об инерционности дизельных двигателей фирмы Caterpillar, судовых редукторов и генераторов входят в Систему технической информации (СТИ) и в Техническую маркетинговую информацию (ТМИ). При желании заказчика фирма Caterpillar сама может выполнить расчет крутильных колебаний. Перечень данных, необходимых для проведения такого анализа, приведен выше. Такая услуга стоит недорого.

Время проведения расчета крутильных колебаний

Наилучшим временем для проведения расчета крутильных колебаний является этап разработки проекта, т.е. когда комплектующие еще не закуплены и есть возможность внести изменения в проект, если РКК выявит возможные осложнения.

Ответственность за несоответствие крутильных характеристик

Поскольку ответственность за указанное несоответствие несет проектант, он же отвечает и за проведение расчета крутильных колебаний.

Приводные муфты

Приводные муфты подразделяются на глухие и компенсирующие.

Глухие муфты

Жесткие муфты для соединения валов различают по способу крепления муфты на валу.

Стандарты Американского общества автотракторных инженеров (SAE) - SAE J755

Рекомендуется, чтобы концы вала и муфты соответствовали стандарту Американского общества автотракторных инженеров. Настоящий стандарт содержит самые высокие требования к жесткости и надежности деталей.

Другие глухие муфты

Рассоединение глухих муфт с валом, концы которого и посадочные места под маховик соответствуют требованиям Американского общества автотракторных инженеров, - процесс трудоемкий, а их обработка требует точности для соблюдения допусков на соосность и перпендикулярность. Ниже приведены данные муфт, процесс установки и снятия которых менее трудоемок. Их производство также не представляет трудностей.

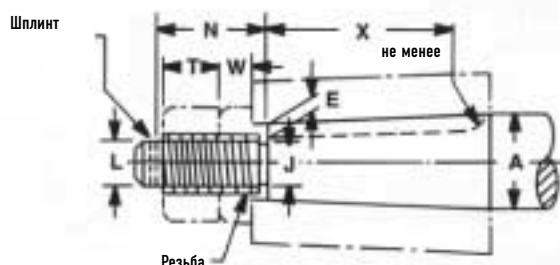


Рис. 1.9



Рис. 1.10

Размеры для валов диаметром от 3/4 до 6 дюймов													
Номинальный диаметр вала	Малый диаметр		Длина конуса	Ширина шпоночной канавки			Глубина шпоночной канавки			Радиус галтели шпоночной канавки	Резьба		Расстояние между скошенным концом и резьбой
A	B		C	D			E			R	F		G
	Не менее	Не более		Номинальный	Не менее	Не более	Номинальный	Не менее	Не более		Диаметр	ТPI (нитек резьбы на дюйм)	
0,75	0,624	0,626	2,00	0,19	0,1865	0,1875	0,10	0,095	0,097	0,031	0,50	13,0	1,063
0,88	0,726	0,728	2,38	0,25	0,249	0,250	0,13	0,125	0,127	0,031	0,63	11,0	1,250
1,00	0,827	0,829	3,75	0,25	0,249	0,250	0,13	0,125	0,127	0,031	0,75	10,0	1,438
1,13	0,929	0,931	3,13	0,25	0,249	0,250	0,13	0,125	0,127	0,031	0,75	10,0	1,438
1,25	1,030	1,032	3,50	0,31	0,3115	0,3125	0,16	0,157	0,160	0,063	0,88	9,0	1,625
1,38	1,132	1,134	3,88	0,31	0,3115	0,3125	0,16	0,157	0,160	0,063	1,00	8,0	1,813
1,50	1,233	1,235	4,25	0,38	0,374	0,375	0,19	0,189	0,192	0,063	1,13	7,0	2,000
1,75	1,437	1,439	5,00	0,44	0,4365	0,4375	0,22	0,219	0,222	0,063	1,25	7,0	2,250
2,00	1,640	1,642	5,75	0,50	0,499	0,500	0,25	0,251	0,254	0,063	1,50	6,0	2,625
2,25	1,843	1,845	6,50	0,56	0,561	0,5625	0,28	0,281	0,284	0,094	1,75	5,0	3,000
2,50	2,046	2,048	7,25	0,63	0,6235	0,625	0,31	0,312	0,315	0,094	1,75	5,0	3,000
2,75	2,257	2,259	7,88	0,63	0,6235	0,625	0,31	0,313	0,316	0,094	2,00	4,5	3,500
3,00	2,460	2,462	8,63	0,75	0,7485	0,750	0,31	0,311	0,314	0,094	2,33	4,5	3,875
3,25	2,663	2,665	9,38	0,75	0,7485	0,750	0,31	0,311	0,314	0,125	2,50	4,0	4,375
3,50	2,866	2,868	10,25	0,88	0,8735	0,875	0,31	0,310	0,313	0,125	2,50	4,0	4,375
3,75	3,069	3,071	10,88	0,88	0,8735	0,875	0,31	0,310	0,313	0,125	2,75	4,0	4,750
4,00	3,272	3,274	11,63	1,00	0,9985	1,000	0,31	0,309	0,312	0,125	3,00	4,0	5,125
4,50	3,827	3,829	10,75	1,13	1,123	1,125	0,38	0,373	0,376	0,156	3,25	4,0	5,625
5,00	4,249	4,251	12,00	1,25	1,248	1,250	0,44	0,434	0,437	0,188	3,75	4,0	6,375
5,50	4,671	4,673	13,25	1,25	1,248	1,250	0,44	0,435	0,438	0,188	4,00	4,0	6,750
*6,00	4,791	4,793	14,50	1,38	1,373	1,375	0,50	0,493	0,496	0,219	4,25	4,0	7,500
*6,50	5,187	5,189	15,75	1,38	1,373	1,375	0,50	0,494	0,497	0,219	4,50	4,0	8,250
*7,00	5,582	5,584	17,00	1,50	1,498	0,500	0,56	0,555	0,558	0,250	5,00	4,0	9,000
*7,50	5,978	5,980	18,25	1,50	1,498	1,500	0,56	0,556	0,559	0,250	5,25	4,0	9,375
*8,00	6,374	6,376	19,50	1,75	1,748	1,750	0,56	0,553	0,556	0,250	5,75	4,0	9,750

* Валы диаметром от 6 до 8 дюймов имеют конусность 1 дюйм на фут (1:12). Угол с осевой равен 2° 23' 9"

Размеры для валов диаметром от 3/4 до 6 дюймов													
Номинальный диаметр вала	Длина выступающей части после конуса	Поднутрение		Диаметр пальца	Длина пальца	Отверстие под шплинт		Шплинт		Гайки			Длина шпоночной канавки
A	H	J	K	L	M	N	P				T	W	X
							Отверстие	Номинальный диаметр	Длина	Размер	Крепления	Контргайка	
0,75	1,313	0,391	0,125	0,375	0,250	1,141	0,141	0,125	0,75	0,500 - 13	0,500	0,313	1,500
0,88	1,500	0,484	0,125	0,438	0,250	1,328	0,141	0,125	0,75	0,625 - 11	0,625	0,375	1,781
1,00	1,750	0,594	0,125	0,500	0,313	1,516	0,141	0,125	1,00	0,750 - 10	0,750	0,438	2,125
1,13	1,750	0,594	0,125	0,500	0,313	1,516	0,141	0,125	1,00	0,750 - 10	0,750	0,438	2,125
1,25	2,719	0,125	0,625	0,375	1,000	0,719	0,172	0,156	1,25	0,875 - 9	0,875	0,500	2,813
1,38	2,250	0,813	0,125	0,750	0,875	1,906	0,172	0,156	1,50	1,000 - 8	1,000	0,563	3,188
1,50	2,438	0,906	0,188	0,875	0,875	2,094	0,172	0,156	1,50	1,125 - 7	0,125	0,625	3,500
1,75	2,750	1,031	0,188	1,000	0,500	2,359	0,203	0,188	1,75	1,250 - 7	1,250	0,750	4,219
2,00	3,125	1,250	0,188	1,250	0,500	2,734	0,203	0,188	2,00	1,500 - 6	1,500	0,875	4,938
2,25	3,500	1,375	0,188	1,375	0,500	3,141	0,266	0,250	2,25	1,750 - 5	1,750	1,000	5,625
2.50	3,500	1,438	0,188	1,438	0,500	3,141	0,266	0,250	2,25	1,750 - 5	1,750	1,000	6,094
2.75	4,000	1,688	0,250	1,688	0,500	3,641	0,266	0,250	2,50	2,000 - 4,5	2,000	1,125	6,656
3,00	4,375	1,938	0,250	1,938	0,500	4,016	0,266	0,250	3,00	2,250 - 4,5	2,250	1,250	7,344
3,25	5,125	2,125	0,375	2,125	0,750	4,578	0,375	0,375	3,00	2,500 - 4	2,500	1,500	8,500
3,50	5,125	2,125	0,375	2,125	0,750	4,578	0,375	0,375	3,00	2,500 - 4	2,500	1,500	9,250
3,75	5,500	2,375	0,375	2,375	0,750	4,953	0,375	0,375	3,50	2,750 - 4	2,750	1,625	10,000
4,00	5,875	2,500	0,375	2,500	0,750	5,328	0,375	0,375	3,50	3,000 - 4	3,000	1,750	10,500
4,50	6,375	2,750	0,375	2,750	0,750	-	-	-	-	3,250 - 4	3,250	1,875	9,625
5,00	7,125	3,250	0,375	3,250	0,750	-	-	-	-	3,750 - 4	3,750	2,125	10,875
5.50	7,750	3.500	0.500	3,500	1,000	-	-	-	-	4,000 - 4	4,000	2,250	12,125
*6.00	8,500	3,875	0,500	3,875	1,000	-	-	-	-	4,250 - 4	4,250	2,250	13,250
*6.50	9,250	4,375	0,500	4,375	1,000	-	-	-	-	4,500 - 4	9,500	2,500	14,375
*7,00	10,000	4,875	0,500	4,375	1,000	-	-	-	-	5,000 - 4	5,000	2,750	15,625
*7,50	10,375	5,125	0,500	5,125	1,000	-	-	-	-	5,500 - 4	5.500	3,000	16,875
*8,00	10,750	5,375	0,500	5,375	1,000	-	-	-	-	5,750 - 4	5,750	3,125	18,125

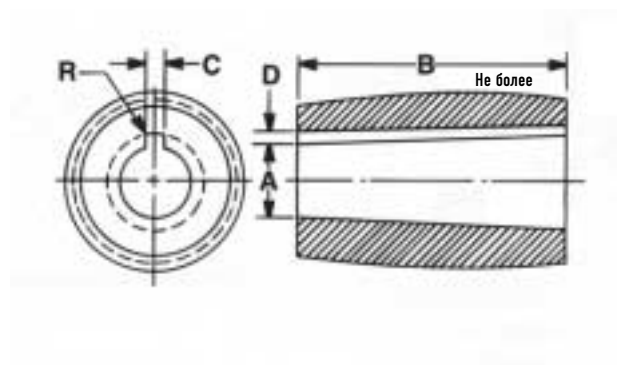


Рис. 1.11

Размер втулки гребного винта									
Номинальный внутренний диаметр	Малый диаметр		Длина, не более	Ширина шпоночной канавки			Глубина шпоночной канавки		
	А		В				D		
	Не менее	Не более		Номинальная	Не менее	Не более	Номинальная	Не менее	Не более
0,75	0,608	0,610	2,250	0,188	0,1865	0,1875	0,094	0,098	0,100
0,88	0,710	0,712	2,625	0,250	0,249	0,250	0,125	0,129	0,131
1,00	0,811	0,813	3,000	0,250	0,249	0,250	0,125	0,129	0,131
1,13	0,913	0,915	3,375	0,250	0,249	0,250	0,125	0,129	0,131
1,25	1,015	1,017	3,750	0,313	0,3115	0,3125	0,156	0,162	0,165
1,38	1,116	1,118	4,125	0,313	0,3115	0,3125	0,156	0,161	0,164
1,50	1,218	1,220	4,500	0,375	0,374	0,375	0,188	0,195	0,198
1,75	1,421	1,423	5,250	0,438	0,4365	0,4375	0,219	0,226	0,229
2,00	1,624	1,626	6,000	0,500	0,499	0,500	0,250	0,259	0,262
2,25	1,827	1,829	6,750	0,563	0,561	0,5625	0,281	0,291	0,294
2,50	2,030	2,032	7,500	0,625	0,6235	0,625	0,313	0,322	0,325
2,75	2,233	2,235	8,250	0,625	0,6235	0,625	0,313	0,322	0,325
3,00	2,437	2,439	9,000	0,750	0,7485	0,750	0,313	0,323	0,326
3,25	2,640	2,642	9,750	0,750	0,7485	0,750	0,313	0,323	0,326
3,50	2,843	2,845	10,500	0,875	0,8735	0,875	0,313	0,324	0,327
3,75	3,046	3,048	11,250	0,875	0,8735	0,875	0,313	0,324	0,327
4,00	3,249	3,251	12,000	1,000	0,9985	1,000	0,313	0,326	0,329
4,50	3,796	3,798	11,250	1,125	1,123	1,125	0,375	0,388	0,391
5,00	4,218	4,220	12,500	1,250	1,248	1,250	0,438	0,450	0,453
5,50	4,640	4,642	13,750	1,250	1,248	1,250	0,438	0,450	0,453
6,00	4,749	4,751	15,000	1,375	1,373	1,375	0,500	0,517	0,520
6,50	5,145	5,147	16,250	1,375	1,373	1,375	0,500	0,516	0,519
7,00	5,541	5,543	17,500	1,500	1,498	1,500	0,563	0,579	0,582
7,50	5,937	5,939	18,750	1,500	1,498	1,500	0,563	0,579	0,582
8,00	6,332	6,334	20,000	1,750	1,748	1,750	0,563	0,582	0,585

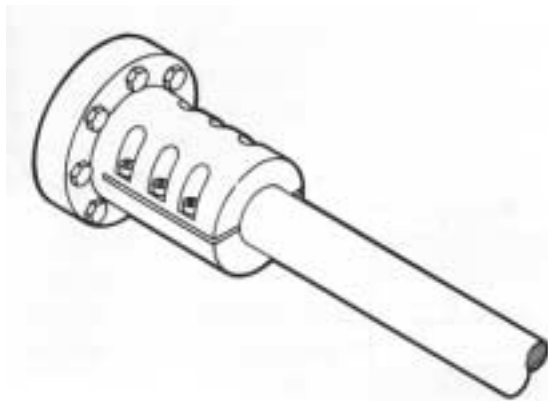


Рис.1.12. Свертная муфта

Преимущества свертной муфты

Применение свертной муфты не требует дополнительной обработки концов вала. Валы хорошего качества, как правило, получают с отшлифованной/отполированной поверхностью. Свертную муфту можно снять с вала без предварительного подогрева или выпрессовки.

Качественно обработанная свертная муфта обладает свойством хорошо удерживать вал.

Недостатки свертной муфты

Свертная муфта удерживает вал только с помощью трения. В ней не предусмотрены механические ограничители, предотвращающие рассоединение вала с муфтой.

Диаметр отверстия муфты должен находиться в пределах 0,025 - 0,050 мм (0,001 - 0,002 дюйма) от наружного диаметра конца вала для предотвращения вибрации вследствие дисбалансировки, вызванной несоосностью.

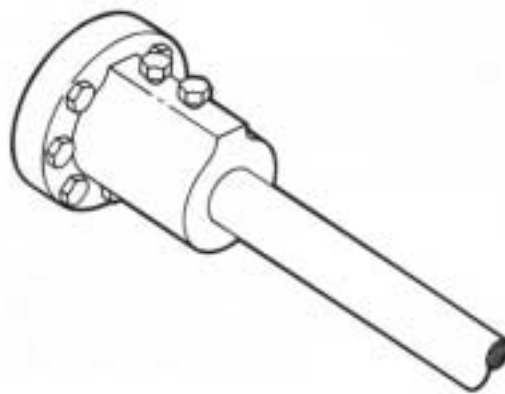


Рис. 1.13. Муфта, фиксированная болтом

Преимущества фиксированной болтом муфты

С помощью фиксированной болтом муфты вал легко снять и установить на место.

Такая муфта не требует дополнительной обработки концов вала. Валы хорошего качества, как правило, получают с отшлифованной/отполированной поверхностью.

Производство этих муфт наименее трудоемко. Из всех глухих муфт они являются и наиболее дешевыми.

Недостатки фиксированной болтом муфты

Если разность между отверстием муфты и валом обеспечивает легкую установку/снятие, она же допускает и некоторую вибрацию, вызванную несоосностью валов.

Болты крепления муфт приводят к небольшому повреждению гребного вала.

Головки болтов выступают над поверхностью муфты. Правила техники безопасности требуют использования ограждений или щитков для защиты персонала от случайного соприкосновения с вращающимися головками болтов.

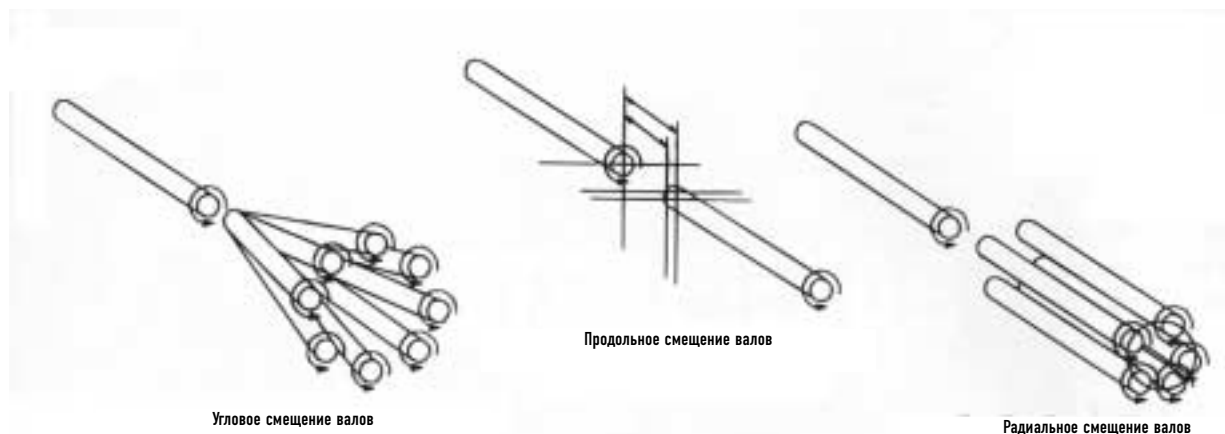


Рис. 1.14

Компенсирующие муфты

Компенсирующие муфты допускают относительное смещение между ведущим и ведомым валами, не вызывая повреждений. Отклонения от номинального расположения бывают следующих видов.

Виды компенсирующей способности муфт

Вращающиеся несоосно валы требуют установки муфт, компенсирующих несоосность, не вызывая повреждений. Свойство муфт допускать несоосность, не повреждая при этом валы, часто называют компенсирующей способностью.

Компенсация радиального смещения

Муфты, компенсирующие радиальное смещение валов, позволяют ведущему или ведомому валу свободно перемещаться до тех пор, пока их оси остаются параллельными.

Компенсация продольного смещения

Муфты, компенсирующие продольное смещение валов, допускают изменение зазора между концами ведущего или ведомого вала. Скользящие шлицевые соединения в середине карданного вала, позволяющие меняться длине вала, - это муфты, компенсирующие продольное смещение.

Угловое смещение

Муфты, компенсирующие угловое смещение валов, позволяют менять угол пересечения осей валов. Карданные шарниры - это пример муфт, компенсирующих угловое смещение валов.

Комбинированная компенсирующая способность

Большинство муфт серийного промышленного производства сочетают в себе все возможности компенсации перечисленных видов относительного смещения или несоосности валов. Они имеют разные допуски в зависимости от вида смещения. Конструкторская практика позволяет оценить все возможные виды смещения/несоосности и установить, способны ли муфты компенсировать все предполагаемые виды смещения валов.

Защита от крутильных колебаний

Под крутильными колебаниями понимают циклическую неравномерность вращения в системе валов, вызванную импульсами сгорания, возвратно-поступательным движением поршней и работой гребного винта. При вращении валов крутящий момент на входе (по мере сгорания смеси в цилиндрах) и сопротивление вращению (вызванное разностью скорости поступающих на лопасти винта потоков воды), расходятся. Крутильные колебания являются естественными и неизбежными. Опасность возникает только в том случае, если они неуправляемы. Муфты, допускающие некоторую свободу соединяемых элементов, сглаживают крутильные колебания.

Защита от несоосности

Гребные валы, редукторы и двигатели присоединяются к корпусу судна. Корпус подвержен изгибу. В результате действия штормовых волн, перепадов температур, нагрузки от винта, реакции на крутящий момент, загрузки судна и т.д. он деформируется, вызывая расцентровку концов валов. Отклонений от идеального расположения избежать невозможно. Компенсирующие муфты допускают в системе несоосность, не вызывая при этом повреждения валов.

Звукоизоляция

Линия валопровода судна - это постоянный источник шума. Одним из способов снижения зашумленности является прерывание пути распространения шума. Один путь - это передача шума от двигателя по гребному валу к корпусу судна через сальник*. С помощью компенсирующей муфты на гребном валу вводят элемент упругости между источником шума (двигателем и редуктором) и получателем шума (персонал).

* Существуют и другие подобные пути передачи шума. Один из них - от двигателя к корпусу через выпускную трубу. Подробнее об этом читайте в разделе "Выпускная система". В нем даются указания по применению упругих опор для трубопровода выпускной системы.

Другой путь - от двигателя к корпусу через опорную лапу двигателя. Подробнее об этом см. в разделе "Монтаж и центровка". В нем даются инструкции по применению упругих опор для крепления двигателя. Трубопровод системы охлаждения может передавать корпусу вибрацию от двигателя, которая воспринимается членами команды как шум. Соединения системы охлаждающей жидкости должны включать в себя упругие элементы.



Монтаж и центровка

Монтаж редуктора. Прогиб гребного вала

Монтаж редуктора. Центровка

Инструкции по монтажу/центровке

Монтаж двигателя и редуктора

Монтаж редуктора. Прогиб гребного вала

Введение

В настоящем разделе кратко излагается первая из трех основных операций по монтажу, центровке и креплению редукторов. Это распространяется как на отдельно монтируемые редукторы, так и на редукторы, которые крепятся непосредственно к двигателю. В отдельных случаях правила настоящего раздела применяются к узлам на упругих опорах или при отсутствии опоры вала между редуктором и дейдвудной втулкой.

Вторая и третья операции, относятся к:

- центровке редуктора и гребного вала;
- установке редуктора и двигателя (будут описаны в следующих разделах).

Прогиб гребного вала

Прежде, чем приступить к центровке редуктора и гребного вала, необходимо компенсировать прогиб или упругую деформацию вала вследствие его безопорности, и массу двойного фланца (рис. 2.1). Это один из важных факторов в процессе установки и центровки судовых редукторов. В противном случае, избыточная нагрузка на нижние опоры вала редуктора или на первую опору гребного вала, может привести к повышенной зашумленности или вибрации, и снижению срока службы указанных опор.

В настоящем разделе описаны два метода устранения прогиба, как часть процесса центровки:

- метод оцененного прогиба. С его помощью величина прогиба в области двойного фланца определяется и компенсируется по соответствующей таблице;
- метод уравнивания. В данном случае компенсируется непосредственно масса безопорного вала.

Оба метода дают близкие к номинальным координаты оси вала при условии правильного их применения.

Примечание: В обоих случаях требуется предварительное соединение и центровка гребного вала на участке от первой опоры к корме. Также при присоединении вала к редуктору его смещают на 13 мм (0,5 дюйма) по направлению к корме от конечного положения.

Метод оцененного прогиба

Настоящий метод предполагает использование таблиц, которые содержат значения отклонения или прогиба для консольной части стального валопровода с малыми, средними или большими фланцами на свободном конце (таблицы рис. 2.6, 2.7, 2.8; Приложение А). Подробнее см. рис. 2.1, который иллюстрирует вышеуказанное отклонение или прогиб и дает размеры для пользования таблицей.

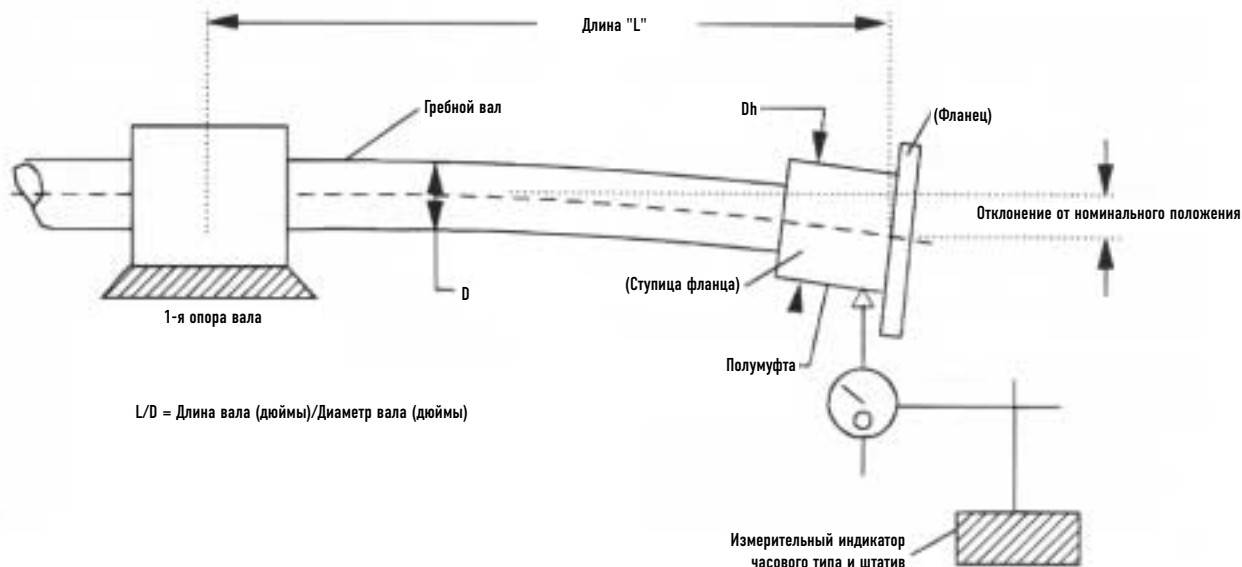


Рис. 2.1. Схема прогиба

Три группы величин, как указано на рис. 2.1, используются для определения прогиба свободного конца вала (с полумуфтой). Эти величины следующие:

1. диаметр ступицы фланца "Dh";
2. диаметр гребного вала "D" и
3. длина свободно подвешенного вала "L".

Dh/D = от 1,40 до 1,74 см. табл. рис. 2.6

Dh/D = от 1,75 до 1,99 см. табл. рис. 2.7

Dh/D = от 2,00 до 2,25 см. табл. рис. 2.8

Пересечение "D" и "L/D" в соответствующей таблице дает значение прогиба.

Чтобы получить значение прогиба, сначала определите значение отношений L/D и Dh/D.

Затем обратитесь к соответствующей таблице прогибов, содержащей значения отношения Dh/D, и на пересечении D и L/D найдите значение непосредственного прогиба в дюймах.

Например, если Dh равен 9,0 дюймам, а D равен 6,0 дюймам, тогда отношение Dh/D равно 1,5. Обратитесь к табл. рис.2.6. Если длина консольной части вала равна 120 дюймам, тогда отношение L/D равно 120/6 и равно 20,0. Прогиб определяется из таблицы на рис.2.6 на пересечении колонки значения D, равного 6,0 и строки значения отношения L/D, равного 20. Искомое значение - 0,148 дюйма.

В случае промежуточных значений прогиб высчитывают при помощи интерполяции табличных данных. Например:

D = 6,3 дюйма

L/D = 20,4

Dh/D = 1,5

Поскольку отношение Dh/D находится в между значениями 1,4 и 1,74, мы обратимся к таблице на рис. 2.6.

Фактический прогиб показан как Ya, см. таблицу на рис. 2.2.

Вал L/D	Диаметр вала		
	6,0	6,3	6,5
20,0	0,148	(a)	0,174
20,4		Ya	
21,0	0,178	(b)	0,208
22,0	0,211		0,248

Рис.2.2

Для получения Ya сделайте следующее:

Допустим D_a = Фактический диаметр вала

D_1 = Следующий меньший диаметр в таблице прогибов

L/D_a = Фактическое отношение длины к диаметру

L/D_1 = Следующее меньшее значение отношения L/D в таблице прогибов

L/D_2 = Следующее большее значение отношения L/D в таблице прогибов

Следовательно,

Y_1 = Прогиб при L/D_1 и D_2

Y_2 = Прогиб при L/D_2 и D_2

Y_a = Фактический прогиб

$Y_a = R (b-a) + a$

где

$R = (L/D_a - L/D_1)/(L/D_2 - L/D_1)$

$a = (D_a/D_1)^2 \times Y_1$

$b = (D_a/D_1)^2 \times Y_2$

В настоящем примере

$R = (20,4 - 20)/(21 - 20) = 0,4$

$a = (6,3/6,0)^2 \times 0,148 = 0,163$

$b = (6,3/6,0)^2 \times 0,178 = 0,196$

$Y_a = 0,4 (0,196 - 0,163) + 0,176 = 0,189$ дюйма

Метод уравнивания

Этот метод подразумевает подъем вала с использованием весов и массы, равной 1/2 массы консольной части вала, вместе с массой двойного фланца и массой подъемника, прикрепленного к фланцу, как показано на рис. 2.3.

Массы для стальных валов или круглого профиля вычисляют по формуле:

$$\text{МАССА (фунты)} = 0,22 \times D^2 \times L,$$

где

D = диаметр вала или круглого профиля в дюймах;

L = длина вала или круглого профиля в дюймах.

Массу вала и фланцев можно также вычислить по таблице рис. 2.4. Для этого длину любого отрезка круглого сечения в дюймах умножают на величину в фунт/дюйм, указанную для диаметра этого отрезка.

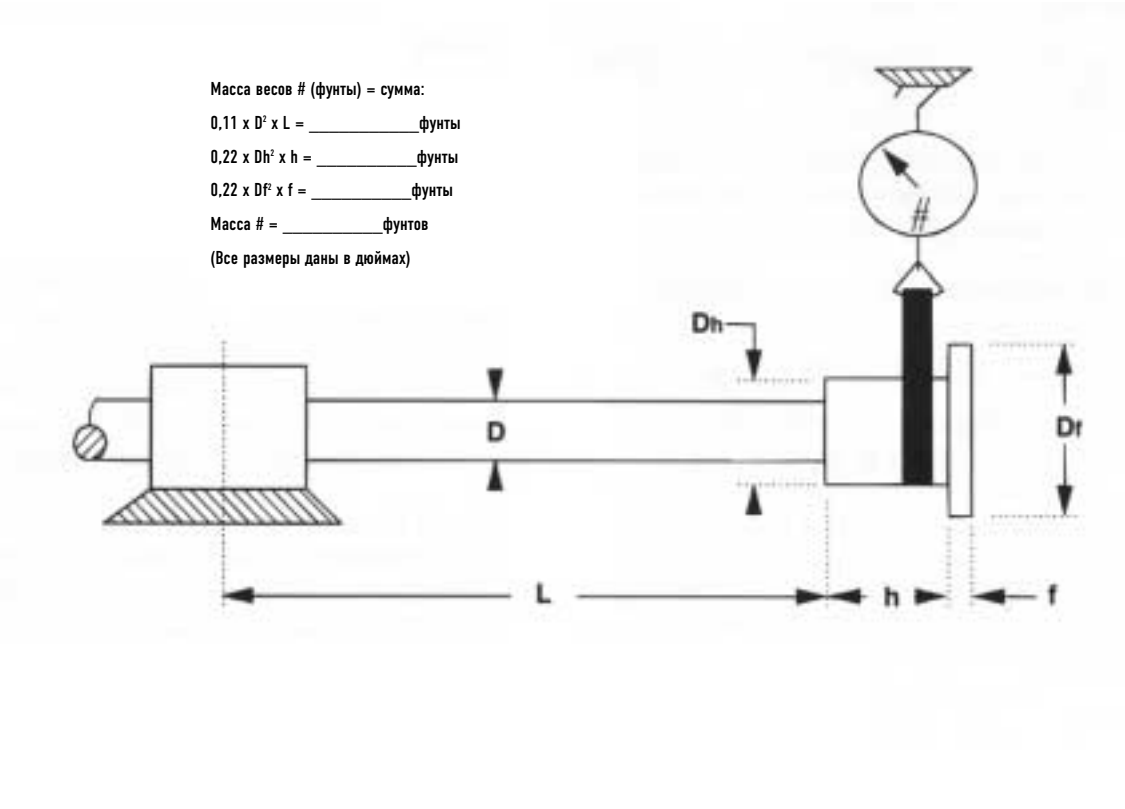


Рис. 2.3. Устранение прогиба вала методом уравнивания

Масса круглого стального профиля на дюйм длины											
Диаметр профиля		2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75		
Длина фунты/дюймы		0,88	1,11	1,38	1,66	1,98	2,32	2,70	3,09		
4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,00	5,75	6,00	6,25	6,50	
3,52	3,97	4,46	4,96	5,50	6,06	6,66	7,27	7,92	8,59	9,30	
6,75	4,46	7,25	7,50	7,75	8,00	8,25	8,50	8,75	9,00	9,25	
10,0	10,8	11,6	12,4	13,2	14,1	15,0	15,9	16,8	17,8	18,8	
9,50	9,75	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	
19,9	20,9	22,0	24,3	26,6	29,1	31,7	34,4	37,2	40,1	43,1	
14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	
46,3	49,5	52,9	56,3	59,9	63,6	67,4	71,3	75,3	79,4	83,7	

Рис. 2.4

Поскольку необходимо уравновесить на весах половину массы вала плюс массу полумуфты, общую массу на весах высчитывают по таблице на рис. 2.3 (пример расчета на рис. 2.5).

Пример решения задачи:

(См. рис. 2.3 и 2.5) Согласно рис. 2.3 берутся следующие размеры:

диаметр вала $D = 4,0$ дюйма и длина вала $L = 60,00$ дюймов;

диаметр ступицы фланца $Dh = 6,0$ дюйма, длина ступицы $h = 6,5$ дюйма;

диаметр фланца $Df = 9,0$ дюймов, толщина фланца $f = 0,75$ дюйма.

Подсчитаем усилие подъема "Р" (фунты).

Примечание: Здесь приводятся два способа подсчета массы.

Сначала определим массу консольной части вала (по формуле 1)

$$Wt. = 0,22 \times (4,0)^2 \times 60 = 211,2 \text{ фунта}$$

(по табл. рис. 2.4)

$$Wt. = 60 \text{ дюймов} \times 3,52 \text{ фунто-дюйма} = 211,2 \text{ фунта}$$

Половина массы консольной части вала = **105, 6 фунта**

Затем найдем массу полумуфты, включая часть вала, на которую надета полумуфта (по формуле 1):

Ступица

$$wt. = 0,22 \times (6,0)^2 \times 6,5 = 51,5 \text{ фунта}$$

Фланец

$$wt. = 0,22 \times (9,0)^2 \times 0,75 = 13,4 \text{ фунта}$$

(по рис. 2,4)

Ступица

$$wt. = 6,5 \text{ дюйма} \times 7,92 \text{ фунто-дюйма} = 51,5 \text{ фунта}$$

Фланец

$$wt. = 0,75 \text{ дюйма} \times 17,8 \text{ фунто-дюйма} = 13,4 \text{ фунта}$$

Общая масса полумуфты = **64,9 фунта**

В заключение: показание весов при подъеме должно равняться сумме общей массы полумуфты и половины массы консольной части вала:

$$"P" = 105,6 + 64,9 = 170,5 \text{ фунта}$$

Предупреждение: Подъемный механизм должен быть установлен таким образом, чтобы тяговое усилие или усилие подъема было направлено вертикально вверх, чтобы избежать воздействия боковых сил и расцентровки осей редуктора и гребного вала. Для проверки применяют отвес, подвешенный сверху подъемного механизма.

Также, если до окончательного соединения с редуктором подъемник необходимо убрать, а опору вала обеспечить другими средствами, по вертикали и с боковых сторон вала устанавливают измерительные индикаторы часового типа. С их помощью определяют, зафиксирован ли вал в правильном положении.

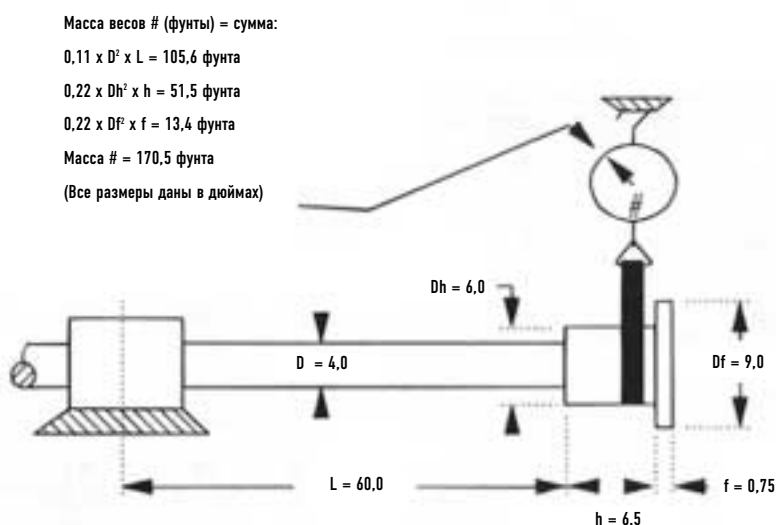


Рис. 2.5. Устранение прогиба вала методом уравнивания

Диаметр вала (дюймы) для диаметра ступицы = от 1,40 до 1,74 диаметра вала													
Вал L/D	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
8	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
9	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,011	0,013	0,014
10	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,008	0,010	0,012	0,014	0,016	0,018	0,021
11	0,002	0,003	0,004	0,006	0,007	0,009	0,012	0,014	0,017	0,019	0,023	0,026	0,029
12	0,003	0,004	0,006	0,008	0,010	0,013	0,016	0,019	0,023	0,027	0,031	0,035	0,040
13	0,003	0,005	0,008	0,010	0,013	0,017	0,021	0,025	0,030	0,036	0,041	0,047	0,054
14	0,004	0,007	0,010	0,014	0,018	0,022	0,028	0,033	0,040	0,047	0,054	0,062	0,071
15	0,006	0,009	0,013	0,017	0,023	0,029	0,035	0,043	0,051	0,060	0,070	0,080	0,091
16	0,007	0,011	0,016	0,022	0,029	0,036	0,045	0,054	0,065	0,076	0,088	0,101	0,115
17	0,009	0,014	0,020	0,028	0,036	0,046	0,056	0,068	0,081	0,095	0,110	0,127	0,144
18	0,011	0,017	0,025	0,034	0,044	0,056	0,069	0,084	0,100	0,117	0,136	0,156	0,178
19	0,014	0,021	0,031	0,042	0,054	0,069	0,085	0,103	0,122	0,144	0,166	0,191	0,217
20	0,016	0,026	0,037	0,050	0,066	0,083	0,103	0,124	0,148	0,174	0,201	0,231	0,263
21	0,020	0,031	0,044	0,060	0,079	0,100	0,123	0,149	0,178	0,208	0,242	0,278	0,316
22	0,023	0,037	0,053	0,072	0,094	0,119	0,147	0,178	0,211	0,248	0,288	0,330	0,376
23	0,028	0,043	0,062	0,085	0,111	0,140	0,173	0,210	0,250	0,293	0,340	0,390	0,444
24	0,033	0,051	0,073	0,100	0,130	0,165	0,203	0,246	0,293	0,344	0,399	0,458	0,521
25	0,038	0,059	0,085	0,116	0,152	0,192	0,237	0,287	0,342	0,401	0,465	0,534	0,608
26	0,044	0,069	0,099	0,135	0,176	0,223	0,275	0,333	0,396	0,465	0,539	0,619	0,704
27	0,051	0,079	0,114	0,155	0,203	0,257	0,317	0,384	0,457	0,536	0,622	0,714	0,812
28	0,058	0,091	0,131	0,178	0,233	0,295	0,364	0,441	0,524	0,615	0,714	0,819	0,932
29	0,067	0,104	0,150	0,204	0,266	0,337	0,416	0,503	0,599	0,703	0,815	0,936	1,065
30	0,076	0,118	0,170	0,232	0,303	0,383	0,473	0,573	0,681	0,800	0,927	1,065	1,211

Рис. 2.6

Диаметр вала (дюймы) для диаметра ступицы = от 1,75 до 1,99 диаметра вала													
Вал L/D	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
8	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,011	0,013	0,014
9	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,008	0,010	0,012	0,014	0,016	0,019	0,021
10	0,002	0,003	0,004	0,006	0,008	0,010	0,012	0,014	0,017	0,020	0,023	0,027	0,030
11	0,003	0,004	0,006	0,008	0,010	0,013	0,016	0,020	0,024	0,028	0,032	0,037	0,042
12	0,004	0,006	0,008	0,011	0,014	0,018	0,022	0,027	0,032	0,037	0,043	0,050	0,056
13	0,005	0,007	0,010	0,014	0,019	0,024	0,029	0,035	0,042	0,049	0,057	0,065	0,074
14	0,006	0,009	0,014	0,018	0,024	0,030	0,038	0,045	0,054	0,064	0,074	0,085	0,096
15	0,008	0,012	0,017	0,023	0,031	0,039	0,048	0,058	0,069	0,081	0,094	0,108	0,122
16	0,010	0,015	0,022	0,029	0,038	0,049	0,060	0,073	0,086	0,101	0,117	0,135	0,153
17	0,012	0,019	0,027	0,036	0,047	0,060	0,074	0,090	0,107	0,125	0,145	0,167	0,190
18	0,015	0,023	0,033	0,044	0,058	0,074	0,091	0,110	0,131	0,153	0,178	0,204	0,232
19	0,018	0,027	0,040	0,054	0,070	0,089	0,110	0,133	0,158	0,186	0,216	0,247	0,282
20	0,021	0,033	0,048	0,065	0,084	0,107	0,132	0,160	0,190	0,223	0,259	0,297	0,338
21	0,025	0,039	0,057	0,077	0,101	0,127	0,157	0,190	0,226	0,266	0,308	0,354	0,402
22	0,030	0,046	0,067	0,091	0,119	0,150	0,186	0,225	0,267	0,314	0,364	0,418	0,475
23	0,035	0,054	0,078	0,107	0,139	0,176	0,218	0,264	0,314	0,368	0,427	0,490	0,558
24	0,041	0,063	0,091	0,124	0,163	0,206	0,254	0,307	0,366	0,429	0,498	0,571	0,650
25	0,047	0,074	0,106	0,144	0,188	0,238	0,294	0,356	0,424	0,497	0,577	0,662	0,754
26	0,054	0,085	0,122	0,166	0,217	0,275	0,339	0,411	0,489	0,573	0,665	0,763	0,869
27	0,062	0,097	0,140	0,191	0,249	0,315	0,389	0,471	0,560	0,658	0,763	0,876	0,996
28	0,071	0,111	0,160	0,218	0,284	0,360	0,444	0,538	0,640	0,751	0,871	1,000	1,137
29	0,081	0,126	0,182	0,247	0,323	0,409	0,505	0,611	0,727	0,854	0,990	1,136	1,293
30	0,091	0,143	0,206	0,280	0,366	0,463	0,572	0,692	0,823	0,966	1,121	1,286	1,464

Рис. 2.7

Диаметр вала (дюймы) для диаметра ступицы = от 2,00 до 2,25 диаметра вала													
Вал L/D	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
8	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020
9	0,002	0,003	0,004	0,006	0,007	0,009	0,011	0,014	0,016	0,019	0,022	0,026	0,029
10	0,003	0,004	0,006	0,008	0,010	0,013	0,016	0,020	0,023	0,027	0,032	0,036	0,041
11	0,004	0,006	0,008	0,011	0,014	0,018	0,022	0,027	0,032	0,037	0,043	0,050	0,057
12	0,005	0,007	0,011	0,014	0,019	0,024	0,030	0,036	0,043	0,050	0,058	0,067	0,076
13	0,006	0,010	0,014	0,019	0,025	0,031	0,039	0,047	0,056	0,065	0,076	0,087	0,099
14	0,008	0,012	0,018	0,024	0,032	0,040	0,050	0,060	0,071	0,084	0,097	0,111	0,127
15	0,010	0,016	0,022	0,031	0,040	0,051	0,062	0,076	0,090	0,106	0,122	0,141	0,160
16	0,012	0,019	0,028	0,038	0,050	0,063	0,078	0,094	0,112	0,131	0,152	0,175	0,199
17	0,015	0,024	0,034	0,047	0,061	0,077	0,096	0,116	0,138	0,161	0,187	0,215	0,245
18	0,019	0,029	0,042	0,057	0,074	0,094	0,116	0,141	0,167	0,196	0,228	0,261	0,297
19	0,022	0,035	0,050	0,069	0,089	0,113	0,140	0,169	0,201	0,236	0,274	0,315	0,358
20	0,027	0,042	0,060	0,082	0,107	0,135	0,167	0,202	0,240	0,282	0,327	0,375	0,427
21	0,032	0,049	0,071	0,097	0,126	0,160	0,197	0,239	0,284	0,334	0,387	0,444	0,505
22	0,037	0,058	0,084	0,114	0,148	0,188	0,232	0,281	0,334	0,392	0,455	0,522	0,594
23	0,043	0,068	0,097	0,133	0,173	0,219	0,271	0,328	0,390	0,458	0,531	0,609	0,693
24	0,050	0,079	0,113	0,154	0,201	0,254	0,314	0,380	0,452	0,531	0,616	0,707	0,804
25	0,058	0,091	0,130	0,178	0,232	0,293	0,362	0,438	0,522	0,612	0,710	0,815	0,928
26	0,067	0,104	0,150	0,204	0,266	0,337	0,416	0,503	0,599	0,703	0,815	0,935	1,064
27	0,076	0,119	0,171	0,233	0,304	0,385	0,475	0,575	0,684	0,802	0,931	1,068	1,215
28	0,086	0,135	0,194	0,265	0,345	0,437	0,540	0,653	0,777	0,912	1,058	1,215	1,382
29	0,098	0,153	0,220	0,299	0,391	0,495	0,611	0,739	0,880	1,033	1,198	1,375	1,564
30	0,110	0,172	0,248	0,338	0,441	0,558	0,689	0,834	0,992	1,165	1,351	1,551	1,764

Рис. 2.8

Монтаж редуктора. Центровка

Общие сведения

Процесс центровки редуктора и гребного вала требует особого внимания. Оси валов располагают относительно друг друга строго в пределах допусков, чтобы обеспечить нормальный срок службы редуктора. В настоящем разделе в общих чертах описываются действия по выполнению такой центровки. Они распространяются как на отдельно монтируемые редукторы (изолированные), так и на редукторы, крепящиеся болтами к главному двигателю со стороны маховика.

Центровку валопровода выполняют тогда, когда его осевая линия совпадает или близка к теоретической (см. предыдущий раздел по прогибу вала).

После корректировки прогиба вала и закрепления свободного конца вала на опоре, как показано на рис. 2.9, редуктор или редуктор вместе с двигателем центруют с гребным валом.

Термины и параметры центровки

Целью центровки, как было указано в настоящем разделе ранее, является точное совмещение осей редуктора и валопровода. Под осевым совмещением здесь понимается относительное расположение осей вращения сопрягаемых элементов, в данном случае фланцев гребного вала и выходного вала редуктора.

Существуют два определяющих параметра центровки:

- 1) центровка по смещению или соосности отверстий;
- 2) центровка по излому или параллельности торцевых поверхностей.

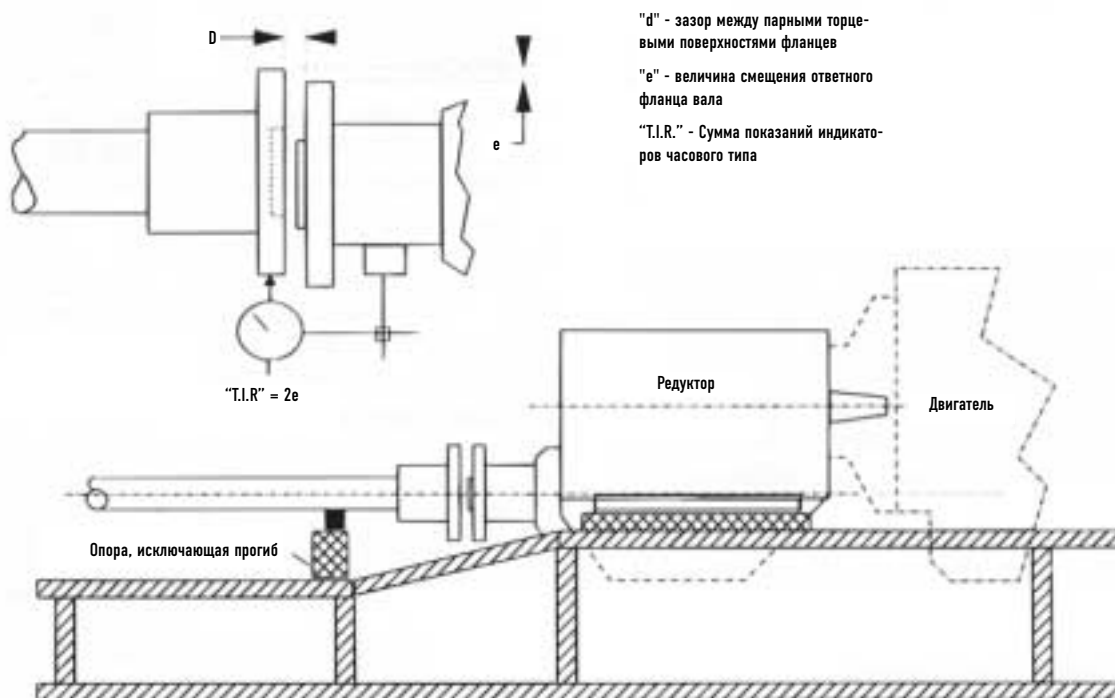


Рис. 2.9. Монтаж главного судового двигателя

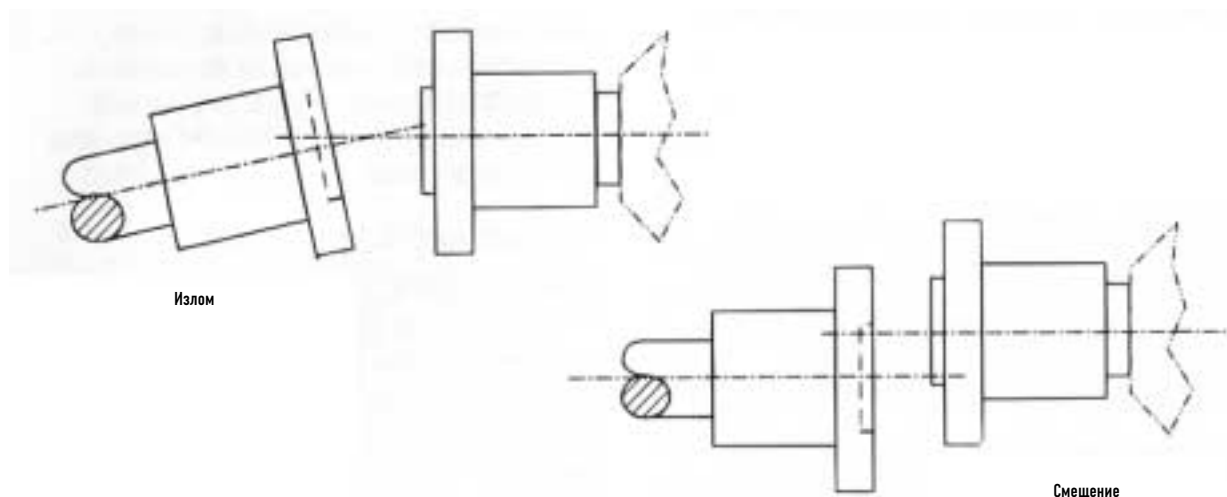


Рис. 2.10

Излом наблюдается при непараллельности осевых линий выходного вала редуктора и гребного вала. Пределы излома и смещения даны в подразделе "Порядок центровки".

Смещение возникает тогда, когда осевые линии выходного вала редуктора и гребного вала параллельны, но расположены не на одной прямой.

Условия центровки

Состояние центровки прецизионных механизмов требует неоднократной проверки. При этом нельзя считать, что основание механизмов - это ровная, стационарная, не отклоняющаяся от своего положения поверхность. Корпус судна деформируется под действием меняющихся дневных и сезонных температур, различных нагрузок, балласта и морской среды.

Не допускается производить окончательную центровку тяговых механизмов, если не соблюдаются следующие требования:

- судно находится на плаву;
- судно загружено временным балластом;

- резервуары для хранения топлива, воды и временного балласта заполнены до нормального, среднего, рабочего уровня, обычно составляющего 1/2 или 1/4 объема. Не требуется обязательного заполнения топливных баков топливом, поскольку для достижения соответствующего водоизмещения важна только масса, находящейся в резервуаре жидкости. Вода в этом смысле является подходящей заменой топливу;
- устанавливают все основное оборудование массой более 225 кг (500 фунтов), либо массу механизмов имитируют расположенным соответствующим образом эквивалентным грузом.

Примечание: Если предыдущий опыт монтажа главного двигателя дал хорошие результаты, центровку можно завершить до спуска судна на воду. Состояние центровки проверяют непосредственно перед ходовыми испытаниями.

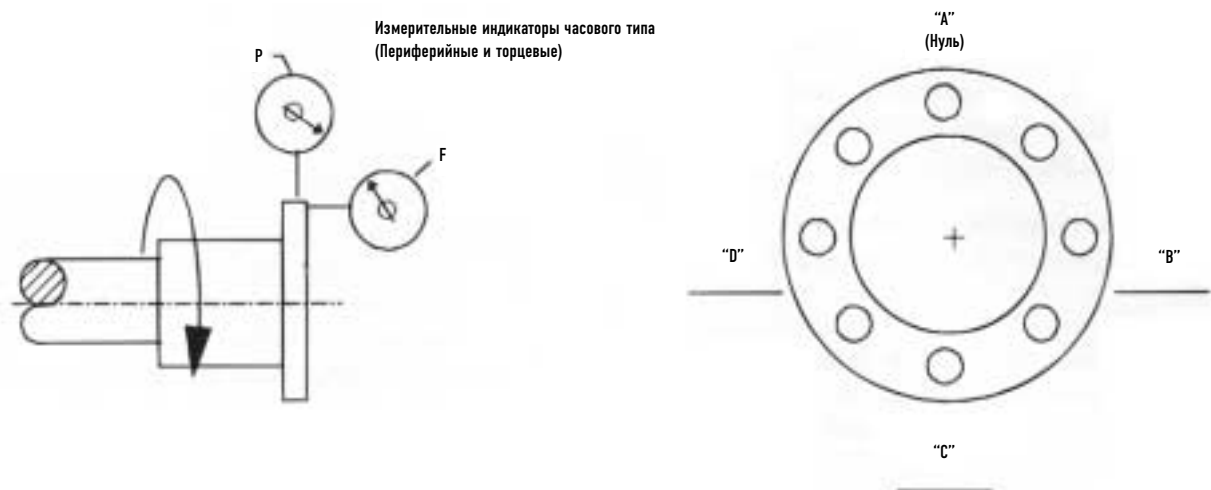


Рис. 2.11. Терминология и метод измерения биения фланца выходного вала редуктора и ответного фланца

Порядок центровки

Центровка редукторов и двигателей с редукторами, закрепленными на картере маховика:

1. Установите вал на роликовую или смазанную маслом V-образную опору и измерьте биение привалочной поверхности фланца с помощью индикатора часового типа (см. рис. 2.11). Наблюдая за показаниями стрелки индикатора, проверните вал и отметьте точку наименьшего показания индикатора. Сделайте отметку (краской, кернером и т.д.) на наружной поверхности фланца у отверстия под болт, ближайшего к точке наименьшего показания индикатора. Для всех последующих показаний данная точка будет служить нулевой отметкой "А".
2. Установите индикатор на нулевую отметку "А". Проворачивайте вал и регистрируйте показания индикатора в положении "правый борт", "низ", "левый борт" (со стороны торца). Вышеперечисленные места замеров соответствуют точкам "В", "С" и "D". Сделайте один поворот вала, проверяя повторно показание индикатора в точке "А", т.е. положении "верх".
3. Используя ту же нулевую отметку "А", измерьте биение фланца на периферии (наружной поверхности). Для этого повторите действия, описанные в п.2.

4. Проведите операции, перечисленные под пп.1 - 3, чтобы измерить торцевое и периферийное биение фланца выходного вала редуктора и зафиксировать показания индикатора. Исключение составляет следующее: нулевую отметку "А" наносят у ближайшего к наибольшему показанию индикатора отверстия под болт.

Погрешности замеров устраняют в процессе центрирования. Максимальное допустимое биение для большинства редукторов Twin Disc или Reintjes, предлагаемых фирмой Caterpillar, является следующим:

максимальное торцевое биение фланца = 0,10 мм (0,004 дюйма);

максимальное биение отверстия = 0,10 мм (0,004 дюйма).

Значения биения являются суммой значений, снятых с показаний измерительного индикатора (Т.И.Р).

Примечание: Если значение торцевого биения фланца (или отверстия) превышает предельно допустимое, его корректируют путем снятия и переустановки фланца в другое положение (если позволяет тип соединения).

Несоосность можно также компенсировать с помощью индивидуальной подгонки сопрягаемых фланцев при условии, что отверстия фланцев не были подвергнуты развертке и совмещены для стяжки призонными болтами. Например, если нулевые отметки "А" обоих фланцев, как указано в пп. 1 - 4, согласованы, торцевое биение фланцев будет скомпенсировано (см. рис. 2.12).

В продолжение примера. Если максимальная сумма значений биения фланца вала составляет плюс 0,008 дюйма, а фланца выходного вала редуктора - соответственно минус 0,005 дюйма, то по отдельности они находятся за пределами допустимых значений. Однако, полезное биение - есть сумма показаний $0,008 + (-0,005) = 0,003$ дюйма. Такая несоосность допускается, поскольку полученное значение находится в пределах допуска, составляющего 0,004 дюйма.

5. Установите гребной вал на расстоянии приблизительно 8 мм от заданного положения по направлению к корме.

Примечание: На данном этапе устанавливают в заданное положение элементы набора или опоры для монтажа редуктора двигателя. При этом зазор должен быть достаточным для введения пластиковых или металлических прокладок. При отсутствии опор, установите их.

6. Теперь поставьте редуктор (или двигатель с редуктором) в окончательное положение. Для этого сдвиньте редуктор так, чтобы расстояние до ответного фланца составляло приблизительно 8 мм (0,3 дюйма) в соответствии с п.5, не вводя в зацепление направляющий поясok фланца.

7. **Соосность.** Измерьте зазор по окружности фланцев в четырех точках, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. Для этого можно использовать проверочную линейку, щуп или измерительный индикатор часового типа, изображенные на рис. 2.13. При использовании индикатора установите его на фланце выходного вала редуктора, как показано на рисунке, и измерьте биение полумуфты. С помощью клиньев или отжимных винтов отрегулируйте положение фланца выходного вала так, чтобы не нарушить допуск на соосность, равный 0,127 мм (0,005 дюйма) (размер e , рис. 2.13). Сумма значений индикатора допускается не более 0,254 мм (0,010 дюйма). Скользящая посадка направляющих поясков сопрягаемого фланца, если они предусмотрены у редукторов, обеспечивает соосность отверстий.

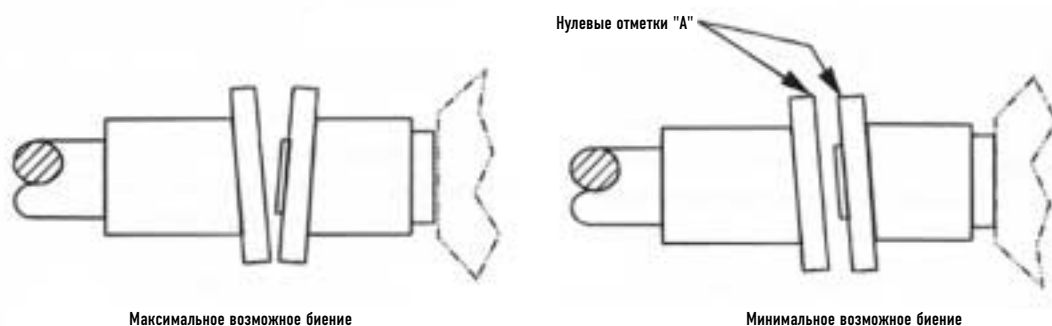


Рис. 2.12. Компенсация торцевого биения полумуфты

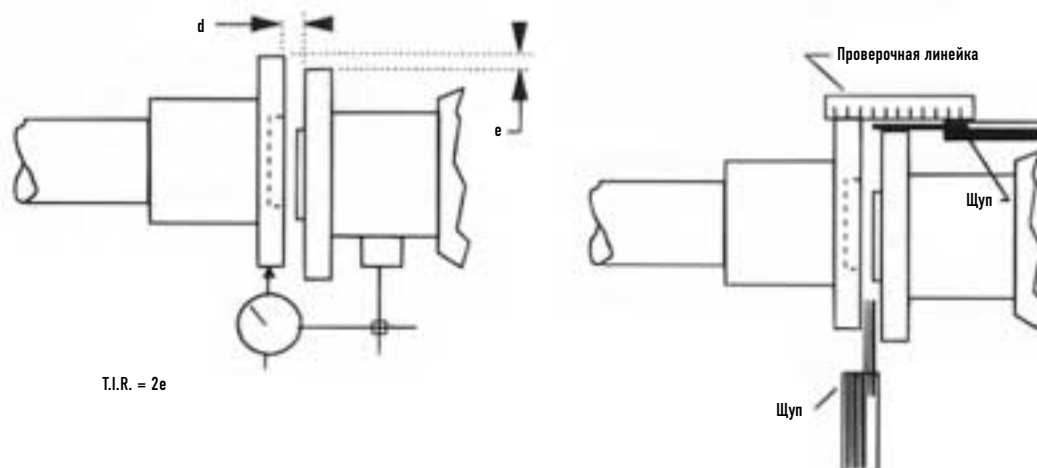


Рис. 2.13. Методы центровки (фланец с фланцем)

8. При соблюдении этого условия соедините поверхности фланцев. Для этого сдвиньте гребной вал с полумуфтой вперед на 4,5 мм (0,180 дюйма) относительно всех точек по окружности фланцев.
9. Центровка по излому. Теперь можно отрегулировать положение двигателя и редуктора для установки фланца выходного вала редуктора в положение, исключающее его смещение или излом. С помощью шупа или нутромера измерьте зазор между торцевыми поверхностями в четырех точках, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга в положениях А, В, С и D (см. рис. 2.13). Затем сделайте следующее:
 - а) сведите результаты замеров в расчетную таблицу;
 - б) сравните значения зазора в диаметрально противоположных точках (т.е. показания в точке А сравните с показаниями в точке С; показания в точке В - с показаниями в точке D);
 - с) отнимите меньшие показания в диаметрально противоположных точках от больших для А и С, и для В и D;

Например: если значение биения в точке А составляет 0,175 дюйма, а в точке С - 0,165 дюйма, отнимите 0,165 от 0,175. В результате получаем 0,010 дюйма.

- д) полученная путем вычитания разница прямо пропорциональна величине излома. Разница значений не должна превышать 0,005 дюйма (между А и С, В и D). Если разница значений больше, положение двигателя и редуктора регулируют до тех пор, пока они не будут в пределах допуска;
 - е) во время центровки по излому убедитесь в том, что не нарушена центровка по смещению.
10. Проверьте еще раз все показания индикатора, вставьте в отверстия фланцев болты и подготовьте опоры редуктора и двигателя для окончательного крепления их к фундаменту главного двигателя.

За исключением последней проверки состояния центровки после крепления узла к фундаменту и перед ходовыми испытаниями процесс центровки считается законченным.

Инструкции по монтажу/центровке

Двигатели фирмы Caterpillar и отдельно монтируемые редукторы, и эластичные муфты Vulkan Rato

Введение

Целью настоящих инструкций является описание в общих чертах эффективного способа центровки судовых двигателей фирмы Caterpillar и отдельно монтируемых редукторов, особенно в случаях применения эластичных муфт Vulkan Rato. Настоящий порядок центровки может применяться и в случаях использования других типов муфт, если при этом допускается относительное радиальное и угловое смещение между двигателем и редуктором в муфте во время процесса центровки.

Подготовительные работы

Следующие операции и положения должны быть выполнены и соблюдены до начала центровки двигателя и редуктора:

1. Гребной вал установлен на место. Редуктор прицентрован к валу, закреплен на фундаменте штатными болтами и упорами в соответствии с требованиями.
2. Внутренний элемент эластичной муфты прикреплен к редуктору, а внешний элемент - к маховику, как указано ниже на рисунке.
3. Двигатель установлен в положение центровки, близкое к окончательному (при осмотре невооруженным глазом). При этом внутренний и внешний элементы муфты не соприкасаются.
4. Установлены нажимные винты для регулировки положения двигателя в продольном и поперечном направлении. (Поставляются и устанавливаются судоремонтным заводом или монтажной организацией.) Домкраты для регулировки вертикального положения двигателя - чистые и хорошо смазаны.
5. Имеются под рукой все необходимые инструменты и приборы, такие как измерительные индикаторы часового типа с кронштейнами, хомут для крепления приборов к щиту редуктора (заводские обозначения

6V-2042 и 6V-2043), монтировка для регулировки продольного положения коленчатого вала и вертикального положения маховика, инструмент для вращения маховика двигателя и другой ручной инструмент.

Шаг 1

- a. Очистите периферийную часть маховика и торцевую поверхность переходника маховика. Измерьте торцевое и кольцевое биение маховика с помощью измерительных индикаторов за один поворот вала. Удалите царапины или задиры, могущие вызвать погрешности в показаниях индикатора. Рекомендуется легкая очистка маслом.
- b. Установите индикаторы на некотором расстоянии от картера маховика, как показано на рис. 2.14.
- c. Поверните вал на один оборот и отметьте суммарное показание индикатора для торцевой и периферийной части маховика. Запишите эти показания. (Если муфта имеет торсионные ограничители, этот шаг выполнять не нужно.)
- d.. Снимите боковую крышку блока двигателя и с помощью монтировки, установленной между щекой коленчатого вала и постелью вкладыша коренного подшипника, передвигайте коленчатый вал в продольном направлении. Впишите показания индикатора в листок данных. Зафиксируйте коленчатый вал в положении вперед.
- e. С помощью монтировки приподнимите маховик вверх (на всю величину хода) и запишите показания половины хода. Это провисание маховика.

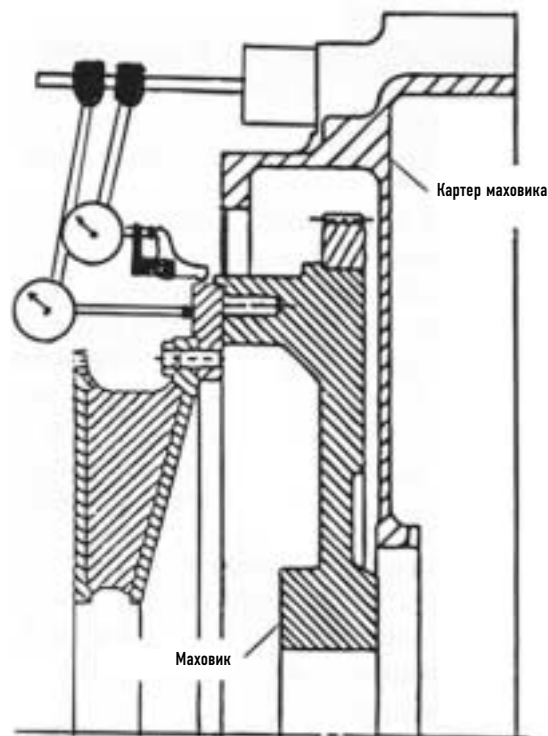


Рис. 2.14

- f. Определите величину смещения "Y". Это расстояние, на которое судовой редуктор устанавливается выше двигателя, и равняется величине провисания маховика, (которая была найдена в операции "e"), плюс разница температурной деформации узлов входа "Xt" двигателя и редуктора.

$$"Y" = [\text{провисание маховика} + X_t]$$

Приблизительное значение X_t находят по формуле:

$$X_t = [0,009 - (0,0004 \times d)] \text{ дюйма,}$$

(где d = расстояние от узла входа редуктора до опорной рамы).

Примечание: Для редукторов WAF модели 540 и 560 можно использовать $X_t = +0,003$ дюйма. Для редукторов WAF модели 860 и 1160 - $X_t = -0,002$ (отрицательное). Для редукторов WAF модели 640, 660, 740, 760, 840 и 1140 эта разница слишком мала и не берется в расчет.

- g. Найдите значение "Y" по формуле $Y = \text{провисание маховика} + X_t = \underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}}$ Впишите значение в листок данных. См. рис. 2.15.

Шаг 2

- Снимите измерительные индикаторы часового типа с картера маховика.
- При положении коленчатого вала вперед расположите двигатель относительно редуктора таким образом, чтобы внешний элемент эластичной муфты был совмещен с внутренним элементом муфты (при осмотре невооруженным глазом), и зазор между внешним и внутренним элементом при измерении щупом составил половину длины движения коленчатого вала в продольном направлении. Последняя согласно шагу 1d равна $\pm 0,002$ дюйма. Зазор измеряют в точках болтового крепления, обозначенных буквой X, как показано на рис. 2.16.

Примечание: Эти болты пока устанавливать нельзя.

- Проверните входной вал редуктора. Убедитесь, что вал вращается свободно. Небольшое сопротивление вращению может быть вызвано внешним элементом муфты или боковой деталью двигателя. Если вал вращается с трудом или совсем не вращается, повторите операцию "а" настоящего шага.

Шаг 3

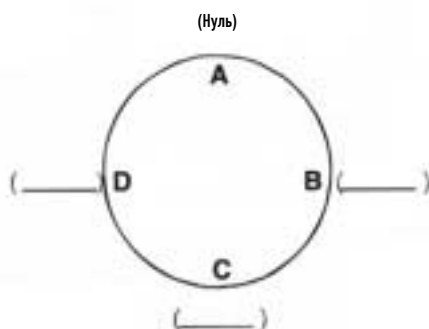
- Установите хомуты, кронштейны и т.д. и подведите измерительные индикаторы часового типа, как показано на рис. 2.16.

Примечание: Для указанного способа центровки показание индикатора считают положительным, если шток индикатора входит в корпус круговой шкалы. Таким же образом, все размеры указываются в дюймах, если не оговаривается иное.

Примечание: Если муфта оснащена торсионными ограничителями (функция возврата в исходное положение) переходите к операции "е" настоящего шага. При отсутствии торсионных ограничителей (функция возврата в исходное положение) выполните следующее:

- Поверните входной вал редуктора на один оборот и убедитесь, что головка индикатора свободно перемещается по поверхности вала.
- Установите индикаторы на нулевую отметку А. Вращайте входное звено редуктора (или одновременно двигателя и редуктора при наличии торсионных ограничителей) и запишите суммарные значения биения торцевой поверхности и на периферии в точках В, С и D, как показано на рис. 2.15. Проверьте повторно нулевое значение в точке А.

Торцевая поверхность



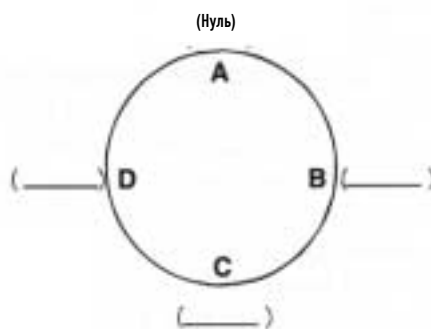
Пределы:

$B, C, D = \pm 0,010$ дюйма

Максимальное показание индикатора

Максимальная разность показаний между точками В и D = 0,010 дюйма

Периферия



Пределы:

$C = 2Y \pm 0,005$ дюйма ($Y =$ _____ дюйма)

$D + B = C \pm 0,005$ дюйма

Максимальная разность показаний между точками В и D = 0,010 дюйма

Рис. 2.15

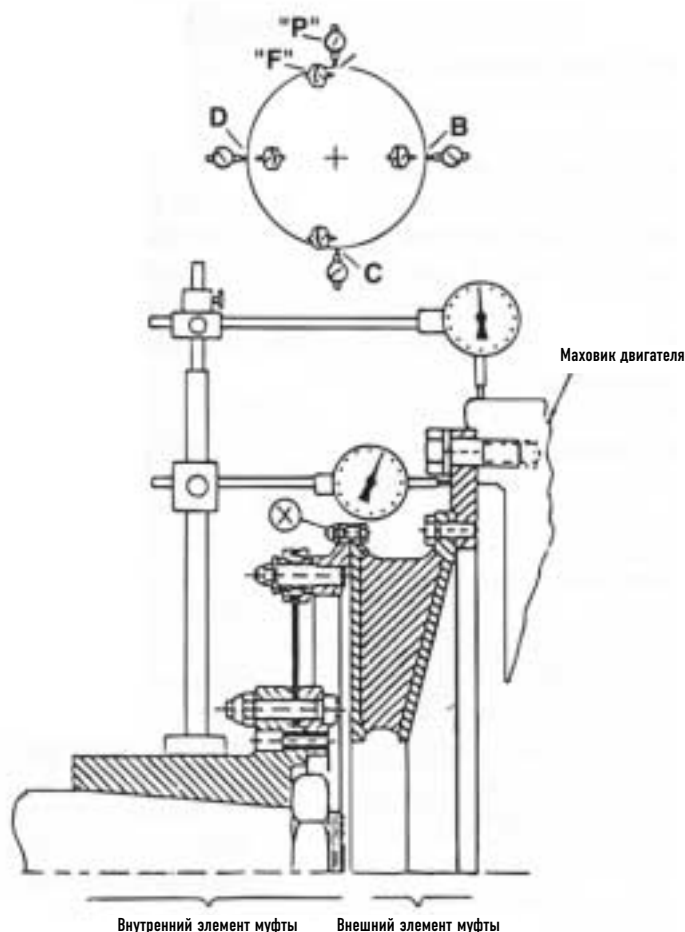


Рис.2.16

- d. Установите двигатель так, чтобы показания индикатора находились в пределах значений, указанных на рис. 2,15, для торцевой поверхности и периферии. Возможно, для этого потребуются проделать операцию несколько раз. Если муфты не имеют торсионных ограничителей, обратитесь к показаниям индикатора, зарегистрированным в операции 1с. Если они не превышают 0,127 мм (0,005 дюйма) на торцевой поверхности и 0,203 мм (0,008 дюйма) на периферии, выполните шаг 4. В противном случае переходите к операции "е".
- е. Установите несколько болтов со свободной посадкой в точке X так, чтобы двигатель и редуктор вращались одновременно, и относительное радиальное смещение парных элементов муфты не ограничивало их вращение.
- f. Повторите операции "с" и "d". за исключением одного. Двигатель и редуктор приводят в движение поворотом маховика. Если показания находятся в допустимых пределах, указанных на рис. 2.15, болты со свободной посадкой из точки X вывинчивают и переходят к шагу 4.

Шаг 4

Проверьте осевой зазор между элементами муфты. При положении коленчатого вала вперед между элементами муфты имеется зазор. Или, если они соприкасаются, внутренний элемент достаточно свободно вращается относительно внешнего. Входной вал редуктора приводят в движение от руки, или с помощью лома длиной 0,61 м (2 фута). При положении коленчатого вала назад, элементы муфты соприкасаются. В противном случае зазор между ними не должен превышать 0,508 мм (0,020 дюйма). Прежде, чем переходить к шагу 5, убедитесь, что настоящее требование выполнено.

Шаг 5

- a. Установите двигатель на смоле или жестких металлических прокладках и закрепите его на фундаменте в установленном порядке. Фундаментные болты пока устанавливать нельзя.

Примечание: Для тяжелых двигателей не рекомендуется применять неплотно прилегающие металлические прокладки.

- b. После выполнения операции "а" (и окончательного затвердения смолы) снимите повторно показания индикатора на торцевой поверхности и периферии, как указано в шаге 3. При изменении показаний, что происходит достаточно часто, центровку механизмов не повторяют, если значения показаний не превышают пределы, указанные на рис. 2,15, т.е. 0,127 мм (0,005 дюйма) на торцевой поверхности и 0,254 мм (0,010 дюйма) на периферии.
- c. Если требование операции "b" соблюдено, установите призонный болт на задней опоре двигателя справа или слева. Если требуется, установите противоударные подушки.
- d. С помощью центрирующих инструментов (конических штифтов) прицентрируйте сопрягаемые элементы муфты и установите болты со скользящей посадкой в точках "X". Не забивайте болты молотком. Вместо этого запрессуйте или вдавите их с помощью плоскогубцев. При этом головки болтов должны находиться со стороны двигателя.
- e. Снимите измерительные приборы и установите на место боковую крышку блока двигателя.
- f. На этом процесс центровки заканчивается. Если центровка проводилась во время строительства в сухом доке или на судовой верфи, состояние центровки проверяют после спуска на воду и частичной загрузки судна. Этот шаг является ключевым в процессе центровки системы с менее жестким основанием или в случае чувствительности корпуса к условиям плавания, например, у плоскодонных судов.

Регистрация заключительных показаний

С шага 1 "d" и "e":

Суммарное смещение маховика по вертикали .. ____ дюймы

Суммарное смещение коленчатого вала в продольном направлении .. ____ дюймы.

ТОРЦЕВАЯ ПОВЕРХ- НОСТЬ	ПЕРИФЕ- РИЯ
0,000	0,000
A	A
__D В__	__D В__
C	C

Монтаж двигателя и редуктора

Общие сведения

Подготовительные работы

Правильный монтаж судового редуктора и главного двигателя после центровки является ключевым моментом для сохранения соосности и последующей плавной, бесшумной эксплуатации механизмов и, поэтому, требует особого внимания. В настоящем разделе описываются требования и порядок монтажа редукторов и двигателей фирмы Caterpillar к фундаменту судна и валопроводу.

Как производитель двигателей фирма Caterpillar может формулировать требования по монтажу и центровке своей продукции. Ответственность же за монтаж и центровку механизмов лежит на монтажных организациях. Основными требованиями являются следующие:

Двигатель устанавливают так, чтобы:

- упорное усилие винта передавалось полностью конструкции судна (за исключением тех случаев, когда упорный подшипник разобщен с судовым редуктором);

- передаваемое упорное усилие или иные внешние силы не вызвали расцентровку редуктора и/или гребного вала, или двигателя;

- давление двигателя не повредило фундамент;

- избежать его монтажных напряжений;

- изгиб корпуса судна не влиял на блок цилиндров двигателя и коленчатый вал;

- осевая нагрузка валопровода не передавалась коленчатому валу;

- его естественное тепловое расширение и усадка не ограничивались.

Допускается жесткое и эластичное крепление двигателя.

Фундамент

Фундамент редуктора/двигателя - это та часть конструкции судна, на которую опирается гребная установка и которая обеспечивает взаимосвязь элементов валопровода. Фундамент обычно состоит из двух продольных брусьев и свободных поперечных связей, и выдерживает массу редуктора/двигателя, упорные, скручивающие и инерционные нагрузки. В конструкторской практике элементы основания делают длинными. Это ограничивает деформацию корпуса путем распределения нагрузки на большую площадь.

Фундамент в целом должен быть достаточно прочным, чтобы выдерживать постоянные нагрузки, вызванные крутящим моментом, упором винта, килевой и бортовой качкой, или случайной посадкой на мель. Поскольку ни одна конструкция не может быть абсолютно жесткой, фундамент выполняют более жестким, чем валопровод, чтобы нагрузка на основные части валопровода не превышала предельно допустимую при изгибе корпуса. Фундамент изготавливается из металла (стали или алюминия), дерева или стекловолокна в зависимости от строения корпуса. Если применяется стекловолокно, фундаменты изготавливают из пластикового материала или дерева.

В фундаменте из пластиковых материалов применяют металлическую плиту между механизмом и фундаментом из стекловолокна для равномерного распределения нагрузки.

Деревянный фундамент допускается в случаях, когда механизмы крепятся шурупами с квадратной головкой, и не требуется специальных приемов распределения нагрузки.

Вид крепления

Крепление двигателя и редуктора подразделяют на две категории - жесткое и упругое.

Жесткое крепление. Опоры двигателя и прокладки крепят непосредственно к элементам конструкции судна. Регулировочные прокладки, служащие для выравнивания положения двигателя или редуктора, изготавливают из металла или формуемой пластмассы (подробнее см. ниже раздел о прокладках). Если крепление опор двигателя к элементам корпуса не обеспечивает защиту от вибрации, опоры делают упругими, чтобы избежать напряжения в блоке двигателя, обусловленного изгибом корпуса. Это наиболее простой и дешевый способ крепления двигателя.

При жестком креплении механизмы, как правило, крепят к фундаменту болтами.

Упругое крепление механизмов обычно применяют для снижения вибрации и шума, передаваемых элементами конструкции судна. Этот способ дороже предыдущего и требует внимания к деталям. При упругом креплении во всех соединениях (топливовоздушная смесь, охладитель, топливо, отрабатываемые газы, система управления) применяют эластичные штуцеры. Раздел об упругом креплении приводится ниже.

Порядок монтажа

Примечание: В операциях, приведенных ниже, центровка, под которой понимается соосность валов главного редуктора и валопровода и валов главного двигателя и редуктора считается завершенной в соответствии с порядком центровки, описанным в предыдущем разделе.

Монтаж главного редуктора

Для жесткого крепления отдельно монтируемых (отстоящих от двигателя) редукторов сделайте следующее

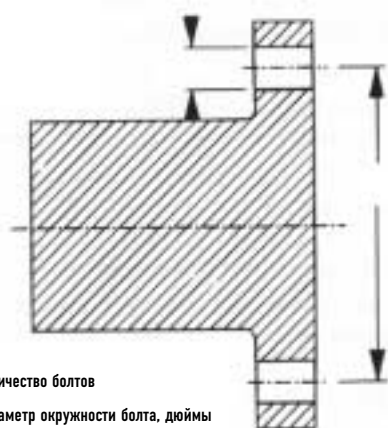
1. Проверьте опорную конструкцию редуктора, чтобы ее размер, прочность, расстояние между прокладками, и зазор для монтажных болтов были достаточными. Если кронштейны редуктора крепятся болтами, убедитесь, что они надежно зафиксированы для предотвращения смещения относительно корпуса редуктора (установлены штифты и т.д.).
2. Если применяются металлические прокладки (клинья), отшлифуйте и установите их с обеих сторон редуктора. Подробнее см. Приложение для подгонки и установки прокладок.

Примечание: В качестве исключения из предупреждения, данного в Приложении, допускается использовать многослойные легко отделяемые прокладки или несколько отдельных прокладок в сочетании с толстой металлической прокладкой. В обоих случаях в качестве материала предпочтительнее использовать нержавеющую сталь. Вышеуказанное исключение обусловлено относительно низкими линейными колебаниями и большей устойчивостью редуктора по сравнению с двигателем.

3. Осторожно, чтобы не нарушить соосность редуктора и валопровода, просверлите и разверните отверстия под призонные фундаментные болты. Допускается установка не менее двух призонных болтов. Их устанавливают с каждой стороны напротив друг друга (только не по диагонали). Для некоторых редукторов допускается в редких случаях устанавливать призонные болты в имеющиеся отверстия. Сопротивление крепящегося фундаментными болтами редуктора осевым усилиям складывается из: а) прочности на сдвиг призонных болтов; б) усилия затяжки всех фундаментных болтов.
4. Установите, все призонные болты и фундаментные болты со свободной посадкой, не затягивая их до упора. При этом конец резьбы должен быть обращен вверх. Предпочтительнее, чтобы выступающий конец резьбы был достаточно длинным для установки двух гаек.
5. Если применяются прокладки из смолы, порядок установки подробнее см. в Приложении или инструкции производителя. Основные операции выполняются в нижеприведенной последовательности.
 - а. Приготовьтесь к введению смолы, т.е. установите перемычки вокруг опорных подушек, прокладки вокруг болтов со свободной посадкой и т.д.
 - б. Повторно проверьте соосность редуктора и валопровода и по мере необходимости отрегулируйте положение редуктора.
 - с. Введите смолу и дайте ей застыть так, как указано в инструкции производителя. Затяните крепежные гайки с моментом, рассчитанным в соответствии с Приложением. Причем рекомендуемая нагрузка на каждую прокладку не должна превышать допустимого значения. (Под нагрузкой понимается сумма нагрузки от веса редуктора и нагрузки от болтов.)
6. При использовании металлических прокладок затяните крепежные гайки в соответствии с указаниями таблицы рис. 2.24 Приложения.
7. Проверьте состояние центровки и при удовлетворительном результате установите контргайки. В области резьбы поставьте краской пятно для облегчения периодического внешнего осмотра болтовых соединений.

8. Стяните полумуфту выходного вала редуктора и полумуфту соединительными болтами, призонными или со свободной посадкой. Посадочные болты противостоят срезающим нагрузкам в основном за счет силы сопротивления сдвигу и в малой степени за счет сжимающего усилия. В соответствии с эмпирическим правилом для болтовых соединений полумуфт гребного винта, передающих момент, равный 0,75 кВт на об/мин (1 л.с. на об/мин) и более, требуются плотнопосадочные болты. При меньших значениях крутящего момента сжимающего усилия затяжки болта нередко бывает достаточно, чтобы выдержать срезающие напряжения с наименьшей степенью риска, особенно при использовании болтов класса 8 с высоким моментом затяжки.

Если болты с натягом не используются, то устанавливают болты класса 8 и затягивают их со стандартно высоким моментом, т.к. срезающая нагрузка на выходе сдерживается усилием тела болта. Значения номинального и высокого крутящего момента и нагрузки на болты размером от 3/8 дюйма до 1-1/2 дюйма приведены в таблице рис. 2.18. Значения высокого крутящего момента выделены жирным шрифтом. Используя значения нагрузки, можно рассчитать безопасный для фланцевых соединений крутящий момент по формуле рис. 2.17.



N = Количество болтов

Dp = Диаметр окружности болта, дюймы

Db = Диаметр стержня болта, дюймы

To = Крутящий момент, л.с./об/мин

Vp = нагрузка на болт, фунт

Допустимый крутящий момент (неплотные болты):

$$To = \frac{Dp \cdot N \cdot Vp}{2\,800\,000} \cdot \text{л.с./об/мин}$$

Рис.2.17

Размер болта	Крутящий момент, фунто-фут	Нагрузка на болт Вр, фунт
0,375 - 16 & 24	32 40	5200 8200
0,738 - 14 & 20	50 65	7100 11 400
0,500 - 13 & 20	75 100	9200 15 400
0,563 - 12 & 18	110 145	12 000 20 000
0,625 - 11 & 18	150 200	14 800 25 000
0,750 - 10 & 16	265 350	22 000 37 000
0,875 - 9 & 14	420 550	30 000 49 500
1,100 - 8 & 14	640 825	40 000 65 000
1,125 - 7 & 12	800 1000	44 400 71 000
1,250 - 7 & 12	1000 1350	50 000 87 000
1,375 - 6 & 12	1200 1700	55 000 100 000
1,500 - 6 & 12	1500 2000	63 500 108 000

Рис.2.18

При использовании призонных болтов просверлите и разверните отверстия под болты сопрягаемых поверхностей. Установите и затяните болты со стандартным для данного размера моментом или с моментом, рекомендованным изготовителем, если не оговорено иное.

9. При необходимости установите противоударные или упорные подушки. Их устанавливают с обеих сторон редуктора, оставляя достаточный зазор для теплового расширения корпуса. Указанное тепловое расширение происходит на участке между противоударной подушкой и первым призонным болтовым соединением. Для распределительной шестерни двигателя с рубашкой водяного охлаждения предусматривают зазор, равный 0,0008 дюйма на дюйм длины указанного расстояния. Для зубчатых колес с охлаждением заборной водой или килевым охлаждением оставляют зазор, равный 0,0006 дюйма на дюйм длины данного расстояния.

Подвижное упругое крепление отдельно монтируемых редукторов

Подвижное крепление отдельно установленных редукторов встречается нечасто и применяется, как правило, в особых случаях. Поскольку такое крепление процесс сложный и требует максимальной осторожности, мы не будем подробно на нем останавливаться, и перечислим только общие черты.

Отдельно монтируемый упорный подшипник для защиты редуктора от составляющей осевой нагрузки.

В вышеназванном случае, необходимо компенсировать относительное смещение редуктора и упорного подшипника. Для этого, возможно, потребуется следующее: карданный вал (со скользящим соединением); эластичная приводная муфта; или достаточно длинный отрезок безопорного вала между редуктором и упорным подшипником.

Поскольку крепление двигателя также упругое, двигатель с редуктором соединяют специальным образом, чтобы компенсировать относительное смещение между ними, которое может быть значительным.

Такой способ установки имеет одно преимущество. Упругое крепление выбирают или для двигателя, или для редуктора специально для настройки конкретной частоты звука/вибрации. При изоляции шума и вибрации высокой частоты упругое крепление редуктора будет, вероятно, более жестким, чем крепление двигателя. Крепления обычно имеют встроенные ограничители.

Монтаж двигателя вместе с редуктором

Жесткое крепление узлов редуктора и двигателя в сборе

Эти предварительно соединенные узлы, имеют либо: а) установленные с двух сторон опоры из неразрезных брусьев (рис. 2.19а), либо b) трехточечную систему крепления (см. рис. 2.19b), включающую одноточечное поворотное крепление спереди.

При креплении редуктора и двигателя к колоколообразному картеру, картеру маховика и брусью (рис.2.19а) получается мощный агрегат, который можно рассматривать как одно целое. Продольная жесткость и длина агрегата делают упругое крепление практичным, если соединение гребного вала и относительное смещение надлежащим образом компенсируются. Призонный болт или болты устанавливают только сзади, как указано на схеме ниже.

Дальнейшие операции выполняются в соответствии с разделом по монтажу двигателя, который следует далее.

Жесткое и упругое соединение редуктора и полумуфты гребного винта выполняются так, как было описано ранее.

Если редуктор и двигатель соединены, но не монтируются на одни брусья, как показано на рис. 2.19b, редуктор устанавливают так, как было описано ранее. Крепление спереди в этом случае обычно бывает поворотным. При этом опора крепится к обоим брусью и имеет одинарное пово-

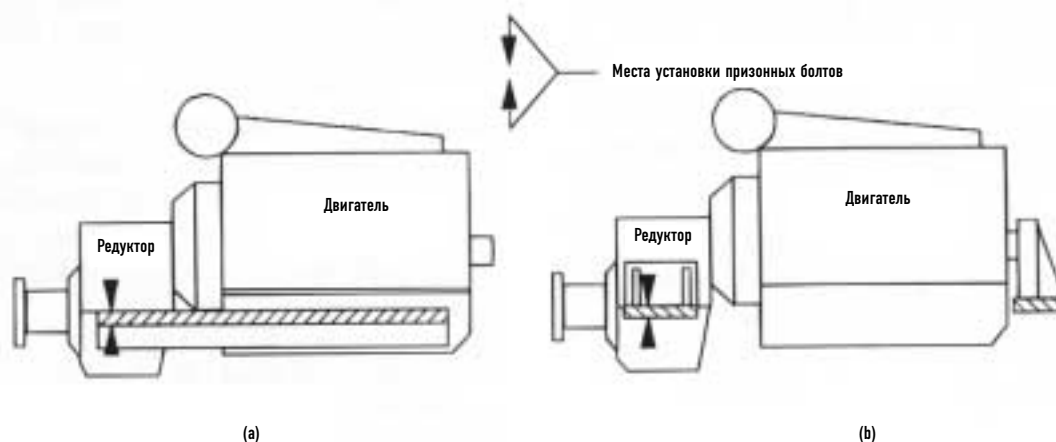


Рис. 2.19

ротное соединение с двигателем спереди, причем центр поворотного звена располагается на продолжении оси коленчатого вала. Это соединение имеет некоторую степень подвижности в продольном направлении, а также определенную свободу вращения. Для переднего монтажа обычно применяются болты со свободной посадкой, особенно в случае жесткого (неподвижного) крепления. В любом из этих случаев оставляют зазор, равный 0,0008 дюйма на дюйм длины расстояния от призонного болта или перемычки в районе опоры редуктора для компенсации теплового расширения двигателя и редуктора.

Упругое крепление узлов редуктора и двигателя в сборе

Общий метод звуко-виброизоляции требует соединения узлов редуктора и двигателя в области картера маховика и/или крепления к брускам (рис. 2.19). Затем вся система изолируется.

Упругие опоры под сравнительно небольшие агрегаты, состоящие из спаренных узлов двигателя и редуктора, как показано на рис. 2,19b, обычно применяются на глиссирующих судах и катерах.

Однако, по мере увеличения габаритов и мощности двигателей использование слишком упругих опор непосредственно под редуктором становится малопрактичным. Это обусловлено тем, что упругость гребных валов длиной более 50 мм (2 дюйма) не позволяет воспринимать смещения крупногабаритного двигателя/редуктора [от 6 до 24 мм (от 1/4 до 1 дюйма)] так, чтобы при этом не возникала вероятность повреждения сальника или опоры вала. Крупногабаритные двигатели предпочтительнее монтировать на упругих опорах, а редуктор крепить неподвижно к элементам конструкции судна. (Это эмпирическое правило. Специальная конструкция вала, например, карданный вал с компенсирующими шлицами или упруго смонтированные сальники, не требует соблюдения настоящего требования.)

При таком способе монтажа установка редуктора и двигателя в окончательное положение часто происходит путем регулирования самих упругих опор. В любом случае, необходимо следовать инструкциям производителя.

При упругом креплении редуктора вместе с двигателем к общим брускам (рис. 2.19a) применяется следующий порядок.

- Редуктор крепится штифтами или призонными болтами к общим опорным брускам.
 - Двигатель, если он не присоединен непосредственно к редуктору в области картера маховика, прицентровывают к редуктору и крепят штифтом или призонным болтом с правой или левой стороны сзади.
- Примечание:** Эту операцию можно выполнить в конце процесса установки.
- Общие бруска затем устанавливают в заданное положение на упругих опорах и центруют с полумуфтой гребного вала в том порядке, который был ранее описан.
 - Убедитесь, что упор гребного винта или воздействие других внешних сил компенсируется при установке и ограничивается стопорами или иными приспособлениями. (Подробнее см. следующие разделы настоящего документа, посвященные упругим опорам и типам прокладок.)

Крепление двигателя

Трехточечное крепление двигателя

Трехточечное крепление обычно ассоциируется с комбинированным монтажом узла двигателя с узлом редуктора. Однако, бывают случаи, когда отдельно монтируемые двигатели требуют трехточечного крепления. Например, на патрульных катерах, где определяющими факторами является снижение массы и упругость системы.

Трехточечная система предполагает крепление с двух сторон сзади двигателя в области картера маховика плюс поворотное крепление спереди. Такая конструкция устойчива к изгибам брусков, которые возникают на легких быстроходных судах. Жесткие опоры в такой конструкции используются, как правило, чаще, но нередки случаи крепления и на эластичных опорах.

Монтаж двигателей 3500, оснащенных опорными брусьями

При монтаже двигателей на судне необходимо учитывать напряжения, возникающие под действием внешних сил и теплового воздействия. Это наиболее важный фактор в процессе любого монтажа.

Корпус судна изгибается под действием внутренних и внешних сил: при изменении водоизмещения, под действием ветра, воды и температуры. При предельно жестком креплении двигателя к конструкции судна или при ограничении его естественного теплового расширения предельная нагрузка может передаваться внутренней опорной структуре блока. В результате происходит деформация гнезд коренных подшипников, возникает несоосность отверстий гильз цилиндров и т.д. Все это может привести к поломке двигателя или значительному снижению ресурса.

На двигателях 3500, как и на других двигателях фирмы Caterpillar, основной конструкционной прочностью обладает чугунный блок цилиндров. Поддон картера, изготовленный из листовой стали и служащий опорой двигателя, представляет собой прочное сварное изделие. К поддону с четырех сторон привариваются лапы или кронштейны для крепления стандартных опорных брусьев к двигателю. Эти брусья при их правильном креплении к брусьям судна обеспечивают требуемую упругость для изоляции двигателя от корпуса судна. Отверстия в опорных брусьях расположены так, чтобы брусья могли изгибаться, защищая двигатель от деформации корпуса.

Такие брусья обладают достаточной упругостью, чтобы обеспечить в большинстве случаев боковое тепловое расширение, но необходимо предусмотреть и зазор для теплового расширения в продольном направлении. Для болтового соединения в передней части картера маховика нельзя использовать анкерные болты.

Примечание: Стальной поддон, к которому крепятся брусья, расширяется со скоростью 0,0000063 дюйма на дюйм длины при каждом изменении градуса температуры на один градус по Фаренгейту (или 0,0000113 мм на 1 градус по Цельсию).

Пример: Поддон 3516 испытывает повышение температуры с 65 °F до 205 °F или на 140 °F. Расстояние от заднего призонного болта брусьев до переднего болта со свободной посадкой составляет 80 дюймов. Расширение или тепловой сдвиг в области переднего болта со свободной посадкой равен:

$$80 \times 140 \times 0,0000063 = 0,071 \text{ дюйма}$$

Выполните следующие основные операции по креплению двигателей 3500 с готовыми брусьями.

1. Подготовительные работы. Редуктор установлен в заданное положение, прицентрован к гребному валу и закреплен на фундаменте (порядок центровки и установки редуктора подробнее см. в предыдущих разделах настоящей публикации).
2. Подготовьте раму двигателя (фундамент) для установки пластиковых или металлических прокладок. Подушки фундамента под металлические прокладки должны быть плоскими, предпочтительно в пределах допуска на плоскостность, равного плюс минус 0,005 дюйма. Подушки под формируемые прокладки не имеют жестких допусков, но их установка обеспечивает необходимую толщину прокладки, составляющую от 12,7 мм до 44,4 мм (0,5 до 1,75 дюйма).
3. Поставьте двигатель на фундамент, поддерживаемый с помощью нажимных винтов на брусьях, и установите его в правильное положение, определив его на глаз. Установите по бокам, сзади и спереди установочные винты или приспособления, как показано на рис. 2.20. Прицентрируйте двигатель к редуктору в соответствии с инструкциями предыдущего раздела "Инструкции по монтажу/центровке".

4. При использовании стальных прокладок рекомендуются цельные прокладки. Установите металлические прокладки на каждой из четырех опорных подушек брусьев в соответствии с описанными в Приложении инструкциями по подгонке и установке металлических прокладок.

Нет необходимости вводить металлические прокладки по всей длине и ширине подушек опорных брусьев двигателей 3500. Стальные прокладки меньшего размера легче отшлифовать и подогнать. Площадь прокладки может быть значительно меньшей, чем указано на рис. 2.21.

При этом она должна охватывать не менее двух стопорных болтов, расположенных на расстоянии 152 мм (6 дюймов) и занимать не менее 19 мм от ширины подушки, составляющей 101 мм (0,75 от 4 дюймов). Хорошим эмпирическим правилом является поддержание давления на прокладки из низкоуглеродистой стали в пределах 34 475 кПа (5000 фунтов на квадратный дюйм).

5. Порядок установки прокладок из пластического материала см. подробнее в Приложении.

Площадь каждой монтажной подушки на опорных брусьях двигателя 3500 равняется 589 см² (91,4 квадратных дюйма) минус площадь под болт и нажимной винт. При использовании прокладок из эпоксидной смолы важно охватить всю площадь подушки. Это особенно важно для двигателей 3516.

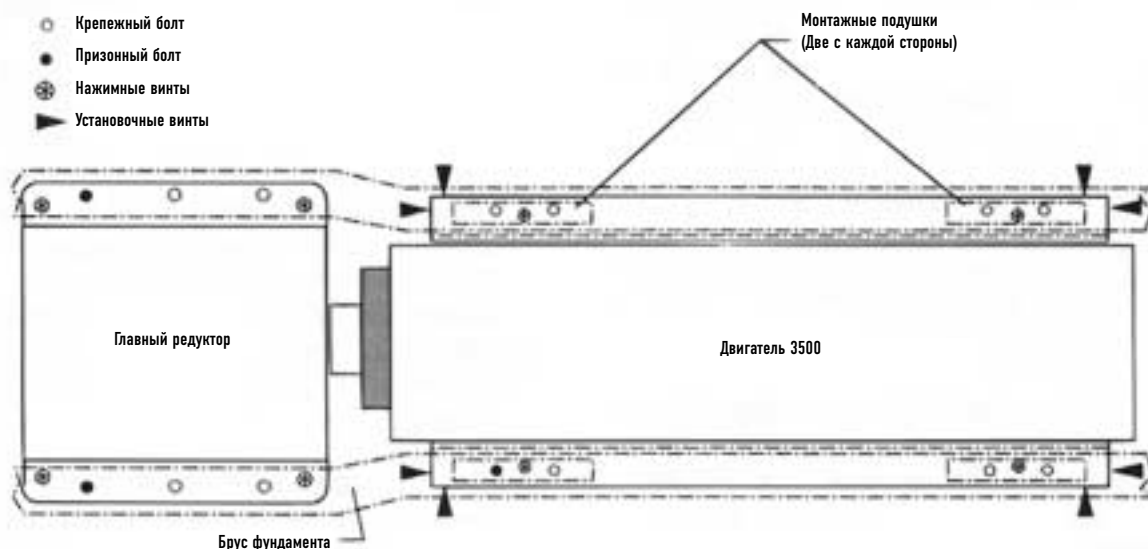


Рис. 2.20. План фундамента под отдельно монтируемый редуктор/двигатель

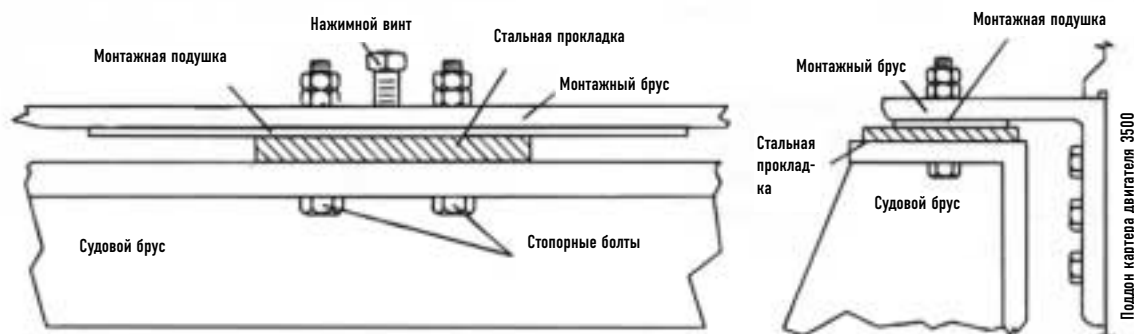


Рис. 2.21

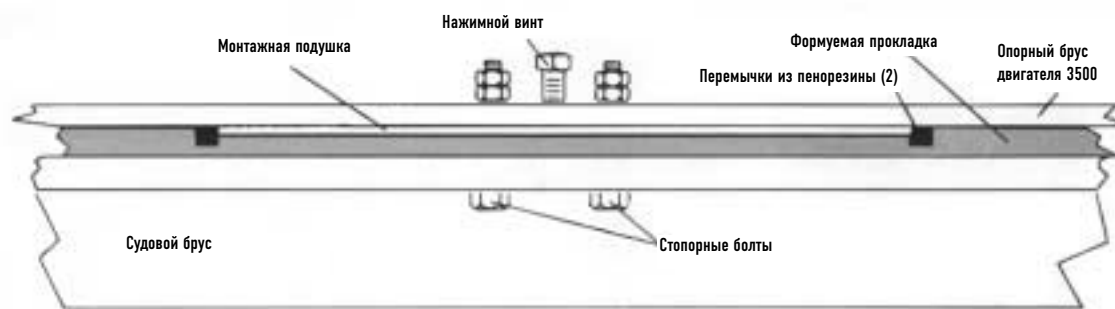


Рис. 2.22. Сплошная прокладка из формующей пластмассы

Пластмассу вводят только в области расположения монтажных подушек (частичная заливка) или по всей длине опорного бруса, исключая участки у переднего и заднего краев подушки.

Такая прокладка называется сплошной.

Предупреждение: (рис.2.22) В любом из указанных случаев не вводите пластмассу в область между подушкой и нижней частью опорного бруса. По бокам и по краям подушки установите полоски из пенорезины для обеспечения расширения (рис. 2.22 и 2.23).



Рис. 2.23

Моменты затяжки для монтажных болтов при использовании прокладок из формующей пластмассы

После затвердевания пластмассы в соответствии с техническими условиями производителя, затяните монтажные болты размером 22,2 мм, 25,4 мм и 28,6 мм (7/8, 1 и 1-1/8 дюйма) с моментом 490 Н·м (360 фунто-футов). Такой момент затяжки назначается для предотвращения избыточного удельного давления на прокладки.

Наверните по две гайки на каждый крепежный болт. Затяните внутреннюю гайку с моментом 490 кгс·м (360 фунто-футов). Момент затяжки для контргайки определите по Приложению по моментам затяжки внешних гаек.

Упругое крепление двигателей 3500, оснащенных опорными брусьями

Этот способ будет освещен лишь в общих чертах, поскольку существует множество вариантов упругого крепления. Необходимо строго следовать указаниям производителя упругих опор по установке и эксплуатационным ограничениям. Дополнительные общие сведения по упругим опорам включены в Приложение.

Следующие факторы являются общими для большинства или всех случаев упругого крепления двигателя. Их следует принять во внимание так же, как и инструкции изготовителя.

Упругие опоры устанавливаются между монтажными подушками брусьев и фундаментом судна. Про двигатели и редукторы, монтируемые на общих брусьях, было рассказано в предыдущем разделе.

Одну или обе задние опоры, ближайшие к картеру маховика, располагают так, чтобы зафиксировать положение двигателя относительно редуктора. Размещение опорного бруса двигателя (крепление штифтами) на этих опорах будет зависеть от инструкций производителя.

Упругие опоры должны иметь встроенные или входящие в комплект ограничители вертикального и

горизонтального смещения. Эти приспособления необходимы для ограничения относительного смещения двигателя, вызванного собственными колебательными движениями двигателя, пропуском зажигания и килевой или бортовой качкой.

Для случаев столкновения или посадки судна на мель требуются противоударные подушки или упоры.

К выбору эластичных муфт, монтируемых к картеру маховика, следует подходить особенно тщательно. Муфты должны быть рассчитаны на весь диапазон смещений в продольном и поперечном направлении, прогнозируемых для данного вида упругих опор.

Таким же образом, все соединения в системе водяного охлаждения, газораспределительном механизме, гидравлической системе и системе управления должны быть достаточно эластичными для компенсации смещений и работать без повреждений.

Вышесказанное применимо во всех случаях упругого крепления двигателя. При монтаже редуктора на упругих опорах отдельно от двигателя необходимо внимательно изучить предыдущий раздел и выделить наиболее важные моменты.

Приложение

Прокладки, проставки, клинья: общие сведения

Прокладки, проставки и клинья необходимы для регулирования расстояния между верхней поверхностью опорных элементов и нижней частью монтажных подушек судовых двигателей и редукторов. Правилами Морского классификационного общества (МКО) нередко устанавливается тип прокладок для обязательного применения. Нами будут описаны два наиболее распространенных и эффективных типа прокладок: 1) прокладки из эпоксидной смолы (пластмассы); 2) твердые стальные прокладки.

Установка на пластических массах

В настоящее время в системах эластичного крепления гребных установок предпочтение отдается прокладкам из быстротвердеющей пластмассы. Преимущества пластмассы по сравнению со стальными прокладками состоят в следующем:

- использование пластмассы позволяет избежать трудоемкого (и дорогостоящего) процесса ручной и машинной пригонки;
- требования к качеству и плоскостности сопрягаемых поверхностей фундамента и опор менее жесткие, и машинная обработка во многих случаях не требуется;

- материал прокладки частично поглощает шум, производимый двигателем или редуктором и элементами фундамента;
- малая усадка пластмассы при правильном приготовлении и формовании позволяет точно зафиксировать положение и центровку механизмов после завершения монтажа и крепления стопорными болтами.

Перед установкой механизмов на пластмассе ознакомьтесь с инструкциями производителя. Строго соблюдайте указания производителя, касающиеся соотношения компонентов, времени затвердевания, температурных режимов, допустимой толщины и предельном давлении механизмов на пластмассу. Основные этапы установки пластмассовых прокладок.

1. Фиксируют положение отцентрованного механизма. Сопрягаемые опорные элементы устанавливаются в заданное положение и в соответствии с заданными условиями. Подушки должны иметь достаточную прочность, плоскостность и параллельность.
2. В соответствии с инструкциями подготовьте к работе жидкий пластический материал, перемычки, воздухоудовки, смазочный материал, антиягезивы, инструменты и т.д.

3. Просверлите сквозные отверстия в районе расположения болтов со свободной посадкой.

Примечание: Отверстия под призонные болты рекомендуется сверлить и разворачивать после окончательного отверждения пластмассы, затяжки болтов со свободной посадкой и окончательной проверки состояния центровки (в случае, если заливку пластмассы и центровку необходимо будет переделать).

4. Установите фундаментные болты так, чтобы конец резьбы находился в отверстии, и от руки затяните гайки до упора. На тело болта наденьте рукав или вставьте пенопласт, чтобы обеспечить зазор для теплового расширения механизма. В качестве альтернативного варианта предлагается смазать тело болтов теплостойкой (тугоплавкой) смазкой, затем вывернуть болты и после того, как пластмасса окончательно затвердеет, просверлить новые отверстия с соответствующим допуском.

5. Смочите контактные поверхности соответствующим антиадгезионным составом для предотвращения прилипания к ним пластмассы.
6. В процессе приготовления установите перемычки. Для этого необходимо учесть следующее:
 - а. при дифференте судна вводите пластмассу с верхнего края или сбоку;
 - б. с тех сторон прокладки, которые не заливаются пластмассой, рекомендуется установить перемычки из непористого пеноматериала. По периметру монтажных подушек уложите ленту из пенопласта, чтобы обеспечить зазор для смещения подушки во время теплового расширения механизма или изгиба элементов фундамента;
 - с. по краям участка заливки установите жесткие или полужесткие перемычки. Ширина участка заливки не должна превышать 20 мм (0,75 дюйма), а прибиль должна составить не менее 12 мм (0,5 дюйма).
7. Смешайте смолу с отвердителем и введите массу так, как указано в инструкциях производителя. Дайте материалу затвердеть.
8. Проверив, достаточен ли зазор вокруг тела болтов, затяните все гайки болтов со свободной посадкой для получения полной нагрузки болтов на прокладки, равной увеличенному в 2 - 2,5 раза весу механизма, но не превышающей пределы давления на конкретные прокладки, установленные производителем. Давление для пластмассовых прокладок обычно составляет 3447 кПа (500 фунтов на квадратный дюйм) при необходимости фиксации центровки механизма (как в случае с главным двигателем и редуктором).

Диапазон момента при подсчете нагрузки определите по формуле:

$$\text{Нагрузка болта (фунты)} = \frac{60 \cdot \text{момент затяжки болта (фунто-футы)}}{\text{Диаметр болта (дюймы)}}$$

$$\text{Нагрузка болта (кгс)} = \frac{50 \cdot \text{момент затяжки болта (кгс-м)}}{\text{Диаметр болта (мм)}}$$

Давление на данную прокладку находят путем сложения веса механизма, составляющей скручивающей нагрузки одного из механизмов и общей нагрузки болтов, и деления полученной суммы на площадь прокладки.

9. После затяжки болтов со свободной посадкой проверьте точность центровки или расположения механизма. Примите во внимание, что небольшое смещение, вызванное тепловым воздействием на корпус судна, ошибкой измерения и т.д., считается нормальным.
10. При удовлетворительном состоянии центровки установите призонный болт или болты.
11. Наверните контргайки и затяните их относительно первых с моментом, указанным в таблице на рис. 2.24. Убедитесь, что момент затяжки первой гайки не превышает значений, приведенных в шаге 8. Нанесите на гайки пятно краски для облегчения последующих проверок незатянутых гаек.
12. Удалите перемычки. Для улучшения внешнего вида и обеспечения свободы смещения монтажных подушек излишек пластмассы снимите шкуркой или обрежьте.

Значения момента затяжки										
Диаметр (дюймы)	0,500	0,563	0,625	0,750	0,875	1,000	1,125	1,250	1,375	1,500
Момент затяжки (фунто-футы)	75 ± 10	110 ±15	150 ±20	265 ±35	420 ±60	640 ±80	800 ±100	1000 ±120	1200 ±150	1500 ±200

Рис.2.24

Установка механизмов на стальных прокладках

В идеале стальные прокладки или клинья представляют собой цельные изделия, устанавливаемые между верхней поверхностью опорного бруса судна или фундамента механизма и нижней частью соответствующей монтажной подушки опорного бруса или кронштейна двигателя или редуктора. Прокладки представляют собой планку из низкоуглеродистой стали. Углы планки подгоняют под размер, определяемый после установки двигателя или редуктора в заданное положение и их центровки. Прокладки нумеруют, чтобы избежать путаницы в процессе установки. Пригонка прокладок должна обеспечить плотное прилегание поверхностей опорных брусьев или кронштейнов и подушек фундамента.

Для установки и подгонки металлических прокладок предлагается следующий порядок работы

1. Подушки фундамента, на которые устанавливаются прокладки, должны быть плоскими, по возможности в пределах допуска на плоскостность, равного 0,005 дюйма.
2. Измерьте вертикальный зазор между подушкой и фундаментом в каждом углу прокладки. Если монтажная подушка и подушка фундамента плоские, зазоры, измеренные по 4-м углам, будут определять окончательный размер углов отшлифованной прокладки.
3. Для облегчения процесса пригонки, можно ввести клин в области вокруг нажимных винтов.
4. Проверьте точность пригонки с помощью синьки, копировальной бумаги, инструмента для измерения зазоров или щупа. Эта операция выполняется и оценивается сборщиком/монтажником. Цель измерений - хорошее прилегание сопряженных поверхностей (40 % или более) по основной длине и ширине. По мере необходимости прокладки выборочно шлифуют для лучшей пригонки по высоте.
5. После пригонки прокладок просверлите отверстия под стопорные болты. Убедитесь, что все отверстия кроме отверстий под призонные болты имеют достаточный зазор для теплового расширения.
6. Установите снизу болты резьбой вверх и затяните гайки с умеренной силой.

7. Проверьте центровку механизма. При удовлетворительном состоянии затяните гайки на всех болтах со свободной посадкой с моментом, соответствующим моменту, указанному в таблице на рис. 2.24. Просверлите и разверните отверстие под призонный болт(-ы) и установите их. Затяните гайку на плотном болте с моментом, указанным в таблице на рис. 2.24.
8. Установите контргайки на все болты, затяните и поставьте пятно краски для последующих проверок.

Разное

Предупреждение против использования свинцовых прокладок. Не применяйте свинец в качестве материала прокладки. Свинец легко деформируется под действием нагрузки и вибрации и обладает низкими опорными характеристиками.

Предупреждение против использования составных металлических прокладок. При ручной резке использование тонких металлических прокладок не рекомендуется. Деформация краев при обрезании металла кусачками (ножницами) приводит к нарушению плоскостности всей партии прокладок, и децентровке двигателя по мере возвращения прокладок в исходное состояние. Также неоднократное относительно слабое смещение между прокладками в сочетании с собственной вибрацией двигателя может привести к выколачиванию прокладки, особенно на двигателях 3500 и двигателях больших габаритов.

Монтажные болты. Монтажные болты подразделяются на два типа.

Болты со свободной посадкой имеют диаметр, уменьшенный на 1,5 мм (0,06 дюйма) по сравнению с отверстием. Болты со свободной посадкой препятствуют вертикальному смещению двигателя на фундаменте.

Призонные болты имеют беззазорные посадки или посадки с натягом. Их иногда называют заглубленными. Они препятствуют вращению двигателя на фундаменте в горизонтальной плоскости.

Установите монтажные болты обоих типов головкой вниз и резьбой вверх, чтобы облегчить периодический осмотр болтовых соединений.

Один призонный болт устанавливают с задней стороны двигателя для фиксации его положения и состояния центровки. Не допускается установка призонных болтов спереди картера маховика. Вместо них применяют болты со свободной посадкой.

Упругие (эластичные) опоры

Общие сведения

Упругие опоры применяют для того, чтобы снизить уровень шума и вибрации, воспринимаемые корпусом и другими частями судна. Это оказывает значительное влияние на комфорт экипажа и пассажиров, снижает усталость судовой команды и повышает производительность труда. Упругие опоры также в определенной степени увеличивают ресурс судового оборудования и механизмов, чувствительных к вибрации корпуса. Однако при креплении на упругих опорах необходимо учитывать следующие факторы.

Приспособления для ограничения движения

Любое крепление на упругих опорах должно включать в себя определенные средства ограничения смещения двигателя. Независимо от типа опоры необходимо предусмотреть устройства, ограничивающие общее смещение двигателя, чтобы не вызывать повреждения соединений трубопроводов системы охлаждения и отвода отработавших газов во время непогоды, после столкновения или посадки судна на мель (в тех случаях, когда сила инерции, действующей на двигатель, больше номинальной, и сам двигатель подвержен смещению).

Упругость в сравнении с частотой

Шум и вибрация имеют частоту.

Шум или вибрацию высокой частоты*, производимых турбокомпрессором, редуктором и некоторыми гидравлическими системами, можно изолировать с помощью эластичных элементов**.

Низкочастотный шум или вибрация происходят вследствие неравномерности процесса сгорания в отдельных цилиндрах или несбалансированности системы тяги. Большая эластичность элементов требуется для эффективного снижения передаваемой двигателем вибрации.

Типы виброизоляционных опор

Виброизоляционные опоры подразделяются по материалу эластичного компонента. Это пружинные опоры, в которых применяются металлические цилиндрические пружины, опоры из резины, работающей на сдвиг или сжатие, и комбинированные резино-металлические опоры, в которых используются оба способа получения упругости.

Путем применения пружинных опор достигается наибольшая степень упругости. Они, как правило, и более дорогие. Но даже при установке пружинных опор считается хорошей практикой использовать резину. Опоры, в которых применяются только металлические элементы, передают высокочастотную вибрацию/шум.

Резиновые опоры проявляют замечательные свойства при изоляции высокочастотной вибрации/шума и нередко лучше пружинных опор. Они также экономически более эффективны. Резиновые опоры требуют периодического внешнего осмотра для выявления отвердения/растрескивания резиновых элементов.

Комбинированные резино-металлические опоры дают наилучшее сочетание свойств двух предыдущих типов.

Влияние упора винта на упругие опоры

Большинство недорогих виброизоляционных опор сконструированы таким образом, чтобы воспринимать силы в одном из направлений - или вверх, или вниз. Упор винта действует сбоку. Убедитесь, что выбранные виброизоляционные опоры будут воспринимать именно те нагрузки, на которые они рассчитаны. Установите виброизоляционные опоры так, чтобы сопротивление осевым нагрузкам, действующим на опоры в продольном направлении, происходило с наименьшим растяжением опор.

Периодическая перецентровка

Виброизоляционные опоры могут осесть или деформироваться, что неизбежно приводит к необходимости перецентровки валопровода. Раз в год проверяйте состояние центровки валопровода, установленного на упругих опорах.

* В диапазоне восприятия человеческим слухом.

** Степень упругости можно выразить через величину смещения двигателя. Двигатели, система крепления которых допускает смещение до 5 мм (0,020 дюйма), обладают небольшой степенью упругости.

Разное

Противоударные подушки

Если морские классификационные общества или хорошая морская практика требуют применения противоударных подушек, их необходимо установить так, чтобы обеспечить зазор для теплового расширения двигателя. Соберите противоударные подушки и установите их с тепловым зазором 0,12 мм (0,005 дюйма) при разогреве двигателя до рабочей температуры. Противоударные подушки рекомендуется использовать для противодействия ударным нагрузкам при жесткой стыковке или посадке на мель.

Предупреждение: Электродуговая сварка набора корпуса (элементов конструкции) или опорных элементов для подвески двигателя или редуктора требуют соблюдения осторожности при заземлении через корпус двигателя или редуктора. Ни в коем случае нельзя приваривать двигатель или редуктор к фундаменту. В противном случае, в первые же часы эксплуатации может произойти отказ.

Измерение прогиба коленчатого вала

Общий порядок

Измерение прогиба коленчатого вала рекомендуется проводить для того, чтобы определить, испытывает ли двигатель дополнительную нагрузку при монтаже. Прогиб измеряют на двигателях 3500. Судовая практика требует проводить измерения на разогретом двигателе. Последовательность операций следующая:

1. Снимите с блока дверцу смотрового люка для доступа к центральному колену коленчатого вала.

Проверните коленчатый вал в направлении вращения. При прохождении щеками центрального колена шатунов, установите индикатор Starrett № 696 (часового типа) для измерения искажений. Примите меры предосторожности и привяжите к индикатору веревку, один конец которой крепится вне двигателя. Это облегчит поднятие устройства при случайном падении его в поддон картера двигателя.

Установите стрелку индикатора на нуль. Для чего вращайте индикатор вокруг оси до тех пор, пока стрелка не остановится на нуле.

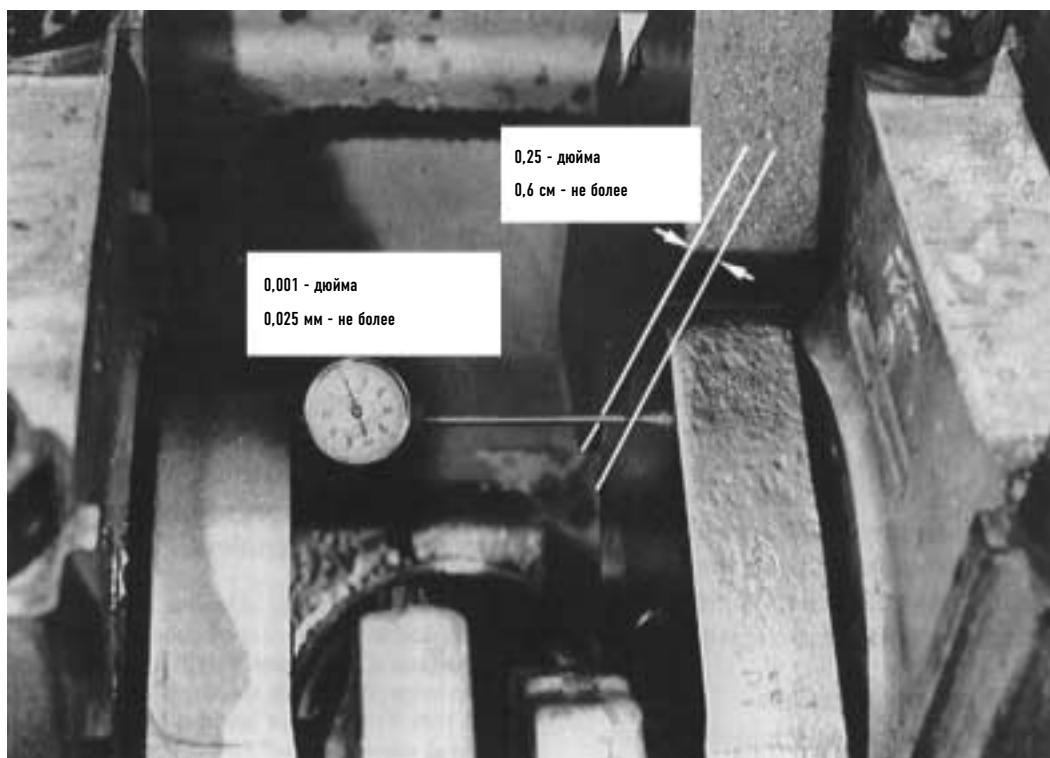


Рис. 2.25. Измерение прогиба коленчатого вала

2. Со стрелкой индикатора на нуле проворачивайте коленчатый вал в направлении вращения, пока индикатор почти не придет в соприкосновении с шатунами с другой стороны вала. Не допускайте соприкосновения с шатуном. Показания индикатора не должны отличаться более чем на 0,3 мм (0,001 дюйма) при повороте вала на 300 градусов.

Верните коленчатый вал в исходное положение. Для чего проверните его в обратном направлении. При этом стрелка индикатора должна вернуться на нуль. Это служит проверкой достоверности измерений. Если стрелка не на нуле, индикатор был неправильно установлен и измерение следует повторить.

3. Если показания расходятся более чем на 0,03 мм (0,001 дюйма), произошла деформация блока цилиндра вследствие ошибки при монтаже.

Ослабьте анкерные болты между брусками двигателя и монтажными подушками. Проверьте плотность прилегания прокладок, правильность расположения призонных болтов, влияние болтов со свободной посадкой или иных факторов, мешающих движению блока двигателя.

После выполнения необходимых регулировочных операций установите анкерные болты обратно и проверьте состояние центровки двигателя.

4. Прделайте операции снова в описанной последовательности. При прогибе блока двигателя свяжитесь с региональным дилером фирмы Caterpillar.



Установка вспомогательных двигателей

Основания

Центровка

Монтаж вспомогательных двигателей

В настоящем разделе описывается установка и центровка вспомогательных двигателей.

Вспомогательные двигатели представляют собой силовые модули, вырабатывающие энергию для судовых генераторов, насосов, компрессорных установок, лебедок и т.д. Приводимое оборудование монтируется либо непосредственно к двигателю (спаривание), либо отдельно от двигателя. При этом крутящий момент сообщается через вал и соединительную муфту. Основным назначением вспомогательных двигателей является снабжение электрооборудования судна электрической энергией. В настоящем разделе речь идет преимущественно о генераторах, но содержание раздела относится и к другим видам вспомогательного силового оборудования.

Вспомогательный дизельный двигатель фирмы Caterpillar представляет собой двигатель жесткой, устойчивой конструкции. Монтаж двигателя на плоском фундаменте или на двух продольных брусках, полки которых лежат в одной плоскости, фиксирует положение центровки. Воздействие внешних сил или отсутствие зазора для теплового расширения при неправильном креплении приводит к нарушению допусков и к повреждению подшипника или коленчатого вала.

Силовой модуль должен сохранять исходное состояние центровки при различных эксплуатационных условиях и условиях окружающей среды. Децентровка двигателя и приводимого оборудования может вызвать вибрацию и снизить срок службы муфты или подшипников.

Основная причина нарушения соосности - прогиб опорной конструкции из-за непрочности. В числе других причин также неправильные способы установки и неточная центровка.

Основания

Конструкция опорного основания

Наиболее важным свойством любого основания является жесткость. Оно должно поддерживать состояние центровки вспомогательного двигателя и приводимого оборудования.

Основание двигателя должно:

- защищать блок двигателя, муфты трансмиссионного вала, редуктор генератора и насос от изгибающих нагрузок во время плавания;
- ограничивать крутящие и изгибающие нагрузки, вызванные крутящим моментом и прогибом основания;
- иметь естественную частоту, чтобы во время нормальной работы механизма не возникало резонанса;
- облегчить центровку и обеспечить достаточное пространство для установки прокладки во время процесса центровки.

Упрощение процесса установки, виброизоляция или необходимость изолирования прогибающейся опорной поверхности - вот те основные причины, которые объясняют применение сборных оснований. Не допускается жесткое соединение основания с прогибающейся опорной поверхностью.

Тип приводимого оборудования определяет черты конструкции, требуемые для основания двигателя:

- при соединении двигателя в один агрегат, например, с генератором на одинарной опоре, основание подвергается относительно слабой скручивающей нагрузке и поэтому требует умеренной жесткости;
- при монтаже отдельно от двигателя, например, генератора на двух опорах, скручивающие нагрузки возрастают и, следовательно, жесткость основания должна быть значительно большей.

Генераторы на одинарной опоре

При монтаже генераторов на одинарной опоре или спаривании с двигателем основание не подвергается воздействию крутящего момента. Крепление корпуса генератора к картеру маховика болтами исключает необходимость поглощения основанием крутящего момента.

Генератор на одинарной опоре (спаренный)

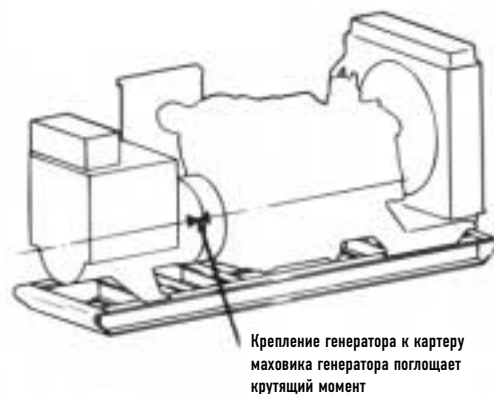


Рис. 3.1

Генераторы на двух опорах

При монтаже генератора отдельно от двигателя требуется более жесткое основание. Скручивающая нагрузка между двигателем и приводимым оборудованием в данном случае должна полностью поглощаться основанием, не вызывая при этом чрезмерного смещения сопряженных элементов в муфте.

Стационарная рама раздельно монтируемого приводимого оборудования имеет тенденцию к вращению в том же направлении, что и коленчатый вал. Если бы рама была недостаточно жесткой, крутящий момент от двигателя привел бы к значительному скручиванию основания. Вследствие этого происходит расцентровка оборудования, прямо пропорциональная величине нагрузки. Последняя отсутствует при обычной проверке соосности при неработающем двигателе.

В самых тяжелых случаях такое положение приводит к повреждению подшипника и муфты.

Генератор на двух опорах
(Отдельно монтируемый генератор)

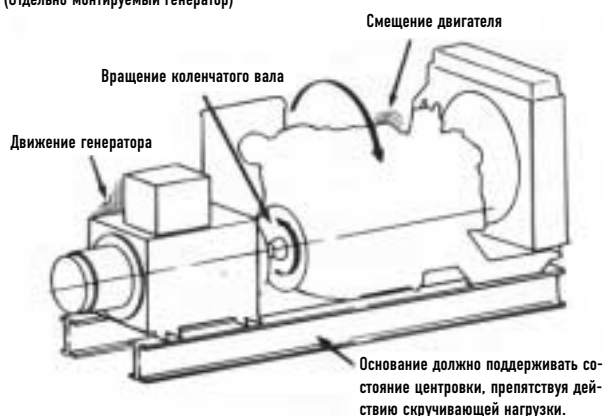


Рис 3.2

Основания для двигателей со спаренным приводимым оборудованием

Фирма Caterpillar не рекомендует использовать какой-либо специальный профиль для продольных балок и поперечных связей. Как правило, в конструкции основания ступенчатого типа допускается использовать балки двутаврового сечения или швеллер.

Двигатели, монтируемые на лапах

Поперечные связи должны обладать такой же жесткостью, как и продольные брусья. Их устанавливают под каждым двигателем и под расположением опор генератора.

Между двигателем/приводимым оборудованием и основанием установите стальные монтажные бруски с просверленными в них резьбовыми отверстиями. Сначала скрепите болтами бруски и двигатель/приводимое оборудование, а затем приварите их к основанию так, чтобы обеспечить плоскую поверхность для прокладок и крепления. Сверление монтажных отверстий в конструктивных элементах основания не рекомендуется.

Между монтажными брусками и двигателем/приводимым оборудованием необходимо оставить промежуток достаточной высоты.

Между монтажными брусками и двигателем/лапами приводимого оборудования не разрешается устанавливать упругие крепления.

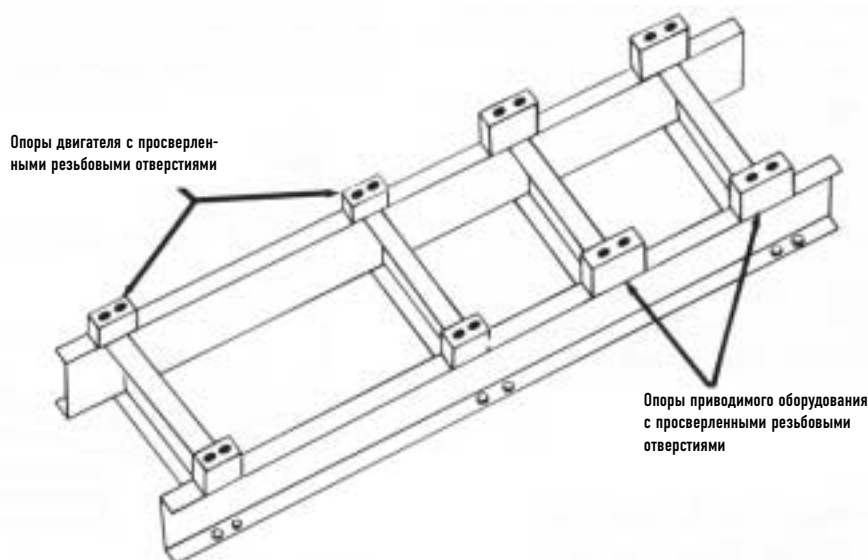


Рис. 3.3. Основание для монтируемого на лапах двигателя со спаренным приводимым оборудованием

Двигатели, монтируемые на брусках

В дополнение к требованиям для двигателей, монтируемых на лапах, руководствуются следующими требованиями для монтажа двигателей на брусках.

- Между основанием конструкции и двигателем устанавливают стандартные опорные брусья (по длине двигателя), крепящиеся к двигателю.
- Установите поперечные связи спереди и сзади непосредственно под местом установки двигателя на брусья.
- Установите монтажные брусья с резьбовыми отверстиями в передней и задней части смонтированных к двигателю брусков, оставляя достаточный промежуток для прокладок. Сначала прикрепите брусья болтами к двигателю/приводному оборудованию, затем приварите их к основанию, обеспечивая плоскую поверхность для прокладок и крепления.
- Не приваривайте брусья к основанию конструкции.
- Соедините болтами смонтированные к двигателю брусья с брусками, используя отверстия под болты со свободной посадкой с допуском для теплового расширения.

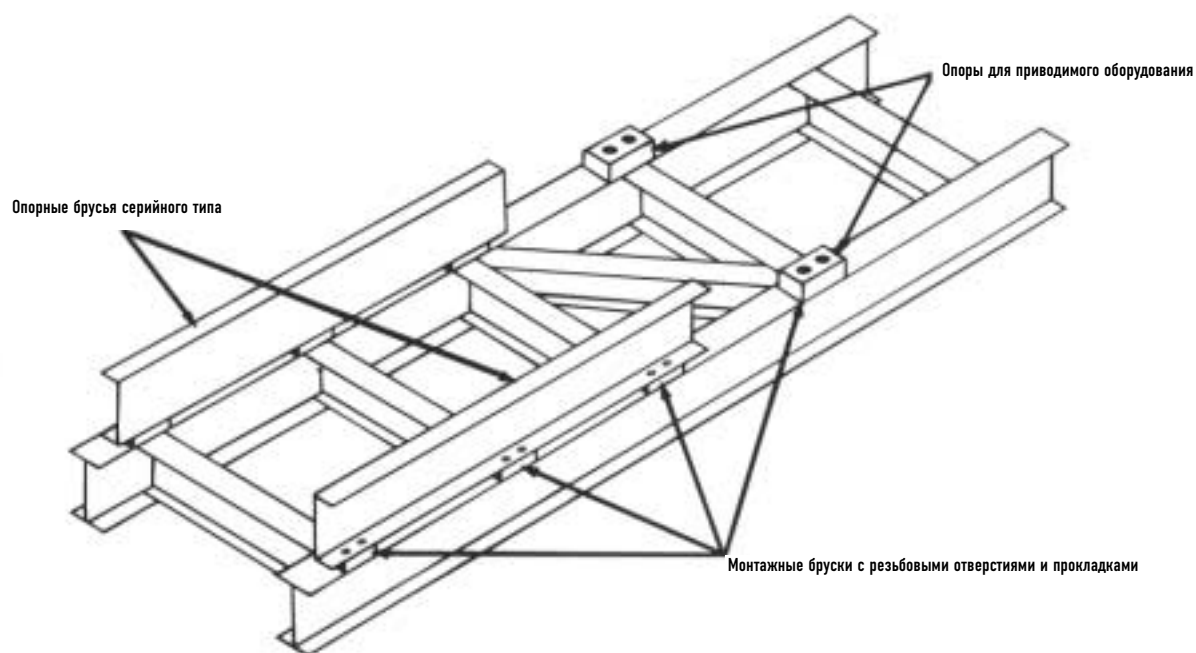


Рис. 3.4. Основание для монтажа двигателя на брусках со спаренным приводимым оборудованием

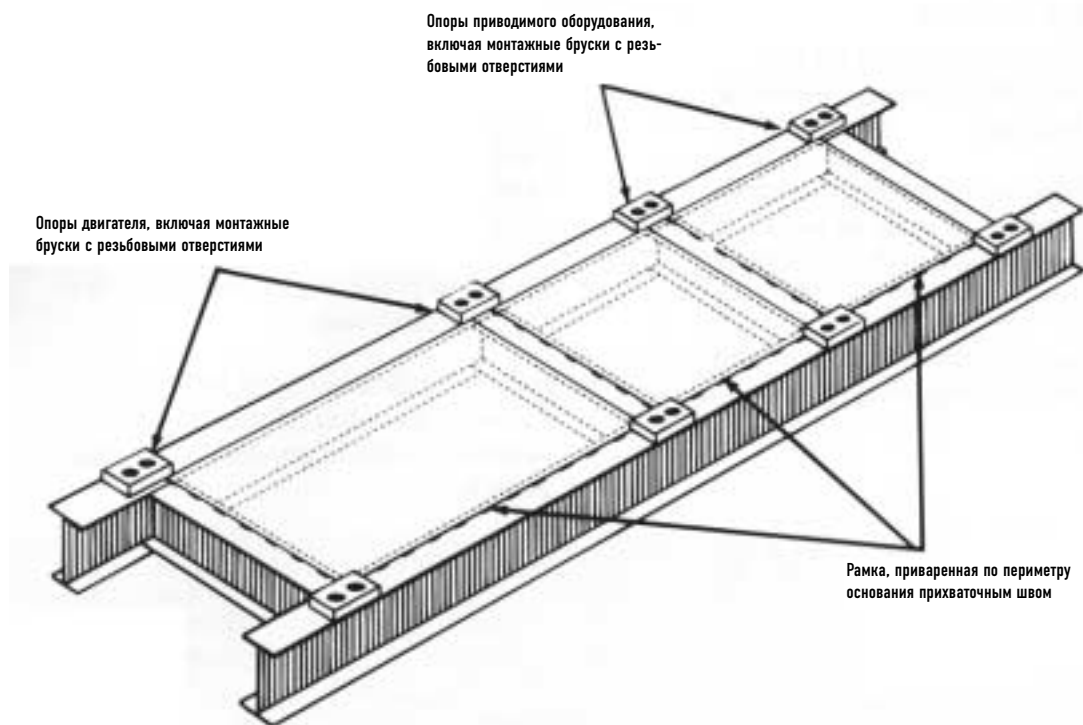


Рис. 3.5. Основание для двигателей с отдельно монтируемым приводимым оборудованием

Основания для двигателей с отдельно монтируемым приводимым оборудованием

Требования, в случае установки спаренного приводимого оборудования, также применимы для отдельно монтируемого оборудования. Только в этом случае основание отличается большей жесткостью. Оно должно полностью поглощать скручивающую нагрузку между двигателем и приводимым оборудованием, не вызывая чрезмерного смещения сопряженных элементов в муфте.

Основание, изображенное выше, представляет собой конструкцию коробчатого типа, которая обеспечивает хорошее сопротивление скручивающей нагрузке.

К верхней и нижней полкам двутавровых балок основания привариваются прямоугольные стальные рамки. Ширина рамки составляет от 5 до 7 мм (от 3/16 до 1/4 дюйма). Приварите рамки прихваточным швом, чтобы не вызвать чрезмерной деформации основания во время сварки. Стальные рамки придают конструкции большую жесткость.

Дополнительное усиление необходимо для сопротивления скручивающим нагрузкам между двигателем и отдельно монтируемым оборудованием и возможному воздействию вибрации. Нагрузки, возникающие вследствие вибрации, трудно прогнозировать.

Опыт показывает, что рамка эффективно препятствует растрескиванию основания и расцентровке.

Рекомендации по высоте балок

Предлагаются следующие значения высоты продольных балок для различных генераторных агрегатов:

Модель двигателя	Высота балки	
	мм	дюймы
3304 В, 3306 В	200	8
3406 В, 3408 В	260	10
3412	300	12
3508	400	16
3512	450	18
3516	500	20

Центровка

В условиях высокой частоты вращения двигателя при нормальной рабочей температуре и нагрузке, допускается незначительная расцентровка дизельного двигателя и механического приводимого оборудования. Причиной многих отказов в работе коленчатого вала или подшипника являются ошибки в процессе центровки приводимого оборудования. Расцентровка при рабочих температурах и нагрузках всегда приводит к вибрации и напряжению.

Поскольку не существует точных и эффективных методов измерения центровки при работающем двигателе в условиях рабочей температуры и нагрузки, все способы центровки, предлагаемые фирмой Caterpillar, применяются при неработающем двигателе и при температуре двигателя и оборудования, равной температуре окружающей среды.

Подробнее с правилами центровки и применением измерительных индикаторов часового типа можно ознакомиться в подразделе "Монтаж и центровка", раздела о главных двигателях настоящего Руководства.

За более подробной информацией и указаниями по монтажу и центровке обратитесь к следующей Специальной инструкции, выпущенной фирмой Caterpillar.

Шифр публикации	Название
SEHS7654	Центровка. Общие указания
SEHS7259	Центровка генераторов, монтируемых на одинарной опоре
SEHS7073	Центровка генераторов, монтируемых на двух опорах

Центровка отдельно монтируемого приводимого оборудования

Для сохранения центровки в процессе эксплуатации и определения требований к процессу центровки неработающего двигателя необходимо учитывать следующие факторы.

Факторы, влияющие на состояние центровки

Входной вал приводимого отдельно монтируемого оборудования всегда располагается выше коленчатого вала двигателя. Такое положение компенсирует вертикальную температурную деформацию, отклонение маховика в вертикальной плоскости и образование масляного клина в коренных подшипниках коленчатого вала. Эти факторы приводят к изменению относительного положения коленчатого и входного вала при переходе из статического в рабочее состояние.

Зазор в подшипниках

Вал ротора генератора и коленчатый вал двигателя вращаются в центре подшипников так, что их осевые линии совпадают. Центровка выполняется в статических условиях, когда коленчатый вал находится в нижней части подшипника. При работе двигателя его положение изменяется. Давление пуска, центробежные силы и давление масла двигателя - все эти факторы приводят к тому, что коленчатый вал приподнимается, а маховик вращается вокруг действительной оси. Приводимое оборудование устанавливается на шариковых или роликовых подшипниках, у которых ось вращения не меняет своего положения в статических условиях и эксплуатации.

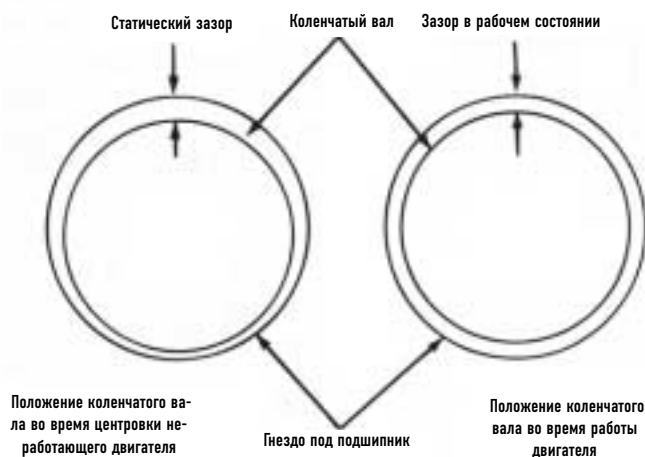


Рис. 3.6

Отклонение маховика в вертикальной плоскости

При неработающем двигателе масса маховика и муфты вызывает прогиб коленчатого вала, который необходимо компенсировать во время центровки. В противном случае это приведет к вращению направляющего отверстия и внешней окружности маховика ниже действительной оси подшипника коленчатого вала во время центровки. Фирма Caterpillar рекомендует проверять центровку с установленной муфтой.

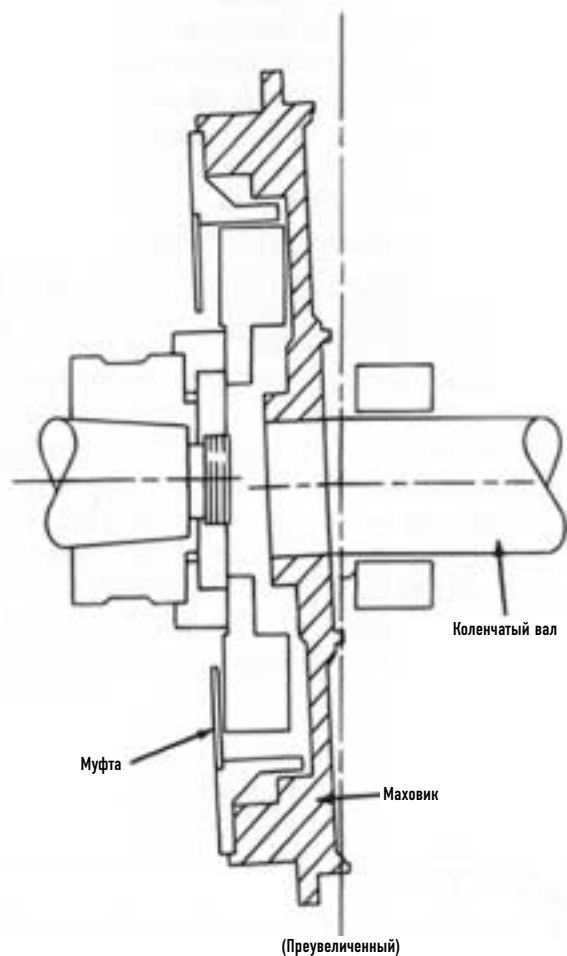


Рис. 3.7

Реакция на крутящий момент

Под реакцией на крутящий момент понимают тенденцию двигателя к вращению в направлении обратном вращению вала и тенденцию приводимого механизма поворачиваться в сторону вращения вала. Она увеличивается с возрастанием нагрузки и может вызвать вибрацию. Такой тип вибрации нельзя обнаружить в режиме холостого хода, но с ростом нагрузки его влияние становится заметным.

Причиной реакции является изменение состояния центровки, обусловленное недостаточной жесткостью основания, что приводит к его прогибу больше предельного под действием реакции на крутящий момент. В результате происходит смещение осевой линии в поперечном направлении, которое исчезает при переводе двигателя на режим холостого хода или после его остановки.

Тепловое расширение

При прогреве двигателя и генератора до рабочей температуры наблюдается расширение или температурная деформация. Расширение происходит как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. При деформации в вертикальном направлении увеличивается расстояние между лапами механизма и соответствующими осями вращения. Такое расширение зависит от типа используемого металла, уровня температуры и расстояния между осью вращения и лапой механизма.

Расширение коленчатого вала в продольном направлении происходит на противоположном упорному подшипнику конце двигателя. В двигателях фирмы Caterpillar упорные подшипники располагаются в задней части коленчатого вала. Температурную деформацию следует учитывать при подсоединении приводимого оборудования к передней части двигателя. При креплении оборудования к блоку двигателя болтами расширение незначительное, т.к. блок двигателя и коленчатый вал расширяются с примерно одинаковой скоростью. Примером может служить передняя муфта отбора мощности.

Концевой зазор

Температурную деформацию компенсируют с помощью муфты, которая имеет достаточный концевой зазор, позволяющий ведущим и ведомым элементам смещаться относительно друг друга. Оборудование устанавливают таким образом, чтобы расширение шло в направлении рабочей зоны муфты, а не в противоположную сторону. В противном случае это приведет к увеличенной выше предельной нагрузке на упорный подшипник и/или его повреждению. Зазор допускается тогда, когда при проверке центровки работающего двигателя устанавливается, что концевой зазор все еще имеет место.

Муфта вязкого демпфирования фирмы Caterpillar

Муфты фирмы Caterpillar имеют зубчатое строение и резиновую вставку между зубчатыми колесами. Силиконовая смазка улучшает демпфирующие характеристики муфты.

Зазоры между зубчатыми колесами муфты позволяют измерить угол излома без снятия резиновой вставки.

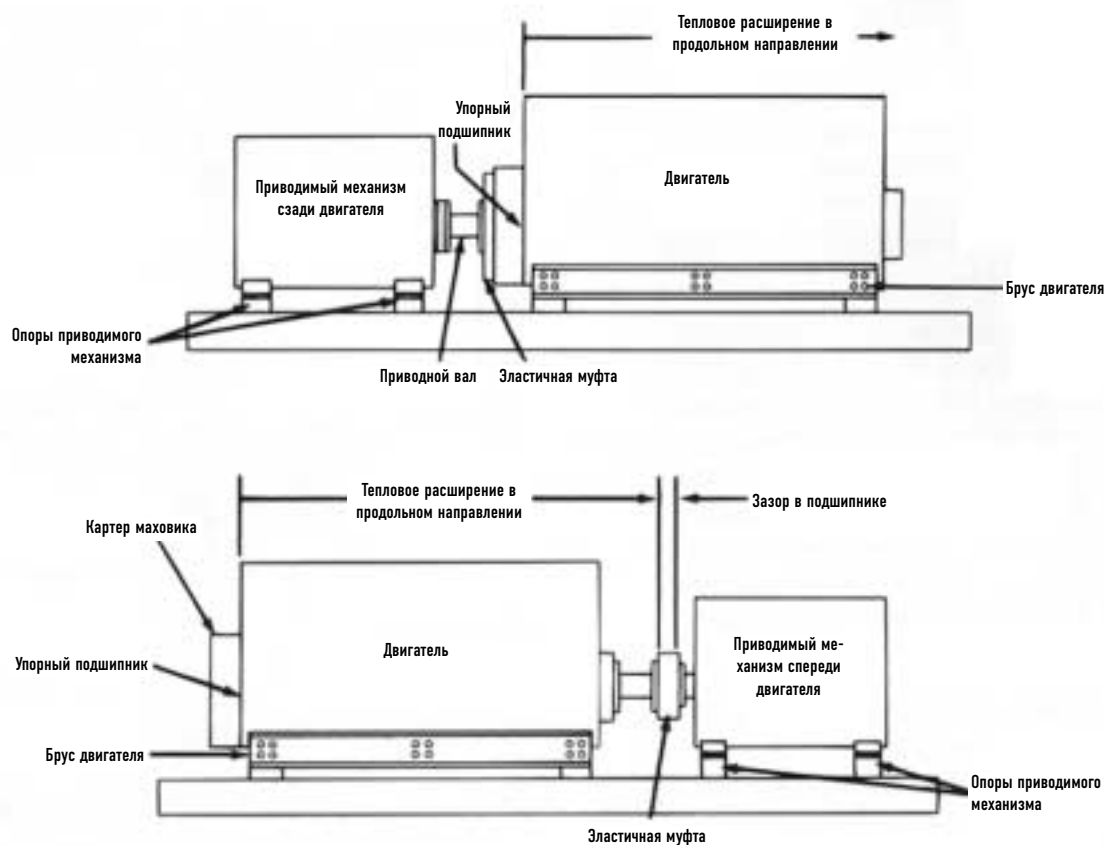


Рис. 3.8

Муфта переднеприводимого механизма сходна с муфтой заднеприводимого механизма, изображенной на рисунке ниже. В случае переднего привода, ведомый элемент, показанный на рис. 3.8, требует опоры на коленчатый вал, поскольку его масса меньше массы ведущего элемента.

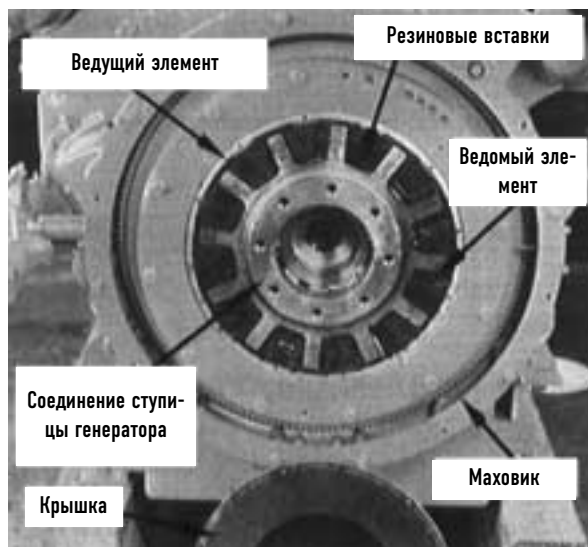


Рис. 3.9

Другие муфты

Эластичные вставки других муфт необходимо снимать во время проверки центровки. Жесткость вставки может привести к ошибкам в показаниях прибора.

При проверке центровки со снятой вставкой ведущий и ведомый элементы муфты вращают одновременно. В этом случае биение торца или внутренней поверхности деталей не влияют на показания измерительного индикатора. При вращении обоих элементов индикатор показывает только величину смещения или излома.

Монтаж вспомога- тельных двигателей

Правильный монтаж двигателя при условии точной центровки всего оборудования обеспечивает устойчивую работу двигателя в течение всего срока, отведенного ему при конструировании и изготовлении.

Двигатель устанавливают на двух продольных балках, полки которых находятся в одной плоскости. При неплоской поверхности полок установите прокладки между опорной поверхностью двигателя и балками. Крепление двигателя болтами к неплоской поверхности может вызвать деформацию блока двигателя, пружинистость балок и напряжение в сварных соединениях или основном металле.

При воздействии на двигатель внешних сил или при отсутствии зазора на естественное тепловое расширение происходят нарушения, которые могут привести к повреждению подшипника или коленчатого вала.

Трехточечное крепление

Система трехточечного крепления применяется тогда, когда существует опасность прогиба фундамента, поддерживающего основание вследствие внешних сил или усадки. Крепление силового агрегата по трем точкам защищает его от прогиба вместе с основанием, поддерживая таким образом, центровку всего оборудования и препятствуя деформации блока двигателя. Крепление по более, чем трем точкам может вызвать деформацию основания (рис. 3.10).

Если силовой модуль установлен на слабо поддерживаемой конструкции или плохо закреплен, может возникнуть нежелательная вибрация. Кроме трехточечного крепления, возможно потребуются изоляторы для защиты от вибрации.

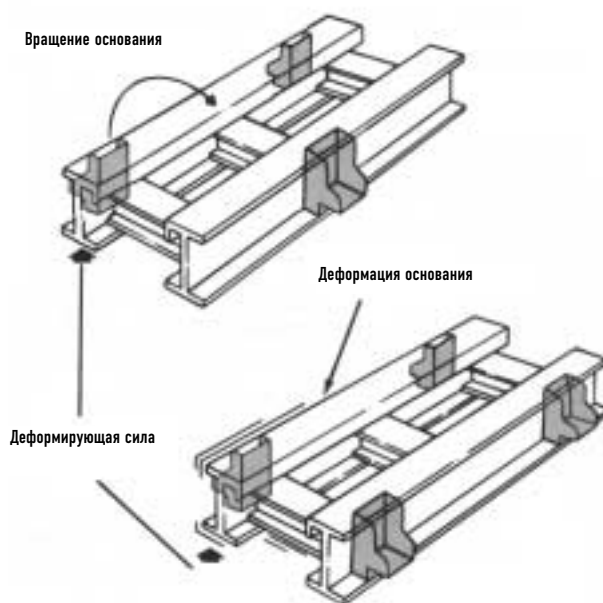


Рис. 3.10

Виброзащита

Двигатели фирмы Caterpillar способны выдерживать собственные колебания и установка защиты для увеличения срока службы деталей не требуется. Однако, вибрация от окружающего оборудования, если она значительная, может вывести из строя генератор, который не работает в течение долгого времени. Происходит выработка подшипников и валов, и отсутствие виброзащиты в итоге может привести к их поломке. Внешняя вибрация редко наносит вред работающему генератору. Метод защиты от внешней вибрации генератора схож с методом защиты от собственных колебаний.

Фирма Caterpillar рекомендует использование упругих опор при установке вспомогательных двигателей. Подробнее о типах вибрации и правилах виброзащиты смотри раздел "Вибрация и виброзащита".

На некоторых приводимых генераторах имеются заводские виброизоляторы. Чтобы определить, входят ли они в стандартную комплектацию или заказываются дополнительно, обратитесь к преискуранту.

Источники разрушающей вибрации

Вибрации, влияющие на вспомогательные двигатели, подразделяют на четыре типа:

- вибрации от главных двигателей;
- вибрация от гребного винта, вызванная лопастями винта при прохождении ими корпуса, кронштейна или скега;
- вибрация от двухвальной или многовальной гребной установки, выходящей из фазы, в которой вибрация возникает при частоте, зависящей от неравномерности вращения двигателя;
- вибрация первого порядка, вызванная другими двигателями и насосным оборудованием.

Пределы вибрации (без нагрузки)

Вибрация без нагрузки для двигателей фирмы Caterpillar допускается в пределах 0,1 мм (4 мила) только для двигателя и 0,13 мм (5 мил) для двигателя с приводимым оборудованием.

Защита

Для защиты вспомогательных судовых двигателей между набором судна и основанием устанавливают упругие пружинные опоры. Опоры поставляются фирмой Caterpillar и другими фирмами. Для получения соответствующей упругой опоры поставщику необходимо знать, какую защиту требуется установить.

Выбор упругих опор

- Свяжитесь с поставщиком и передайте ему следующую информацию:
 - компоновку оборудования и чертеж основания;
 - прогнозируемую частоту вибрации;
 - массу и положение центра тяжести вспомогательного узла, для которого необходима виброзащита.
- Для повышения эффективности в статических условиях нагрузка изоляторов должна быть ближе к центру оптимального диапазона деформации. В связи с этим необходимо знать нагрузку на каждый изолятор и подобрать изолятор в зависимости от нагрузки.

- При использовании эластичных материалов в дополнение к пружинным опорам, выберите наименьшее давление, выраженное в фунтах на квадратный дюйм, которое дает наибольший процент снижения передаваемой вибрации.
- Некоторые из эластичных подушек препятствуют распространению шума, но не вибрации. Другие могут даже усиливать колебания первого порядка. Как правило, эластичные монтажные подушки должны иметь статический прогиб не менее 6 мм (15/64 дюйма). При меньших значениях шум снижается, но виброзащита - слабая или отсутствует.

Низкочастотная вибрация

Вибрацию частотой 5 Гц и ниже очень трудно изолировать.

Поставщик упругих опор одновременно дает специальные рекомендации для защиты от низкочастотной вибрации.

Установка упругих опор

Упругие опоры устанавливают между основанием конструкции вспомогательного узла и конструкцией судна. Основание должно быть достаточно прочным. Если конструкция судна не достаточно жесткая, необходимо добавить опоры для усиления жесткости. При установке упругих опор необходимо строго следовать инструкциям поставщика.

Важным фактором является правильное расположение изолирующих опор. На крупногабаритных двигателях с тремя парами опор установите одну пару изоляторов под центром тяжести, а две другие - на одинаковом расстоянии от первой пары с каждого конца основания конструкции (рис. 3.11).

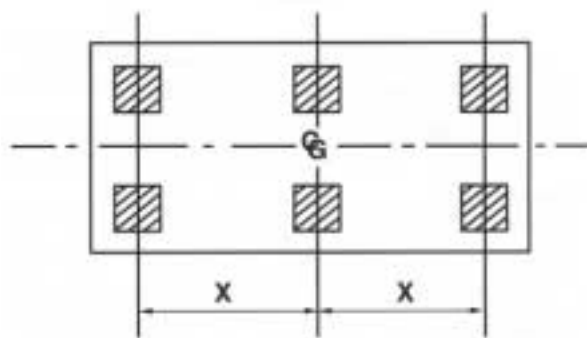


Рис. 3.11

На двигателях меньших габаритов с двумя парами опор разместите одну пару изоляторов под передними опорами, а другую пару под опорами приводного оборудования.

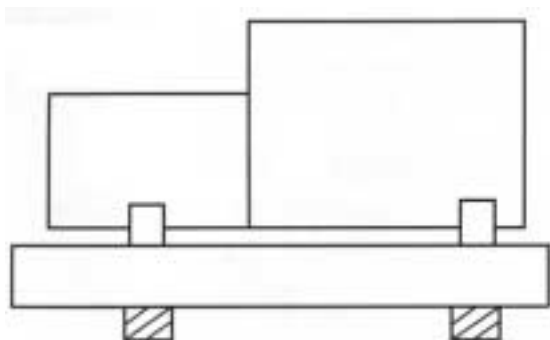


Рис. 3.12

При трехточечном креплении основания двигателя расположите изоляторы таким образом, чтобы получить трехточечный контакт с равномерно распределенной нагрузкой.

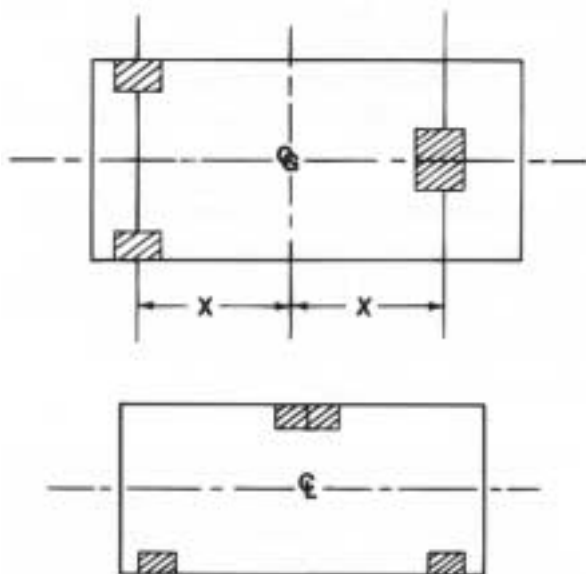


Рис. 3.13

Определение центра тяжести двигателя вместе с генератором

Точку расположения центра тяжести узла в сборе можно определить после нахождения суммарной массы узла.

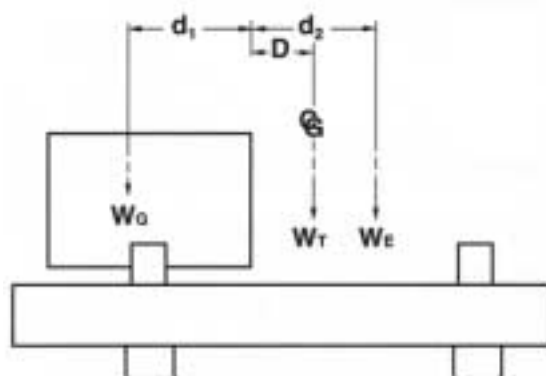


Рис. 3.14

Предположим, что двигатель и генератор закреплены на одном основании, тогда центр тяжести (ЦТ) вычисляется следующим образом. Необходимо определить общую точку отсчета, за которую принимают заднюю стенку картера маховика. Поскольку измерения проводят в обе стороны от точки отсчета, одно из направлений считают отрицательным. Следовательно,

$$W_T (D) = W_G \cdot (-d_1) + W_E \cdot (d_2)$$

$$D = [(W_E(d_2) - W_G(d_1))]/W_T$$

При добавлении дополнительного оборудования, например, передней муфты отбора мощности, вычисления проводят заново для определения нового центра тяжести.

Определив центр тяжести для всего узла в целом, нагрузку на каждую пару изоляторов находят по следующей формуле (рис. 3,15):

$$S_1 = W_T \cdot (b/c)$$

$$S_2 = W_T \cdot (a/c)$$

Точку расположения центра тяжести узла в сборе определяют после того, как найдена суммарная масса.

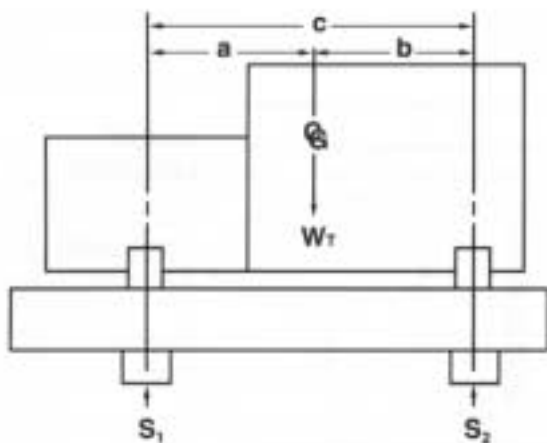


Рис. 3.15

Промышленные изоляторы

Промышленность выпускает несколько видов изоляторов, обеспечивающих различную степень защиты. К выбору изолятора необходимо подойти с особой тщательностью. Обычно, чем меньше частота собственных колебаний изолятора, тем больше прогиб и тем эффективнее защита. Однако, предел нагрузки изолятора превышать не допускается.

Резиновые изоляторы

Резиновые изоляторы подходят для тех случаев, когда жесткого регулирования колебаний не требуется. При правильно подобранном изоляторе возможна 90-процентная защита. В этом случае изолируется большая часть шума, создаваемого при передаче колебательных сил. Не допускайте применения резиновых изоляторов с той же частотой собственных колебаний, которая наблюдается у двигателя в горизонтальной и в вертикальной плоскостях.

Изоляторы из стекловолокна, войлока, композиционной и листовой (рифленой) резины

Стекловолокно, технический войлок, композиционная и листовая рифленая резина слабо поглощают основные силы вибрации, но препятствуют распространению высокочастотного шума. Тканые материалы имеют свойство спрессовываться с возрастом и теряют свою эффективность. Поскольку прогиб таких типов изоляторов небольшой, частота их собственных колебаний относительно высокая в сравнении с двигателями. Применение составных изоляторов или неизбирательное их использование может привести к резонансу всей системы. Изоляторы подушечного типа успешно применяются для вибрации частотой свыше 2000 Гц.

Пружинные изоляторы

Наиболее эффективными изоляторами низкочастотной вибрации являются стальные изоляторы пружинного типа. Они поглощают до 96 % всех колебаний. Эти изоляторы также экономичны и позволяют монтировать любое оборудование кроме двигателей на поверхностях, которые служат опорой статической массе. Для такого оборудования не предусматриваются допуски для скручивающей или вибрационной нагрузки. Стальные пружинные изоляторы эффективны в диапазоне частоты вибрации от 5 до 1000 Гц.

Судовые пружинные изоляторы применяются для монтажа вспомогательного двигателя. Этот тип изолятора оснащен стопорами смещения двигателя, превышающего предельно допустимое, и противостоит усилиям, возникающим вследствие килевой и бортовой качки и слемминга морских судов.

При использовании резиновой подушки под пружинным изолятором высокочастотные колебания, передаваемые пружиной, также блокируются. Такая высокочастотная вибрация не наносит вреда, но вызывает раздражающий шум (рис. 3.16).

Следуйте инструкциям поставщика изоляторов по их установке и подгонке.

Многие типы пружинных изоляторов оснащены стопорами горизонтального перемещения (антивибраторами), но не имеют встроенных стопоров вертикального перемещения. При применении такого типа изолятора между опорным брусом или опорой и станиной судового двигателя необходимо установить внешние стопоры вертикального смещения.

Антивибраторы и стопоры необходимо отрегулировать на допустимую величину смещения в целях защиты.

Вне зависимости от того, какой тип виброзащиты используется, ее необходимо измерить, чтобы разница между частотой собственных колебаний изоляторов и частотой возбуждения двигателя была значительной. При совпадении этих частот узел будет резонировать.

Эластичные соединения

При использовании судовых пружинных изоляторов, убедитесь, что соединения трубопроводов, системы управления и валопровода сконструированы таким образом, чтобы максимальное смещение двигателя не создавало перенапряжения в соединяющих элементах.

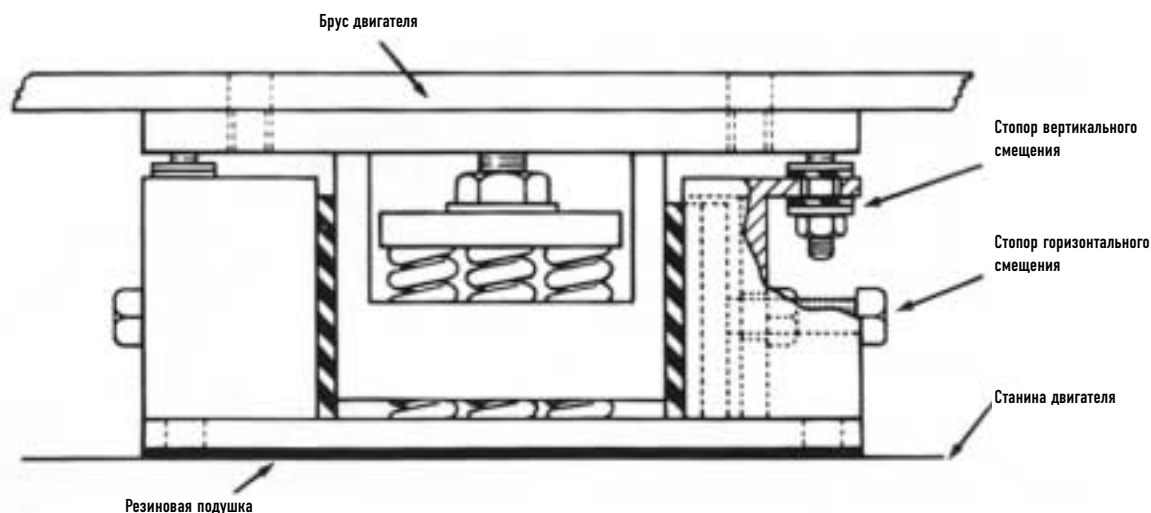


Рис.3.16. Судовой изолятор

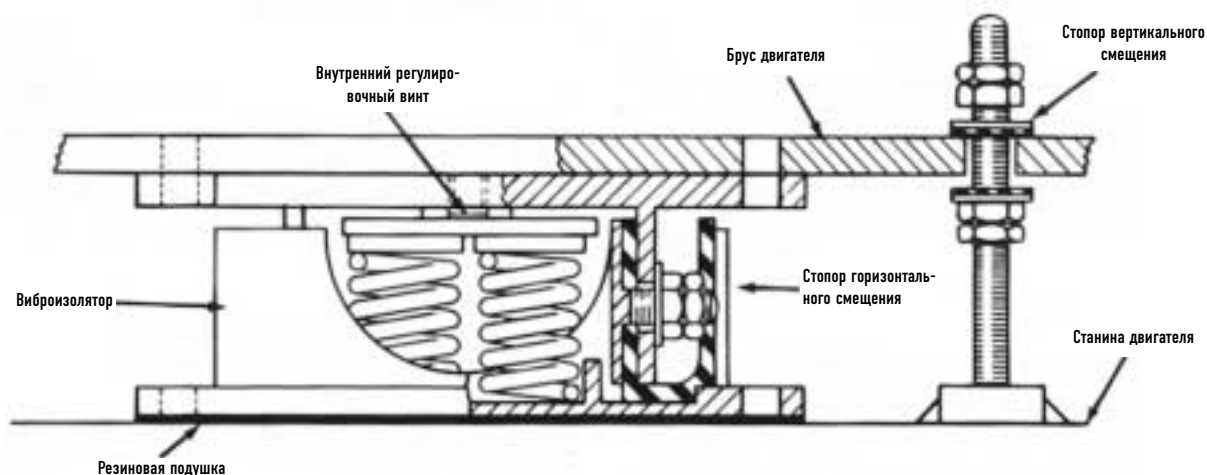


Рис. 3.17. Пружинный изолятор с внешним стопором

Противоударные подушки

Все оборудование, смонтированное на пружинных опорах, должно иметь стопоры вертикального и бокового смещения. Для вспомогательных двигателей можно установить противоударные подушки, если они не препятствуют температурной деформации.

Прокладки

По мере необходимости между лапами генератора и опорами установите прокладки для поддержания центровки с двигателем. Лапы генератора перед установкой анкерных болтов должны плотно прилегать к опорам. В противном случае может произойти деформация корпуса генератора.

Толщина пакета прокладок под оборудованием допускается не менее 5 мм (0,2000 дюйма) во избежание последующей пригонки, требующей снятия прокладки, когда их остается слишком мало или не остается совсем.

Комплект прокладок изготавливают из нержавеющей металла. Прокладки требуют осторожного обращения.

Монтажные болты

Диаметр болтов со свободной посадкой, применяемых для крепления бруса или лап двигателя к основанию должен быть на 1,6 мм (0,06 дюйма) меньше диаметра отверстий. Свободное пространство не препятствует расширению бруса или лап двигателя при нагреве.

Места расположения монтажных болтов

Все монтажные болты двигателя или генератора вворачивают в прочный материал.

Порядок затяжки монтажных болтов оборудования

1. Затяните монтажные болты в той последовательности, которая приведена ниже, с моментом, равным 1/2 от указанных значений.
2. Установите измерительный индикатор часового типа на кронштейне так, как будто вам необходимо проверить соосность отверстий. Проворачивайте ведущий и ведомый вал вместе до тех пор, пока стрелка измерителя не установится в верхнем положении.
3. Ослабьте болты на монтажной поверхности 1 и затяните болты на монтажной поверхности 3 с моментом, равным половине указанного значения.
4. При перемещении стрелки измерителя на 0,05 мм (0,002 дюйма) или менее затяните болты на монтажной поверхности 1 и выполните операции пп. 6 и 7. При перемещении стрелки более, чем на 0,05 мм (0,002 дюйма), установите дополнительно прокладки под болты на монтажной поверхности 1 или 3. Ослабьте все болты и повторите операции под пп. 1 - 5.

5. Ослабьте болты на монтажной поверхности 2 и затяните болты на монтажной поверхности 4 с моментом, равным половине указанного значения.
6. При перемещении стрелки измерителя на 0,05 мм (0,002 дюйма) или менее затяните болты на монтажной поверхности 2. Если стрелка переместилась более, чем на 0,05 мм (0,002 дюйма), установите дополнительно прокладки под болты на монтажной поверхности 2 или 4. Повторите операции пп. 1 - 6.
7. Затяните все болты с полным моментом. При этом индикаторный измеритель и кронштейн должны находиться в верхнем положении. Показания измерителя не должны отличаться более, чем на 0,05 мм (0,002 дюйма).

Момент затяжки

Болт считается хорошо затянутым, когда он ввернут на заданную величину. Правильная посадка болта надежно крепит механизм к основанию. Усилие зажима затем сохраняется во время смещений, вызванных вибрацией. Не затянутый до упора болт не может сохранить усилие зажима при вибрации. Такой болт постепенно ослабляется и может привести к децентровке.

Размерные болты, использующиеся на основаниях фирмы Caterpillar, требуют высоких моментов затяжки. Например, болт размером 25,4 мм (1 дюйм) затягивается с моментом $868 \pm 108 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (640 ± 80 фунто-футов).

Для получения таких высоких значений требуются гаечный ключ и специальные приспособления.

Нельзя использовать специальную смазку для болтов, т.к. эффективная сила зажима при этом может увеличиться выше предельно допустимой.

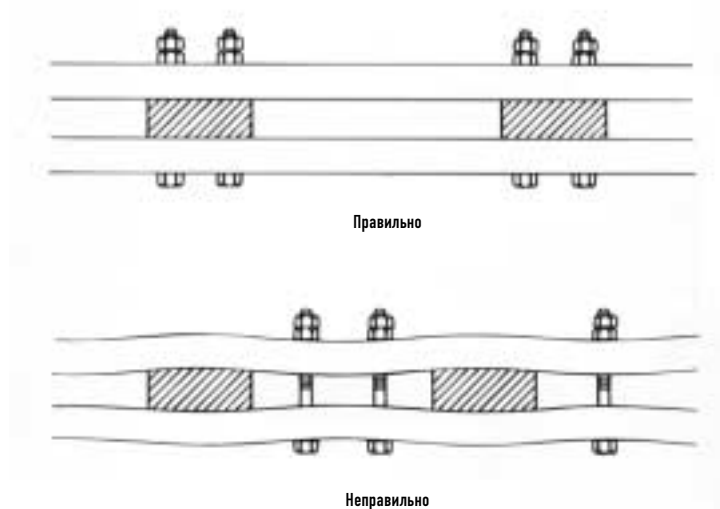
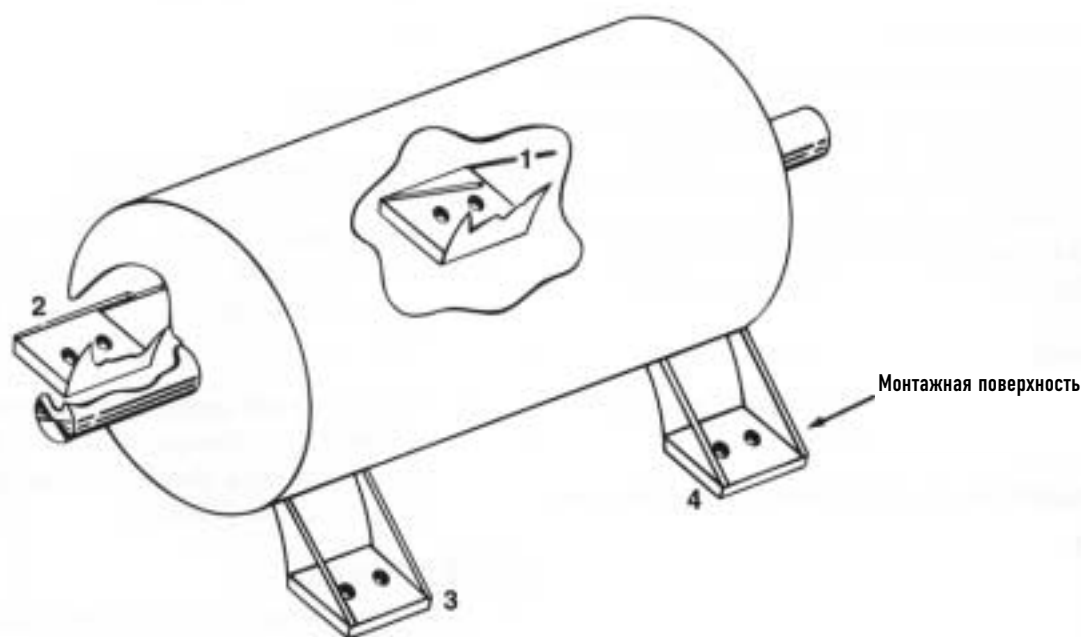


Рис. 3.18



Диаметр болта	Значения момента		
	мм	фунто-футы	Н • м
3/4 дюйма	19	265 ± 35	360 ± 50
7/8	22	420 ± 60	570 ± 80
1 дюйм	25	640 ± 80	875 ± 100

Примечание: *Порядковый номер на каждой монтажной поверхности означает правильную последовательность затяжки.

*Последовательность операций, описанных выше, применима только для отдельно монтируемого оборудования, т.е. двигателя, двухопорного генератора, отдельно монтируемого редуктора и т.д.

Рис. 3.19

Гайки и болты фирмы Caterpillar изготавливаются из стали марки 8 - одной из самых прочных. Они имеют маркировку в виде 6-ти рельефных линий на головке болта. Убедитесь, что монтажные болты имеют достаточную длину, т.к. это может снизить полезное усилие зажима.

После пригонки прокладок и затяжки, проверьте центровку.

Прогиб коленчатого вала

Прогиб коленчатого вала измеряют на определенных двигателях в прогретом и холодном состоянии. Прогиб допускается не более 0,025 мм (0,001 дюйма). Прогиб измеряют по центральному кривошипу. Подробнее о прогибе коленчатого вала смотри в разделе "Монтаж и центровка".

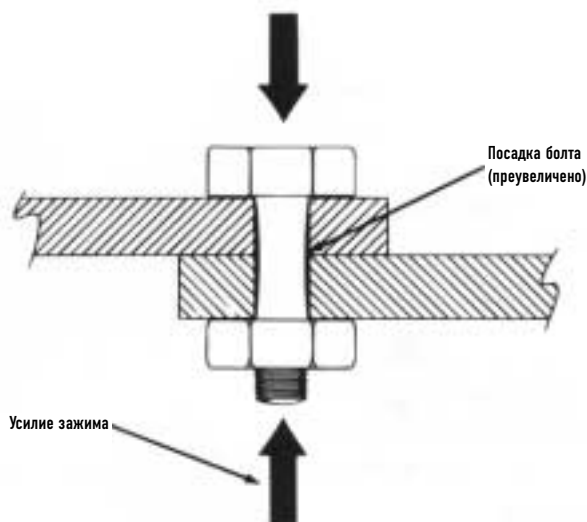


Рис. 3.20

