

# Узлы и системы катерных двигателей

## Часть 3. Система амортизации (продолжение)

Б. Е. Синильщиков, В. Б. Синильщиков

**Н**еобходимо учитывать, что увеличение вибрации двигателя может произойти вследствие влияния гребного вала. Если вал хорошо сцентрирован, а муфта отбалансирована, то единственные возмущения, которые передаются от гребного вала на двигатель – это пульсация тяги винта и пульсации крутящего момента при прохождении лопасти вблизи днища или за кронштейном. Частота пульсации этих сил определяется как:

$$f = nM/i;$$

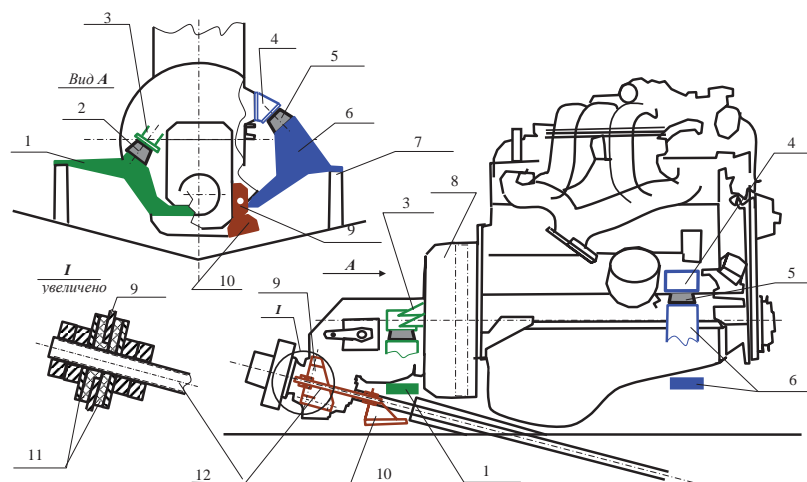
где  $M$  – число лопастей,  $i$  – передаточное отношение редуктора. Если  $M=3$  и  $i=3.0$ , то частота возмущающих сил будет приближаться к резонансной только на холостых оборотах. Однако эти возмущающие силы на холостых оборотах будут небольшими, и увеличение вибрации будет незаметным.

Но если при ударе о препятствие будут погнуты гребной вал или лопасти винта, или нарушена центровка муфты, соединяющей вал с редуктором, то на двигатель со стороны вала будет действовать возмущающая сила с частотой  $f=n/i$ . Если собственная частота угловых колебаний двигателя составит 15 Гц, то при  $i=2...3$  резонанс возникнет при числе оборотов двигателя  $n=30...45$  об/с (1800...2700 об/мин), то есть на рабочих оборотах. В данном случае система амортизации будет не гасить, а усиливать вибрацию и уровни вибрации в катере могут быть выше, чем при соединении вала с жестко установленным редуктором.

Если вы предполагаете, что при эксплуатации не исключены случаи изгиба вала, или нарушения соосности крепления вала к редуктору, а требования к виброизоляции двига-

теля повышенные, то целесообразна установка автономного упорного подшипника с дополнительным карданным валом (подробнее в следующей статье). Автономный упорный подшипник крепится к корпусу катера через резиновые прокладки, и, следовательно, вызывает появление дополнительных собственных частот. Однако вследствие малой массы подшипника с присоединенными массами валов, эти частоты выше

ется плечо силы упора относительно амортизаторов, и на ходу вал с дизелем сместится на несколько миллиметров, а амортизаторы будут работать на отрыв (это особенно опасно при установке грузовых винтов, создающих большой упор). Покажем, как улучшить работу системы амортизации в этом случае при использовании реактивных тяг, одновременно рассмотрим пример установки двигателя от заднеприводного автомобиля

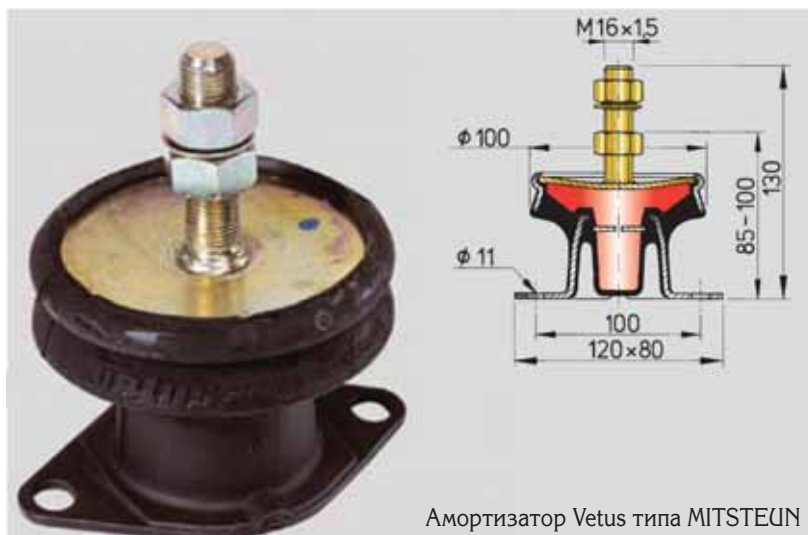


частот вращения гребного вала, и резонанса не наступает. С другой стороны, деформация резиновых прокладок позволяет такому подшипнику частично компенсировать не только погрешность центровки при использовании фланцевых муфт, но и деформации, связанные с небольшим изгибом вала.

Установка автономного упорного подшипника не всегда возможна по условиям компоновки. Невозможна установка такого подшипника при использовании современных угловых редукторов, навешиваемых на двигатель («КиЯ» №249). В этом случае при установке дизеля на штатные амортизаторы увеличива-

с использованием штатных амортизаторов.

На рисунке показана схема установки бензинового двигателя 4213 (от автомобиля УАЗ), укомплектованного угловым редуктором ZF 15 MIV (длительная мощность ограничена 75 л.с., вес редуктора 21 кг). Передние амортизаторы 5 – штатные, они крепятся к штатным кронштейнам двигателя 4. С другой стороны амортизаторы крепятся к поперечной балке 6 (похожей на балку, имеющуюся в автомобиле, подробнее см. [1]). Поперечная балка, в свою очередь, крепится к подмоторной раме 7. Задние амортизаторы 2 – такие же. Они максимально прибли-

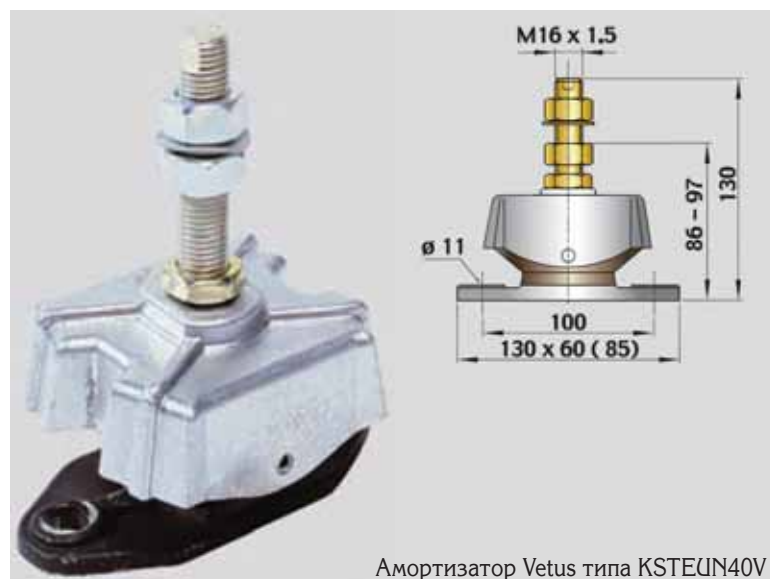


Амортизатор Vetus типа MITSTEUN

жены к реверс-редуктору и крепятся к специально изготовленным кронштейнам 3. Последние приварены к заднему торцу переходного кожуха 8, при помощи которого реверс-редуктор крепится к двигателю. С другой стороны амортизаторы 2 крепятся к поперечной балке 1 аналогичной балке 6, но имеющей другую форму. Регулировка соосности реверс-редуктора с гребным валом производится путем продольных и поперечных перемещений двигателя, установленного с амортизаторами на поперечных балках 1 и 6 (с использованием прокладок, устанавливаемых между подмоторной рамой и этими балками).

Так как автомобильные амортизаторы не предназначены для восприятия упора винта, то используются реактивные тяги 12. Пара таких тяг (шпилька M12–M14) устанавливается в плоскости гребного вала так, чтобы передавать тягу винта с редуктора на упоры 10, прикрепленные к корпусу катера, разгружая амортизаторы. К кронштейнам редуктора 9 и к упорам 10 эти тяги крепятся через резиновые шайбы 11 толщиной 15...20 мм, что дает двигателю возможность свободно перемещаться на амортизаторах в поперечной плоскости. Однако дополнительная жесткость резиновых элементов тяг приведет к увеличению частоты угловых колебаний двигателя. Для уменьшения частоты угловых колебаний двигателя относительно вертикальной оси эти тяги следует размещать как

можно ближе друг к другу. Для полного исключения их влияния необходимо развернуть тяги относительно гребного вала таким образом, чтобы их оси пересекались в районе верти-



Амортизатор Vetus типа KSTEUN40V

кальной оси, проходящей через ЦТ двигателя. Влияние жесткости тяг на угловые колебания относительно поперечной оси компенсируется уменьшением расстояния между передними и задними поясами амортизаторов. Кронштейны 9 целесообразно крепить к редуктору, используя две пары отверстий M10, имеющихся на боковой стенке редуктора ZF 15 MIV. Для возможности компоновки и удобства обслуживания дейдвудного сальника придется доработать масляный картер двигателя (вмять или подрезать и подварить).

Некоторые рекомендации по установке на амортизаторы тракторных дизелей (у которых собственных амортизаторов нет) помещены в «КиЯ» №120.

В отличие от четырехцилиндрового дизеля, на трехцилиндровый дизель действуют возмущающие моменты в плоскости, перпендикулярной оси двигателя (с частотами  $f=n$  и  $f=2n$ ), и момент относительно оси двигателя с частотой  $f=1.5n$ . Учитывая, что минимальные холостые обороты таких двигателей обычно близки к 900 об/мин, собственные частоты колебаний двигателя на амортизаторах должны быть менее 7 Гц (сжатие такого амортизатора под действием веса двигателя составит 5.0...6.0 мм). Специально для трехцилиндровых дизелей такие амортизаторы выпускает фирма Vetus

– мягкий амортизатор KSTEUN40V с максимальной нагрузкой 40 кг. Амортизатор оснащен внутренним буфером, который ограничивает смещение двигателя при запуске, а также защищает двигатель от чрезмерных перемещений при качке. Амортизатор позволяет получить собственную частоту вертикальных колебаний менее 7 Гц. Однако для трехцилиндрового дизеля важно получить низкую частоту как вертикальных, так и угловых колебаний, а для этого необходимо разместить эти амортизаторы на определен-

ном расстоянии от центра тяжести двигателя. Приближенные расчеты показывают, что опоры некоторых серийных трехцилиндровых двигателей разнесены слишком далеко друг от друга (так у двигателя Vetus M3.28 расстояние между задними и передними амортизаторами составляет 443 мм, в то время как даже у более тяжелого дизеля Beta 30 – 354 мм). Все это приводит к повышению реальных частот собственных колебаний и к ухудшению эффективности системы амортизации. На наш взгляд, более эффективную систему амортизации для трехцилиндрового двигателя можно создать, применяя мягкие амортизаторы, не рассчитанные на восприятие упора винта, установленные в расчетных точках, а упор от винта воспринимать описанными выше реактивными тягами.

Для трехцилиндровых двигателей фирма Vetus выпускает также амортизатор с встроенным гидродемпфером MITSTEUN с допустимой нагрузкой 60 кг, но более жесткий,

чем амортизатор KSTEUN40V. Данный амортизатор имеет одинаковую жесткость по всем направлениям. При установке этих амортизаторов в расчетных точках дизель на холостых оборотах будет работать в области, близкой к резонансу, но его колебания на амортизаторах будут небольшими, так как их будут ограничивать гидродемпферы. Однако динамические нагрузки, то есть собственно вибрация, при этом уменьшатся не столь заметно.

Еще сложнее создать систему амортизации двухцилиндровых двигателей (не имеющих балансирных валов), так как при работе на двигатель действуют возмущающие поперечные силы с частотой  $2n$ , моменты в поперечной плоскости с частотой  $n$ , и моменты относительно оси двигателя с частотой  $n/2$ . Создание системы амортизации с собственной частотой 3...4 Гц (статический прогиб 12...15 мм) проблематично. Поэтому двухцилиндровые двигатели устанавливаются на амортизаторы со статическим

прогибом 1.5...2.0 мм ( $f=10...12$  Гц), и при работе на холостых оборотах они попадают в резонанс. Впрочем, учитывая, что такие двигатели, как правило, являются вспомогательными, с резонансом приходится мириться.

Следует обратить внимание, что для борьбы с вибрацией катера необходимо уменьшать вибрации не только двигателя, но и винторулевого комплекса. Наиболее очевидными мерами, направленными на снижение вибраций ВРК, назовем балансировку винта, увеличение расстояний от винта до днища, кронштейна вала и руля, а также уменьшение угла наклона валопровода ✕

#### Литература

1. Мухин Ю. Н., Синильщиков Б. Е. Автомобильный двигатель на катере. – Л.: Судостроение, 1980.

2. Колебания силового агрегата автомобилей / В. Е. Гольский и др. М.: Машиностроение, 1971.

Использованы материалы из каталога Vetus.



**CREATORS OF  
BOAT SYSTEMS**

**НОВЫЕ ПОДРУЛИВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА VETUS**

Только один винт, но уникальной конструкции (одинаковый упор в обоих направлениях, низкий шум кавитации), геликоидальный редуктор, эластичная муфта. Высокий КПД и простота установки, полное обеспечение запасными частями. Широкий ассортимент: электрические и гидравлические модели.

Поставки, гарантийное обслуживание и консультации через сеть уполномоченных дилеров.  
3-х летняя гарантия на все судовое оборудование VETUS.

[www.vetus.ru](http://www.vetus.ru)