РОССИЙСКИЙ РЕЧНОЙ РЕГИСТР

ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВЫЕ И ПОДРУЛИВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

ДОКУМЕНТАЦИЯ. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ. РАСЧЕТЫ. ИСПЫТАНИЯ

Руководство
Р.013-2006



Москва
2006

gost.e-ecolog.ru

ББК 27.5.14.3
Д 22

Утверждено приказом Российского Речного Регистра
№ 10-п от 02.03.2006 г.

Введено в действие с 30.03.2006 г.

Издание 1

Предлагаемое Руководство является вспомогательным материалом к Правилам РРР и предназначено для оказания методической помощи специалистам РРР при рассмотрении и согласовании технической документации на движительно-рулевые и подруливающие устройства, входящие в состав движительно-рулевых комплексов судов с классом РРР. Руководство может быть рекомендовано также организациям и специалистам, занимающимися вопросами проектирования, постройки, эксплуатации и ремонта судовых движительно-рулевых комплексов.

Ответственный за выпуск – В. Ю. Иванова

Никакая часть настоящего издания не может для целей продажи воспроизводиться, закладываться в поисковую систему или передаваться в любой форме или любыми средствами, включая электронные, механические, фотокопировальные или иные средства, без получения предварительного письменного разрешения федерального государственного учреждения «Российский Речной Регистр».

ISBN 5-7035- 1658-7

© Российский Речной Регистр, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение 4
2 Область распространения 4
3 Определения и сокращения 5
4 Общие указания 5
5 Техническая документация 6
6 Техническое наблюдение за изготовлением ДРУ и ПУ 8
7 Технические требования к ДРУ и ПУ 9
7.1 Работа при кренах и дифферентах 9
7.2 Установка ДРУ и ПУ 9
7.3 Двигатели привода ДРУ и ПУ 9
7.4 Передачи, разобщительные и упругие муфты 10
7.5 Гребные винты, насадки 10
7.6 Валопроводы 10
7.7 Крутильные колебания 12
7.8 Устройства управления 12
7.9 Общие требования к объему автоматизации 13
7.10 Система индикации, АПС и защиты в рулевой рубке 15
7.11 Система индикации, АПС и защиты на местных постах управления 17
7.12 Контрольно-измерительные приборы 18
8 Испытания ДРУ и ПУ 18
Приложение. Методика расчета на прочность конических зубчатых передач с круговыми зубьями с эвольвентным профилем. 19

1 ВВЕДЕНИЕ

В рамках данного Руководства:

термин «движительно-рулевые устройства» означает поворотные винторулевые колонки, устанавливаемые на судах в качестве средства, обеспечивающее движение судна, и в качестве основного рулевого устройства;

термин «подруливающие устройства» означает поворотные винторулевые колонки или фиксированные (неповоротные, реверсивные) винторулевые колонки, изменение направления упора в которых производится путем изменения направления вращения гребного винта.

Движительно-рулевые и подруливающие устройства предназначены для установки на суда внутреннего и смешанного «река-море» плавания с классом Российского Речного Регистра (далее - Речного Регистра).

Данное руководство распространяется на винторулевые колонки с гребным винтом фиксированного шага. Применение гребных винтов с регулируемым шагом рассматривается Речным Регистром отдельно.

2 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

2.1 Руководство распространяется на движительно-рулевые и подруливающие устройства с электроприводом, гидравлическим приводом и приводом от двигателя внутреннего сгорания (дизеля).

На известных Речному Регистру движительно-рулевых устройствах с приводом от двигателя внутреннего сгорания установлены нереверсивные двигатели, поэтому в настоящем Руководстве рассматривается применение только нереверсивных двигателей внутреннего сгорания.

Применение бензиновых двигателей допускается на судах длиной менее 12 м.

2.2 Движительно-рулевые устройства с приводным двигателем (главным двигателем) мощностью 55 кВт и более подлежат техническому наблюдению Речного Регистра.

Подруливающие устройства подлежат техническому наблюдению Речного Регистра независимо от мощности приводного двигателя.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

3.1 Термины, относящиеся к общей терминологии Правил, их определения и сокращения приведены в ч. II ПСВП.

3.2 Применяемые в настоящем руководстве термины следует понимать следующим образом:

.1 Поворотная колонка (ПК) – устройство, представляющее собой гребной винт или комплекс «винт-насадка», направление тяги которого может быть изменено в широких пределах за счет поворота устройства относительно оси, перпендикулярной оси гребного винта.

Поворотные колонки могут быть выдвижными или откидывающимися.

Поворотные колонки могут быть полноповоротными (360°) либо иметь ограничения по углу поворота.

.2 Движительно-рулевое устройство (ДРУ) – поворотная колонка, используемая как средство движения и активного управления судном с рабочим органом, расположенным вне корпуса судна, создающее упор, направление которого может меняться относительно диаметральной плоскости судна.

.3 Подруливающее устройство (ПУ) – поворотная или фиксированная (неповоротная) колонка, используемая как средство управления судном с рабочим органом в канале, расположенном в корпусе судна, создающее тягу, направленную под прямым углом к диаметральной плоскости судна.

4 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

4.1 Следующие механизмы, узлы и детали, поставляемые для комплектации ДРУ, ПУ, должны иметь документы Речного Регистра:

.1 приводной двигатель;

.2 гребной винт;

.3 насадка;

.4 редуктор;

.5 промежуточные и карданные валы;

.6 разобщительные и упругие муфты;

.7 система ДАУ;

.8 система АПС и защиты.

На вышеуказанные механизмы, узлы и детали, изготавливаемые на том же предприятии, что и сами ДРУ и ПУ и идущие на комплектацию изготавливаемых ДРУ, ПУ, наличие документов Речного Регистра не обязательно, если они изготавливались под техническим наблюдением Речного Регистра.

На механизмы, узлы и детали, изготавливаемые в качестве запасных частей, наличие документов Речного Регистра обязательно.

4.2 Изготовление ДРУ, ПУ должно выполняться по документации, согласованной с Речным Регистром, и под его техническим наблюдением.

4.3 Организация, выполняющая работы по проектированию, изготовлению и испытаниям ДРУ, ПУ, должна получить Свидетельство о признании Речного Регистра (формы РР-12.1, РР-12.1а) в установленном Правилами порядке.

4.4 При рассмотрении и согласовании технической документации, а также при осуществлении технического наблюдения за изготовлением ДРУ, ПУ Речной Регистр может допускать в отдельных случаях решения, отличающиеся от регламентированных Правилами или не в полной мере отвечающие требованиям Правил Речного Регистра и нижеуказанным требованиям, если ему будут представлены необходимые обоснования, подтверждающие, что предлагаемые решения являются с точки зрения безопасности не менее эффективными.

4.5 При проведении освидетельствования ДРУ и ПУ на судне в процессе эксплуатации и определении их технического состояния следует руководствоваться указаниями ПОСЭ.

5 ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

5.1 Рассмотрение и согласование технической документации на изготовление ДРУ и ПУ (далее - изделие) проводится Главным управлением Речного Регистра или по его поручению филиалом Речного Регистра. Рабочая документация подлежит согласованию с филиалом Речного Регистра.

5.2 На рассмотрение и согласование в Главное управление Речного Регистра должна быть представлена перечисленная ниже техническая документация в двух экземплярах:

.1 пояснительная записка, содержащая следующую информацию:

- назначение изделия, сведения об опыте эксплуатации аналогичных изделий;
- тип (проект) судна, на который предполагается или возможна установка изделия;
- завод-изготовитель;

.2 технические условия, содержащие, как минимум:

- технические требования (основные параметры и характеристики);
- правила приемки (порядок контроля, условия приемки ОТК, порядок осуществления Речным Регистром технического наблюдения);
- порядок и методы испытаний;
- указания по монтажу и эксплуатации;
- данные по ресурсным показателям, сроку службы;
- комплектность, где указываются входящие в комплект поставки отдельные (механически не связанные при поставке) составные части изделия, запасные части к нему;
- перечень документации сопровождения, содержащий, как минимум:
  - формуляр, оформленный заводом-изготовителем, с соответствующими записями ОТК завода о проведении стендовых испытаний изделия;
  - формуляры (паспорта) на навешенные агрегаты, паспорта на контрольно-измерительные приборы;
  - инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию;
  - Сертификат Речного Регистра;
- гарантийные обязательства.

В технических условиях в составе приложений выполняются принципиальные схемы электрооборудования, гидравлики, смазки, а также должны быть представлены габаритный чертеж с указанием мест

подключения обслуживающих изделие систем с присоединительными размерами и кинематическая схема.

Технические условия следует разрабатывать с учетом рекомендаций ГОСТ 2.114-95 «Технические условия»;

.3 чертеж общего вида изделия (с разрезами и сечениями, позволяющими ознакомиться с конструкцией изделия) со спецификацией;

.4 чертежи входного (ведущего) и выходного валов, зубчатой передачи, гребного винта;

.5 расчеты входного (ведущего) и выходного валов, зубчатой передачи, расчет и выбор подшипников;

.6 принципиальные схемы электрооборудования, гидравлики, смазки, аварийно-предупредительной сигнализации и защиты, кинематическая схема (если они не представлены в технических условиях);

.7 программа стендовых приемо-сдаточных испытаний, содержащая указания по выполнению требований, изложенных в 6.3, 9.2.2 ПТНП, а также предусматривающая полный комплекс проверок параметров, приведенных в согласованной с Речного Регистра технической документации на ДРУ, ПУ;

.8 инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию.

5.3 Один экземпляр согласованной документации остается в Речном Регистре, другой – направляется разработчику.

5.4 Объем технической документации на серийно изготавливаемые изделия, а также изделия, имеющие одобрение признанных классификационных обществ и органов классификации, по согласованию с Речным Регистром может быть сокращен.

5.5 Объем рабочей документации определяется проектной организацией по согласованию с филиалом Речного Регистра.

6 ТЕХНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ИЗГОТОВЛЕНИЕМ ДРУ И ПУ

6.1 Техническое наблюдение за изготовлением ДРУ и ПУ включает:

.1 проверку технической документации;

.2 контроль материалов;

.3 внешний осмотр изделий;

.4 проверку правильности измерений;

.5 контроль дефектоскопии.

6.2 При осуществлении технического наблюдения за изготовлением ДРУ и ПУ следует руководствоваться применимыми требованиями 6.2.11 – 6.2.25, 6.2.33 – 6.2.38, 9.2.2 ПТНП.

7 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДРУ И ПУ

7.1 Работа при кренах и дифферентах

7.1.1 ДРУ и ПУ должны обеспечивать работу судна при всех нормальных условиях эксплуатации, а ДРУ - также при длительном крене судна до 15° и дифференте до 5° (без учета строительного дифферента).

7.2 Установка ДРУ и ПУ

7.2.1 ДРУ и ПУ должны устанавливаться и закрепляться на прочных и жестких фундаментах.

7.2.2 Прокладки, расположенные между фундаментами и опорными плитами, должны состоять не более чем из двух частей.

7.2.3 Болты, крепящие ДРУ и ПУ к фундаментам, должны быть надежно застопорены для предотвращения самопроизвольного отворачивания.

7.3 Двигатели привода ДРУ и ПУ

7.3.1 Двигатели внутреннего сгорания (дизели) должны использовать топливо с температурой вспышки паров жидкого топлива, определяемой в закрытом тигле, не ниже 60°С.

7.3.2 Двигатели внутреннего сгорания (далее – ДВС) мощностью 55 кВт и выше должны удовлетворять требованиям разд. 2 ч. II ПСВП. На двигатели мощностью менее 55 кВт требования Правил распространяются в той мере, в какой эти требования применимы.

7.3.3 Конструкция гидропривода подлежит отдельному рассмотрению Речным Регистром.

Насосы гидропривода должны соответствовать применимым требованиям раздела 7 ч. II ПСВП.

7.3.4 Электрические двигатели должны удовлетворять применимым требованиям главы 7.5 и разд. 17 ч. IV ПСВП.

7.3.5 При установке двигателей и оборудования ДРУ и ПУ на амортизаторах конструкция амортизаторов должна быть одобрена Речным Регистром.

Амплитуда колебаний ДВС, установленных на амортизаторы (верх блока цилиндров), не должна превышать:

0,3 мм при $f \leq 17$ Гц;

$5/f$ мм при $f > 17$ Гц,

где f — частота колебаний.

7.4 Передачи, разобщительные и упругие муфты

7.4.1 Конструктивное исполнение редукторов, разобщительных и упругих муфт, материалы, из которых изготовлены их ответственные детали, должны соответствовать требованиям, изложенным в главах 4.1 - 4.3 и 4.5 – 4.7 ч. II ПСВП.

7.4.2 Расчеты зубчатых передач на прочность должны проводиться в соответствии с указаниями Руководства Р.007-2004 «Расчет зубчатых передач на прочность». Расчеты зубчатых передач с круговыми зубьями с эвольвентным профилем допускается также проводить по методике, изложенной в приложении.

7.5 Гребные винты, насадки

7.5.1 На гребные винты распространяются требования разд. 5 ч. II ПСВП.

7.5.2 На насадки распространяются применимые требования главы 2.2 ч. III ПСВП.

7.6 Валопроводы

7.6.1 У гребных валов диаметром 100 мм и более окончание шпоночного паза на конусе гребного вала должно иметь ложкообразную форму и находиться на расстоянии не менее 0,2 диаметра гребного вала от большего основания конуса.

При диаметрах гребных валов менее 100 мм допускается лыжеобразная форма окончания шпоночного паза.

7.6.2 Конус гребного вала под гребной винт должен выполняться с конусностью не более 1:12.

7.6.3 Конус вала под гребной винт и муфты при бесшпоночных соединениях с концевой гайкой должны выполняться с конусностью не более 1:15.

7.6.4 В составе валопровода должно быть предусмотрено тормозное или стопорящее устройство, предотвращающее вращение валов в случае выхода из строя или ремонта приводного двигателя.

7.6.5 Соединительные болты, муфты и полумуфты должны быть выполнены из стали, временное сопротивление которой не ниже временного сопротивления стали, применяемой для валопровода.

7.6.6 Как правило, 50 % общего числа цилиндрических болтов фланцевых соединений валопровода, но не менее трех, должны быть плотно пригнанными.

Применение только проходных болтов является предметом специального рассмотрения Речным Регистром.

Болты, соединяющие части валопроводов, должны быть надежно застопорены для предотвращения самопроизвольного отворачивания.

7.6.7 Валопровод должен быть защищен от коррозии.

7.6.8 Валы должны изготавливаться из кованой стали с временным сопротивлением от 430 до 690 МПа.

7.6.9 Стальные поковки должны быть выполнены и испытаны в соответствии с указаниями главы 3.6 ч. V ПСВП.

Применение сталей с другими характеристиками является в каждом случае предметом специального рассмотрения Речным Регистром.

7.6.10 Если для валопроводов используется легированная сталь, в том числе коррозионностойкая или высокопрочная, Речному Регистру должны быть представлены данные по ее химическому составу, механическим и специальным свойствам, подтверждающие возможность ее применения по назначению.

7.6.11 Валы при изготовлении должны подвергаться неразрушающему контролю. Методы, объем и нормы этого контроля подлежат согласованию с Речным Регистром.

7.6.12 Расчет валов, в том числе карданных валов с шарнирами, и выбор подшипников выполняются по методике, согласованной с Речным Регистром.

7.6.13 Должен быть выполнен расчет вертикального вала колонки (баллера) в соответствии с применимыми требованиями главы 2.3 ч. III ПСВП.

7.7 Крутильные колебания

7.7.1 Расчеты крутильных колебаний должны быть представлены для вариантов работы ДРУ с ДВС мощностью 110 кВт и более. Расчет должен быть выполнен в соответствии с указаниями разд. 6 ч. II ПСВП.

7.7.2 Запретные зоны частот вращения должны быть отмечены на шкалах тахометров хорошо видимой краской. Допускается наносить отметки на защитных стеклах приборов.

7.8 Устройства управления

7.8.1 Конструкция и расположение пусковых и реверсивных устройств должны обеспечивать возможность пуска и реверсирования ДРУ, ПУ одним человеком.

7.8.2 Направление перемещения рукояток и маховиков управления должно быть обозначено стрелками и соответствующими надписями.

7.8.3 Конструкция устройств управления должна исключать возможность самопроизвольного изменения заданного им положения.

7.8.4 Устройства управления ДРУ должны блокироваться таким образом, чтобы исключить возможность несанкционированного пуска, а также пуска двигателей при включенных валоповоротных устройствах.

7.8.5 ДРУ, ПУ должны быть оборудованы или подготовлены для оборудования их дистанционным управлением и местным постом управления. Если известно, что изделие будет поставлено на судно длиной менее 25 м, то в обоснованных случаях местный пост управления допускается не предусматривать.

7.8.6 Продолжительность реверсирования (период от момента перекладки органа управления до начала работы движителя с противоположным по направлению упором) при установке на судне не должна превышать:

для ДРУ на полном ходу — 25 с, на малом ходу — 15 с;

для ПУ на максимальном упоре – 25 с.

7.8.7 Система управления поворота ДРУ должна иметь основной и запасный привод. В случае отказа основного привода продолжительность перехода на запасный привод не должна превышать 5 с.

При установке на судне двух и более ДРУ запасный привод не требуется.

7.8.8 Система привода поворота колонки ДРУ должна отвечать применимым требованиям главы 2.4 ч. III ПСВП.

7.8.9 При установке на судне двух и более полноповоротных ДРУ для каждого из них должно быть предусмотрено раздельное управление. При установке на судне двух и более ДРУ с ограниченным углом поворота для них допускается как раздельное, так и совместное управление.

7.9 Общие требования к объему автоматизации

7.9.1 Элементы автоматизации, применяемые на ДРУ и ПУ, должны удовлетворять требованиям глав 12.2 - 12.4 ч. II ПСВП.

7.9.2 ДРУ должны быть подготовлены к оборудованию (при установке на судно) или оборудованы системой дистанционного автоматизированного управления (ДАУ).

Для ДРУ мощностью 220 кВт и менее допускается применение системы дистанционного управления (ДУ).

ПУ должны быть оборудованы системой ДУ.

7.9.3 Система ДАУ должна обеспечивать:

.1 возможность пуска главного двигателя и его остановки отдельным органом управления;

.2 возможность дистанционного задания одним органом управления требуемых режимов работы;

.3 выполнение последующей заданной команды с отменой предыдущих в случае подачи быстро меняющихся команд;

.4 изменение режима, реверсирование (для ДРУ с ограниченным углом поворота колонки), поворот колонки на заданный угол и автоматическое выполнение промежуточных операций по заданной программе без перегрузки двигателя и передачи;

.5 бесступенчатое (плавное) изменение частоты вращения и поворота и направления упора движителя;

.6 устойчивую работу двигателя во всем рабочем диапазоне частоты вращения;

.7 прекращение подачи воздуха или отключение электростартера при достижении ДВС режима, обеспечивающего надежный переход к работе на топливе, и при неудавшемся пуске;

.8 невозможность включения привода движителя и системы поворота колонки, если ДРУ не находится в рабочем положении;

.9 возможность проверки исправности системы.

7.9.4 Если в качестве приводного двигателя ДРУ или ПУ используется ДВС, то статическая ошибка системы ДАУ цепи управления частотой вращения не должна превышать 1,5 % номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя.

7.9.5 Любые неисправности или прекращение питания системы ДАУ не должны вызывать остановку, увеличение частоты вращения или изменение направления упора движителя.

7.9.6 Должна быть предусмотрена возможность отключения дистанционного поста системы ДАУ и перехода на управление с местного поста управления независимо от положения рукоятки дистанционного поста управления.

7.9.7 Система ДУ должна обеспечивать:

.1 возможность пуска главного двигателя ДРУ и его остановки при помощи отдельного органа управления;

.2 для реверсивных ДРУ, оснащенных реверс-муфтой или реверс-редуктором, с ограниченным углом поворота ± 35° и реверсивных (неповоротных) ПУ – изменение частоты и направления вращения движителя при помощи одного органа управления;

.3 управление поворотом ДРУ при помощи отдельного органа управления;

.4 возможность управления ДРУ, ПУ при отключенной (неисправной) системе ДУ с местного поста управления;

.5 для ДРУ - возможность бесступенчатого плавного изменения частоты вращения и направления упора движителя, изменения угла поворота колонки;

.6 невозможность включения привода движителя и системы поворота колонки, если ДРУ или ПУ находится в нерабочем положении.

7.9.8 Любые неисправности системы ДУ не должны вызывать остановку, увеличение частоты вращения и изменение направления упора движителя.

7.10 Система индикации, АПС и защиты в рулевой рубке

7.10.1 Если в качестве привода ДРУ для обеспечения хода судна используется ДВС, то в рулевой рубке должна быть предусмотрена индикация:

.1 давления масла на входе в ДВС;

.2 температуры охлаждающей воды внутреннего контура на выходе из ДВС;

.3 давления воздуха в пусковых баллонах сжатого воздуха, если предусмотрена такая система пуска;

.4 частоты вращения коленчатого вала ДВС;

.5 при наличии реверсивной муфты – частоты вращения движителя;

.6 силы тока и напряжения в цепи заряда и напряжения в цепи разряда пусковых аккумуляторных батарей (для двигателей с электростартерным пуском);

.7 давления рабочей среды в системе ДАУ.

7.10.2 Если в качестве привода ДРУ используется электродвигатель (исполняет функции гребного двигателя), то на пульте управления ДРУ должна быть предусмотрена индикация:

.1 частоты вращения движителя;

.2 наличия напряжения в цепи питания и цепях управления;

.3 перегрузки приводного электродвигателя.

7.10.3 Для двигателей привода поворота ДРУ должна быть предусмотрена индикация следующих параметров:

.1 по электродвигателю:

- наличие напряжения в цепи питания;
- перегрузка электродвигателя поворота ДРУ;

.2 по гидроприводу:

- давление в системе рабочей жидкости;
- минимальный уровень рабочей жидкости в расходной цистерне.

7.10.3 Посты управления основным и запасным приводами поворота колонки ДРУ должны быть оборудованы указателями положения колонки и направления упора (тяги).

7.10.4 Пульт управления ПУ должен быть оборудован:

.1 для электродвигателя:

- индикацией наличия напряжения в цепи питания и цепях управления;

.2 для гидропривода:

- индикацией давления в системе рабочей жидкости;
- индикацией минимального уровня рабочей жидкости в расходной цистерне;

.3 указателем направления тяги.

7.10.5 Должна быть предусмотрена индикация нахождения ДРУ или ПУ в нерабочем состоянии.

7.10.6 ДРУ и ПУ должны быть оборудованы или подготовлены для оснащения после установки на судне в рулевой рубке системой АПС и защиты по следующим параметрам:

.1 для ДВС:

- защита (неотключаемая) по максимальной частоте вращения;
- сигнализация и остановка по минимальному давлению масла на входе в двигатель (защита отключаемая);
- сигнализация о максимальной температуре масла в системе смазывания двигателя;
- сигнализация о максимальной температуре охлаждающей жидкости во внутреннем контуре двигателя;

- сигнализация о перегрузке двигателя для полноповоротной колонки ДРУ;

.2 для электрических двигателей электрического или электрогидравлического устройства поворота ДРУ - устройство защиты только от токов короткого замыкания. Защита от минимального напряжения и перегрузки не допускается;

.3 для электрических двигателей, служащих для привода движителей и поворота ДРУ - сигнализация об обрыве (отказе) в цепи управления.

У поста управления ДРУ должны быть предусмотрены устройства, сигнализирующие о наличии напряжения в цепи питания устройства поворота колонки и его перегрузке. Сигнал о перегрузке должен быть световым и звуковым.

7.10.7 Для гидравлических систем ДРУ и ПУ должна быть предусмотрена сигнализация о минимальном уровне масла в расходной цистерне.

7.10.8 Электрический привод ПУ должен иметь защиту от токов короткого замыкания.

7.11 Система индикации, АПС и защиты на местных постах управления

7.11.1 На местном посту управления ДРУ должны быть предусмотрены:

- индикация наличия напряжения в цепи питания и цепях управления;
- указатель частоты и направления вращения гребного винта;
- указатель угла поворота ДРУ;
- сигнализация о перегрузке приводного двигателя;
- переключатель постов управления.

Для ДВС на местном посту управления ДРУ должна быть предусмотрена индикация следующих параметров:

- давления масла на входе в ДВС;
- температуры охлаждающей воды внутреннего контура на выходе из ДВС;
- частоты вращения коленчатого вала ДВС;

- силы тока и напряжения в цепи заряда и напряжения в цепи разряда пусковых аккумуляторных батарей (для двигателей с электростартерным пуском).

7.11.2 На местном посту управления ПУ должны быть предусмотрены:

- индикация наличия напряжения в цепи питания и цепях управления;
- переключатель постов управления;
- амперметр;
- указатель направления тяги.

7.12 Контрольно-измерительные приборы

7.12.1 Контрольно-измерительные приборы должны быть расположены в легкодоступных и хорошо видимых местах.

7.12.2 На шкалах приборов, измеряющих давление и частоту вращения, должны быть нанесены их ограничительные значения в виде ярко окрашенного знака.

8 ИСПЫТАНИЯ ДРУ И ПУ

8.1 При проведении стендовых, швартовных, ходовых испытаний в общем случае следует руководствоваться указаниями разд. 6, п. 9.3.1 – 9.3.6, 11.4.6, 11.4.7, 11.5.5, 11.5.6 ПТНП.

8.2 При проведении испытаний следует осуществить следующее:

.1 произвести повороты колонки в соответствии с нормативами, установленными технической документацией на ДРУ, ПУ;

.2 проверить механизм подъема, опускания, наклона колонки;

.3 проверить соответствующие блокировки и сигнализацию.

8.3 Независимо от типа приводного двигателя ДРУ продолжительность испытаний ДРУ на стенде, швартовных и ходовых должна соответствовать указаниям 6.2.5.5, 6.5.9, 6.6.3 ПТНП.

ПРИЛОЖЕНИЕ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ С КРУГОВЫМИ ЗУБЬЯМИ С ЭВОЛЬВЕНТНЫМ ПРОФИЛЕМ

1 Общие положения

1.1 Конические зубчатые колеса должны изготавливаться из высоколегированных сталей типа 12ХН3А, 12Х2Н4А4, 20Х2Н4А и 18Х2Н4ВА.

Поверхность зубьев колеса и шестерен должна быть цементированной с последующей закалкой.

1.2 Зубья шестерни и зубчатых колес должны быть скошены по торцам по большому и малому модулю под углом 45^0 на глубину не менее 1,5 модуля.

1.3 Прочность зубьев шестерни и колеса должна быть подтверждена расчетом. Поверочный расчет зубчатой передачи включает расчет на контактную прочность и выносливость при изгибе.

2 Расчет зубчатой передачи на контактную прочность и выносливость при изгибе

2.1 Исходные данные для расчета

Для выполнения расчета должны быть представлены следующие данные:

- угол зацепления $\alpha_{ср}$, град;
- ширина зубчатого венца b, см;
- угол наклона зуба $\beta_{ср}$, град;
- диаметр начальной окружности каждой шестерни d_1, см;
- минимальная толщина упрочненного слоя δ, см;
- твердость рабочих поверхностей зубьев HRC;
- твердость сердцевины зубьев HB_c;
- вид поверхностного упрочнения зубьев;
- передаточное отношение каждой ступени $I = z_2/z_1$;
- конусное расстояние L, см;

- модуль нормальный m_n, см;
- модуль торцевой m_s, см;
- крутящие моменты, передаваемые каждой шестерней M_p, кН · см;
- временное сопротивление сердцевины зуба R_m, МПа;
- радиус закругления резцов $r_и$, см;
- окружная скорость в зацеплении V, м/с;
- число зубьев шестерни и зубчатого колеса z_1, z_2 соответственно.

2.2 Расчет на выносливость при изгибе

Расчет передачи на усталостный излом зубьев производится по формуле:

$$\sigma_н = \frac{2M_p \cdot k_A \cdot k_{кц} \cdot k_d}{I_и \cdot b \cdot d_1 \cdot m_s} \le [\sigma_н], \text{ кН/см}^2, \quad (1)$$

где M_p — расчетный крутящий момент на шестерне, кН · см;

k_A — масштабный фактор, учитывающий влияние абсолютных размеров зубьев на их усталостную и изгибную прочность;

$k_{кц}$ — коэффициент концентрации нагрузки; в зависимости от жесткости конструкции принимается равным 1,0 – 1,4;

k_d — коэффициент, учитывающий динамические нагрузки, возникающие в зацеплении в связи с погрешностями изготовления зубчатых колес;

$I_и$ — обобщенный фактор геометрических параметров при расчете зубьев на излом, учитывающий форму зубьев, распределение нагрузки, коэффициент концентрации напряжений в корне зуба.

Значения коэффициентов $I_и$, k_A и k_d, входящих в формулу, могут быть определены по графикам на рис. 1, 2 и 3.

Значения $I_и$ на графиках даны при радиусе закругления резцовой головки $r_и = 0{,}24m_s$; при использовании резцов с $r_и = 0{,}12m_s$ значение $I_и$, найденное по графикам, должно быть умножено на 0,89.

В качестве расчетного крутящего момента M_p, входящего в формулу (1), берется наибольший из длительно действующих на шестерню моментов. Его обычно принимают равным максимальному моменту, развиваемому двигателем.

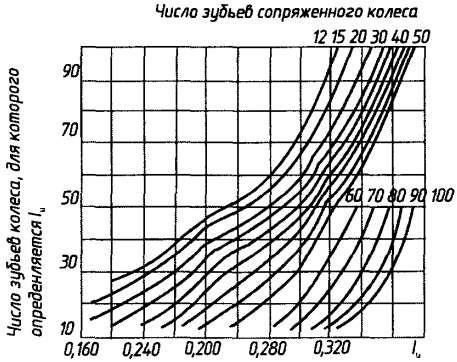


Рис. 1. Определение коэффициента $I_и$ при расчете на изгиб ($\alpha_{ср} = 20°$; $\beta_{ср} = 35°$)

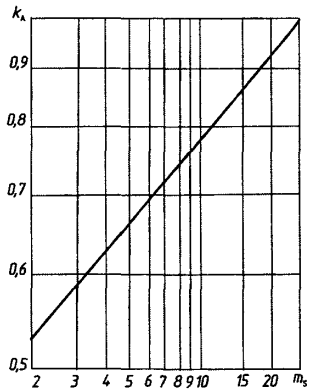


Рис. 2. Определение коэффициента k_A

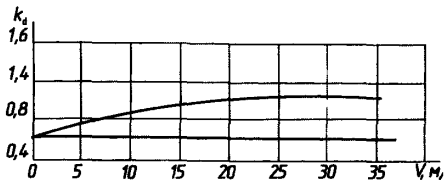


Рис. 3. Определение коэффициента k_d

При определении расчетной нагрузки в случаях, когда гребной винт фиксированного шага поворотной колонки или подруливающего устройства приводится во вращение от электродвигателя, необходимо учитывать, что запуск электродвигателя сопровождается возникновением моментов, значительно превышающих номинальные. В режиме работы поворотных колонок и подруливающих устройств общее время пусков и реверсов за срок службы может составить значительную величину, в течение которой возможно возникновение усталостных повреждений зубьев, поэтому величину расчетного момента следует определять с учетом коэффициента перегрузки $k_р$.

$$M_р = M_1 k_р. \qquad (2)$$

Величина $k_р$ в первом приближении может быть определена, как отношение максимального пускового момента двигателя к его номинальному значению. Учитывая, что величина пусковых моментов электродвигателя обычно ограничивается, значения $k_р$ составляют 1,2 – 1,6.

Более точно величину $k_р$ можно определить с учетом моментов инерции вращающихся масс колонки, включая момент инерции гребного винта с присоединенными массами воды и ротора электродвигателя. В этом случае:

$$k_р = \frac{M_1 + M_{изб}}{M_1}, \qquad (3)$$

где M_1 — номинальный момент на шестерне;

$M_{изб}$ — избыточный момент, приходящийся на шестерню во время пуска.

Напряжения изгиба, найденные по формуле (1), сравниваются с допускаемыми:

$$[\sigma_и] = \frac{\sigma_{и\,пр} \cdot p_{ц.и}}{n_н}, \qquad (4)$$

где $\sigma_{и\,пр}$ — условный предел выносливости зубьев на изгиб;

$p_{ц\,и}$ — коэффициент, учитывающий число циклов напряжений при расчете зубьев на излом;

$n_н$ — коэффициент надежности; в случае требования максимальной надежности $n_н = 2$; если допускается преждевременный выход из строя не более одной передачи из ста $n_н = 1$.

Обычно для передач поворотных колонок и подруливающих устройств величину $n_н$ принимают равной 1,2 – 1,5. Величина $\sigma_{и\ пр}$ принимается равной 21 кН/см^2 для нереверсивных конических передач и 15 кН/см^2 для реверсивных. Предполагается, что зубья выполнены цементированными с поверхностной твердостью не менее 58 HRC и твердостью сердцевины 300 – 350 НВ.

2.3 Расчет на контактную выносливость

Расчет зубчатых передач на контактную выносливость производится по формуле:

$$\sigma_{пов} = 740\sqrt{\frac{2M_р \cdot k_{кц} \cdot k_d}{b \cdot d_1^2 I_к}} \le [\sigma_{пов}]\ \text{кН/см}^2, \qquad (5)$$

где $I_к$ — обобщенный коэффициент при расчете зубьев на контактную выносливость, определяемый по графику на рис. 4.

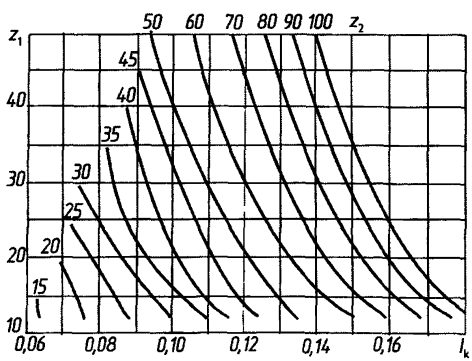


Рис. 4. График для определения коэффициента $I_к$ при расчете на контактную выносливость ($\alpha_{ср} = 20°$; $\beta_{ср} = 35°$)

Значения $M_р$, k_d, $k_{кц}$ принимаются такими же, как и при расчете на изгиб.

Значение допускаемого напряжения $[\sigma_{доп}]$ определяется по следующей формуле:

$$[\sigma_{доп}] = \frac{\sigma_{к\,пр} \cdot p_{пов} \cdot p_{ц.к.}}{n_к}, \qquad (6)$$

где $\sigma_{к\,пр}$ — условный предел контактной выносливости;

$p_{пов}$ — коэффициент, учитывающий чистоту поверхности;

$p_{ц.к.}$ — коэффициент, учитывающий число циклов напряжений, принимается обычно равным 1;

$n_к$ - коэффициент надежности.

Для стальных цементированных и закаленных зубчатых передач с твердостью поверхности не менее 58 HRC и глубиной слоя цементации не менее определенной по графику на рис. 5 величина $\sigma_{к\,пр}$ принимается равной 140 кН/см^2. При твердости поверхности шестерни не менее 60 HRC, а колеса – не менее 58 HRC $\sigma_и$ = 175 кН/см^2.

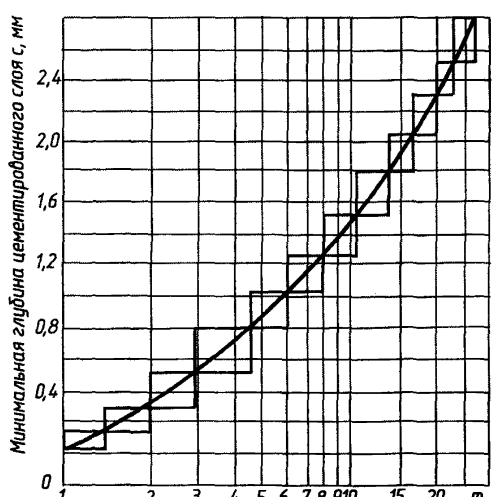


Рис. 5. График для определения минимальной глубины цементированного слоя

Для конических зубчатых передач, имеющих обычно чистоту поверхности не менее 6, $p_{пов.}$= 1. Если допускается преждевременный выход из строя одной передачи из ста, $n_к$ = 1. Достаточная надежность обеспечивается при $n_к$ = 1,25. Обычно $n_к$ = 1,25 – 1,4.

Выбор направления вращения зубчатых колес и направления спирали следует производить из условия обеспечения действия усилий в зубчатой передаче в направлении от вершины зубчатых колес для предотвращения опасность заклинивания передач при работе, что обеспечивается применением правых шестерен при правом направлении их вращения и левых шестерен при левом направлении вращения.

Подписано в печать 6.03.06.
Бум. офсетная. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,63. Тираж 600 экз.
Зак. 3319/2067. С. 434.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии Издательства МАИ
«МАИ», Волоколамское ш., д. 4, Москва, А-80, ГСП-3 125993

gost.e-ecolog.ru