**Краткие характеристики двигателя 6NVD AU**

Двигатели предназначены для установки на суда, в качестве главных, при непосредственной передаче мощности на гребной винт. Двигатели реверсивные, четырехтактные, с рядным расположением цилиндров, тронковые, простого действия, со струйным распыливанием топлива и воспламенением от сжатия.

Система охлаждения двигателей замкнутая. Насос внутреннего контура центробежный, наружного контура поршневой. В систему входят также водяной охладитель трубчатого типа и терморегулятор.

Смазка двигателей – циркуляционная под давлением, осуществляется навешенным двухсекционным насосом. Для прокачки двигателей перед пуском в системе установлен ручной насос.

Топливная система состоит из насосов высокого давления, форсунок закрытого типа, сдвоенного фильтра и трубопровода.

Пуск двигателей осуществляется сжатым воздухом давления 30 кГ/см2. Для пополнения воздушных баллонов в период работы двигателя имеется навешенный поршневой двухступенчатый компрессор. Система реверса – пневмогидравлическая с перемещением распределительного вала.

Двигатели, эксплуатирующиеся на судах МРФ, оборудуются системами ДАУ и АПС. Наибольшее распространение получила пневматическая система ДАУ конструкции ЛИВТ – ЦТКБ МРФ. Двигатели выпускаются правой и левой модели.

Конструктивные и общие технические данные двигателя 6NVD48Au:

Количество цилиндров – 6

Диаметр цилиндра, мм – 320

Ход поршня, мм – 480

Рабочий объем цилиндра, л – 38,6

Степень сжатия – 13,2

Максимальное давление сгорания на номинальной мощности, кГ/см2 – 60

Давление сжатия, кГ/см2 – 42

Давление наддува,кГ/см2 при числе оборотов в минуту 330 – 1,14

Система смазки:

Тип системы – циркуляционная под давлением

Масляный насос – один шестеренчатого типа, двухсекционный

Система пуска – пуск ДВС осуществляется сжатым воздухом

Остов двигателя состоит из фундаментной рамы, блока и цилиндровых крышек. Отдельные его части соединяются между собой шпильками и болтами, а фундаментная рама и блок, кроме того, анкерными связями.

**Фундаментная рама.** Это цельная чугунная отливка, имеющая поперечные перегородки по числу цилиндров, в которых расточены отверстия для установки рамовых подшипников. Рама имеет также продольные полки с наружной стороны, служащие для установки двигателя на судовой фундамент.

Нижняя часть фундаментной рамы является маслосборником. В диаметральной плоскости маслосборника установлена отсасывающая масляная труба с прорезями.

**Блок цилиндра** представляет собой чугунную отливку, разделенную перегородками по числу цилиндров. Внутри блока размещены цилиндровые втулки. Нижняя часть блока имеет с обеих сторон люки осмотра и ремонта механизма движения и рамовых подшипников. Люки закрываются крышками на прокладках из прессшпана.

Со стороны выпускного коллектора выше смотровых люков расположены лючки, служащие для осмотра и чистки зарубашечного пространства, образуемого внутренней поверхностью блока и наружной поверхностью цилиндровых втулок.

Со стороны всасывающего коллектора блок имеет горизонтальную полку, на которой располагаются топливные насосы и пусковые золотники.

**Цилиндровая втулка** изготавливается из легированного чугуна. В верхней части ее имеется бурт, опирающийся на поверхность выточки в блоке.

Уплотнение между полостью зарубашечного пространства и втулкой в верхней части достигается за счет пришабровки поверхностей опорного бурта и вытачки блока.

На торцевой поверхности втулки имеется кольцевая канавка, в которую входит буртик крышки цилиндров.

**Крышка цилиндров** представляет собой отливку из серого чугуна. Крепится она к блоку цилиндров шестью шпильками, проходящими через сверления в крышке.

С нижнего торца крышка имеет бурт, которым она входит в кольцевую выточку втулки цилиндра. Для предотвращения прорыва газов из камеры сгорания в выточку устанавливается красномедная прокладка.

В цилиндровой крышке имеется пять сквозных вертикальных отверстий для установки клапанов: впускного, выпускного, пускового, предохранительного и форсунки.

**Коленчатые валы** двигателей типа NVD48 цельные, изготавливаются поковкой из мартеновской стали. Угол заклинки валов 6-цилиндровых двигателей 120о.

С противоположного маховику конца коленчатого вала имеется фланец, к которому крепится зубчатая шестерня привода масляного насоса и эксцентрик для привода компрессора и поршневых водяных насосов.

Шатуны двигателя изготавливаются поковкой из стали. Каждый шатун состоит из стержня, верхней и нижней головок.

Стержень шатуна имеет круглое сечение. По оси стержня проходит канал для подвода смазки из нижней головки шатуна к головному подшипнику.

**Расчет рабочего цикла двигателя**

**Процесс впуска**

Давление впуска в начале сжатия определяется по формуле:

Pа=(1-δn) Pn (Н/м2).

Где:

δn – относительная потеря давления из-за сопротивления впуску

Pn – давление наддува

Pa=(1–0.10)\*1.4=0.95\*1.4=1.33 Н/м2

Определяем величину нагрева воздуха в турбокомпрессоре:



Где:

n – показатель политропы сжатия компрессора

To – температура окружающей среды

Рn – давление наддува

Ро - атмосферное давление



Определяем температуру в начале сжатия по формуле:

Ta=(To+γrTr)/1+γr

Найдем температуру свежего заряда с учетом подогревания его от стенок:

To=To+ΔT+ΔT1

T1o=293+6+81=380 К

Подставив значение в формулу получим:



Температура наддува воздуха равна:

Tн=То-ΔТ

Tн=380–10=370 К

Определяем коэффициент наполнения:



**Процесс сжатия**

Основные параметры состояния газа в начале сжатия Ра и Та определены.

Процесс сжатия протекает по политропе, и для простоты расчета цикла полагают, что политропа имеет средний постоянный показатель.

Найдем параметры состояния газа по окончании процесса сжатия Рс и Тс.

Давление в конце сжатия:



Где:

Ра-давление начала сжатия

ε-степень сжатия

n1-показатель политропы сжатия

Рс= 1,26\*13,31,36 =38 кгс/см2

Температура в конце сжатия определяется по формуле:



Где:

Та-температура в начале сжатия.

Тс=380\*13,31,36-1=380\*2,5=890 К

**Процесс сгорания**

Самовоспламенение и сгорание топлива сложный процесс химического соединения его горючих элементов с кислородом воздуха, сопровождаемый выделением теплоты.

При расчете процесса сгорания рассчитывают давление в конце сгорания Рz и температуру в конце сгорания Тz.

Давление в конце сгорания рассчитывают по формуле:

Рz=λ\*Pc, кгс/см2

Где:

λ – степень повышения давления, берется по справочным данным и колеблется в пределах от 1,4 до 2,2.

Произведем расчет давления конца сгорания:

Рz=1.6\*38=60.8 кгс/см2

Температуру конца сгорания определяют путем решения уравнения сгорания:



Где:

β – коэффициент молекулярного изменения

λ – степень повышения давления при сгорании

ξ – коэффициент использования теплоты при сгорании

Qн – низкая теплота сгорания топлива

М1 – количество газа в начале горения

-средняя малярная изобарная теплоемкость продуктов сгорания



-средняя малярная изохорная теплоемкость свежего заряда



Рассчитаем все составляющие уравнения. Расчеты будем вести в системе единиц измерения СИ.

Найдем количество газов в начале сгорания М1, по формуле:

М1=0,5α (1+γr), КМоль/кг

Где:

α – коэффициент избытка воздуха и для данного дизеля колеблется в пределах от 1,5 до 1,7.

Произведем расчет количества газов в начале сгорания:

М1=0,5\*1,5 (1+0,04)=0,78 КМоль/кг

Найдем количества продуктов сгорания М2 по формуле:

М2= М1+0,03 КМоль/кг

Произведем расчет количества продуктов сгорания:

М2=0.78+0.03=0.81 КМоль/кг

Найдем коэффициент молекулярного изменения β по формуле:

β= М2/ М1

Произведем расчет коэффициента молекулярного изменения:

β=



Найдем степень повышения давления по формуле:



Произведем расчет степени повышения давления:



По справочным данным коэффициент использования теплоты при сгорании ζ колеблется в пределах от 0,8 до 0,85, а низкая теплота сгорания топлива Qн равна 42000 кДж/кг.

Среднюю молярную изохорную теплоемкость свежего заряда рассчитывается по следующей эмпирической формуле:



=19.39=0.0031 Тс, кДж/(кМоль\*К)



Рассчитаем :



=19,39+0,0031\*890=22,1



Средняя молярная изобарная теплоемкость продуктов сгорания рассчитывается по следующей эмпирической формуле:



= кДж/(кМоль\*К)



Примем температуру конца сжатия Тz считается неизвестной.

Тогда выразим через Тz величину :



=28.4+0.003\* Тz кДж/(кМоль\*К)



Подставив это выражение в выше указанное уравнение сгорания получим полное квадратное уравнение относительно Тz. Решив его получим температуру конца сгорания Тz:

29,252 Тz+0,0309 Тz2=31508,136+43076,923

0,0309 Тz2-29,252 Тz-74585,059=0

Д=855,6795+4\*0,0309\*74585,059=10074,39279

Тz=



**Процесс расширения**

При расширении газа совершается полезная работа.

Процесс происходит по политропе с показаниями n2, который для тихоходных двигателей равен 1,24–1,30, а для быстроходных 1,20–1,25. Давление газа в конце расширения рассчитывается по формуле:

, кгс/см2



Произведем расчет давления газа в конце расширения:

Кгс/см2



Температура газа в конце расширения рассчитывается по формуле:

, К



Произведем расчет температуры газа в конце расширения:

К



**Выпуск**

Давление газов в цилиндре за период выпуска не остается постоянным и зависит от проходного сечения выпускного канала, сопротивления выпускного трубопровода. Колебание давления газов при выпуске не поддаются точному теоретическому подсчету, поэтому используют среднее постоянное давление газов в период выпуска.

Вывод: расчетные числовые значения давлений и температур не выходят за пределы полученных опытным путем для рабочего цикла ДВС.

**Построение расчетной индикаторной диаграммы четырехтактного ДВС**

После проведения теплового расчета по полученным параметрам P и V строится диаграмма цикла, выбирается масштаб, для давления и объема и откладывается по осям от поля.

Приняв Vа=250 мм, получаем:

мм



Vs=250–19=231 мм

Масштаб давления примем 1 атм.=3 мм. Величины Pa, Pc, Pz в масштабе будут равны:

Pa=1,33\*3=3,99 мм

Pc=38\*3=144 мм

Pz=60,8\*3=182,4 мм

Откладываем в масштабе базу диаграммы и проводим атмосферную линию впуска.

Разделив объем Vа, в масштабе равной 150 мм, на 10 равных частей вычисляем промежуточные значения Р’ для каждой части объема по уравнению равен:

Р’= мм;



При:

V1=1.0:



V1=0.9:



V1=0.8:



V1=0.7:



V1=0.6:



V1=0.5:



V1=0.4:



V1=0.3:



V1=0.2:



V1=0.1:



Отложив ординаты Р’ вверх из соответствующих делений, найдем точки политропы сжатия, соединив которые плавной линией, получим кривую политропы сжатия АС.

Координаты точки Z. Ордината Рz известна; Абсцисса Vz определяется следующим образом:



Vz=



Кривая расширения строим аналогично:



При:



**Определение среднего индикаторного давления**

Найдем среднее индикаторное давление расчетного цикла по следующей формуле:



Все входящие в эту формулу величины известны из предыдущего расчета цикла.



Как известно среднее индикаторное давление рабочего цикла определяется по формуле:



φ – коэффициент полноты диаграммы, принимаемый равным для четырехтактового цикла 0,95–0,98.

Pi=0.98\*8.28=8.11 кгс/см2

**Анализ результатов расчетов цикла**

Проверочный расчет рабочего цикла заканчивается определением расчетной мощности двигателя. Индикаторную мощность двигателя, для которого известны постоянные А и В, определяют по формуле:



Ni=0.342\*8.11\*330=915.3 л.С

Поскольку эффективная мощность двигателя известна из формуляра, может быть получен механический коэффициент полезного действия:



**Расчет детали на прочность**

**Расчет шатунного болта 6Ч 12/14**

Шатунные болты – весма ответственные детали, т. к. их обрыв может привести к аварии двигателя. Что бы избежать этого, при изготовлении болтов необходимо:

1. Переход от головки болта к целендрической части и от одного диаметра к другому выполнять плавно, с достаточными закруглениями.

2. Что бы болты входили в отверстие подшипника плотно, без зазора.

3. Что бы головки гайки болтов плотно прилегали к опорным поверхностям.

4. Сбеги резьбы выполнять в виде проточки длинной не менее 0,5 диаметра болта.

5. Чтобы гайки имели надежные стопорные приспособления.

Стержные болты изготовляют из стали марок 25, 30У, 18ХН, 38ХН3А, 20ХН3А.

Диаметр болта d определяют из уравнения прочности на разрыв от силы Pb или In для двигателей простого действия и от силы Pz для двигателей двойного действия.

Если число болтов m, то при первоночальной затяжки превышающей силу Pb на 35%, получают:

1,35 Pb=0,785d2mσд,

откуда диаметр болта (в м)



откуда получим:



где Pb – сила в н;

σд – допускаемое напряжение на разрыв н/м2.

Учитывая ударную нагрузку при наличии слабины в подшипнеке, допускаемое напряжение следует выбирать в пределах:

σд=(600–900) кг/см2 для углеродистой стали и σд=(900–1300) кг/см2 для легированной стали.

Опорную поверхность f м2 гайки проверяют на смятии по формуле:



Из этого получим:



Допускаемое напряжение на смиятие σсм.д 500 кг/см2.



**Вопрос эксплуатации**

**Неустановившиеся режимы работы. Режим работы при пуске**

Реверсивно-пусковые качества двигателя являются одним из важнейших факторов, определяющих безопасность мореплавания в сложных ситуациях: при входе в порты, следовании узкостями, плавании в условиях интенсивного судоходства. Пусковые режимы кратковременны, но среднегодовое число пусков двигателей транспортных судов 800–900, пассажирских судов 1200–1500. Число пусков за одну швартовку достигает 20–30 и более при периодичности 30–120 с. Пусковые условия оказывают влияние на характер протекания рабочего процесса двигателя, состояние тепловой и механической напряженности его узлов и деталей, интенсивность изнашивания трущихся пар и, в конечном счете, определяют надежность и долговечность работы двигателя.

При пуске двигателя ухудшаются условия для самовоспламенения и сгорания топлива, что объясняется пониженным температурным режимом стенок камеры сгорания и переохлаждением пускового воздуха при его расширении в цилиндре. Это приводит к увеличению периода задержки воспламенения топлива, вследствие чего возрастает скорость нарастания давления, достигая 1,5 – 2 МПа на 1 гр. ПКВ и может повышаться максимальное давление сгорания.

Механическая и тепловая напряженность двигателя увеличиваются вследствие возрастания динамических показателей рабочего процесса. Кроме того, рост напряжений в деталях двигателя объясняется сменой режимов работы при повторных пусках и особенно при резком изменении нагрузки двигателя, когда меняется не только характер действующих усилий, но также зазоры и посадки в сопряженных рабочих узлах. Надо учитывать и изменение условий смазывания трущихся поверхностей, возможность нарушения гидродинамической масляной пленки. Условия становятся еще более жесткими при пуске холодного двигателя и использовании тяжелых топлив с низким значением цетанового числа, характеризующего способность топлива к самовоспламенению.

На характер нарастания нагрузок влияют также конструктивные особенности двигателя: форма камеры сгорания, схема газообмена, давление впрыскивания топлива в пусковой период, способ пуска (раздельный или смешанный), пусковая цикловая подача топлива.

При пуске двигателя на сжатом воздухе увеличивается степень неравномерности вращения коленчатого вала, которая при определенных условиях может достигать значений 1/10 и более. Это происходит вследствие пропуска вспышек в отдельных цилиндрах из-за ухудшения условий для воспламенения топлива.

На пусковых режимах происходит интенсивное изнашивание трущихся пар, особенно цилиндровых втулок. По статическим данным износ втулки за каждый пуск примерно равен износу за 6 – 10 ч стабильной работы на режимах полного хода. Наблюдается и повышенная химическая коррозия от воздействия серной, угольной и азотной кислот, образующихся вследствие конденсации паров воды на поверхности втулок из-за низкой температуры.

Таким образом, режимы пуска относятся к наиболее напряженным режимам работы двигателя, на долю которых приходится наибольшее число отказов и повреждений.

Для создания более благоприятных условий пуска двигателя и повышения надежности работы в пусковой период осуществляют следующие мероприятия: предварительный постепенный прогрев двигателя путем подогрева воды в системах охлаждения цилиндров, поршней, форсунок; подогрев смазочного масла в циркуляционной системе до 40 – 45 гр.; пуск двигателя на дизельном топливе, обладающем хорошей способностью к самовоспламенению; повышение давления впрыскивания топлива для улучшения качества смесеобразования; подогрев пускового воздуха для предотвращения его переохлаждения при расширении; выбор наиболее рациональных значений пусковой частоты вращения и цикловой подачи топлива. Эти факторы тщательно исследуют и находят непосредственное отражение в математических программах обеспечения автоматических систем управления.

**Режимы прогревания и остывания двигателя**

Прогревание двигателя, ввод в режим эксплуатационной нагрузки, снижение нагрузки и внезапная остановка относятся к переходным режимам, во время которых в деталях ЦПГ возникают значительные термические напряжения, а скорость изменения температур деталей и перепады температур по толщине стенки цилиндра достигают максимальных значений.

Во время пуска и при повышении нагрузки двигателя вследствие резкого, неравномерного повышения температуры рабочих узлов меняется зазоры в трущихся парах и условия смазывания, характер трения приближается к границам полужидкостного и полусухого. Наиболее интенсивный рост температуры наблюдается в течение первых 40 – 60с после перехода двигателя на работу на топливе. Основные детали ЦПГ прогреваются. Головка поршня нагревается почти мгновенно, воспринимая поток теплоты от воздействия пламени, юбка прогревается значительно медленнее вследствие теплопроводности материала. Быстрому нагреву подвержены также верхняя часть цилиндровой втулки и днище крышки цилиндра. Чем быстрее нарастает нагрузка двигателя, тем больше рост температур, а следовательно, и их перепад в различных частях деталей.

Неравномерный прогрев втулки цилиндра приводит к ее деформации, а повышенный нагрев поршня приводит к уменьшению зазора между ними, что в свою очередь способствует повышенному износу трущихся поверхностей.

Температурный перепад и скорость нарастания температур в значительной мере зависят от начального теплового состояния двигателя, поэтому для всех главных и особенно мощных малооборотных двигателей предварительное прогревание перед пуском обязательно в соответствии с требованиями завода-изготовителя. Чем больше масса двигателя, тем больше тепловая инерция деталей ЦПГ и, следовательно, более длителен процесс прогревания.

Предварительно прогретый двигатель может быстро выводиться на режим 50%-ной нагрузки. В дальнейшем нагрузку увеличивают ступенями с выдержкой времени на каждой ступени, что оговаривается конкретно для каждого двигателя в инструкции по эксплуатации. В системах автоматического дистанционного управления режимы прогревания заложены в программы обеспечения, причем предусматривается несколько вариантов ввода двигателя в режим: экстренный (аварийный) с выводом на номинальную частоту вращения за 30 – 60с; ускоренный – за 12 – 20 мин; нормальный – в течение времени, предусмотренного в инструкции (до 1,5 – 2 ч).

При планируемой остановке понижение нагрузки двигателя начинается заблаговременно с получением сообщения с мостика. Нагрузка понижается до 50% номинальной шестью – семью ступенями с выдержкой времени на каждой ступени 2 – 5 мин. На пониженной нагрузке до начала маневров двигатель должен отработать не менее 30 мин.

При экстренной остановке необходимо принять меры для поддержания температурного режима охлаждения и смазывания на нормальном рабочем уровне.

При остановке двигателя и получении команды о том, что он больше не потребуется, необходимо обеспечить его постепенное равномерное охлаждение. Для этого двигатель продолжают прокачивать охлаждающей водой и циркуляционным маслом до установления нулевого перепада температур на входе и выходе. Запрещается сокращать время ввода в режим и вывода двигателя из ходового режима за исключением аварийных случаев.

**Режим работы при реверсировании**

Реверсирование двигателя в зависимости от эксплуатационных ситуаций производят в широком диапазоне скоростей судна: от близкой к нулю при маневрировании, до скорости полного хода в открытом море. Скорость реверсирования двигателя является важной характеристикой маневренных качеств судна в целом. Реверсирование является тяжелым для двигателя режимом, так как на характер изменения нагрузок воздействуют одновременно два фактора: изменение динамических показателей рабочего процесса двигателя и изменение гидродинамических условий работы гребного винта.

Реверсирование начинают с остановки двигателя переводом топливных насосов на нулевую подачу (топливная рукоятка в положении «Стоп»). При этом вал двигателя продолжает вращаться под действием потока воды, вращающей гребной винт в прежнем направлении, и сил инерции вращающихся масс системы двигатель – валопровод. Вращение вала называется свободным выбегом двигателя, продолжительность которого зависит от тоннажа и скорости судна.

Как видно из графика (рис. 10.7), при нормальной частоте вращения 90 об/мин время свободного выбега (кривая 1) может достигать 60 с. Для сокращения времени выбега применяют торможение вала двигателя подачей в цилиндры контрвоздуха через пусковые клапаны на линии сжатия. При этом принужденный выбег (кривая 2) уменьшается до 10 с. Очевидно, что при сокращении выбега двигателя сокращается и выбег корпуса судна, под которым понимают путь, проходимый до полной остановки по инерции, следовательно, ускоряется и процесс реверсирования.

Эффективность применения контрвоздуха можно оценить по индикаторной диаграмме торможения (рис. 10.8). Линия ab соответствует процессу сжатия воздуха в цилиндре, bc – подаче в цилиндр контрвоздуха, сопровождаемой резким повышением давления, cd – заключительному этапу сжатия воздуха, влияющему на тормозной момент, de – выпуску воздуха в ресивер. Чем выше давление контрвоздуха и чем больше время его подачи в цилиндры (время открытия пускового клапана), тем больше площадь индикаторной диаграммы торможения и, следовательно, больше тормозной момент. Чем выше частота вращения, тем меньше тормозной эффект, так как уменьшается время открытия пусковых клапанов, поэтому подачу контрвоздуха в цилиндры надо начинать при снижении частоты вращения до малого хода.

Если в процессе реверсирования двигателю задана номинальная частота вращения на задний ход при полной скорости судна на передний ход, то отрицательный момент гребного винта достигает четырехкратного номинального значения, что может привести к критическим перегрузкам валопровода и самого двигателя. Аналогичные условия создаются в случае изменения хода судна с полного назад на полный вперед.

При преждевременном реверсировании с полного переднего хода на полный задний могут создаться условия, когда распределительный вал уже установлен в положение заднего хода, но при поступлении воздуха в систему пуска коленчатый вал начинает вновь набирать частоту вращения на передний ход, поэтому реверсирования с полного переднего хода на полный задний до полной остановки вала надо по возможности избегать.

Нарушение требований надежности при реверсировании может привести к отказу двигателя, что в условиях маневрирования грозит серьезной аварией судна.

**Режим приработки**

При вводе судна в эксплуатацию после постройки, а также после каждого ремонта, связанного с заменой ответственных узлов и деталей (поршня, поршневых колец, цилиндровой втулки, подшипников, цепного или шестеренного привода) применяют режим приработки двигателя.

Новый двигатель проходит первичный режим приработки при обкатке на заводском стенде в течение 40 – 60 ч, для приработки рабочих узлов требуется значительно большее время (до 500 – 1000 ч), поэтому фактически двигатель проходит режим приработки в первый период эксплуатации до наработки указанного в инструкции завода-изготовителя времени. Продолжительность режима приработки зависит от типа двигателя, размеров цилиндра, конструктивных особенностей деталей ЦПГ и системы продувки, степени форсировки двигателя.

Наиболее ответственен и продолжителен режим приработки для высоконапряженных малооборотных двигателей с высокой степенью наддува и большой цилиндровой мощностью.

В первоначальный период идет приработка поршневых колец по зеркалу цилиндра, причем от качества первичной приработки зависит дальнейшая работа колец и компрессия в цилиндре. При нормальном износе колец в период приработки в момент изменения направления движения поршня происходит их перекос, что приводит к быстрому истиранию кромок и образованию выпуклой рабочей поверхности кольца. Это способствует образованию масляного клина и стабильной гидродинамической масляной пленки, улучшающей и ускоряющей процесс приработки колец. При повышенном износе колец рабочая поверхность имеет плоскую форму с острыми кромками, условия смазывания ухудшаются, износ значительно возрастает. Частицы износа попадают на рабочую поверхность нижних колец, вызывая их интенсивное изнашивание.

Вследствие повышенного трения на рабочих поверхностях колец создается окисная пленка высокой прочности, что практически исключает нормальную приработку колец. Для обеспечения нормальных условий приработки в начальный период устанавливается пониженная нагрузка двигателя, не превышающая 0,6 – о, 8 номинальной. По мере приработки нагрузка постепенно увеличивается. Для улучшения условий приработки подача масла насосами повышается в 1,2 – 1,3 раза для лучшего вымывания продуктов износа рекомендуется применение минерального масла. В целях улучшения условий приработки некоторые фирмы специальным квадратным резцом наносят на рабочую поверхность винтовую канавку глубиной 0,02 – 0,05 мм с шагом 2 – 5 мм.

Режим приработки назначают при каждой замене колец и даже при установке старых колец после моточистки цилиндра, так как во время снятия колец с поршня они меняют свою форму. Продолжительность приработки в этом случае от нескольких часов до нескольких суток, с повышением нагрузки по специальному графику. Во избежание излишних приработок колец увеличивают период работы без вскрытия цилиндров в зависимости от фактического технического состояния. Этому в значительной мере способствуют системы технического диагностирования, позволяющие оценить состояние колец в эксплуатационных условиях.

Втулки цилиндров прирабатываются дольше, поэтому главным критерием режима приработки являются поршневые кольца.

Продолжительность режима приработки после замены деталей и узлов в период эксплуатации двигателя в зависимости от объема проведенных работ назначают в соответствии с инструкцией по эксплуатации двигателя. Во время приработки рекомендуется усиленный контроль за состоянием замененных деталей.

**Режим работы в штормовых условиях**

При плавании судна в штормовых условиях может сильно возрастать ветровое сопротивление движению судна, сказывается увеличение волнового сопротивления, резко изменяются характеристики гребного винта, работающего в условиях косого потока воды при изменяющейся глубине погружения. При качке повышается тормозящее действие пера руля, которое начинает отклоняться от диаметральной плоскости для удержания судна на заданном курсе. Эти факторы приводят к частым изменениям крутящего момента гребного винта. В условиях 7-балльного шторма момент может возрастать на 40 – 50%, что приводит к большим перегрузкам двигателя. Одновременно вследствие роста сопротивления скорость судна падает на 20 – 30%.

В таких условиях главный двигатель выходит на неустановившийся режим работы, характеризующийся изменением механической и тепловой напряженности рабочих узлов и деталей. Анализ работы двигателя по изменению характеристик (рис. 10,9) показывает, что работа на номинальной нагрузке при номинальной частоте вращения (точка 1) недопустима, так как даже незначительное увеличение сопротивления приводит к смещению режима влево на внешней характеристике ha1 и значительным перегрузкам двигателя.

В зависимости от положения органов топливоподачи и условий регулирования важно рассмотреть несколько допустимых режимов.

Работа двигателя по внешней характеристике ha2 происходит при

предельном регуляторе и уменьшении подачи топлива для перевода двигателя на режим работы, соответствующий точке 2. двигатель работает в диапазоне aa без перегрузки по значению среднего эффективного давления pe. Подача топлива остается неизменной, но частота вращения широко изменяется, что приводит к колебаниям ускорений движущихся масс двигателя и валопровода, дополнительным инерционным нагрузкам и вследствие этого к значительным динамическим перегрузкам двигателя. При этих условиях растет степень неравномерности вращения вала и амплитуда колебаний крутящего и опрокидывающего моментов, что может сопровождаться повышенной вибрацией. Особенно в неблагоприятных условиях будут работать дейдвудные и упорные подшипники, а также приводы распределительного вала, насосов, клапанов. Скорость и амплитуда изменения частоты вращения при предельном регулировании практически нерегулируемы и зависят полностью от состояния моря, загрузки судна и других внешних факторов.

Работа двигателя по внешней характеристике ha3 с переводом двигателя на исходный режим, соответствующий точке 3, несколько снижает амплитуду колебаний частоты вращения, но реальной защиты двигателя от динамических перегрузок не гарантирует.

Работа по регуляторной характеристике bb при настройке регулятора по всережимно-предельной схеме обеспечивает наиболее устойчивую работу двигателя при минимальной амплитуде колебаний частоты вращения. При этом подача топлива изменяется в зависимости от нагрузки, а динамические усилия, механическая и тепловая напряженности находятся в допустимых пределах. Поэтому все современные системы управления дизельными установками оборудованы регуляторами, обеспечивающими рациональные соотношения изменения подачи топлива и частоты вращения на режимах работы в штормовых условиях. При плавании судна во время шторма в балласте или с неполным грузом необходимо балластировкой обеспечить возможно большее погружение гребного винта, что снижает колебания крутящего момента. Забортную воду в систему охлаждения двигателя принимают только через донные кингстоны с периодическим удалением воздуха из приемных фильтров.

**Литература.**

1. Гогин А.Ф., Кивалкин Е.Ф. Судовые дизели (основы теории, устройство и эксплуатация): Учебник для речных училищ и техникумов водного транспорта. – М: Транспорт, 1978.-480 с.

2. Глотов Ю.Г, Семченко В.А, Беляев И.Г. Эксплуатация судовых энергетических установок: Учебное пособие для мореходных училищ – М.: Транспорт, 1995.-342 с.