

Режим полного хода

Режим полного хода для транспортных судов является основным. При назначении режима полного хода необходимо, чтобы **тепловые и механические напряжения**, возникающие в двигателе при длительной работе на этом режиме, не выходили за допустимые уровни, чтобы гарантировалась надежная работа двигателя и была обеспечена наиболее высокая **экономичность** его рабочего процесса. В практике двигателестроения при определении поля рабочих режимов обычно исходят из **максимальной длительной номинальной мощности**, которую двигатель может развивать лишь при определенных, оговариваемых заводом внешних условиях, но при отходе от них не исключена возможность нарушения нормального хода рабочего процесса. В то же время главные судовые двигатели эксплуатируются на разных широтах, в широком диапазоне изменения параметров внешней среды, на различных топливах и пр. **Поэтому** при назначении для них режима полного хода нужно по отношению к номинальному режиму располагать определенным **запасом мощности**.

Этими соображениями, а также стремлением обеспечить наиболее высокую **экономичность** рекомендуется для современных форсированных наддувом дизелей назначать режим полного хода исходя из **максимальной длительной (спецификационной мощности)**, которая должна лежать в области, ограниченной линиями *I*, *II*, *IIa*, *III* (рис. 9.1). На режим максимальной спецификационной длительной мощности завод-строитель настраивает двигатель, подбирая оптимальные фазы газораспределения, топливopодачи, проходные сечения соплового аппарата газотурбокомпрессора и пр. В этом случае в качестве отправного предлагается принимать не номинальный режим, а спецификационный и развиваемые на этом режиме мощность и частоту вращения за 100%.

Особенность рисунка 9.1 заключается в том, что по координатным осям откладываются не N_e и n , а логарифмы их значений. Это позволяет кривые винтовых характеристик заменить отрезками прямых. Так, номинальная винтовая характеристика, ранее выглядевшая в виде кривой кубической параболы, на рис. 9.1 представлена прямой линией, проходящей через точку номинального режима ($N_{e\text{ ном}}, n_{\text{ ном}}$).

Линия I соответствует номинальной частоте вращения вала двигателя $n = \text{const}$; **линия II** представляет собой прямую $p_{e\text{ ном}} = \text{const}$ (100% p_e); **линия IIa** - $p_e = 80\% p_{e\text{ ном}}$; **линия III** - $n = 82\% n_{\text{ ном}}$. Напомним, что под **номинальной мощностью** понимается длительная эффективная мощность, назначаемая двигателестроителем при заданной (номинальной) частоте вращения, гарантируемая при сохранении следующих условий:

- барометрическое давление $p_o = 100$ кПа (750 мм рт.ст);

- температура окружающего воздуха $T_o = 27^\circ \text{C}$;

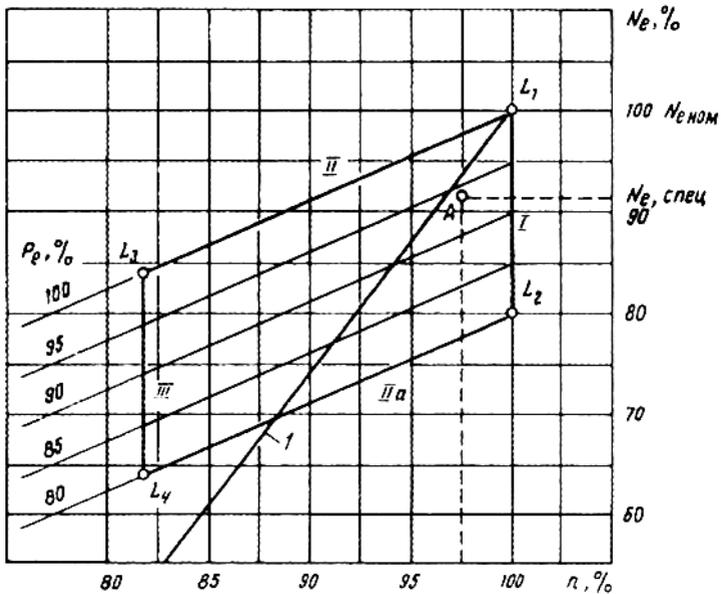


Рис. 1. Выбор спецификационной мощности.

- относительная влажность $\phi_0 = 60\%$, теплота сгорания топлива 42,7 мДж/кг.

Номинальную мощность можно рассматривать как синоним *максимальной длительной мощности* (*MCR — Maximum Continuous Rating*).

Выбор положения точки спецификационного режима внутри области, ограниченной линиями I, II, IIa, III, определяется требованиями к мощности и частоте вращения со стороны приёмника энергии (гребного винта, электрогенератора). Немаловажное значение имеет и экономичность двигателя, характеризуемая удельным расходом топлива, который уменьшается в пределах рассматриваемой зоны при снижении, как нагрузки, так и частоты вращения.

Поэтому чем ближе будет располагаться зона рабочих режимов к точке L_4 , тем более экономичной будет работа двигателя. В частности, в двигателях «МАН-Бурмейстер и Вайн МС» переход из точки номинального режима L_1 в точку L_4 дает экономию в 3-5 г/(кВтч). В рассматриваемом примере (рис. 9.1 построен в логарифмических координатах) в качестве максимальной длительной мощности принята мощность, составляющая 91% номинальной (точка A).

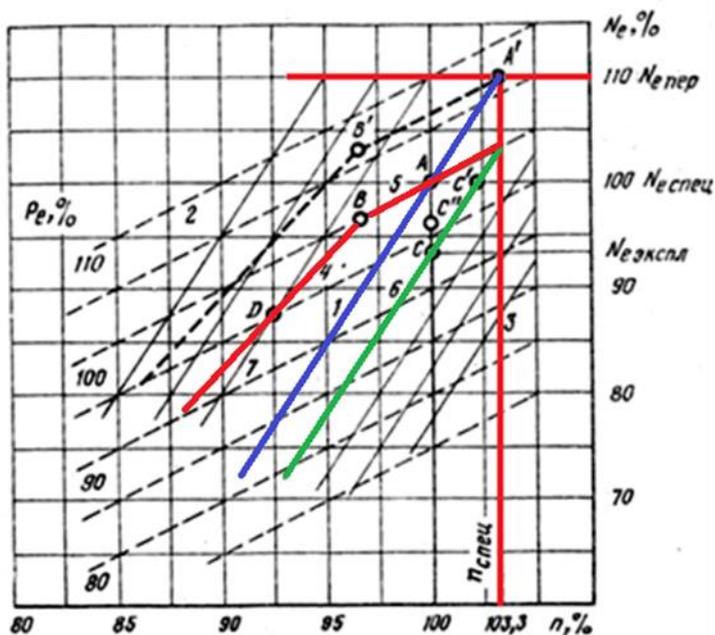


Рис. 2. Зоны эксплуатационных ограничений

На приведенном рис. 2, иллюстрирующем зоны эксплуатационных ограничений, также построенном в логарифмических координатах, прямая 1 представляет расчетную винтовую характеристику (линию нагружения двигателя гребным винтом), проходящую через точку A спецификационного режима.

Параллельные ей линии представляют винтовые характеристики винта более легкого (справа от прямой 1) или более тяжелого (слева от прямой 1). Параллельные пунктирные линии 2 представляют постоянные значения средних эффективных давлений ($p_e = const$). В частности, линия, проходящая через точку A , соответствует p_e (спецификационное) $\sim 100\%$. Линия 3 ограничивает максимально допустимую для длительной работы частоту вращения, составляющую $103,3\% n_{спец}$.

Линии 4 и 5 накладывают ограничение на развиваемое двигателем среднее эффективное давление исходя из обеспеченности его воздухом, необходимым для полного сгорания топлива. Эти линии представляют собой *ограничительную характеристику*, в задачу которой входит также защита

двигателя при назначении эксплуатационных режимов от недопустимых тепловых и механических нагрузок (см. § 8.4).

Частота n_{min} представляет собой минимально устойчивые обороты, при которых двигатель продолжает устойчиво работать. Она по Правилам Российского Морского Регистра судоходства должна быть не менее $\sim 30\% n_{ном}$. При ее снижении из-за роста неравномерности подачи топлива по цилиндрам и снижения давления сжатия двигатель может заглохнуть.

Согласно рис. 8.4 в области частот вращения (97-100%) $n_{снец}$ допускается работа при давлении $p_e = p_{e\ снец} = 100\%$ (линия 5), но если режим переходит в область меньшей частоты вращения, то работа с $p_e = p_{e\ снец}$ уже недопустима. Нужно снижать давление p_e руководствуясь положением ограничительной характеристики (линия 4), что означает необходимость **уменьшения цикловой подачи топлива**. Это требование вызывается ухудшением снабжения двигателя воздухом при снижении скоростного режима, что, в свою очередь, вызывает снижение коэффициента избытка воздуха, а также ухудшение сгорания топлива и возможный рост тепловых напряжений в деталях ЦПГ. Если же при снижении частоты вращения уменьшать подачу топлива в цилиндры и соответственно давление p_e , как это диктует ограничительная характеристика 4, то существенного падения коэффициента α не произойдет и будет гарантировано достаточно полное сгорание топлива.

Зона между линиями 4-5 и ломаной жирной пунктирной линией относится к *зоне перегрузок*, время работы в которой ограничивается 1 часом на протяжении каждых 12 часов.

Максимально допустимая мощность составляет 110% при $n = 103,3\%$ (точка А').

Гребной винт рекомендуется подбирать таким образом, чтобы его характеристика (рис. 8.4, кривая 6) была на 2-3% легче винтовой характеристики, проходящей через точку спецификационного режима (линия 1). Это означает, что эту же мощность двигатель будет поглощать при частоте вращения, на 2-3% большей (сравните точки А и С'). Если за основной скоростной режим (режим полного хода) принять частоту вращения $n_{снец}$ (точка С), то при полной загрузке судна и спокойной погоде от двигателя потребуются мощность, на 10-15% меньшая $N_{e\ снец}$ (номинальная). Эта мощность получила наименование *эксплуатационной мощности* $N_{e\ экп}$ (в последние годы эксплуатационная мощность назначается с запасом 10-15%).

На эту мощность и следует проектировать гребной винт, его винтовая характеристика будет проходить левее номинальной (теоретической) характеристики через точки С и С'. Это обеспечит необходимый 10-15% запас мощности при сохранении частоты вращения гребного винта $n = 100\%$. Сохранение оборотов позволит при увеличении сопротивления движению

судна скорость судна V_s поддерживать неизменной, не опасаясь перегрузить двигатель. Сопротивление увеличивается при обрастании или повреждении корпуса и гребного винта, усилении встречного ветра и волнения и пр. В этих условиях режим работы двигателя, соответствующий полному ходу, из точки C по регуляторной характеристике ($n = const$) будет подниматься, занимая в зависимости от нагрузки ряд положений на линии CA . Если же сопротивление настолько возрастает, что мощность, развиваемая двигателем в точке A , окажется недостаточной, то для того, чтобы избежать перегрузки, подачу топлива не следует увеличивать, так как двигатель может перейти в зону перегрузок.

Режим двигателя, принадлежащий тяжелой винтовой характеристике, должен лежать в точке ее пересечения с ограничительной характеристикой 5-4.

Так, если предположить, что характеристика 7 соответствует плаванию судна в ледовых условиях, когда сопротивление движению судна резко возрастает, режим полного хода должен лежать в точке пересечения характеристики 7 с ограничительной характеристикой 4 (точка D) либо ниже.

При наличии валогенератора необходимо учитывать, что к мощности, потребляемой при данной частоте вращения гребным винтом, добавляется мощность, отдаваемая генератору. Поэтому если положение точки режима работы двигателя при чистом корпусе и выключенном валогенераторе или его отсутствии определяется параметрами точки C (см. рис. 8.4), то с включением валогенератора точка режима переместится в точку C'' (отрезок CC'' определяет мощность генератора). В итоге запас мощности на возможное увеличение сопротивления движению судна сокращается.

Литература

Возницкий И.В. А.С.Пунда СДВС Том 2 2010 г.и. Стр. 205-210

Возницкий И.В. А.С.Пунда СДВС Том 2 2008 г.и. Стр. 262-268

И.В.Возницкий Е.Г.Михеев Судовые дизели и их эксплуатация 1990 г.и. стр. 277-293