

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

**ВЫБОР ОБЛАСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ
ГЛАВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ
С ВИНТОМ ФИКСИРОВАННОГО ШАГА**

Методические указания
к практическому занятию по дисциплине
«Эксплуатация дизельных энергетических установок»
для студентов, обучающихся по направлению
26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»
очной и заочной форм обучения»

Севастополь
СевГУ
2021

УДК 621.436.1-049.7:656.6 (076.5)

ББК 39.455.5я73

В92

Рецензент:

В.А. Очеретяный - канд. техн. наук,
доцент кафедры ЭМСС

Составители: Г.В. Гоголев, В.А. Тимофеев

В92 Выбор области эксплуатационных режимов главных двигателей в судовых дизельных установках с винтом фиксированного шага : методические указания к выполнению практического занятия по дисциплине «Эксплуатация дизельных энергетических установок» для студентов, обучающихся по направлению 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» очной и заочной форм обучения / Севастопольский государственный университет, Морской институт ; сост. Г.В. Гоголев, В.А. Тимофеев. – Севастополь : СевГУ, 2021. – 17 с. – Текст : электронный.

Описываются особенности эксплуатации, ограничения и режимы работы главных двигателей в составе СДУ с ВФШ.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения Севастопольского государственного университета, Морского института, специальности 26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок.

Выполнение практической работы направлено на изучение следующих профессионально-специализированных компетенций (Конвенция ПДНВ):

ПСК-9 – подготовка, эксплуатация, обнаружение неисправностей и меры, необходимые для предотвращения причинения повреждений механизмам и системам управления.

УДК 621.436.1-049.7:656.6 (076.5)

ББК 39.455.5я73

Рассмотрено и рекомендовано кафедрой энергоустановок морских судов и сооружений Морского института Севастопольского государственного университета в качестве методических указаний к выполнению практического занятия по дисциплине «Техническая эксплуатация судовых дизельных установок» для студентов направления 26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок, протокол № 1 от 31 августа 2018 г.

Допущено учебно-методическим центром СевГУ в качестве методических указаний.

© Гоголев Г.В., Тимофеев В.А., сост., 2021

© ФГАОУ ВО «Севастопольский

государственный университет», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Цель практического занятия.....	5
1. Определение нагрузки главного двигателя.....	5
2. Выбор области эксплуатационных режимов ГД с ВФШ.....	7
3. Расчет и построение зоны допустимых эксплуатационных режимов	14
4. Порядок выполнения практического занятия.....	16
5. Требования к отчету.....	16
Литература.....	17

ВВЕДЕНИЕ

Выбор эксплуатационных режимов – важнейшее и ответственное решение, принимаемое старшим механиком по согласованию с капитаном. Оно должно быть своевременным и вырабатываться с учетом условий плавания, технического состояния двигательной установки и рейсового задания. При этом не допускается выбор режима, выходящего за рамки ограничительных характеристик. Необходимо правильно понимать соответствующую судовую техническую документацию, уметь при необходимости самостоятельно назначать или рассчитывать ограничительные характеристики и определять степень нагрузки двигателя. Знания, полученные при выполнении данного практического занятия, пригодятся при выполнении одного из подразделов выпускной квалификационной работы.

ЦЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

Целью практического занятия является приобретение студентами практических знаний в части эксплуатационных ограничений и назначения режимов работы, контроля, оценки и поддержания безопасной эксплуатации двигателя. Методика определения области допустимых режимов для использования студентами при выполнении дипломного проектирования.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ГД

Для приближенного суждения о нагрузке дизеля (до выполнения индцирования и при отсутствии торсиометра) следует использовать шкалы топливного рычага пульта управления, указателя нагрузки, положения выходного вала регулятора или реек топливных насосов, а также значения температуры выпускных газов. Не допускается установка длительного режима только по частоте вращения без контроля указанных параметров.

Для расчета мощности ГД, необходимо точно измерить крутящий момент и частоту вращения коленчатого вала.

Для измерения крутящего момента широко используют торсиометры, основным элементом которых являются тензометры, принцип действия которых основан в данном случае на изменении электрического сопротивления материала проводника при деформации скручивания.

Основной характеристикой тензометра является К-фактор, который равен отношению относительного изменения сопротивления проводника к вызвавшему его относительному удлинению. Из других источников К-фактор можно определить так:

$$K = 1 + 2\mu + \frac{\Delta\rho}{\varepsilon\rho_0},$$

где μ – коэффициент Пуассона, который для металлов и их сплавов при упругих деформациях равен 0,25...0,35; ρ_0 – значение удельного электрического сопротивления при отсутствии нагрузки; $\Delta\rho$ – изменение значения удельного сопротивления при нагрузке.

Из данного выражения легко видеть, что изменения сопротивления проводника складываются из геометрической составляющей $1+2\mu$ и составляющей свойств материала $\Delta\rho / \rho_0\varepsilon$. У металлических проволочных и фольговых тензометров геометрическая составляющая равна приблизительно 80 %. В качестве материалов проволочных тензометров используется константан, диаметр проволоки 20...30 мкм, начальное сопротивление $R_0 = 100...120$ Ом, длина проволоки $L = 10...30$ см. Проволока укладывается на специальную бумагу или пластик и склеивается с ними.

Размещение тензометров на проверяемом объекте (подготовка поверхности, приклеивание, припаивание проводников к измерительной схеме требует высокой квалификации и большого практического опыта. Необходимо избегать повреждения тензометров.

Основной схемой соединения тензометров является мост Уитстона с двумя или четырьмя активными ветвями. В диагностической задаче для измерения вращающего гребной винт момента и упора используются четыре тензометра, которые наклеиваются под углами 45° и 135° к образующей поверхности вала. В современных торсиометрах (торсиометр - измеритель крутящего момента) сигнал от вращающегося вала к измерительному прибору передается бесконтактным способом. Взаимосвязь между измеряемой информацией и вызывающим ее вращающим моментом определяется расчетом, так как калибровка валов во время строительства судна, как правило, не производится.

Магнитный способ измерения крутящего момента основан на использовании зависимости магнитной проницаемости материала вала и его внутренних напряжений. Опытом разработки и применения магнитоупругих преобразователей для измерения $M_{кр}$ в авторской мере владеют специалисты ГМА им. адм. С.О. Макарова [3].

В современных СДУ частота вращения коленчатого вала измеряется индукционными датчиками.

Индукционный датчик частоты вращения, изображенный на рис. 1, устанавливается непосредственно напротив ферромагнитного зубчатого диска-задатчика угловых импульсов 8, от которого его отделяет воздушный зазор. Датчик имеет сердечник из магнито-мягкого железа 4, который заключен в электромагнитную обмотку 5. Сердечник соединен также с постоянным магнитом 1, и магнитное поле проходит через сердечник и зубчатый диск-задатчик импульсов 8. Интенсивность магнитного штока, проходящего через обмотку, зависит от того, находится ли датчик напротив зуба на диске или напротив промежутка.

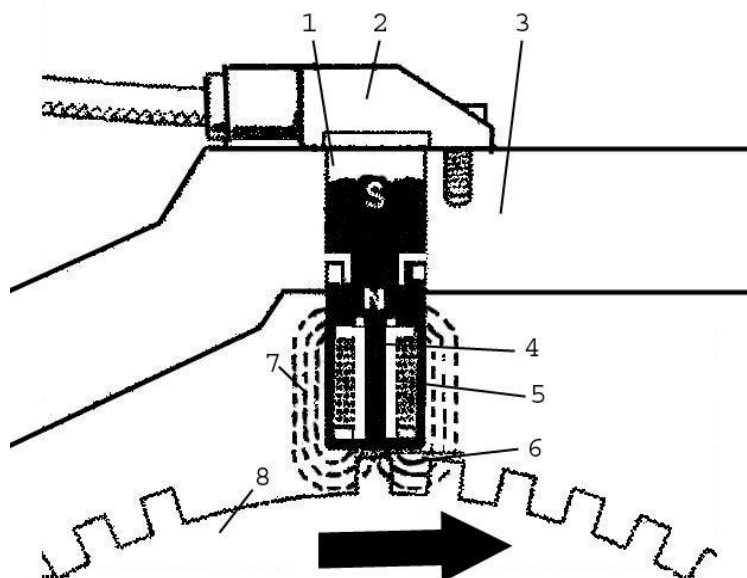


Рис. 1. Индуктивный датчик вращения:

- 1 – постоянный магнит; 2 – корпус датчика; 3 – блок цилиндров двигателя;
 - 4 – магнитный сердечник; 5 – электромагнитная обмотка; 6 – воздушный зазор;
 - 7 – магнитное поле; 8 – задатчик угловых импульсов (зубчатый диск)
- с отметчиком – пропуском зубьев

Поскольку магнитный поток концентрируется зубцами диска, что приводит к увеличению магнитного потока через обмотку, то при подходе пропуска зубьев он ослабевает. Следовательно, при вращении зубчатого диска возникают колебания магнитного потока, которые в свою очередь, генерируют синусоидальные колебания напряжения к электромагнитной обмотке, пропорциональные скорости изменения магнитного потока.

Амплитуда колебаний переменного напряжения увеличивается строго пропорционально увеличению скорости вращения зубчатого диска.

Специальная электронная схема в электронном блоке управления преобразует синусоидальное напряжение, которое характеризуется четко меняющимися амплитудами в среднеквадратичный сигнал с постоянной амплитудой для оценки его в микропроцессоре и блоке управления.

Эффективную мощность ГД при различных частотах вращения можно рассчитать по формуле

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{60 \cdot \eta_n},$$

и построить характеристику двигателя, работающего по винтовой характеристике. Если параллельно с замерами $M_{кр}$ производить индигирование двигателя, то можно построить зависимость индикаторной мощности N_i от частоты вращения. Имея обе мощности можно легко определить мощность механических потерь, отняв от индикаторной мощности эффективную:

$$N_i = \frac{p_i \cdot \pi \cdot D^2 \cdot S \cdot i \cdot n}{4 \cdot 60 \cdot z},$$

где N_i – индикаторная мощность в кВт; p_i – среднеиндикаторное давление, МПа; i – количество цилиндров; n – частота вращения, об/мин; z – коэффициент тактности (у двухтактных $z = 1$, у четырехтактных $z = 0,5$).

2. ВЫБОР ОБЛАСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ГД С ВФШ

Номинальная мощность ГД, потребляемая потом гребным винтом и другими элементами ПК, вырабатывается только на номинальных оборотах. Однако условия эксплуатации эпизодически или часто требуют работы на пониженных оборотах. Даже работа по внешней номинальной характеристике при работе на пониженных оборотах также приведет к значительным перегрузкам по механическим и, особенно, по тепловым напряжениям.

Располагаемый теплоперепад на турбине зависит от температуры и давления выпускных газов перед турбиной. При снижении частоты вращения и мощности ГД расход газов G_r и располагаемый теплоперепад H_a в совместном выражении снизят располагаемую энергию газов и КПД турбокомпрессора.

Количество и давление поступающего в двигатель воздуха снизятся. Снижение количества воздуха приведет к уменьшению коэффициента избытка воздуха α , от величины которого зависит индикаторный кпд. Снижение индикаторных показателей (P_i и N_i) будет тем больше, чем больше будет снижение α .

При малых цикловых подачах с уменьшением относительных оборотов $\bar{n}$ среднее индикаторное давление P_i снижается резко.

Нехватка воздуха, помимо ухудшения сгорания и увеличения удельного расхода топлива, приведет к ухудшению охлаждения деталей, образующих камеру сгорания. Кроме того смещение рабочей точки компрессора в зону меньших расходов приведет к снижению его КПД и запаса по помпажу. Теплонапряженность деталей ЦПГ и крышек цилиндров могут выйти на предельно допустимые значения.

Обоснованная ограничительная характеристика по теплонапряженности (воздухоснабжению) определяется только на основании опыта завода-строителя в процессе доводочных работ и сдаточных испытаний и при непосредственной технической эксплуатации дизеля, так как каждый тип двигателей имеет особенности конструкции деталей и разные эффективности их охлаждения. При эксплуатации СДУ используют ограничительные характеристики, содержащиеся в инструкциях заводов-строителей.

При проведении предварительной оценки значений ограничительной характеристики по теплонапряженности можно для некоторых случаев воспользоваться простой зависимостью, приведенной в [9]:

$$N_T = \frac{N_e^{ном}}{3} \left[\frac{4n}{n_{ном}} - 1 \right].$$

Более точно фактически любую ограничительную характеристику можно аппроксимировать зависимостью

$$N_T = \frac{N_e^{ном}}{3} \left[4 \left(\frac{n}{n_{ном}} \right)^k - 1 \right],$$

где k – переменный показатель. В зоне значений $\bar{n} = 0,2 \dots 0,5$ значение $k \approx 1,0$. В зоне значений $\bar{n} = 0,5 \dots 0,97$ диапазон изменения $k = 1,1 \dots 1,3$.

Ограничительные характеристики очерчивают зоны, допустимые для длительной или кратковременной эксплуатации. В общем случае могут выделить следующую область допустимых эксплуатационных режимов (рис.2) ГД, работающего на ВФШ.

Прямая линия, соединяющая точку номинальной мощности и частоты вращения с началом координат (точка 0) в системе координат $N_e - n$, является ограничительной характеристикой по механической напряженности. Эта линия соответствует неизменному номинальному значению среднего эффективного давления и постоянной величине номинального крутящего момента на фланце коленчатого вала.

Для большинства старых нефорсированных двигателей эта линия и принималась за окончательную ограничительную характеристику.

В современных дизелях ограничение по механической напряженности ($M_{кр} = \text{const}$) является определяющим лишь в диапазоне частот $(97 \dots 100\%) \cdot n_{ном}$; $(95 \dots 100\%) \cdot n_{ном}$ и реже $(90 \dots 100\%) \cdot n_{ном}$. Ниже этих диапазонов преобладают ограничения по теплонапряженности.

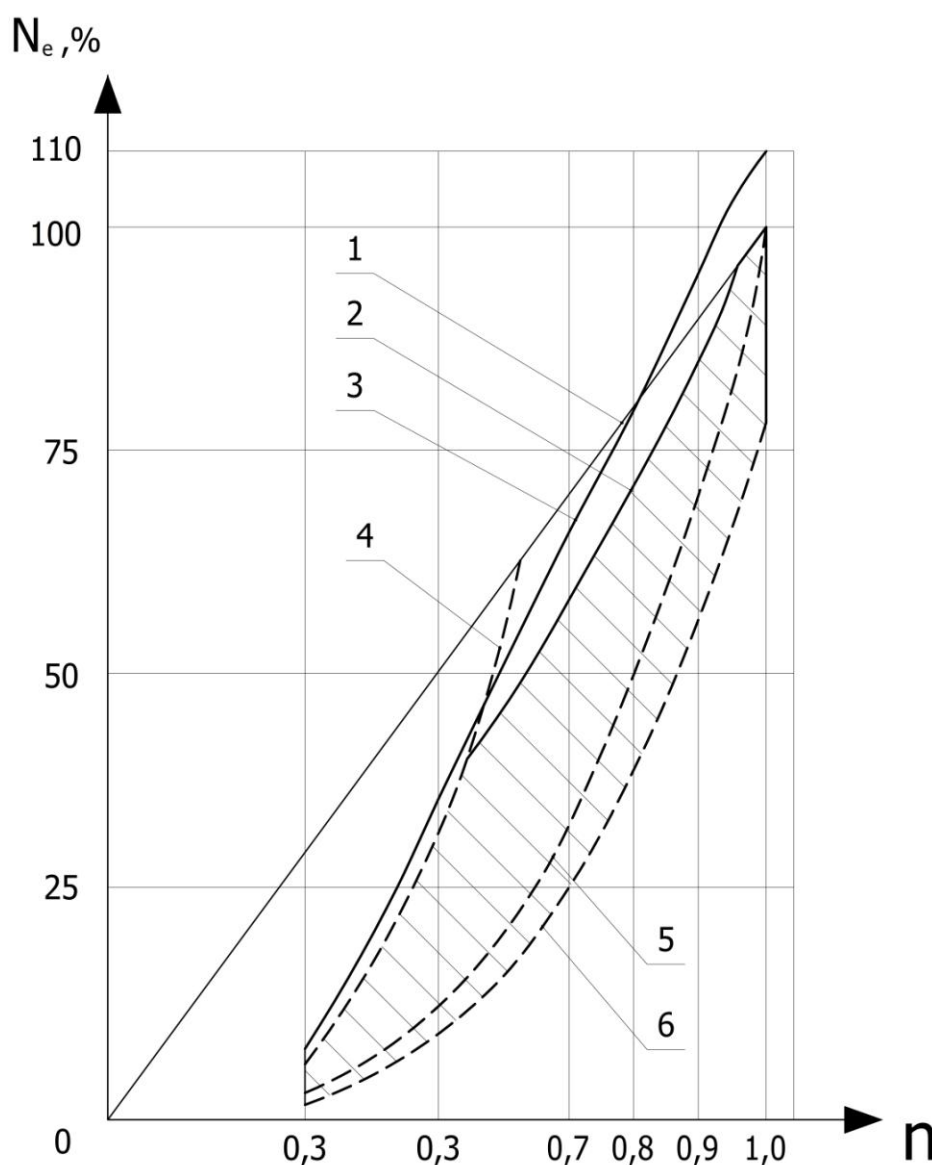


Рис. 2. Область эксплуатационных режимов двигателя

1 – ограничительная характеристика по механической напряженности ($M_e = 100\%$ или $P_e = 100\%$); 2 – ограничительная характеристика по тепловой напряженности; 3 – ограничительная характеристика по максимально допустимой кратковременной нагрузке; 4 – винтовая швартовная; 5 – винтовая нормальная; 6 – винтовая облегченная; 7 – ограничение по максимальной частоте вращения

С увеличением нагрузки (например, при росте сопротивления движению судна) обороты двигателя, работающего на номинальной мощности при задании режима фиксированной топливоподачей, будет «садиться» и двигатель будет перегружаться.

Необходимо с уменьшением оборотов снижать давление P_e за счет снижения цикловой подачи топлива.

Справа поле допустимых эксплуатационных режимов ограничивается регуляторной характеристикой как линиями постоянной частоты вращения $103,2\% \cdot n_{ном}$; $105\% \cdot n_{ном}$ и $107\% \cdot n_{ном}$ в зависимости от марки ГД.

Линия 1 соответствует 100 % крутящего момента и 100 % среднему эффективному давлению.

$$M_e^{ном} = const \quad P_e^{ном} = const .$$

В обычных и в логарифмических координатах эти скоростные характеристики будут прямыми, так как:

$$N_e = k \cdot P_e \cdot n^1 \quad N_e = M_e^{ном} \cdot n .$$

В настоящее время принято представлять степенные скоростные характеристики ГД в логарифмических координатах, позволяющих отображать винтовые характеристики $N_e = c \cdot n^m$ и среднее эффективное давление $N_e = k \cdot P_e \cdot n^1$ прямыми линиями, так как логарифм произведения равен сумме логарифмов:

$$\begin{cases} \log N_e = m \cdot \log n + \log c \\ y = a \cdot x + b \end{cases} \quad \begin{cases} \log N_e = 1 \cdot \log n + \log k + \log P_e \\ y = x + b' \end{cases} ,$$

где $\log k + \log P_e = b'$; $\log c = b$.

Диаграмма нагрузок для малооборотных двигателей MAN B&W изображена на рис. 3. На ней показаны ограничительные характеристики по механической 5 и тепловой 4 напряженности и по частоте вращения (линии 3 и 2). Линия 8 соответствует кратковременной максимальной перегрузочной мощности.

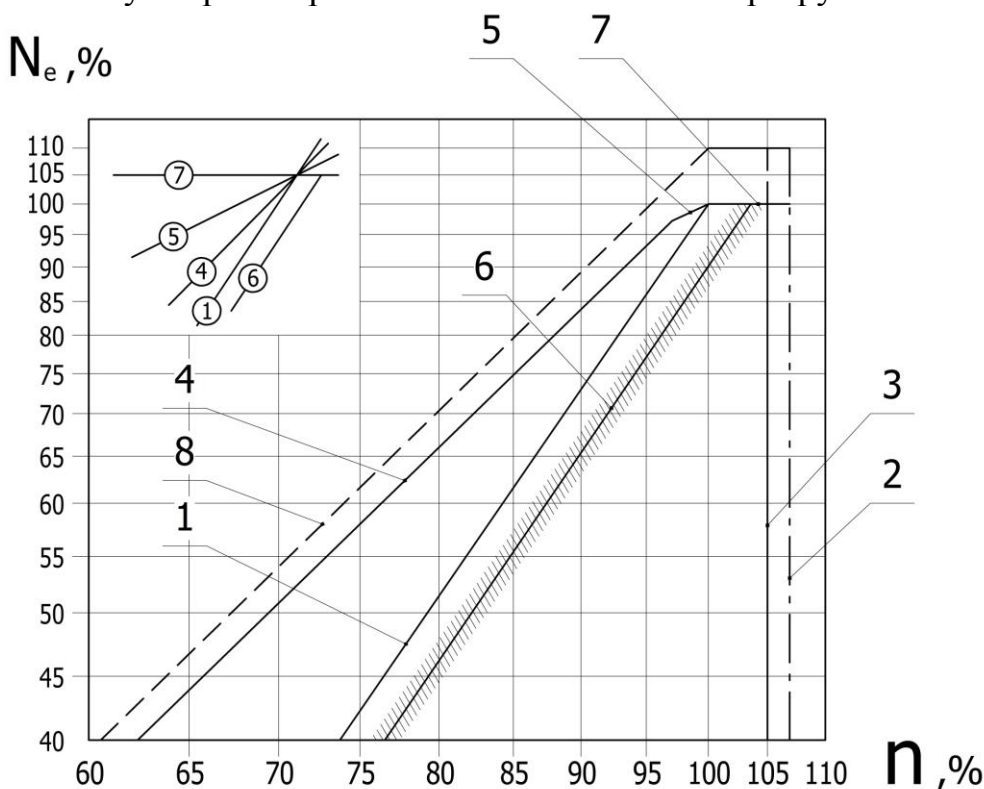


Рис. 3. Диаграмма нагрузок:

- 1 – Нормальная винтовая характеристика; 2 – предельная характеристика по частоте вращения $107\% \cdot n_{ном}$; 3 – максимальная кратковременная частота вращения; 4 – верхняя ограничительная характеристика по теплонпряженности; 5 – ограничительная характеристика по максимальному крутящему моменту (максимальному среднему эффективному давлению P_e); 6 – облегченные винтовые характеристики (чистый корпус, плавание в балласте); 7 – ограничительная характеристика о мощности при работе на повышенных частотах вращения; 8 – кратковременная максимальная перегрузочная мощность

В зависимости от завода-изготовителя и заказчика, диаграмма нагрузок для двигателей одной серии может отличаться (рис. 4). Здесь верхняя ограничительная характеристика изображена ломаной линией 3, которая в зоне частот выше 100 % совпадает с линией максимального крутящего момента. Линия 1 соответствует номинальной винтовой характеристике, линия 4 - рекомендованной облученной характеристике.

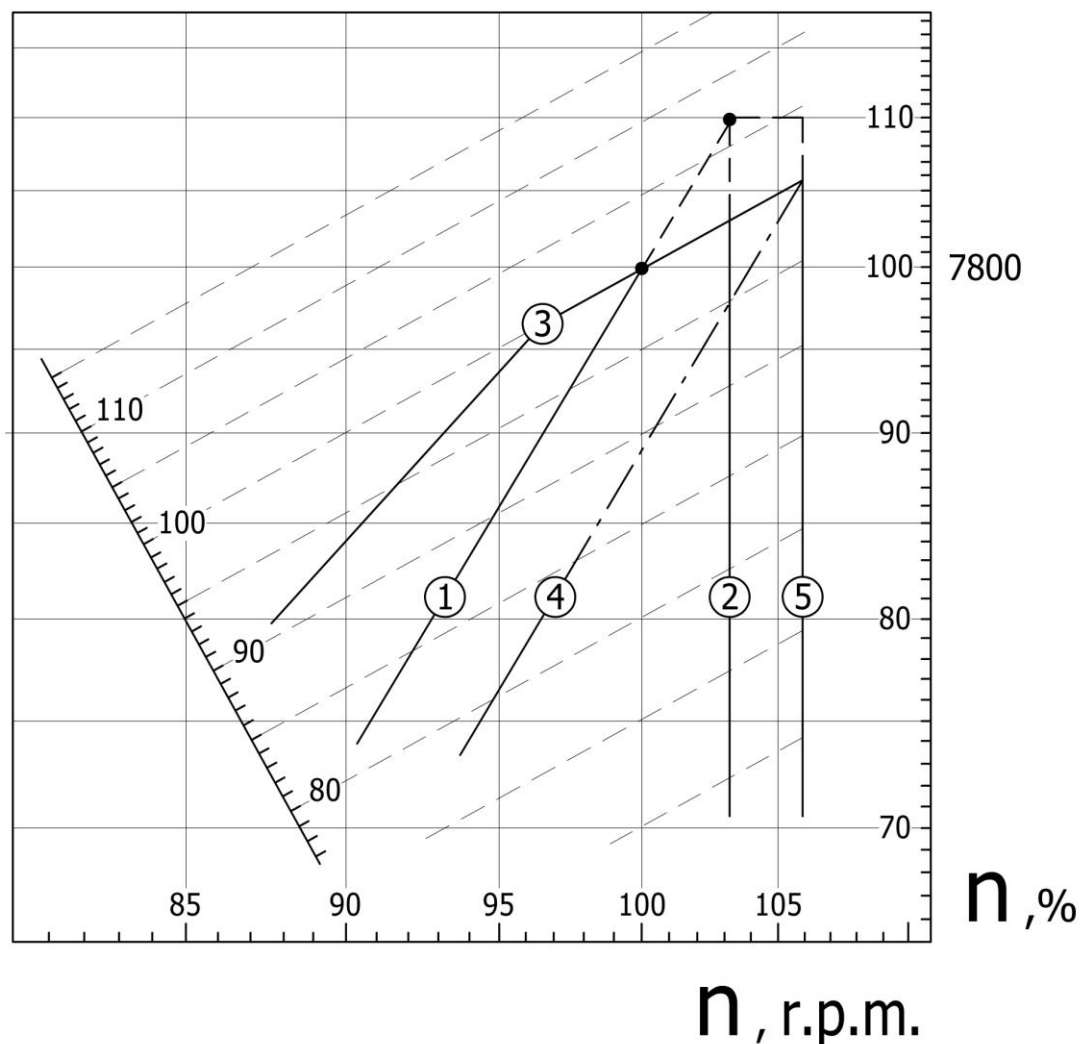


Рис. 4. Диаграмма нагрузок двигателя 5S50MC (IMABARI 496).

На рис. 5 изображена диаграмма нагрузок СОД MAN L32/40, работающего на ВФШ.

$N_e, \%$

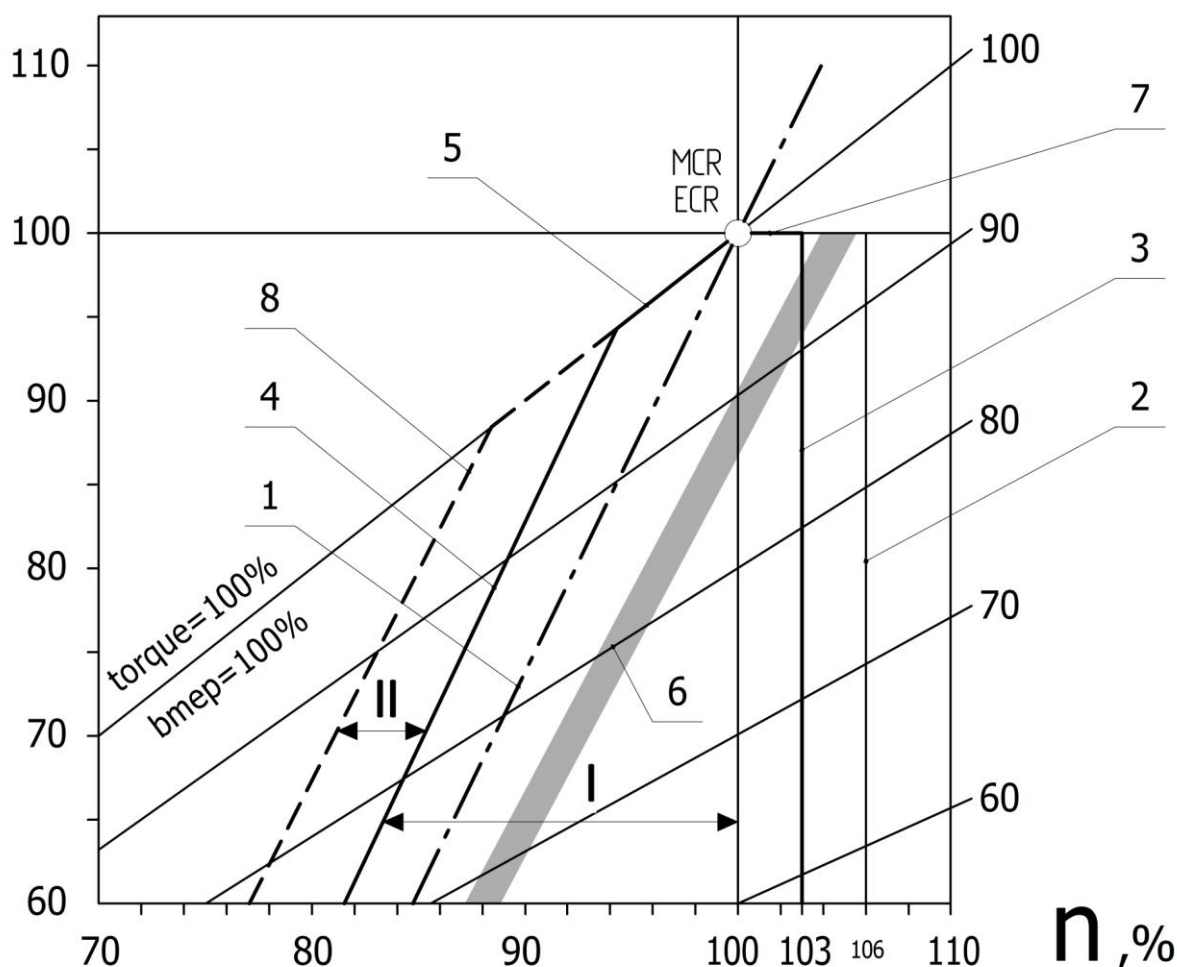


Рис. 5. Диаграмма нагрузок СОД MAN L32/40:

- 1 – теоретическая (номинальная) винтовая характеристика;
- 2 - предельная характеристика по частоте вращения; 3 – ограничительная характеристика по частоте вращения; 4 – ограничительная характеристика по теплонапряженности; 5 – ограничительная характеристика по механической напряженности ($M_e = 100 \%$; $p_e = 100 \%$); 6 – зона рекомендованных винтовых характеристик; 7 – ограничительная характеристика по мощности. 8 – ограничительная характеристика по максимально допустимой кратковременной нагрузке

Диаграмма нагрузок двигателя серии L58/64 более наглядна (рис. 6). Зона 1 (Load Limit Rang 1) иллюстрирует возможный диапазон допустимых длительных режимов работы. Соответственно зона режимов 2 – диапазон кратковременных режимов работы. Зона режимов 4 – это зона рекомендованных проектных режимов работы. Расположение этой зоны указывает на то, что предполагается работа на облегченный винт.

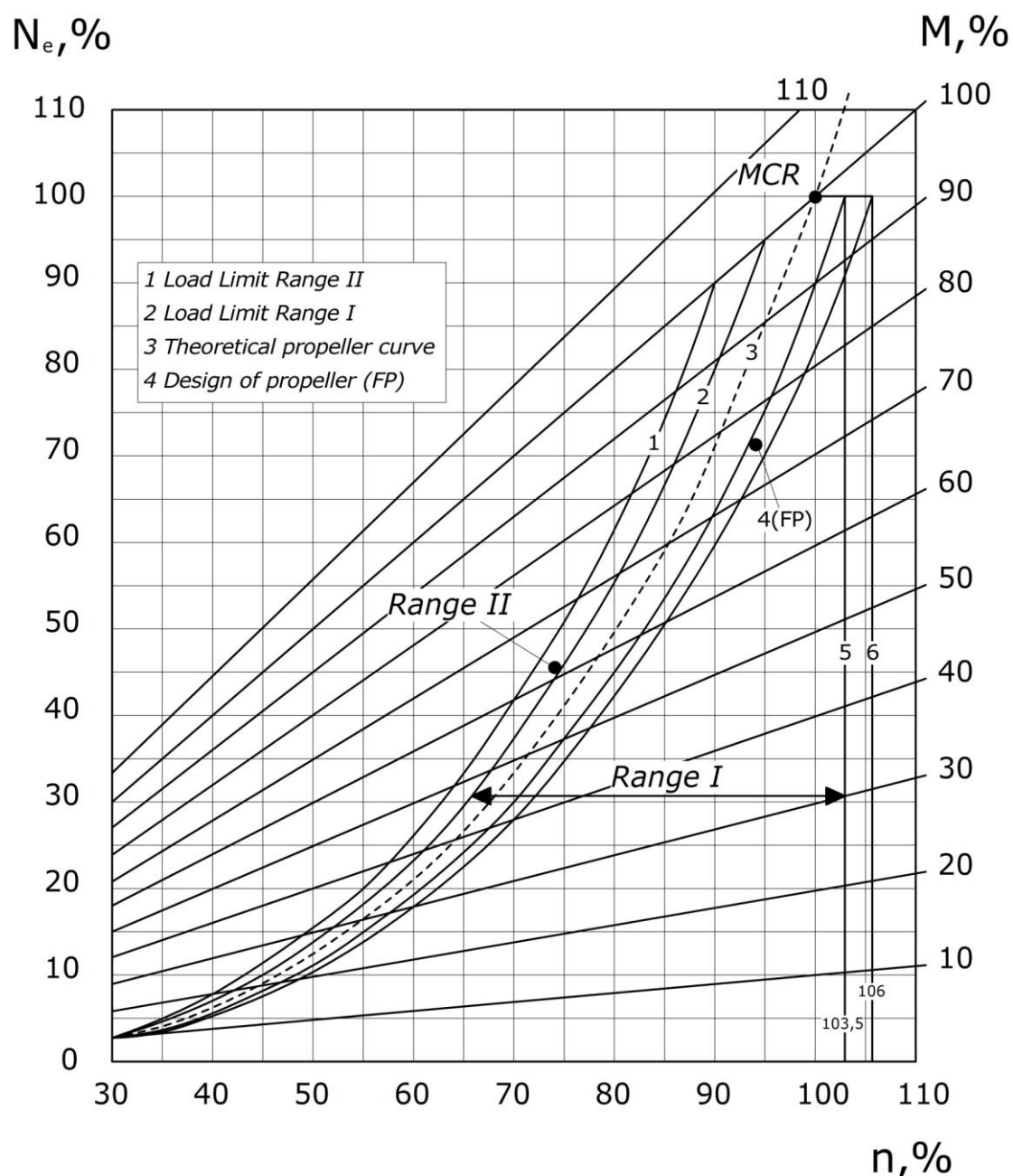


Рис. 6. Диаграмма нагрузок двигателя MAN B&W L58/64:

1 – ограничительная характеристика по максимально допустимой кратковременной нагрузке; 2 – ограничительная характеристика по тепловой и механической напряженности; 3 – номинальная винтовая характеристика; 4 – зона рекомендованных проектных винтовых характеристик; 5 – ограничение по максимальной частоте вращения; 6 – предельная ограничительная характеристика по частоте вращения

Существующая практика использования облегченных винтов позволяет обеспечить располагаемый 10 - 20 % запас по мощности, то есть удаётся фактически сохранить обороты двигателя и скорость судна при работе в условиях шторма, сильного обрастания корпуса и т.п.

Диаграмма нагрузок двигателей МАК по своему виду похожа на диаграмму нагрузок среднеоборотных двигателей MAN и характерным параметрам.

Характер ограничительных характеристик двигателя будет зависеть от наличия (отсутствия) электронного управления впрыском, запаса производительности турбокомпрессора по воздуху.

При соответствующем программном обеспечении и настройках диапазон поддержания постоянного номинального уровня мощности без перегрузки двигателя значительно расширяется. Сравнение ограничительных характеристик одного и того же базового двигателя с электронным управлением (Катерпиллар 3516В) и без электронного управления (Катерпиллар 3516) подтверждает сказанное [7].

Горизонтальный участок ограничительной характеристики двигателя 3516В составляет 1250...1600 об/мин, а запас по мощности составляет от 20 до 50 %.

Если турбокомпрессор спроектирован с определенным запасом по воздухообеспечению, то при снижении оборотов снижение характеристик наддува (давления и расхода воздуха) не будет значительным и зона допустимых эксплуатационных режимов по мощности расширится.

3. РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ЗОНЫ ДОПУСТИМЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ

При расчете и построении зоны допустимых режимов следует воспользоваться известными зависимостями и изложенными выше диаграммами нагрузок и технической документацией двигателя.

Ограничение по максимальной частоте вращения принимается согласно требований Регистра судоходства $0,3 \cdot n_{\text{ном}}$. Возможно назначение другой величины минимальной частоты, руководствуясь требованиями соответствующего классификационного общества. Ограничение по минимальной частоте вращения назначается согласно рекомендации завода-изготовителя.

Максимальная допустимая частота вращения лежит для разных двигателей в диапазоне 102...105 % от номинальной частоты вращения.

Предельная ограничительная характеристика по частоте вращения – 105...107 % от номинальной частоты вращения.

Для построения верхней части ограничительной характеристики целесообразно использовать данные приведенные в Руководствах по эксплуатации. Так например для двигателей MAN B&W в диапазоне частот вращения (62,5 ... 107 %) $n_{\text{ном}}$ приблизительно - соответствующие характеристики уже приведены на рис. 3.

Необходимо только представить мощности в обычных координатах, не в логарифмических.

Далее ограничительная характеристика достраивается до точки пересечения со швартовной характеристикой по указанной ранее формуле (2).

Расчет удобнее производить в табличной форме, задаваясь значениями долевой частоты вращения по следующим формулам [4].

Винтовая нормальная характеристика:

$$N_B^H = N_e^{ном} \cdot \left(\frac{n}{n_{ном}} \right)^m.$$

Винтовая облегченная характеристика:

$$N_B^O = 0,8 \cdot N_e^{ном} \cdot \left(\frac{n}{n_{ном}} \right)^m.$$

Винтовая швартовная в первом приближении:

$$N_{шв} = 4,6 \cdot N_{0,6} \cdot \left(\frac{n}{n_{ном}} \right)^m,$$

где m – показатель степени, $m = 2,9 \dots 4,5$; $N_{0,6}$ – значение мощности на внешней характеристике при $n = 0,6 \cdot n_{ном}$.

$$N_{0,6} = \frac{N_e^{ном} \cdot n \cdot (1 + \Delta\eta)}{n_{ном}} \cdot \left[\frac{1}{\eta_M} - \frac{\left(\frac{1}{\eta_M} - 1 \right) \cdot n}{n_{ном}} \right].$$

Ограничительная по механической напряженности:

$$N_M = \frac{n}{n_{ном}} \cdot N_e^{ном}.$$

Т а б л и ц а 1

Расчет координат ограничительных характеристик

Наименование параметров, единицы измерения	Численное значение					
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ						
Марка дизеля						
Ном. эффективная мощность, $N_e^{ном}$, кВт						
Ном. частота вращения коленчатого вала, n_n , мин ⁻¹						
Механический КПД на номинальном режиме, η_M						
РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ						
Долевая частота вращения коленчатого вала, n , мин ⁻¹	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3
Адаптивная поправка к КПД $\Delta\eta$	0	0,03	-0,01	-0,03	-0,01	-0,1
КООРДИНАТЫ ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК (долевая мощность в кВт):						
по тепловой напряженности ($\alpha = \text{const}$), N_α						
по механической напряженности ($M_{кр} = \text{const}$), N_M						
КООРДИНАТЫ ВИНТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК (долевая мощность в кВт):						
облегченной N_B^O						
нормальной N_B^H						
швартовной $N_{ше}$						

Линия ограничительной характеристики по максимально допустимой кратковременной нагрузке превышает ограничительную характеристику по длительной нагрузке, как правило, на 10 %.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

1. Рассчитать винтовые характеристики по формулам, приведенным в разделе 2 и построить в координатах N_e (%) – n (%) соответствующие зависимости для ЭУ с ВФШ одного из судов (желательно СЭУ, рассматриваемой в выпускной квалификационной работе).

2. Руководствуясь рекомендациями приведенными в разделах 2 и 3 и технической документацией построить ограничительные характеристики по максимальной и минимальной частотам вращения.

3. В зависимости от рассматриваемого двигателя и фирмы-изготовителя посчитать или назначить ограничительные характеристики по длительной и кратковременной мощности. При этом нужно помнить, что характеристика представляет собой ломаную линию. Продолжительность линии ограничения по механическим напряжениям ($M_{кр} = 100$ %) выбирается по техдокументации или близким двигателю той же фирмы, используя информацию, изложенную в разделе 3 методических указаний.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

1. Отчет выполняется на листах формата А4.
2. Отчет должен содержать название и цель занятия.
3. Отчет должен содержать расчетные винтовые характеристики $H/D = var$.
4. Отчет должен содержать диаграмму области эксплуатационных режимов

ГД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций. РД 31.21.30-97.ЗАО ЦНИИМФ.
2. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. Теория и эксплуатация двигателей / И.В. Возницкий, А.С. Пунда. - М.: Моркнига, 2010. - 382 с.
3. Мясников Ю.Н. Информационные технологии в пропульсивном комплексе морского судна : монография / Ю.Н. Мясников, А.А. Иванченко, А.М. Никитин. - СПб : ГУУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2013. - 304 с.
4. Иванченко А.А. Судовые энергетические установки. Учебно-методическое пособие /А.А. Иванченко, А.М. Хандов. - СПб: СПГУВК, 2010. - 115 с.
5. Гоголев Г.В. Техническая эксплуатация судовых дизельных установок: учеб. пособие / Г.В. Гоголев, Ю.А. Лисняк. - Севастополь: СевНТУ, 2013. - 336 с.
6. Руководство по эксплуатации MAN&BW типа 50 – 90 МС. Эксплуатация. Издание 40С. – Дания, Копенгаген, 1995. – 341 с.
7. Возницкий И.В. Современные малооборотные двухтактные двигатели: учеб. пособие по специальности 180403 / И.В. Возницкий. - М.: Моркнига, 2007. - 121 с.

**ВЫБОР ОБЛАСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ
ГЛАВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ
С ВИНТОМ ФИКСИРОВАННОГО ШАГА**

*Методические указания
к практическому занятию*

*Составители: Гоголев Геннадий Вениаминович,
Тимофеев Вячеслав Алексеевич*

В авторской редакции

Изд. № 96/2019. Объем 1,25 п.л. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,23.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»