

Практическое занятие № 25

Испытание судового дизеля по винтовой характеристике

Цель занятия.

Снятие винтовых характеристик для практического подтверждения зависимости параметров двигателя от частоты вращения при работе двигателя на винт.

Оборудование

Дизель 4НВД26-2 (4NVD26-2)

1. Описание дизельного стенда

Дизельный стенд состоит из судового дизеля 4 НВД26-2 и гидротормоза Фруда, смонтированных на общем фундаменте. Стенд оснащен необходимыми системами и контрольно-измерительными приборами для измерения основных параметров.

мощность – номинальная, кВт – 135

Частота вращения номинальная, об/мин – 750

Топливная система состоит из расходной топливной цистерны, и элементов топливной системы дизеля - топливоподкачивающего насоса, фильтра, насосов высокого давления, форсунок и т.д.

Система смазки состоит из двух фильтров грубой очистки, центробежного фильтры, маслоохладителя с терморегулятором и элементов масляной системы дизеля.

Система охлаждения пресной водой состоит из насоса, водоохладителя и расширительной цистерны. Вода, выходя из выхлопного коллектора, поступает в водоохладитель. Из водоохладителя насосом направляется в двигатель. Вода охлаждает блок цилиндров, крышки цилиндров и выхлопной коллектор.

Система сжатого воздуха включает в себя электрокомпрессор, пусковой баллон емкостью 40 литров и давлением 3 МПа 3.

Система газовыпуска состоит из газовыпускного трубопровода, компенсатора и глушителя.

Подача воздуха к дизелю осуществляется непосредственно из помещения лаборатории.

Дизель оснащен всережимным регулятором прямого действия, на местном посту управления установлены приборы контроля основных параметров по воде, маслу, топливу, выпускным газам, частоте вращения.

2. Гидравлический тормоз

Гидротормоз является поглотителем энергии дизеля и служит для его загрузки. Водоснабжение тормоза осуществляется от напорного бака. Совершаемая дизелем работа превращается в тепло, нагревающее воду, которая в дальнейшем сбрасывается в канализацию.

Статор тормоза лежит в подшипниках, закрепленных на станине, и имеет возможность поворачиваться под действием реактивного момента, равному крутящему моменту, приложенному к ротору.

Реактивный момент с помощью системы рычагов передается на



силоизмерительный механизм. Регулирование нагрузки осуществляется клапаном, установленным на выпускной магистрали тормоза. При этом большее прикрытие клапана соответствует большей нагрузке дизеля.

На посту управления тормоза установлены приборы, показывающие частоту вращения и крутящий момент.

3. Подготовка дизельного стенда к испытаниям

3.1. Подготовка дизеля к пуску

Перед пуском дизеля следует выполнить следующие работы:

проверить давление в пусковом баллоне, при необходимости подкачать воздух;

проверить, правильно ли поставлены все краны и запорные клапаны для сжатого воздуха, топлива, масла и охлаждающей воды на дизеле и гидротормозе;

прокачать маслосистему дизеля ручным насосом в течение 1-2 минут.

3.2. Подготовка гидротормоза

3.2.1. Тарировка тормоза

При работе тормоза вращению вала оказывают сопротивление не только силы гидравлического сопротивления и трения колеса ротора о воду, но и силы трения в подшипниках ротора и сальниках. Эти силы действуют также на статор тормоза и, в конечном счете, передаются на измерительный механизм. Так как силы трения в подшипниках и сальниках зависят от частоты вращения, то тарировку необходимо производить на работающем дизеле. Тарировка заключается в установке рычагов на статор тормоза при

работающем дизеле с последующим подвешиванием съемных грузов и фиксированием отклонения визира измерительного механизма.

Длина рычага выбрана из расчета отстояния оси подвески съемных грузов от оси вращения 1610 мм, благодаря чему 100% загрузке дизеля соответствует масса съемных грузов 400 кг.

При тарировке сила веса рычага предварительно уравнивается рычагом, подвешенным с противоположной стороны тормоза. Момент от сил трения в подшипниках и сальниках легко определяется подвеской грузов к рычагу, при которых стрелка силоизмерительного механизма устанавливается на «О» при работе дизеля.

Результаты тарировки гидротормоза при работе дизеля на номинальной частоте вращения сведены в таблицу.

Таблица 2

Крутящий момент на валу тормоза в % от номинального момента	25	50	75	100	110
Крутящий момент на валу тормоза, н.м.	1580	3158	4738	6317	6950
Масса съемных грузов при тарировке, кг	100	200	300	400	440

3.2.2. Заполнение водой

Заполнение водой тормоза производится открытием клапана системы водоснабжения; воздух удаляется открытием воздушных клапанов.

4. Пуск дизеля, обслуживание во время работы и остановка

4.1. Порядок пуска

Для пуска дизеля необходимо открыть запорный вентиль пускового баллона и перевести рукоятку поста управления в положение «пуск». Как только частота вращения достигнет 200 об/мин, рукоятка ставится в положение «работа». После этого запорный вентиль пускового закрывается.

4.2. Проверка работы после пуска, прогрев и прием нагрузки

После пуска немедленно проверить параметры работы дизеля по приборам на щите. Проверить работу дизеля на слух, осмотреть дизель и убедиться в отсутствии подтеканий в соединениях водяных, масляных и топливных трубопроводов. Установить требуемую частоту вращения в соответствии с режимом испытаний.

Переводить дизель с холостого хода на режим выше 25% мощности разрешается только при температуре масла не ниже 15°C и воды + 30°C, на режим 50-100% мощности - при, температуре масло на ниже + 25°C и воды + 50°C.

Работать на холостом ходу свыше 30 минут не следует, так как при отсутствии нагрузки ухудшается горение, закоксовываются распылители форсунок и пригорают поршневые кольца

5. Понятие о винтовой характеристике

Винтовая характеристика представляет собой зависимость мощности или крутящего момента, развиваемых дизелем, от частоты вращения при работе на гребной винт.

В основу винтовых характеристик положено взаимодействие корпуса судна и гребного винта, являющегося потребителем энергии дизеля, необходимой для движения судна.

Для водоизмещающих судов при движении их в диапазоне оптимальных с точки зрения гидромеханики скоростей зависимость эффективной мощности N_e от частоты вращения n имеет вид:

$$N_e = cn^3 \text{ или } N_{e1}/N_{e2} = (n_1/n_2)^3$$

Выражение для крутящего момента определяется формулой

$$M = dn^2 \text{ или } M_1/M_2 = (n_1/n_2)^2$$

Одна из основных особенностей работы по винтовой характеристике - быстрое падение мощности при снижении частоты вращения. Это наглядно видно из следующей таблицы:

Частота вращения в % от номинальной	100 90 80 70 60 50 40 30
Мощность дизеля в % от номинальной	100 73 51 34 22 12 6,4 3,7

Длительная надежная работа дизеля с частотой вращения меньше 50-60% затруднительна, так как процессы смесеобразования и сгорания топлива ухудшаются, масло разжижается топливом и частицы последнего выбрасываются в газораспускную систему.

6. Порядок проведения испытаний

После пуска и прогрева дизеля последовательно, начиная с минимальной нагрузки, ручкой управления дизеля устанавливаются требуемые частоты вращения, с клапаном управления гидротормоза - требуемые тормозные моменты.

После выхода дизеля на установившийся режим по сигналам руководителя испытаний производятся измерения расхода топлива по весам и секундомеру (целесообразно производить определение времени, расхода топлива по весам в количестве 1 кг при номинальной мощности и 75% от номинальной и 0,5 кг при меньшей нагрузке).

В это время измеряются противодавление выпуску p_n температура выпускных газов во всех девяти точках системы t_r , записываются показатели параметров системы смазки и охлаждения t_m, p_m, t_b, p_b давление наддувочного воздуха p_n , по максиметру определяется максимальное давление горения топлива p_z .

В начале испытаний и по их окончании записываются параметры окружающей среды (барометрическое давление, температура и относительная влажность воздуха).

7. Обработка результатов испытаний

Все результаты испытаний сводятся в таблицу. Формулы по определению эффективной мощности и среднего эффективного давления имеют вид:

$$N_e = \frac{M_e n}{9550} = 1.046 \cdot 10^{-4} M_e n$$

Среднее эффективное давление также определялось по моменту на гидротормозе:

$$p_e = 0,00013 M \text{ МПа}$$

Часовой $G_{\text{ч}}$ и удельный g_e расходы топлива определялись по формулам:

$$G_{\text{ч}} = \frac{3600}{\tau} G_{\text{т}} \text{ кг/ч} \quad g_e = \frac{G_{\text{ч}}}{N_e} \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$$

где G – расход топлива в среднем за опыт, кг;

τ – время опыта, с.

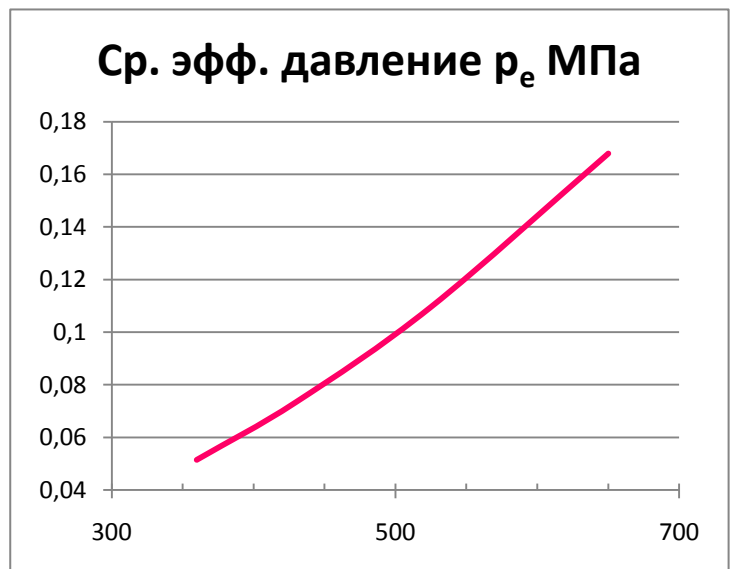
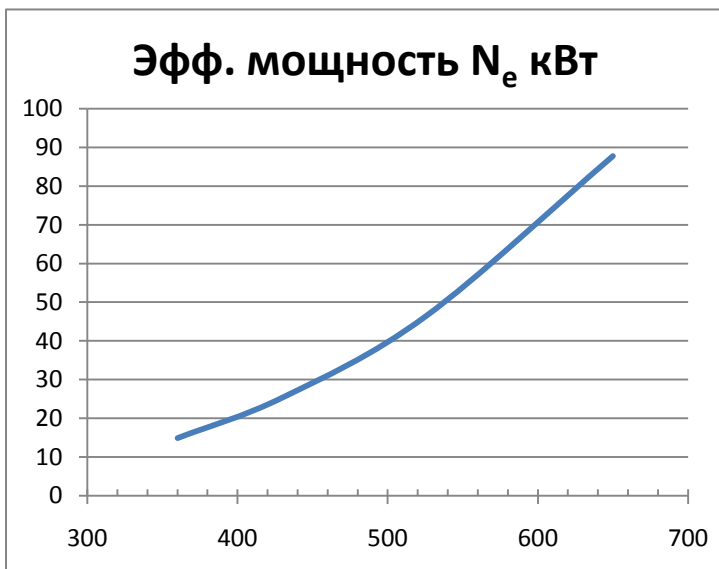
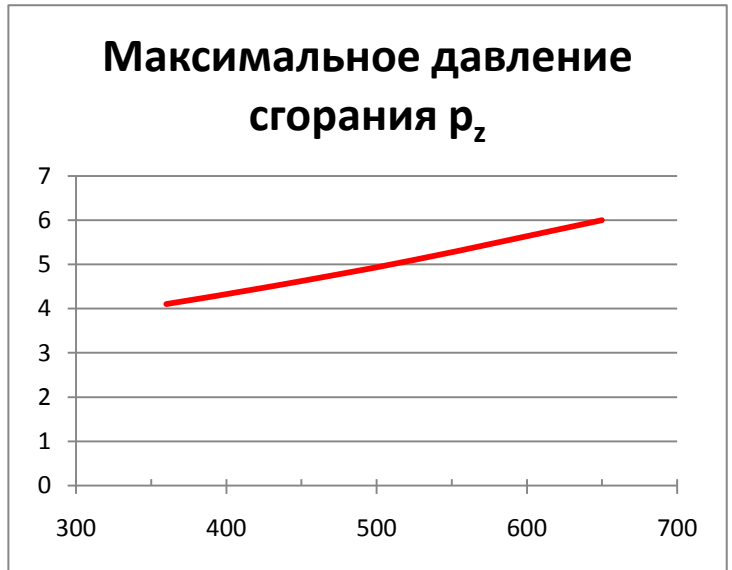
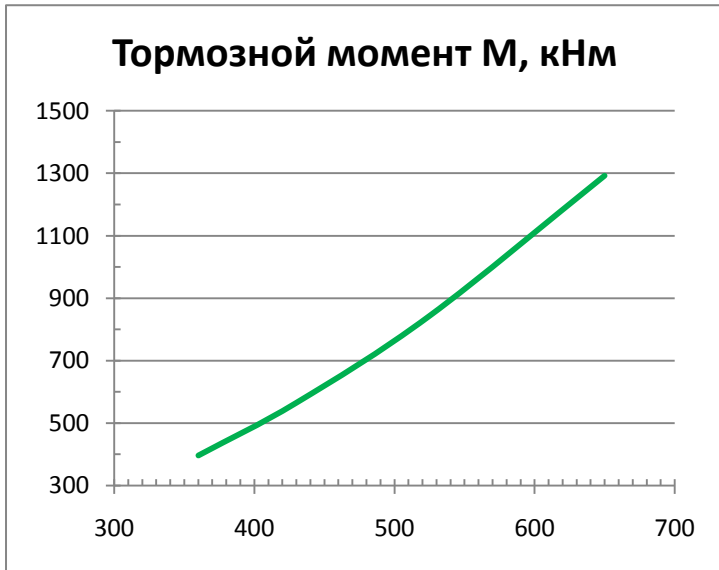
По результаты испытаний строится винтовая характеристика, Строятся графики зависимостей часового и удельного расходов топлива $G_{\text{ч}}$ и g_e максимального давления сгорания топлива p_z среднего эффективного давления p_e давления наддувочного воздуха p_n противодействия выпуску P_n и температуры выпускных газов после выпускного клапана t_2 и перед турбокомпрессором $t_{\text{ТТК}}$ от частоты вращения n

По результатам испытаний построена винтовая характеристика, которая изображена на рисунке 1.

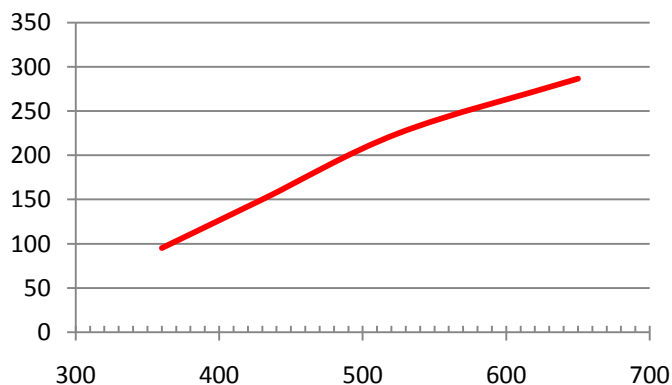
Таблица 1 - Результаты испытаний

Параметр	Значения			
Нагрузка на дизель, %	9	25	50	71
Частота вращения n , об/мин	360	430	525	650
Давление сгорания P_z , МПа	4,1	4,5	5,1	6
Давление сжатия P_c , Мпа	2,4	2,5	3,2	3,3
Тормозной момент M , кНм	396	565	843	1292
Эфф. мощность $N_e = 0,0001046 M_e n$ кВт	14,9	25,4	46,3	87,8
Ср. эфф. давление $p_e = 0,00013 M$, МПа	0,0515	0,0735	0,1096	0,168
Расход топлива за опыт, кг	0,2	0,4	0,14	0,87
Время опыта, с	135	193	48	180
Часовой расход топлива кг/ч	5,3	7,5	10,5	17,4
Уд. эфф. расход топлива $g_e = G_{\text{ч}}/N_e$ кг/кВт·ч	0,358	0,294	0,227	0,198
Противодавление на выпуске, P_n кПа	0,17	0,34	0,9	0,3
Температура газов, °С				
1-й цилиндр	98	160	230	300
2-й цилиндр	110	120	210	290
3-й цилиндр	82	160	240	275
4-й цилиндр	90	160	220	282
Средняя температура выхлопных газов T_r	95	150	225	286,75

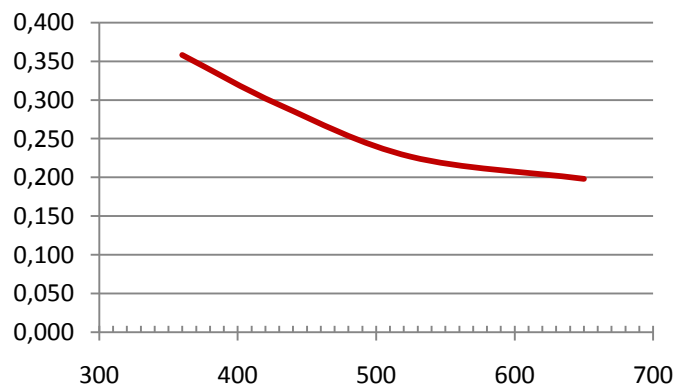
Давление масла, МПа				
Перед фильтром	0,4	0,36	0,38	0,45
После фильтра	0,18	0,35	0,36	0,38
Температура масла, °С	22	30	32	32
Давление охлаждающей воды, МПа	0,01	0,06	0,08	0,09
Температура охлаждающей воды, °С	45	48	67	48



Средняя температура выхлопных газов T_r



Уд. эфф. расход топлива $g_e = G_{ch}/N_e$ кг/кВт·ч



8. Ход выполнения работы.

1. Ознакомиться устройством стенда.
2. Изучить процедуру испытания
3. Провести испытания.
4. По результатам испытаний построить винтовые характеристики.
5. Ответить на вопросы
6. Составить отчёт.

Включить в отчёт результаты испытаний, построенные винтовые характеристики, вопросы и ответы на вопросы.

9. Контрольные вопросы

1. Какими зависимостями определяются винтовые характеристики?
2. Какой вид имеет зависимость момента сопротивления (Н·м) гребного винта?
3. Какой вид имеет зависимость мощности гребного винта?
4. Какая характеристика называется характеристикой «тяжёлого винта»?
5. Какая характеристика называется характеристикой «лёгкого винта»?

Литература

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 382 с Стр. 199-204
2. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2008.- 470 с. Стр. 255-259
3. Возницкий И. В. Судовые дизели и их эксплуатация / И.В.Возницкий, Е.Г.Михеев – М.:Транспорт, 1990. - 360 с стр. 283-287

http://k-a-t.ru/PM.01_mdk.01.01/4_dvs_issyptanie_obkatka2/index.shtml