

39.455.13
0-95

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Институт кораблестроения и морского транспорта

В.А. Очеретяный, О.В. Ковтун

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ
КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Рекомендовано
Учебно-методическим советом института
в качестве методических указаний
для студентов очной и заочной форм обучения
направления подготовки 26.05.06
«Эксплуатация судовых энергетических установок»

Севастополь
СевГУ
2015

УДК 629.506

ББК: 39.455.5

0-95

Рецензенты:

В.И. Истомин - д.т.н., проф. каф. СБС

А.И. Мальчиков - к.т.н., доцент каф. ЭМСС

Очеретяный В.А.

О-95 Прочностной расчет коленчатого вала: метод. указания / В.А. Очеретяный¹, О.В. Ковтун². – Севастополь: СевГУ, 2015. – 12 с.: ил.

Рассматривается методика прочностного расчета коленчатого вала судового двигателя внутреннего сгорания, необходимая при выполнении курсового проекта по дисциплине «Судовые двигатели внутреннего сгорания» и при подготовке дипломного проекта.

Указания предназначены для студентов очной и заочной форм обучения Севастопольского государственного университета, института кораблестроения и морского транспорта, направления подготовки 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»

УДК 629.506

© Очеретяный В.А.¹,

© Ковтун О.В.²

© ФГАОУВО «Севастопольский
государственный университет», 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Структура программы «Прочностной расчет коленчатого вала»	4
2. Выполнение расчета	4
3. Печать результатов расчета	6
4. Контрольные вопросы	6
Литература	7
Приложение А. Протокол результатов расчета	8
Приложение Б. Элемент протокола расчетной части	9

ВВЕДЕНИЕ

Цель настоящих методических указаний (МУ) оказать помощь студенту при выполнении расчета на прочность коленчатого вала судового дизеля с применением вычислительной техники.

В основу прочностного расчета коленчатого вала судового дизеля положен метод Морского Регистра судоходства России [1].

Настоящие МУ являются руководством пользователя ЭВМ при выполнении вышеуказанного расчета с помощью программного обеспечения “Прочностной расчет коленчатого вала.xls” [2]).

Выполнение расчета предполагает выполнение последовательных этапов:

- подбора конструктивных параметров коленчатого вала;
- назначение материала вала и метода его изготовления;
- ввод комплекса сил, действующих на шатунную шейку (полученных по результатам расчета теплового и динамического расчетов;
- собственно расчета последнего на прочность и анализ результатов.

Цель прочностного расчета – определение коэффициентов запаса для галтелей шатунной (Q_H) и коренной шейки (Q_G), которые должны удовлетворять условию: $Q_H \geq 1,15$ $Q_G \geq 1,15$ [1, 3, 4].

1. СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ «ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА»

Программное обеспечение “Прочностной расчет коленчатого вала.xls” реализовано в пакете Excel+VBA с использованием макросов [5].

Этот файл содержит 17 листов, наименование которых можно увидеть на нижней стороне страницы. Это следующие группы листов:

- «Титульный лист», «Ведение», «Марки материалов» – информационные листы;
- «Лист диалога», «Расчет геометрии», «Ввод исходных данных» – диалоговые листы;
- «Расчет 4-х ткт», «Таблица 4-х ткт», «Расчет 2-х ткт», «Таблица 2-х ткт» – базы данных, имеющие связи с программой «Дизель. xls»;
- «Рисунок», «Печать ИД», «1», «2», «3», «4», «Печать рез» – для печати.

2. ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТА

При загрузке программного обеспечения [2] необходимо зайти на «Лист диалога». Это лист управления расчетом. Здесь вводятся данные по учащемуся и основные характеристики дизеля (марку и тип дизеля, тактность, мощность, диаметр цилиндра и кривошипа).

Кнопка «Сброс результатов» позволяет удалить данные предыдущего пользователя.

Кнопка «Назначение конструктивных параметров коленчатого вала» – отправляет пользователя на страницу расчета геометрии коленчатого вала (лист «Расчет геометрии»).

На листе «Расчет геометрии» необходимо назначить конструктивные параметры коленчатого вала. Эти параметры можно взять из чертежа коленчатого вала или назначить из предлагаемых диапазонов (рис. 1).

Подбор конструктивных параметров коленчатого вала				
тип СЭУ		МОД		
диаметр цилиндра		900		
ход поршня		2300		
тактность		2-ткт	4-ткт	
1	Радиус кривошипа	E	1150	
2	Диаметр шатунной шейки			
	- максимальный	D _{max}	1125	Назначить значение из интервала
	- минимальный	D _{min}	540	
	Принятый	D	1000	

Рис. 1. Назначение конструктивных характеристик коленчатого вала

Процесс ввода геометрических параметров – ответственный этап расчета. Необходимо хорошо изучить рассчитываемый дизель, его технические характеристики, параметры коленчатого вала.

Необходимо пользоваться технической литературой [3, 4].

Выбор многих параметров комментируется в примечаниях в ячейках с красным треугольником в верхнем правом углу ячейки (рис. 2).

Принятый	$D_{\text{ш}}$	1000
Диаметр отверстия шатунной шейки		
- минимальный	$D_{\text{ш}}^{\text{min}}$	
- максимальный	$D_{\text{ш}}^{\text{max}}$	
Принятый	$D_{\text{вн}}$	400

Полые шейки **уменьшают вес** вала, позволяют контролировать доброкачественность поковок вала и могут быть использованы для подвода смазки.

Рис. 2. Доступ к справочной информации по вводимым параметрам

По окончании назначения геометрии коленчатого вала нажать кнопку «Ввод геометрии коленчатого вала» – это позволяет ввести данные для выполнения расчета и отправляет вас на страницу «Ввод исходных данных».

На этом листе необходимо назначить материал коленчатого вала, его временное сопротивление и силы на кривошипах, полученные по результатам расчета динамического расчета и др.

Для ввода комплекса сил на кривошипах нужно нажать соответствующую кнопку – «2-ткт дизель» или «4-ткт дизель» (рис. 3).

Из результатов динамического расчета				
19	Максимальная радиальная сила	FR_{max}	кН	1756
20	Минимальная радиальная сила	FR_{min}	кН	-247
21	Максимальная срезающая сила	Q_{max}	кН	1043
22	Минимальная срезающая сила	Q_{min}	кН	-402
23	Максимальная касательная сила	T_{max}	кН	1629
24	Минимальная касательная сила	T_{min}	кН	69
25	Дополнительное изгибающее напряжение	σ_{add}	МПа	30
26	Назначение номинального переменного напряжения	K_e	-	0,8
27	Коэффициент учитывающий способ изготовления КВ	K	-	1

Нажать нужное для копирования комплекса сил

2 - ткт дизель 4 - ткт дизель

Рис. 3. Ввод сил на кривошипах на листе «Ввод исходных данных»

По окончании ввода данных в листе «Ввод исходных данных» необходимо нажать кнопку «Расчет».

При появлении диалогового окошка с введением номера расчета следует ввести «1».

В результате расчета необходимо внимательно просматривать сообщения, выводимые на экран монитора.

Если расчет будет неверен (коэффициенты запаса прочности в галтелях шатунных шеек не удовлетворяют требованиям Регистра), то необходимо уточнить геометрические параметры коленчатого вала.

3. ПЕЧАТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА

Для получения расчета коленчатого вала необходимо распечатать следующие листы.

1. «Рисунок».
2. «Печать ИД».
3. «1».
4. «2».
5. «3».
6. «4».
7. «Печать рез».

В приложении А представлен протокол результатов расчета.

В приложении Б представлена часть протокола расчетной части.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объяснить термин «галтель».
2. Какие задачи достигаются введением в конструкцию вала галтели?
3. Как влияет радиус галтели на нагрузочную характеристику шейки?
4. Как влияет диаметр шейки на прочность вала?
5. Как влияет расстояние между осями соседних цилиндров на прочностные характеристики коленчатого вала?
6. Как влияет ширина щеки на прочностные характеристики коленчатого вала?

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки морских судов. Морской Регистр судоходства. – СПб.: Регистр России, 2010. – 843 с.
2. Очеретяный В.А. Прочностной расчет коленчатого вала. (“Прочностной расчет коленчатого вала.xls”) [Электронный ресурс] / В.А. Очеретяный. – Севастополь: Кафедра Энергоустановок морских судов и сооружений, Институт Кораблестроения и морского транспорта, ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет», 2015. — 1,66 МБт, CD-ROM.
3. Ваншейдт В.А. Конструирование и расчеты прочности судовых дизелей / А.В. Ваншейдт. – Л.: Судостроение, 1969. – 640 с.
4. Ваншейдт В.А. Дизели: Справочник / В.А. Ваншейдт. - Л.: Машиностроение, 1977. – 540 с.
6. Уокенбах Д. Профессиональное программирование на VBA в Excel 2002 / Д. Уокенбах. – М.: Диалектика, 2003. – 784 с.

Приложение А

Листинг протокола результатов расчета

№	Параметр	Обозн.	Разм.	Значение
1	Максимальный изгибающий момент	M_{Bmax}	кН·м	702214,69
2	Минимальный изгибающий момент	M_{Bmin}	кН·м	98941,168
3	Максимальный крутящий момент	M_{Tmax}	кН·м	1873813,1
4	Минимальный крутящий момент	M_{Tmin}	кН·м	78898,617
5	Номинальный переменный изгибающий момент	M_{BN}	Н·м	400577,93
6	Полярный момент сопротивления площади поперечного сечения щеки	W_{eq}	$м^3 \cdot 10^{-9}$	32000000
7	Номинальное переменное напряжение изгиба	σ_{BN}	МПа	10,014
8	Номинальная переменная срезающая сила	σ_N	Н	722407,09
9	Площадь поперечного сечения щеки		$м^2 \cdot 10^{-6}$	480000
10	Номинальное переменное срезающее напряжение	σ_{QN}	МПа	1,2040118
11	Переменное изгибающее напряжение в галтели:	-	-	
	- шатунной шейки	σ_{BH}	МПа	28,097
	- коренной шейки	σ_{BG}	МПа	30,306
12	Номинальный переменный крутящий момент	M_t	Н·м	897457,25
13	Полярный момент сопротивления площади поперечного сечения:	-	-	
	- шатунной шейки	W_{PH}	$м^3 \cdot 10^{-9}$	191322831
	- коренной шейки	W_{PG}	$м^3 \cdot 10^{-9}$	196348148
14	Номинальные переменные напряжения кручения:	-	-	
	- шатунной шейки	τ_{NH}	МПа	0,005
	- коренной шейки	τ_{NG}	МПа	0,005
15	Переменные напряжения кручения в галтелях:	-	-	
	- шатунной шейки	τ_H	МПа	0,015
	- коренной шейки	τ_G	МПа	0,014
16	Напряжения в галтели:	-	-	
	- шатунной шейки	σ_{VH}	МПа	58,097
	- коренной шейки	σ_{VG}	МПа	60,306
17	Предел выносливости:	-	-	
	- шатунной шейки	σ_{DWH}	МПа	170,798
	- коренной шейки	σ_{DWG}	МПа	170,798
18	Коэффициент запаса галтели:	-	-	
	- шатунной шейки	Q_H	-	2,940
	- коренной шейки	Q_G	-	2,832

Приложение Б

Элемент протокола расчетной части

Предел выносливости шеек коленчатого вала

Предел выносливости шатунной шейки, МПа

$$\sigma_{DWH} = K \cdot (0.42R_m + 39.3) \cdot \left(0.264 + 1.073D^{-0.2} + \frac{785 - R_m}{4900} + \frac{196}{R_m} \cdot \sqrt{\frac{1}{R_H}} \right) = 170,798$$

Предел выносливости коренной шейки, МПа

$$\sigma_{DWG} = K \cdot (0.42R_m + 39.3) \cdot \left(0.264 + 1.073D_G^{-0.2} + \frac{785 - R_m}{4900} + \frac{196}{R_m} \cdot \sqrt{\frac{1}{R_G}} \right) = 170,798$$

Коэффициенты запаса галтелей

Коэффициент запаса галтели шатунной шейки

$$Q_H = \frac{\sigma_{DWH}}{\sigma_{VH}} = 2,940$$

Коэффициент запаса галтели коренной шейки

$$Q_G = \frac{\sigma_{DWG}}{\sigma_{VG}} = 2,832$$

**Владимир Анатольевич Очеретяный
Олег Владимирович Ковтун**

**ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ
КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА**

Технический редактор
Р.В. Дмитриева

Подписано к печати 16.07.15. Изд. № 20/15. Зак. 199/2015. Тираж 50 экз.
Объем 0,75 п.л. Усл. печ. л. 0,70. Уч.-изд. л. 0,74
Формат бумаги 60 x 84 1/16

РИИЦМ ФГАОУВО «Севастопольский государственный университет»