

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУВО "Севастопольский государственный университет"
М О Р С К О Й И Н С Т И Т У Т
КАФЕДРА "ЭНЕРГОУСТАНОВКИ МОРСКИХ СУДОВ И СООРУЖЕНИЙ"



Н.В.Шерстнев, О.Б.Калякин

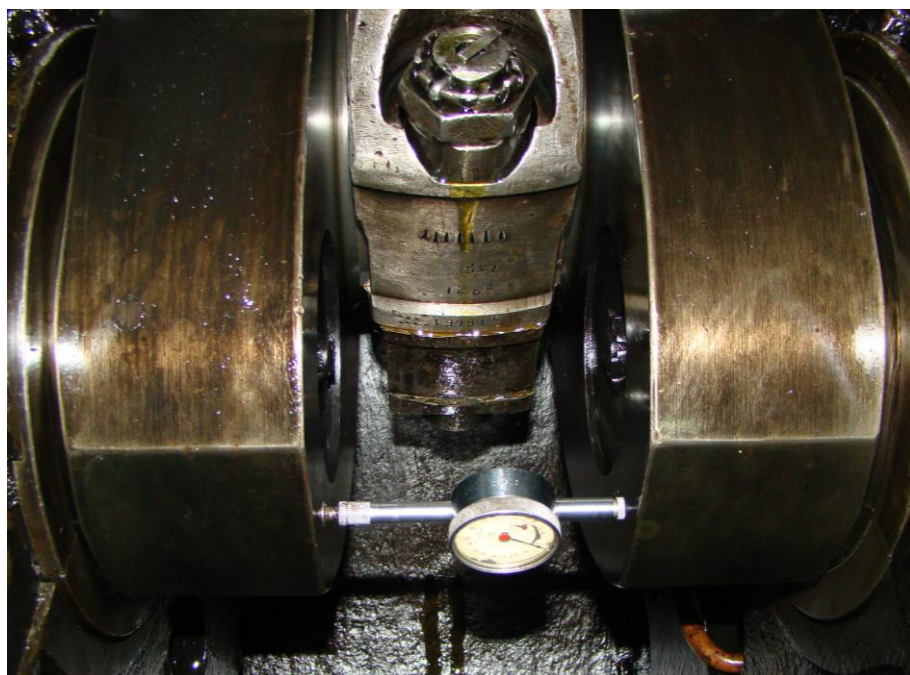
КОНТРОЛЬ РАСКЕПОВ

КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

9Д (8ЧРН 30/38)

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине "Технология технического обслуживания
и ремонта судов"



Севастополь
2018

УДК 621.431.74.004.67
ББК 39.455.5

Рецензент:

Гоголев Г.В., доцент кафедры ЭМСС, к.т.н.

Шерстнев Н.В., Калякин О.Б. Контроль раскёпов коленчатого вала судового дизеля 9Д (8ЧРН30/38). Методические указания к лабораторной работе по дисциплине "Технология технического обслуживания и ремонта судов". 2-е изд., перераб. и доп. / Н.В.Шерстнев, О.Б.Калякин. – Севастополь: ФГАОУВО "СевГУ", 2018. – 32 с.

Целью лабораторной работы является практическая подготовка студентов и демонстрация ими способности контроля раскёпов коленчатого вала судового дизеля на примере дизеля 9Д (8ЧРН 30/38) на соответствие требованиям следующих профессионально-специализированных компетенций (ПСК):

- техническое обслуживание и ремонт, такие как разборка, настройка и сборка механизмов и оборудования (ПСК-31);
- использование надлежащих специализированных инструментов и измерительных приборов (ПСК-32).

Методические указания содержат:

- понятие раскёпа, причины возникновения, опасность повышенных значений;
- указания по контролю раскёпов коленчатого вала (на примере судового дизеля 9Д (8ЧРН 30/38), включая меры безопасности;
- рекомендации по оформлению результатов выполненной лабораторной работы;
- контрольные вопросы для защиты выполненной лабораторной работы.

Методические указания предназначены для студентов специальности "Эксплуатация судовых энергетических установок", а также для преподавателей, занимающихся их практической подготовкой и оценкой профессионально-специализированных компетенций ПСК-31 и ПСК-32 (см. выше).

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры "Энергоустановки морских судов и сооружений" Морского института, протокол № 2 от 24.09.2018 г.

© Шерстнев Н.В., Калякин О.Б., 2018
© Издание ФГАОУВО "СевГУ", 2018

СОДЕРЖАНИЕ

1	Цель и задачи работы	4
2	Оснащение рабочего места	4
3	Содержание работы	6
	Приложение А. Понятие раскепа, средства измерения, причины возникновения, опасность повышенных значений и их анализ ...	7
	А.1 Понятие раскепа	7
	А.2 Средства измерения раскепов	8
	А.3 Причины возникновения раскепов	10
	А.4 Опасность повышенных значений раскепов ...	11
	А.5 Анализ повышенных значений раскепов	13
	Приложение Б. Контроль раскепов коленчатого вала судового дизеля 9Д (8ЧРН 30/38)	16
	Б.1 Подготовка дизеля к замерам раскепов	16
	Б.2 Подготовка раскепницы к замерам раскепов	18
	Б.3 Подготовка карты замеров раскепов	20
	Б.4 Подготовка валоповоротного устройства	21
	Б.5 Установка раскепницы	22
	Б.6 Контроль раскепов и запись результатов	23
	Б.7 Анализ результатов замера раскепов	26
	Приложение В. Оформление результатов выполненной лабораторной работы	27
	Приложение Г. Контрольные вопросы для защиты выполненной лабораторной работы	29
	Библиографический список	31

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Международной конвенцией о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДНВ) [3] установлено, что каждый кандидат на получение диплома вахтенного механика должен пройти одобренное обучение (теоретическая часть) и подготовку (практическая часть) и отвечать стандартам компетентности, указанным в разделе А-III/1 Кодекса ПДНВ. Они сгруппированы по совокупностям знаний, пониманий и профессиональных навыков и в рабочей программе дисциплины названы профессионально-специализированными компетенциями (ПСК).

Одной из основных форм достижения компетентности, установленной Конвенцией ПДНВ, является подготовка в мастерских. Рабочей программой дисциплины для этого предусмотрено выполнение лабораторных работ.

Судовые дизели являются одним из основных объектов обучения и подготовки, рекомендованных типовым курсом Международной морской организации "Officer in Charge of an Engineering Watch" (Model Course 7.04) [1], и также предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Целью лабораторной работы является практическая подготовка студентов и демонстрация ими способности контроля расцепов коленчатого вала судового дизеля на примере дизеля 9Д (8ЧРН 30/38) на соответствие требованиям следующих профессионально-специализированных компетенций:

- техническое обслуживание и ремонт, такие как разборка, настройка и сборка механизмов и оборудования (ПСК-31);
- использование надлежащих специализированных инструментов и измерительных приборов (ПСК-32).

Задачами лабораторной работы являются закрепление, приобретение и демонстрация студентами соответствующих знаний, пониманий и профессиональных навыков. В частности, студенты должны:

- а) знать:
 - понятие расцепа, причины возникновения, опасности повышенных значений и их анализ;
 - правила контроля расцепов и оформления результатов;
 - правила построения изогнутой линии коленчатого вала и ее исправления;
- б) уметь:
 - контролировать расцепы и оформлять полученные результаты;
 - строить изогнутую линию коленчатого вала и назначать методы устранения повышенных расцепов.

2 ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

Рабочее место включает:

- а) судовой дизель 9Д (8ЧРН 30/38) в рабочем состоянии, внешний вид и поперечный разрез которого показаны на рисунке 1;

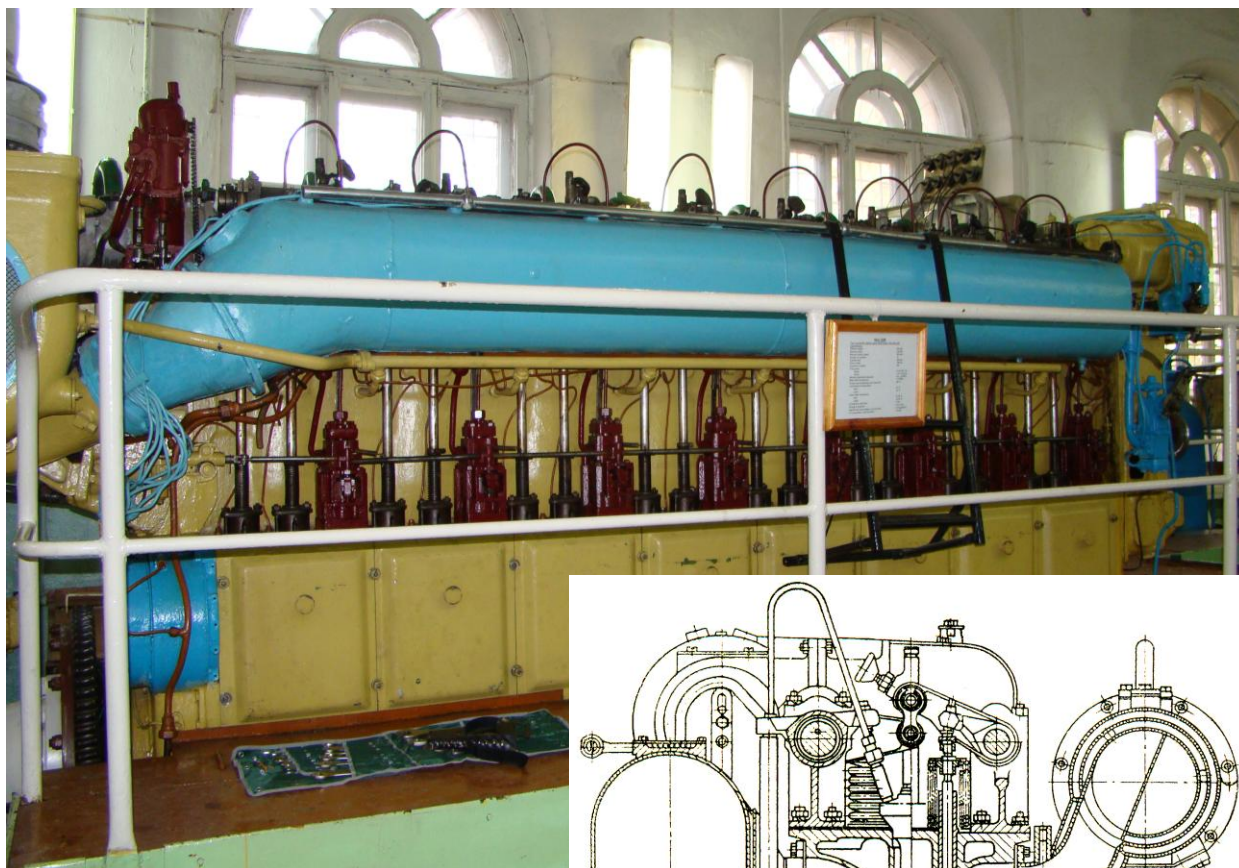
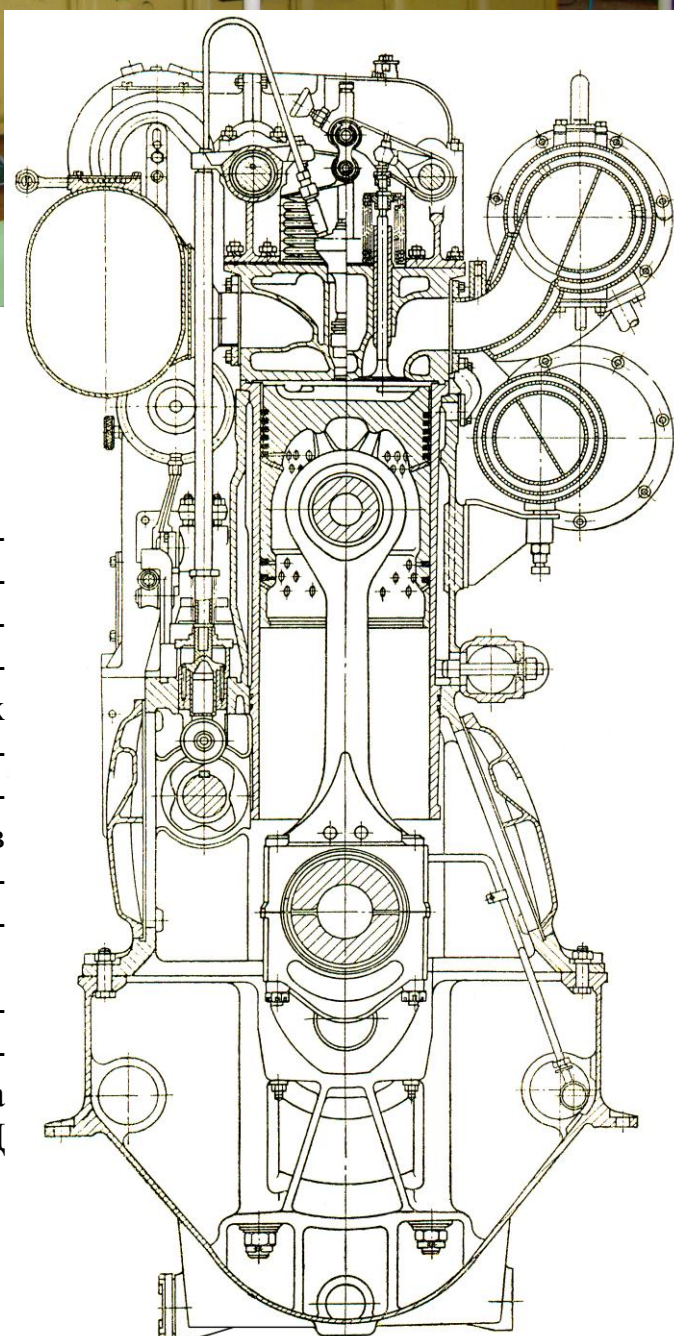


Рисунок 1 – Внешний вид
и поперечный разрез судового дизеля
9Д (8СРН30/38)



б) набор инструментов, приспособлений и материалов, применяемых для контроля раскопов коленчатого вала: емкость для складывания крепежа; набор гаечных ключей для снятия крышек картерных люков; индикаторные приборы для измерения раскопов ("раскопницы"); набор щупов; зеркало; фонарь; валоповоротка; обтирочный материал;

в) учебно-технический плакат к лабораторной работе "Контроль раскопов коленчатого вала судового дизеля типа 9Д (8СРН 30/38).

3 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

3.1 Подготовиться к работе:

- изучить понятие "раскепа" коленчатого вала, его причины и последствия повышенных значений, изложенные в приложении А;
- изучить указания по контролю раскепов коленчатого вала судового дизеля 9Д (8ЧРН 30/38), изложенные в приложении Б;
- изучить указания по контролю раскепов коленчатого вала судового дизеля 9Д (8ЧРН 30/38), изложенные в приложении Б, и подготовить карты замеров раскепов;
- изучить требования к оформлению результатов выполненных работ, изложенные в приложении В;
- изучить контрольные вопросы, приведенные в приложении Г.

3.2 Перед началом работы пройти целевой инструктаж по технике безопасности и пожарной безопасности.

3.3 Замерить раскепы коленчатого вала судового дизеля 9Д (8ЧРН 30/38) и внести их в таблицу соответствующей формы, руководствуясь указаниями приложения Б.

3.4 Оформить результаты выполненной лабораторной работы согласно требованиям приложения В.

3.5 Подготовиться к защите выполненной лабораторной работы по вопросам, приведенным в приложении Г. Дополнительно изучить соответствующие разделы в учебном пособии [8].

ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное)

ПОНЯТИЕ РАСКЕПА, СРЕДСТВА ЕГО ИЗМЕРЕНИЯ, ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, ОПАСНОСТЬ ПОВЫШЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

А.1 Понятие раскепа

Раскепом называют разницу расстояний между щеками коленчатого вала при взаимно противоположных положениях кривошипа: $l_1 - l_2$ на рисунке А.1.

Заводы-изготовители условились замерять раскепы в двух взаимно перпендикулярных плоскостях кривошипа – вертикальной и горизонтальной.

Раскеп, замеренный в вертикальной плоскости (вертикальный раскеп), определяют как разность расстояний между щеками при положении кривошипа в верхней (ВМТ) и нижней (НМТ) мертвых точках.

Раскеп считают **положительным**, если расстояние между щеками в ВМТ больше, чем в НМТ ($l_1 - l_2 > 0$, рисунок А.1, а).

Раскеп считают **отрицательным**, если расстояние между щеками в ВМТ меньше, чем в НМТ ($l_1 - l_2 < 0$, рисунок А.1, б).

Раскеп, замеренный в горизонтальной плоскости (горизонтальный или бортовой раскеп), определяют как разность расстояний между щеками при положении кривошипа на левом (ЛБ) и правом борту (ПрБ). **Положительным** считают раскеп, когда расстояние между щеками на левом борту больше, чем на правом, а **отрицательным** – наоборот (рисунок А.1, а, б).

Для запоминания указанных правил знаков раскепов в вертикальной плоскости рекомендуются следующий прием:

- изобразим два варианта колена коленчатого вала в ВМТ и НМТ, как на рисунке А.1 – слева и справа. Достроим перпендикулярно к щекам колен коренные шейки. Наглядно вырисовывается прогиб кривошипа – вогнутый вниз (слева) и выпуклый вверх (справа);

- вогнутый или выпуклый прогиб кривошипа напоминает чашу (или ложку) в сечении (рисунок А.2). Если прогиб вогнутый (направлен вниз – слева) – чаша (ложка) может быть наполнена, что обычно вос-

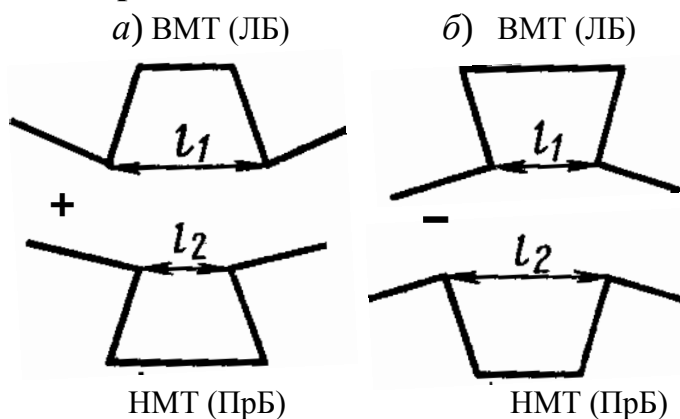


Рисунок А.1 – Схема положительного (а) и отрицательного (б) раскепа коленчатого вала

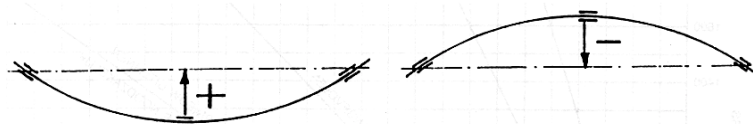


Рисунок А.2 – Схема запоминания знаков раскепов коленчатого вала по положению чаши (ложки)

принимают положительно. Следовательно, его, и характеризуемый им раскеп, считают со знаком "плюс". Если прогиб выпуклый (направлен вверх – справа) – чаша (ложка) перевернута и не может быть наполнена, что воспринимают отрицательно. Такие раскепы считают со знаком "минус".

Для запоминания знаков раскепов могут быть использованы так называемые "смайлики" (улыбки), характеризующие настроения (рисунок А.3). Вогнутый прогиб кривошипа напоминает "смайлик" положительного настроения (positive), а выпуклый прогиб кривошипа – "смайлик" отрицательного настроения (negative).

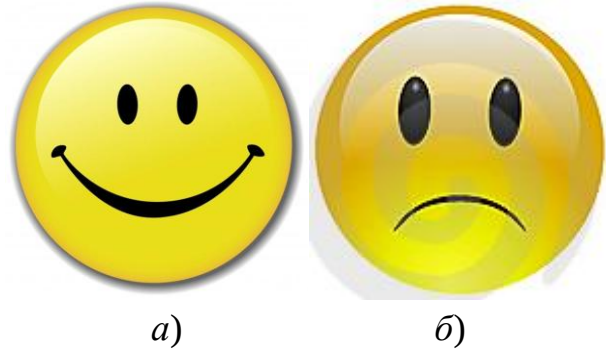


Рисунок А.3 – "Смайлики" положительного (а) и отрицательного (б) настроения

А.2 Средства измерения раскепов

Для замера раскепов применяют специальный прибор – *раскепницу*. Традиционная конструкция представляет собой индикатор часового типа, измерительный стержень которого соединен с подвижным подпружиненным упором, а противоположный упор неподвижный (рисунок А.4)

Устройство индикатора показано на рисунке А.5. Он имеет металлический корпус 1, в котором заключен механизм прибора. Через корпус индикатора проходит измерительный стержень 8 с выступающим наружу наконечником 9, всегда находящимся под воздействием пружины. Если нажать на стержень снизу вверх, он переместится в осевом направлении и через реечно-шестеренный механизм повернет стрелку 5. Так как шкалы циферблата 3 имеет 100 делений, то 1 деление будет равно 0,01 мм. Целые миллиметры отсчитывают по указателю 6.

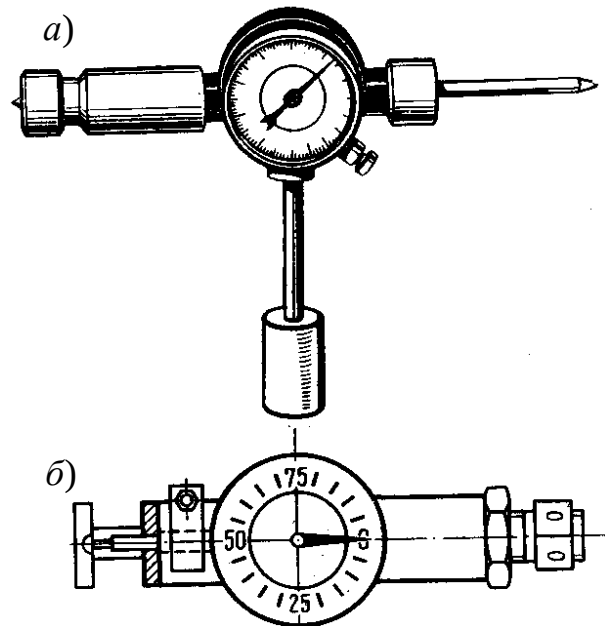


Рисунок А.4 – Приборы для измерения раскепов коленчатых валов: устанавливаемые в лунки (а); с плоскими упорами (б)

Кинематическая схема индикатора показана на рисунке А.6. На измерительном стержне 1 нарезана рейка 2, с которой сцепляется малая шестеренка 3, сидящая на одной оси с шестерней 4. Последняя сцепляется с малой шестеренкой 5, приводящей в движение стрелку 6. На одной оси с ними си-

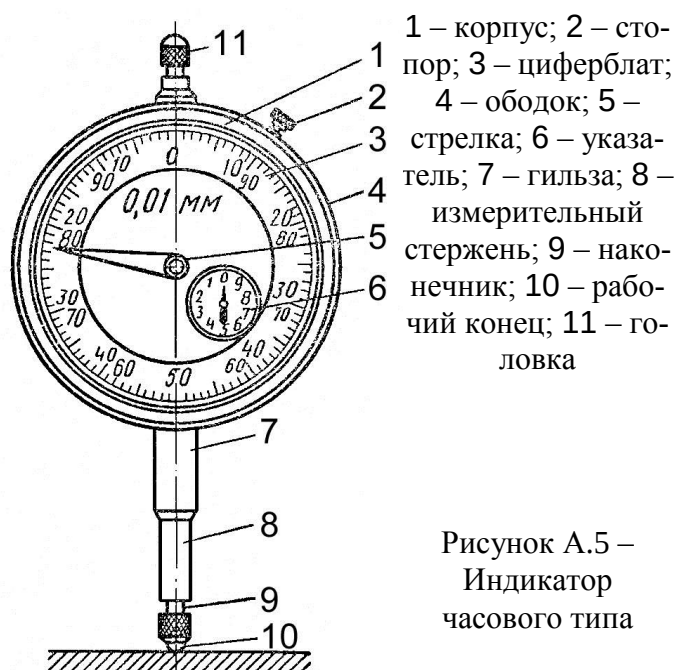


Рисунок А.5 –
Индикатор
часового типа

дит шестерня 7, сцепляющаяся с шестерней 8, находящейся под действием спиральной пружины 9, которая стремится всегда прижимать стержень 1 к измеряемой поверхности. Стрелка 10, показывающая целые миллиметры, приводится во вращение шестерней 11, сцепляющейся с шестерёнкой 3.

Для измерения раскёпов современных дизелей их производители предлагают электронные устройства различной комплектации.

Раскёпницу устанавливают в специально выбитые на щеках лунки (керны). Обычно они размещаются на расстоянии $0,5d$ от оси, проходящей через коренные шейки (где d – диаметр коренной шейки), на линии верхней образующей цилиндрической поверхности коренной шейки при положении кривошипа в НМТ (рисунок А.7). Но при наличии массивных противовесов для облегчения установки раскёпницы могут быть рекомендованы другие места. При этом нормы раскёпов будут выше из-за большего удаления раскёпницы от оси коренных шеек.

Для измерения раскёпов кривошипы устанавливают в определённые положения согласно схемам заводов-изготовителей.

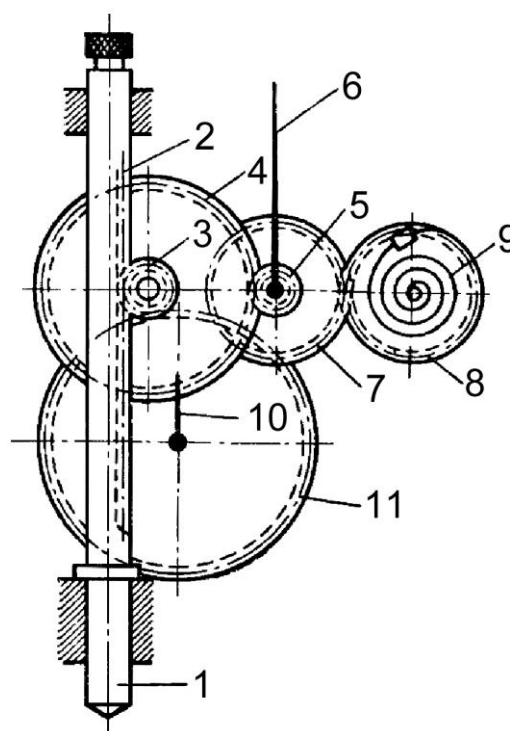


Рисунок А.6 – Кинематическая схема
индикатора

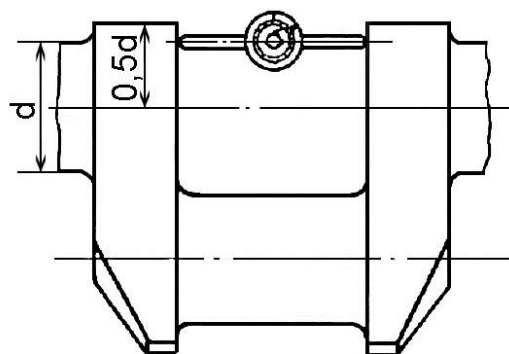


Рисунок А.7 – Типовое место
установки раскёпницы

А.3 Причины возникновения раскёпов

Это периодическое расхождение и схождение щек возникает при несоосности коренных подшипников или коренных шеек. Причинами их несоосности, в свою очередь, являются:

- износ нижних вкладышей коренных подшипников. В результате увеличивается просадка шейки и ее несоосность с соседними;
- деформация корпуса судна (из-за неблагоприятного размещения груза, после выполнения на нем сварочных работ, после посадки на мель, столкновения). Она передается на фундамент дизеля и, далее, на фундаментную раму и вызывает ее изгиб и несоосность постелей;
- износ фундаментных клиньев. Подтяжка ослабленных фундаментных болтов приводит к прогибу фундаментной рамы в этом месте и несоосности постелей;
- неравномерная затяжка анкерных связей из-за перетяжки или ослабления некоторых из них в результате износа в соединениях деталей остова и анкерной связи;
- нарушение центровки дизеля с валопроводом или генератором. Смещенный фланец задирает или прижимает книзу фланец коленчатого вала и изменяет положение коренных шеек.

Упрощенно, но наглядно, объяснение возникновения раскёпа (и связь между раскёпом и несоосностью коренных подшипников) показано с помощью рисунка А.8 [5].

В верхней части рисунка коренные шейки показаны соосными. Но, средний коренной подшипник (общий для двух соседних кривошипов) занижен по отношению к левому и правому коренным подшипникам. При работе силы давления газов будут восприниматься шатунными шейками и далее передаваться всем трем коренным. Они будут прижиматься к своим опорам. Допустим, что крайние коренные шейки останутся на своих местах. Но средняя шейка будет прогибаться вниз, прижимаясь к своей заниженной опоре. В результате неизбежно щеки разойдутся.

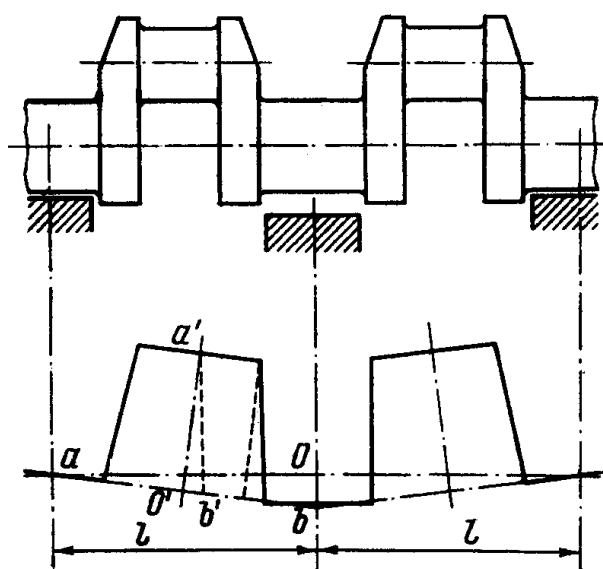


Рисунок А.8 – Связь между раскёпом и прогибом кривошипа

Зависимость между стрелой прогиба оси средней коренной шейки и величиной раскёпа может быть установлена из подобия прямоугольных треугольников Oab и $O'a'b'$. В треугольнике Oab катет $Oa = l$ является расстоянием между серединами соседних коренных шеек, а катет $Ob = f$ – стрелой прогиба оси шейки (или несоосностью коренного подшипника относи-

тельно теоретической оси коленчатого вала). В треугольнике $O'a'b'$ катет $O'a'$ равен радиусу кривошипа (т.е. половине хода поршня $S/2$), а катет $O'b'$ составляет $1/4$ раскепа ($T/4$).

Из подобия треугольников Oab и $O'a'b'$ следует:

$$\frac{O'b'}{Ob} = \frac{O'a'}{Oa}, \text{ или } \frac{T/4}{f} = \frac{S/2}{l} \quad (\text{A.1}).$$

$$\text{Откуда: } f = \frac{(T/4)l}{S/2} = \frac{Tl}{2S} \quad (\text{A.2}),$$

$$\text{или } T = \frac{f2S}{l} \quad (\text{A.3}).$$

Как видно, раскеп коленчатого вала конкретного дизеля прямо пропорционален несоосности коренных подшипников.

А.4 Опасность повышенных значений раскепов

Повышенные раскепы опасны по следующим причинам:

- при изготовлении коленчатого вала коренные и шатунные шейки со щеками соединяют под углом 90° . При раскепе этот угол, например, в соединении шатунной шейки со щекой, то увеличивается (на рисунке А.1 – вверху, слева), то уменьшается (на рисунке А.1 – внизу, слева). Соответственно попеременно возникают то растягивающие, то сжимающие напряжения в галтелях кривошипа, т.е. знакопеременные напряжения. Они вызывают усталость материала, накопление в нем повреждений и, в конечном итоге, его разрушение;

- при ступенчатости коренных подшипников сила давления газов распределяется по ним неравномерно: перегружается завышенная опора кривошипа, а заниженная недогружается, т.к. часть этой силы затрачивается на упругую деформацию коленчатого вала. В результате возникает опасность разрушения антифрикционного слоя завышенного и перегруженного подшипника;

- неблагоприятна также возникающая непараллельность коренных и шатунных шеек относительно осей своих подшипников. Шейки начинают контактировать с кромками вкладышами (на краях) из-за меньшего "давления всплытия" (см. подраздел 4.1), перегружают их и вызывают разрушение.

Из опыта известно, что **наступление усталостного разрушения** материала зависит от двух факторов – величины знакопеременных напряжений и количества их циклов. Для коленчатого вала такими факторами являются раскеп, пропорциональный величине знакопеременных напряжений в галтелях, и его ресурс. Так как ресурс коленчатого вала обычно не должен быть меньше полного ресурса дизеля, то ограничивают величину раскепа. Эта величина не должна вызывать знакопеременные напряжения, близкие к пределу выносливости (усталости) материала, тем более – превышающие его. Это условие можно проиллюстрировать с помощью кривой усталости материала (рисунок А.9) [6] в координатах числа циклов N и напряжения P_n . Получают

ее экспериментальным путем. Каждому разрушившемуся образцу на диаграмме соответствует одна точка с координатами N (число циклов до разрушения) и напряжения P_n . Как видно, по мере снижения напряжений крутизна кривой уменьшается и она асимптотически приближается к некоторой горизонтальной прямой на оси ординат, т.е. не пересекает ее. Эта горизонтальная прямая отсекает на оси ординат $0-P_n$ отрезок, величину которого P_r называют пределом выносливости (или усталости) материала. Его физический смысл – при этом или меньшем напряжении усталостные разрушения в материале не возникают при любом числе циклов.

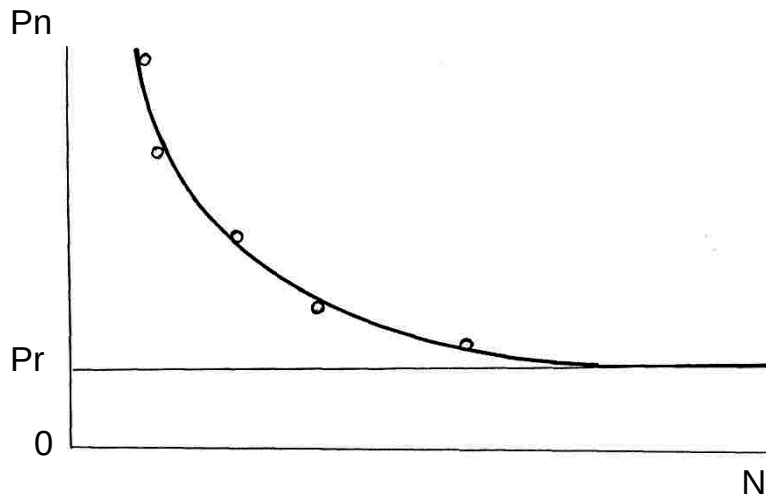


Рисунок А.9 – Кривая усталости материала

Это условие заложено в номограмме норм раскёпов коленчатых валов (рисунок А.10), которую можно использовать при отсутствии данных завода-изготовителя для исходных и предельных значений раскёпов. Секущими линиями ОБ, ОВ и ОГ ограничены области раскёпов (на оси абсцисс) в зависимости от хода поршня S (на оси ординат):

- в области ОАБО заключены построечные раскёпы, которые должны быть на новом дизеле. Например, если мы имеем дизель с ходом поршня 1000 мм (1 м), то, проводя от этого значения горизонтальную линию до пересечения с лучом ОБ, мы получим отрезок, характеризующий построечные раскёпы $0 \div 0,075$ мм. При этих значениях раскёпов знакопеременные напряжения в галтелях кривошипов значительно ниже предела выносливости материала коленвала;

- в области ОБВО заключены значения раскёпов, предельно допустимые в эксплуатации. Для рассматриваемого дизеля эти значения можно получить, продолжая горизонтальную линию дальше вправо, до пересечения с лучом ОВ. Возникающие при них знакопеременные напряжения находятся также ниже предела выносливости материала коленвала;

- в области ОВГО заключены значения раскёпов, при которых знакопеременные напряжения в галтелях уже приблизились к пределу выносливости материала коленчатого вала. Поэтому при первой возможности должна быть проведена переукладка коленчатого вала;

- в области правее луча ОГ раскёпы вызывают знакопеременные напряжения в галтелях коленчатого вала, превышающие предел выносливости его материала. Эксплуатация такого дизеля недопустима.



Рисунок А.10 – Номограмма норм раскёпов коленчатых валов

Могут быть использованы также следующие зависимости, согласующиеся с приведенной номограммой:

- построечные раскёпы не должны превышать значений, равных $0,0001 \times S$, где S – ход поршня, мм;
- значения раскёпов, предельно допустимые в эксплуатации, равны $0,00015 \times S$;
- при бóльших раскёпах ($> 0,00015 \times S$) необходимо произвести переукладку вала;
- если раскёпы превышают значения, равные $0,00025 \times S$, то эксплуатация дизеля недопустима.

Раскёп обязательно контролируют при ежегодных освидетельствованиях. Его контроль может быть чаще – по требованию завода-изготовителя или при работах, которые могли бы привести к его изменению.

А.5 Анализ повышенных значений раскёпов

Прежде чем выбрать способ исправления повышенных раскёпов, необходимо построить изогнутую линию коленчатого вала, характеризующую положение на ней коренных подшипников относительно его теоретической оси.

Один из простых способов построения изогнутой линии коленчатого вала в вертикальной плоскости (на примере двухтактного крейцкопфного дизеля MAN B&W) схематично показан на рисунке А.11. Величины раскёпов взяты из таблицы А.1.



Рисунок А.11 – Схема построения изогнутой линии коленчатого вала по величинам раскёпов

Таблица А.1 – Результаты замеров раскёпов

Положения кривошипа	Показания раскёпницы и раскёп на кривошипах, 10^{-2} мм						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
В или (НМТ ₁)	0	0	0	0	0	0	0
С или (ЛБ)	+6	+3	+6	-7	-8	+3	+6
Д или (ВМТ)	+12	+3	+13	-16	+12	+5	+5
Е или (ПрБ)	+6	+1	+7	-9	-4	+4	+1
А или (НМТ ₂)	0	+2	-2	+2	0	-4	0
Вертик. плоскость: D-(B+A)/2 или ВМТ-(НМТ ₁ +НМТ ₂)/2	+12	+2	+14	-17	-12	+7	+5
Гориз. плоскость: С-Е или ЛБ-ПрБ	0	+2	-1	+2	-4	-1	+5

Вначале изображают схему коленчатого вала в следующей последовательности:

- рисуют прямую горизонтальную линию, имитирующую теоретическую ось коленчатого вала с нулевыми раскёпами;
- в масштабе наносят на ней положения коренных подшипников, обозначая их, например, знаками "Δ" и нумеруя арабскими цифрами 1, 2 и т.д.;
- наносят на эту линию положения середин кривошипов, обозначая их, например, знаками "⊥" и нумеруя римскими цифрами I, II и т.д.

Строят изломанную линию коленчатого вала в следующей последовательности:

- наносят в масштабе на вертикальных линиях от середин кривошипов величины замеренных раскёпов, обозначая их точкой "•". Если раскёп положительный, его откладывают вниз от теоретической оси коленчатого

го вала, если он отрицательный – вверх. Это следует из правил знаков раскёпов – если прогиб коленвала выпуклый (направлен вверх), раскёп считают отрицательным, если прогиб вогнутый (направлен вниз) – раскёп считают положительным. В литературе и на практике встречаются схемы, когда над теоретической осью коленвала раскёпы считают положительными, а под ней – отрицательными. Очевидно, что в этом случае выводы о положении коренных подшипников относительно теоретической оси получаются противоположными – вместо завышенного положения подшипника его считают заниженным и наоборот;

- соединяют ломаной линией точки "●" величин раскёпов;
- на эту ломаную линию проектируют положения коренных подшипников, обозначая их, например, кружками "○". Крайние подшипники останутся на теоретической оси коленчатого вала.

Наконец, строят изогнутую линию коленчатого вала, соединяя её проекции коренных подшипников на изломанной линии. Наглядно видно, что коренные подшипники 1, 5 и 6 расположены выше остальных, а ниже – подшипники 2, 3, и 8.

При необходимости аналогично строят изогнутую линию коленчатого вала в горизонтальной плоскости.

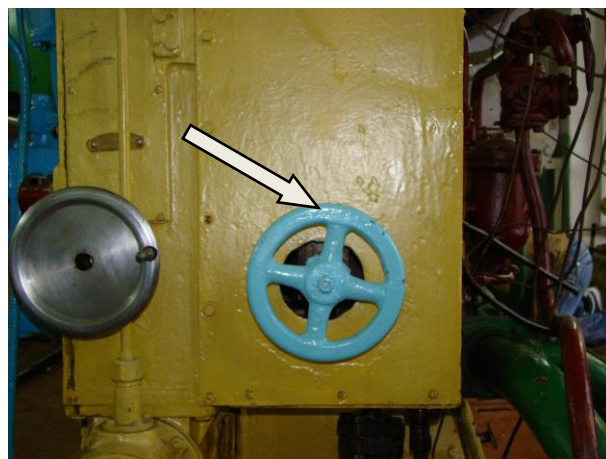
ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

**КОНТРОЛЬ РАСКЕПОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА
СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ 9Д (8ЧРН 30/38)**

Б.1 Подготовка дизеля к замерам раскепов

Б.1.1 Перед началом работы выполнить следующие *меры безопасности*, исключающие случайный пуск или проворачивание дизеля:

1) закрыть клапаны подачи воздуха на пусковом баллоне и на входе в дизель (рисунок Б.1), стравить воздух из пусковой магистрали;

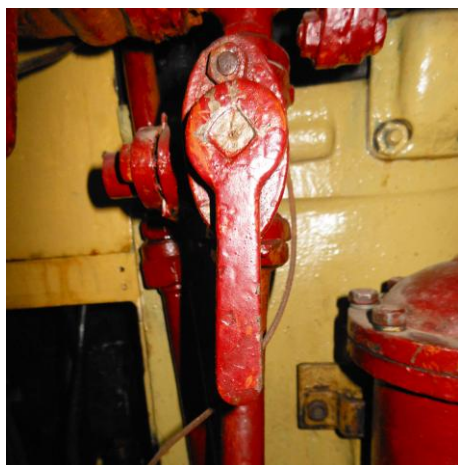


⇐а)

б)

Рисунок Б.1 – Закрытие клапанов
подачи воздуха на баллоне (а)
и на входе в дизель (б)

2) закрыть пробковый кран на топливном трубопроводе к топливным насосам (рисунок Б.2). Закрытое положение отмечено на торце квадрата пробки;



⇐ Кран открыт

Кран закрыт ⇒

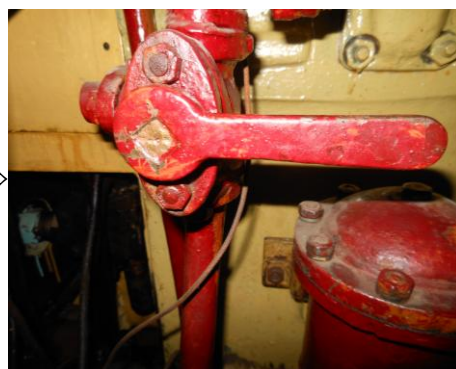


Рисунок Б.2 – Перекрытие топлива

3) на посту управления вывести табличку «Пуск запрещен! Работают люди!» (рисунок Б.3).

Б.1.2 Открыть индикаторные краны на крышках цилиндров (рисунок Б.4), чтобы в дальнейшем легко можно было вращать коленчатый вал дизеля вручную. После полного открытия индикаторного крана слегка повернуть его на закрытие, чтобы в дальнейшем легко было определить его положение – закрытое или открытое.



Рисунок Б.4 – Открытие индикаторных кранов



Рисунок Б.3 – Вывешивание предупредительной таблички

Б.1.3 Вскрыть лючки картера с обеих сторон дизеля (рисунок Б.5).

Б.1.4 Выполнить беглый осмотр внутри картера, обращая внимание на целостность сборки подшипников коленвала и распредвала, стопорения гаек и болтов (чтобы ничто не препятствовало вращению коленчатого вала).

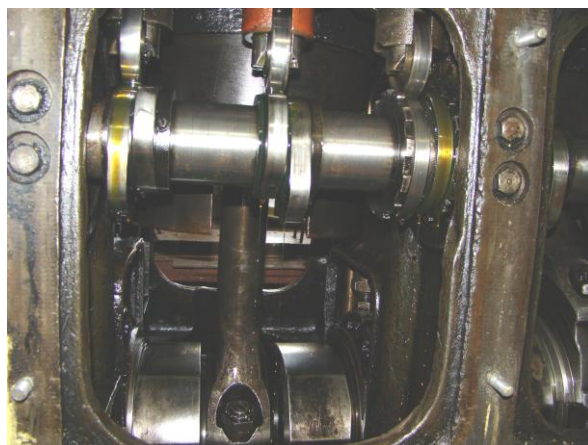


Рисунок Б.5 – Вскрытие лючков картера

Б.1.5 Прокачать дизель маслом ручным масляным насосом, энергично перекачивая его рукоятку (рисунок Б.6, а), пока из подшипников коленчатого вала, распределительного вала и толкателей не потечет масло (рисунок Б.6, б) и пока на манометре давление масла не поднимется до 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) (рисунок Б.6, в).



а)



б)



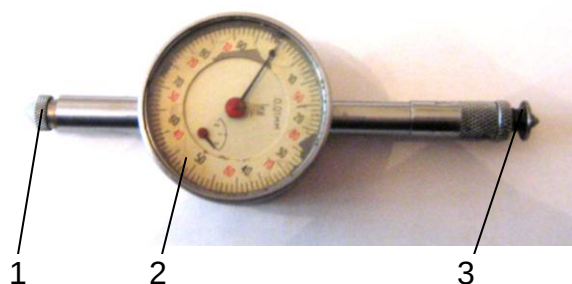
в) ⇒

Рисунок Б.6 – Прокачка дизеля маслом

Б.2 Подготовка раскeпницы к замерам раскeпов

Б.2.1 Ознакомиться с устройством раскeпниц.

Для замеров раскeпов используются раскeпницы двух типов (конструкций) – без корпуса и в корпусе (рисунок Б.7).



1

2

3

1 – подвижный упор; 2 – индикатор часового типа; 3 – неподвижный упор

Рисунок Б.7 – Общий вид раскeпниц



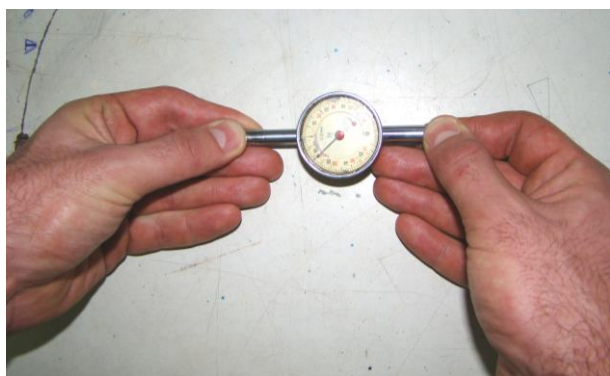
3

2

1

Каждая из них представляет собой индикатор часового типа 2, измерительный стержень которого соединен с подвижным подпружиненным упором 1. Противоположный неподвижный упор 3 соединен с корпусом индикатора.

Б.2.2 Проверить отсутствие заеданий, легкость хода подвижного подпружиненного упора, соединенного с измерительным стержнем индикатора. Для этого при свободном состоянии измерительного стержня совместить нулевое деление на шкале циферблата со стрелкой. Несколько раз нажать на подпружиненный упор и отпустить (рисунок Б.8). Стрелка индикатора должна возвращаться на нулевое деление циферблата.



а)



б)

Рисунок Б.8 – Проверка легкости хода расцепниц

Б.2.3 Разобраться со знаками показаний индикатора.

Обратить внимание, что циферблат индикатора имеет две шкалы: черную – с делениями от нуля до 100, увеличивающимися по часовой стрелке; красную – с делениями от нуля до 100, расположенными против часовой стрелки.

Нажать на подпружиненный упор, чтобы стрелка индикатора сделала один-два полных оборота и остановилась на нулевой отметке. Продолжить нажатие на подпружиненный упор. Стрелка индикатора при этом продолжит вращаться по часовой стрелке. Значит, ее показания должны считываться по черной шкале циферблата. Так как расстояние между упорами индикатора при этом уменьшается, показания, снимаемые по черной шкале, должны быть со знаком «минус» (по правилам знаков расцепов).

Ослабить нажатие на подпружиненный упор. Стрелка индикатора при этом начнет вращаться обратно – против часовой стрелки, пройдя нулевую отметку. Значит, ее показания должны считываться по красной шкале циферблата. Так как расстояние между упорами индикатора при этом увеличивается, показания, снимаемые по красной шкале, должны быть со знаком «плюс».

Кривошип №2

ВМТ

ЛБ

ПрБ

HMT₁

HMT₂

1

2

1 – положение шатунной шейки;
2 – положение раскепницы
Рисунок Б.9 – Схема положений
кривошипов при замере раскепов

ПрБ – правый борт;

ЛБ – левый борт;

НМТ₂ – вторая нижняя мертвая

Точка.

Таблица Б.1 – Результаты замеров раскёпов

Точка замера (положение кривошипа)	Показания раскёпницы и раскёп, мм									
	по черт.	пред. в экпл.	номер кривошипа							
ИМТ ₁	—	—	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
ПрБ										
ВМТ										
ЛБ										
ИМТ ₂										
Вертикальная плоскость: ВМТ–(ИМТ ₁ +ИМТ ₂)/2	0÷0,04	0,10								
Горизонтальная плоскость: ЛБ–ПрБ	0÷0,04	0,10								
Примечания: 1) нумерация цилиндров (и кривошипов) на дизеле 9Д – со стороны пульта управления (носа); 2) на дизелях зарубежного производства в соответствии с требованиями ISO 1204 или DIN 6265 нумерация цилиндров (и кривошипов) начинается с кормы (со стороны фланца отбора мощности).										

Две нижних мертвых точки используют для того, чтобы стержень шатуна не мешал установке расцепницы между щеками кривошипа.

Некоторые заводы-изготовители отмечают на круговой диаграмме не положения шатунной шейки, а расцепницы. При этом их располагают напротив положения шатунной шейки (одно из положений расцепницы обозначено кружком "о" на рисунке Б.9). При недостаточном опыте это может привести к путанице. Вместо значения раскепа в НМТ принимается значение раскепа в ВМТ. В итоге завышенное положение опоры принимается за пониженное. Поменяются местами значения бортовых раскепов. Чтобы избежать путаницы, следует исходить из положения шатунной шейки.

Б.4 Подготовка валоповоротного устройства

Б.4.1 Ознакомиться с работой валоповоротного устройства (рисунок Б.10).

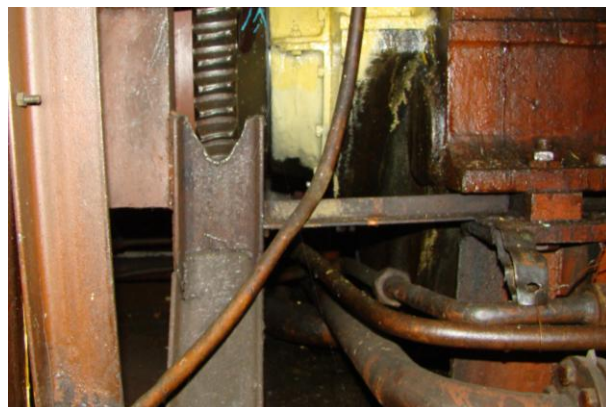


а)

а – вид спереди; б – вид изнутри;
в – вид сбоку

Рисунок Б.10 – Проворачивание
коленчатого вала
валоповоротным устройством

в)⇒



б)



Для этого валоповоротку опереть на упор и вставить между зубьями шестерни. Нажатием на валоповоротку сверху, как показано на рисунке Б.10, провернуть на несколько градусов коленчатый вал.

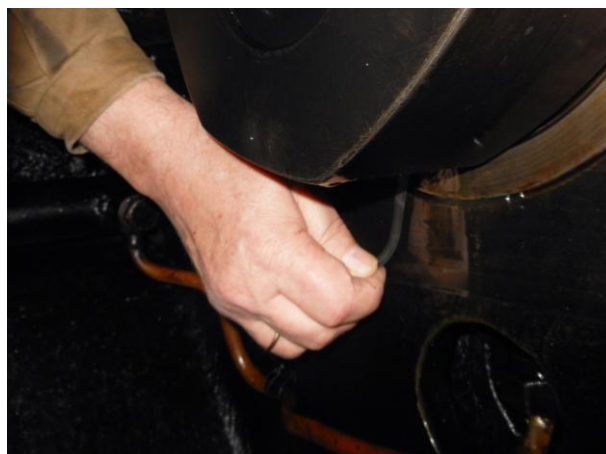
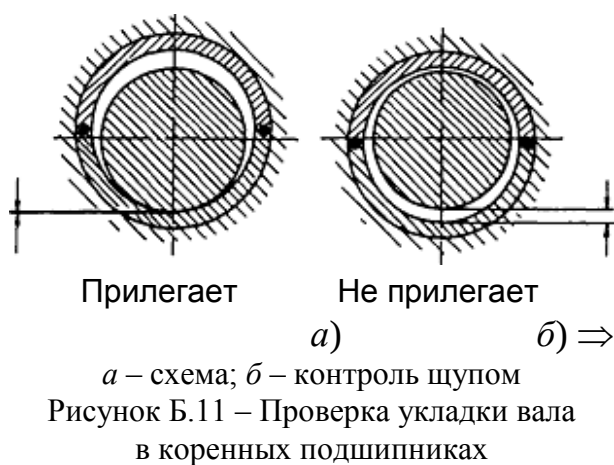
Обратить внимание, что с помощью валоповоротного устройства коленчатый вал будет вращаться против часовой стрелки (если смотреть со стороны фланца отбора мощности) (см. рисунок Б.9).

Б.5 Установка раскепницы

Б.5.1 Выбрать кривошип, положение которого наиболее близко к нижней мертвой точке ($НМТ_1$), например, № 3.

Б.5.2. Провернуть коленчатый вал валоповоротным устройством в положение, при котором выбранный кривошип установится в положение $НМТ_1$ (см. рисунок Б.9).

Б.5.3 Проконтролировать с помощью щупа 0,05 мм прилегание коренных шеек выбранного кривошипа к нижним вкладышам (рисунок Б.11). Он не должен проходить в стык между ними.



Если под шейкой будет зазор, то при работе коленчатый вал под давлением газов на поршень будет упруго изгибаться до соприкосновения коренной шейки с нижним вкладышем. Поэтому действительная величина раскепа будет больше замеренной на неработающем дизеле.

Б.5.4 Найти на ощупь на щеках выбранного кривошипа специально выбитые лунки для установки раскепницы (рисунок Б.12). На дизеле типа 9Д они размещены на краях щек. Если кривошип установить в $НМТ$, эти лунки будут размещены на линии верхней образующей цилиндрической поверхности коренной шейки, как показано на рисунке А.7.

Тщательно очистить лунки от грязи.

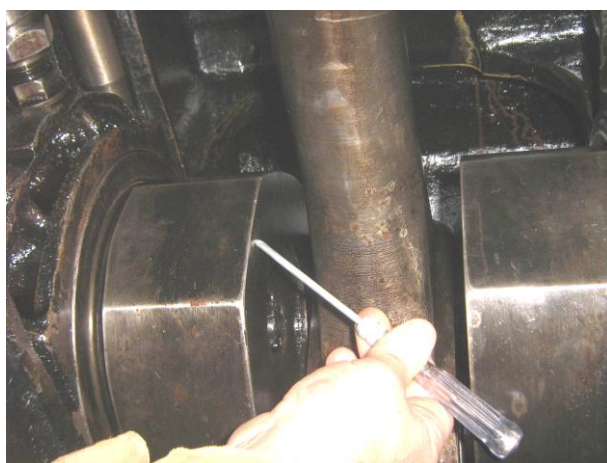
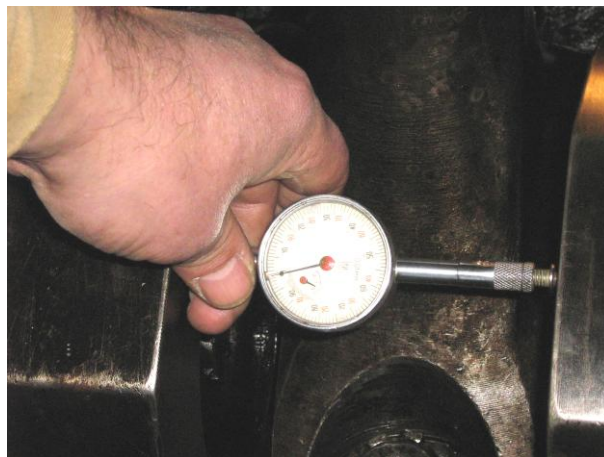


Рисунок Б.12 – Расположение лунок на щеках кривошипа для установки раскепницы

Б.5.5 Установить в них раскепницу (рисунок Б.13).

Подпружиненный упор ввести в лунку, нажать на него, уменьшив длину между упорами и ввести неподвижный упор в другую лунку. Данные упоры должны плотно сесть в лунки, с натягом не менее 1 мм (проверить по циферблату индикатора). В противном случае возможен срыв раскепницы с лунок при вращении кривошипа. При необходимости снять раскепницу и отрегулировать натяг вывинчиванием стержня регулируемого упора. Проверить, чтобы раскепница могла вращаться в лунках, т.е. ей не мешает шатун. При необходимости слегка повернуть коленчатый вал.



⇐ нос

⇐ корма ⇒

Рисунок Б.13 – Установка раскепницы при положении кривошипа в нижней мертвой точке (НМТ₁)

Б.5.6 Вращая циферблат, совместить его нулевое деление со стрелкой. Несколько раз провернуть за корпус раскепницу в лунках на полные обороты. Показания раскепницы не должны измениться. Если они изменились, снять раскепницу, снова тщательно протереть лунки и повторить операции.



Подтвердить исходную установку раскепницы фотографией, как показано на рисунке Б.14, и включить это фото в отчет.



⇐ нос

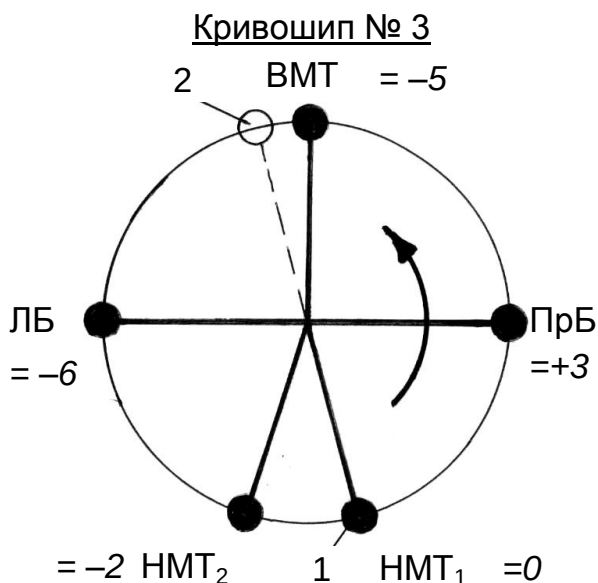
⇐ корма ⇒

Рисунок Б.14 – Исходное положение раскепницы при положении кривошипа в нижней мертвой точке (НМТ₁)

Б.6 Контроль раскепов и запись результатов

Б.6.1 Записать на соответствующей схеме контролируемого кривошипа нулевое показание индикатора при его положении в НМТ₁ (см. рисунок Б.15).

Б.6.2 Аккуратно, с помощью валоповоротного устройства, повернуть коленчатый вал почти на 90°, пока кривошип (шатунная шейка) не окажется на правом борту, если смотреть со стороны маховика. Раскепница при этом окажется на противоположном – левом борту (см. рисунок Б.16).



1 – положение шатунной шейки;
2 – положение раскeпницы
Рисунок Б.15 – Схема записи показаний раскeпницы при замере раскeпов

Снять показание индикатора с учетом знаков ("+" или "-").

Если стрелка индикатора отклонится влево (измерительный стержень выдвинется, расстояние между щеками увеличится, значит, они расходятся), поставить знак «плюс». Если стрелка индикатора отклонится вправо (щеки сходятся) – знак «минус».

Записать показания индикатора на соответствующей схеме положений кривошипа, рядом с положением шатунной шейки (см. рисунок Б.15). Обычно их записывают целыми числами, понимая под ними сотые доли миллиметра.

Б.6.3 Также аккуратно проверить коленчатый вал еще на 90°, т.е. установить кривошип в ВМТ. Раскeпница при этом окажется внизу, обращенная циферблатом индикатора книзу (рисунок Б.17).



Подтвердить данное положение раскeпницы фотографией, как показано на рисунке Б.17, и включить это фото в отчет.



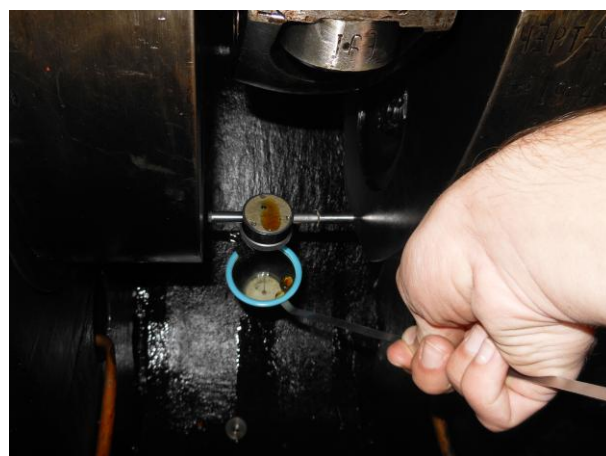
Подтвердить данное положение раскeпницы фотографией, как показано на рисунке Б.16, и включить это фото в отчет.



← нос

корма →

Рисунок Б.16 – Снятие показаний раскeпницы при положении кривошипа на правом борту (ПрБ)



← нос

корма →

Рисунок Б.17 – Снятие показаний раскeпницы при положении кривошипа в верхней мертвой точке (ВМТ)

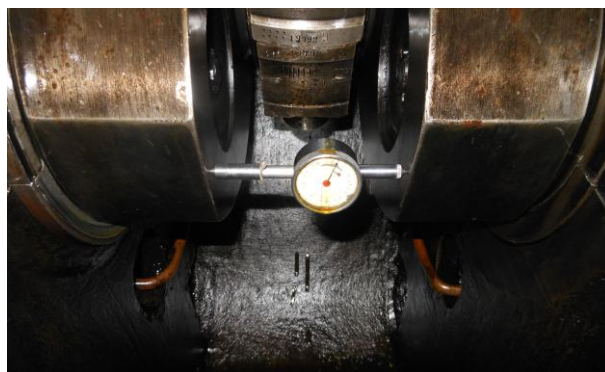
Снять показание индикатора и записать его значение на соответствующей схеме (см. рисунок Б.15).

Ни в коем случае не поворачивать индикатор за корпус, чтобы увидеть циферблат, т.к. может нарушиться его посадка в лунках. Для наблюдения за показаниями циферблата использовать зеркало (см. рисунок Б.17).

Б.6.4 Провернуть коленчатый вал еще на 90° , пока кривошип (шатунная шейка) не окажется на левом борту, если смотреть со стороны фланца отбора мощности (см. рисунок Б.15). Раскепница при этом окажется на противоположном – правом борту (рисунок Б.18).



 Подтвердить данное положение распечаткой фотографии, как показано на рисунке Б.18, и включить это фото в отчет.



← корманос →
Рисунок Б.18 – Снятие показаний
индикатора при положении кривошипа
на левом борту (ЛБ)

Снять показание индикатора, записать его значение на соответствующей схеме (см. рисунок Б.15).

Б.6.5 Провернуть коленчатый вал еще почти на 90° , т.е. установить кривошип возможно ближе к НМТ. Стержень шатуна приблизится максимально возможно к раскепнице. При дальнейшем вращении коленчатого вала он сорвет раскепницу. Это будет положение НМТ₂ (см. рисунок Б.15).



 Подтвердить данное положение раскрепницы фотографией, как показано на рисунке Б.19, и включить это фото в отчет.



← корма нос →
 Рисунок Б.19 – Снятие показаний
 индикатора при положении кривошипа
 в нижней мертвой точке (НМТ₂)

Снять показание индикатора, в нижней мертвой точке (НМТ) и записать его значение на соответствующей схеме (см. рисунок Б.15).

Показание индикатора в точке НМТ₂ должно совпасть с начальным в точке НМТ₁, т.е. должно быть равным нулю. Если несовпадение больше 0,01-0,02 мм, значит было нарушено положение раскепницы в кернах. Необходимо повторить замер раскепов сначала.

Б.6.7 Перенести показания раскeпницы в таблицу Б.1 и подсчитать раскeпы:

- в вертикальной плоскости – как разность показаний индикатора при положениях кривошипа в ВМТ и НМТ (среднее из показаний в точках НМТ₁ и НМТ₂;

- в горизонтальной плоскости – как разность показаний индикатора при положениях кривошипа на левом (ЛБ) и правом борту (ПрБ).

Не забывать, что вертикальный и горизонтальный раскeпы подсчитываются как *алгебраическая разница* показаний индикатора в соответствующих противоположных положениях кривошипа. Например:

- если при положении кривошипа на левом борту (ЛБ) показание раскeпницы = –0,06 мм, а на правом борту (ПрБ) = –0,03 мм, то раскeп будет равен:

$$(\text{ЛБ}) - (\text{ПрБ}) = (-0,06) - (-0,03) = -0,06 + 0,03 = -0,03 \text{ (мм)};$$

- если при положении кривошипа на левом борту (ЛБ) показание раскeпницы = –0,06 мм, а на правом борту (ПрБ) = +0,03 мм, то раскeп будет равен:

$$(\text{ЛБ}) - (\text{ПрБ}) = (-0,06) - (+0,03) = -0,06 + (-0,03) = -0,09 \text{ (мм)}.$$

Б.6.8 Поочередно переставить раскeпницу на остальные кривошипы, выбирая по положению, ближайшему к нижней мертвой точке (НМТ₁), руководствуясь указаниями п.п. Б.5.1-Б.5.6, и замерить величины раскeпов, руководствуясь указаниями п.п. Б.6.1-Б.6.7.

Б.7 Анализ результатов замера раскeпов

Б.7.1 Составить заключение о величинах замеренных раскeпов коленчатого вала с учетом следующих требований завода-изготовителя:

- установочный минимальный 0,00 мм;
- установочный максимальный 0,04 мм;
- предельно допустимый 0,10 мм.

Сравнить указанные нормы с типовыми, приведенными на номограмме (см. рисунок А.4).

Б.7.2 Построить изогнутую линию коленчатого вала по величинам раскeпов, руководствуясь указаниями раздела А.2 Приложения А.

Составить заключение о положении опор коленчатого вала.

ПРИЛОЖЕНИЕ В **(обязательное)**

ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

В.1 Результаты выполненной лабораторной работы должны быть оформлены на листах формата А4 как раздел общего Отчета по лабораторным работам по дисциплине.

В.2 Титульный лист общего Отчета должен содержать:

- вверху – названия университета, института и кафедры (как на титульном листе данных методических указаний);
- в середине – название документа: "ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ" с названием дисциплины;
- ниже справа:
 - Выполнил студент группы (с указанием шифра группы, фамилии, И.О. студента);
 - Проверил (с указанием должности, фамилии, И.О. преподавателя);
 - внизу посередине – "г. Севастополь, текущий календарный год.

В.3 Отчет по выполненной лабораторной работе должен содержать ее название (как в методических указаниях) и включать следующие разделы:

- 1) цель и задачи лабораторной работы;
- 2) характеристика рабочего места;
- 3) результаты выполненной лабораторной работы.

В.4 Цель и задачи лабораторной работы должны соответствовать требованиям к профессионально-специализированным компетенциям: ПСК-31 "Техническое обслуживание и ремонт, такие как разборка, настройка и сборка механизмов и оборудования"; ПСК-32 "Использование надлежащих специализированных инструментов и измерительных приборов" (как в разделе 1 методических указаний).

Г.5 Характеристика рабочего места должна включать тип дизеля, с которым проводилась работа, и перечень использованных инструментов и приспособлений (как в разделе 2 методических указаний).

Г.6 Результаты выполненной лабораторной работы должны содержать:

- схемы положений восьми кривошипов с показаниями раскепницы при замере раскепов (как на рисунке Б.16);



- фотографии положений раскепницы для всех положений кривошипа (одного из замеренных) при замере раскепов (как на рисунках Б.15 и Б.17-Б.19);

- таблицу результатов замеров расцепов (как таблицу Б.1);
- схему изогнутой линии коленчатого вала по величинам расцепов (как на рисунке А.7);
- заключение о положении коренных подшипников коленчатого вала.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ВЫПОЛНЕННОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Г.1 Понятие раскепа, причины возникновения, опасность повышенных значений и их анализ

- 1 Что называют раскепом коленчатого вала?
- 2 Нарисовать схему, иллюстрирующую понятие раскепа коленчатого вала.
- 3 Когда вертикальный раскеп коленчатого вала считают положительным?
- 4 Когда вертикальный раскеп коленчатого вала считают отрицательным?
- 5 Нарисовать схему, иллюстрирующую положительный вертикальный раскеп коленчатого вала.
- 6 Нарисовать схему, иллюстрирующую отрицательный вертикальный раскеп коленчатого вала.
- 7 Когда горизонтальный раскеп коленчатого вала считают положительным?
- 8 Когда горизонтальный раскеп коленчатого вала считают отрицательным?
- 9 Пояснить с помощью схемы запоминание положительного и отрицательного раскепов коленчатого вала.
- 10 Какими средствами измеряют раскепы коленчатого вала?
- 11 Нарисовать схему установки раскепницы на кривошипе.
- 12 В чем первопричина повышенных раскепов коленчатого вала?
- 13 Перечислить причины повышенных раскепов коленчатого вала.
- 14 Объяснить опасности повышенных раскепов коленчатого вала.
- 15 Нарисовать кривую усталости материала, объясняющую поломку коленчатого вала из-за повышенных раскепов.
- 16 Объясните физический смысл предела усталости (выносливости) материала применительно к нормам раскепов коленчатого вала.
- 17 Привести номограмму норм раскепов коленчатых валов (без значений) и объяснить ее применение.
- 18 Объяснить схему построения изогнутой линии коленчатого вала по значениям раскепов

Г.2 Порядок контроля раскепов коленчатого вала

- 1 Перечислить меры безопасности, исключаящие случайный пуск или проворачивание дизеля при замере раскепов.

-
- 2 Объяснить устройство раскепницы (на натурном образце).
 - 3 Объяснить устройство индикатора часового типа (на натурном образце).
 - 4 Объяснить порядок проверки раскепницы перед измерениями раскепов.
 - 5 Объяснить, какие знаки должны быть при считывании показаний индикатора с черной или красной шкалы.
 - 6 Нарисовать схему положений кривошипов и раскепницы при замере раскепов.
 - 7 Нарисовать форму таблицы для записи результатов замеров раскепов.
 - 8 Пояснить правила нумерации кривошипов.
 - 9 Перечислить порядок установки раскепницы на кривошипе.
 - 10 Объяснить, почему нельзя поворачивать индикатор раскепницы при считывании показаний?
 - 11 Как убедиться, что при замере раскепов не было нарушено положение раскепницы в кернах?
 - 12
 - 13 Подсчитать значения раскепа, если получены следующие показания индикатора при диаметральных положениях кривошипа:
 - на левом борту (ЛБ) = $-0,07$ мм, на правом борту (ПрБ) = $-0,02$ мм;
 - на левом борту (ЛБ) = $-0,07$ мм, на правом борту (ПрБ) = $+0,02$ мм.
 - 14 Пояснить, как по данным замеров раскепов построить изогнутую линию коленчатого вала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Model Course 7.04. Officer in Charge of an Engineering Watch. – London: IMO, 2014. – 238 p.
- 2 Дизель 9Д. Описание и инструкция по эксплуатации. – М.: Внешторгиздат. – 242 с.
- 3 Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года с поправками. Издание 2011 года. – Лондон: ММО, 2013. – 425 с.
- 4 Рукавишников Н.Ф. Ремонт судовых дизелей. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1978. – 360 с.
- 5 Сопротивление материалов / Г.С.Писаренко, В.А.Агарев, А.Л.Квитка, В.Г.Попков, Э.С.Усманский. Под ред. Г.С.Писаренко. 5-е изд., перераб. и доп. – К: Вища школа, 1986. – 775 с.
- 6 Шерстнев Н.В., Калякин О.Б. Контроль раскёпов коленчатого вала судового дизеля 9Д (8ЧРН30/38). Учебно-технический плакат к лабораторной работе по дисциплине "Технология технического обслуживания и ремонта судов" / Н.В.Шерстнев, О.Б.Калякин. – Севастополь: ФГАОУВО "СевГУ", 2018.
- 7 Шерстнев Н.В., Калякин О.Б. Контроль раскёпов коленчатого вала судового двигателя. Методические указания к лабораторной работе по дисциплине "Техническое обслуживание, диагностика и ремонт судовых технических средств" / Н.В.Шерстнев, О.Б.Калякин. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2011. – 23 с.
- 8 Шерстнев Н.В. Обслуживание и ремонт судовых дизелей. Учебное пособие. 3-е изд., перераб. и доп. / Н.В. Шерстнёв. – Севастополь: Рибест, 2018. – 910 с.

**Контроль раскёпов коленчатого вала
судового дизеля 9Д (8ЧРН 30/38)**

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине
"Технология технического обслуживания и ремонта судов"

Разработчики:

Шерстнев Николай Васильевич, доцент, канд. техн. наук;
Калякин Олег Борисович, старший преподаватель

Издано в авторской редакции

Подписано к печати 06.11.18 г. Изд. № 99/18. Зак. 76/18. Тираж 25 экз.
Объем 2 п. л. Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,96.
Формат бумаги 60×84 1/16

РИИЦМ ФГАОУВО "Севастопольский государственный университет"