


«УТВЕРЖДЕНО»

Приказом № 01/ОБ от «14» 08 2024 г.

Генеральный директор ООО УЦПК «ВИБРО-ЛАЗЕР»

 /В.В. Севастьянов/



августа 2024 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ  
VL-01 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ЦЕНТРОВКЕ И МОНТАЖУ ОБОРУДОВАНИЯ»  
(полное наименование программы ДПО)

форма подготовки: очная

объем (трудоемкость): 40 часов

Составители:

Методист ДПО: Севастьянов В. В.  
Технический консультант: Семенов Ф.В.

г. Санкт-Петербург

2024 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....	3
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ .....	4
1.1. Цель и задачи реализации образовательной программы .....	4
1.2. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимые для освоения программы .....	5
1.3. Планируемые результаты обучения.....	5
1.4. Трудоемкость, режим занятий, форма обучения и аттестации.....	6
1.5. Календарный учебный график.....	6
2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ .....	7
2.1. Учебный план.....	7
2.2. Рабочая программа .....	7
3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ .....	111
3.1. Материально - техническое обеспечение лекционных и практических занятий .....	111
3.2. Методическое обеспечение программы (для выдачи учащимся):.....	131
3.3. Информационное обеспечение программы .....	143
3.4. Информационное обеспечение программы.....	14
4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСНОВЕНИЯ ПРОГРАММЫ.....	15
Приложение № 1 АТТЕСТАЦИОННЫЙ ТЕСТ.....	16
Приложение № 2 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА.....	26

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа VL-01 «Специалист по центровке и монтажу оборудования» является образовательной программой дополнительного профессионального образования (ДПО) повышения квалификации специалистов на базе среднего профессионального и (или) высшего профессионального образования в области эксплуатации, ремонта, технического надзора и обслуживания промышленного оборудования.

Программа разработана в соответствии с основными нормативно-правовыми документами:

- Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
- Приказ Министерства образования и науки РФ от 1 июля 2013 г. № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам».
- Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих (ЕКС): раздел «Общепрофессиональные квалификационные характеристики должностей работников, занятых на предприятиях, в учреждениях и организациях» и «Квалификационные характеристики должностей работников, занятых в научно-исследовательских учреждениях, конструкторских, технологических, проектных и изыскательских организациях», утвержденные Постановлением Минтруда РФ от 21.08.1998 № 37.
- Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих (ЕКС): раздел «Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих организаций электроэнергетики», утвержденные Постановлением Минтруда РФ от 29.01.2004 № 4.
- Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих (ЕКС): раздел «Квалификационные характеристики должностей работников организаций атомной энергетики», утвержденный Приказом Минздравсоцразвития РФ от 10.12.2009 № 977.

**Предметом** изучения данной программы ДПО является методология, соответствующая лучшим отраслевым практикам измерения, анализа и коррекции, связанная с подготовкой вращающихся механизмов, соединенных посредством гибкой муфты, к пуску и эксплуатации, и относящиеся к требованиям его монтажа на фундаментные основания и выставлению соосности вращения приводной машины относительно стационарной. Примером таких машин могут являться электродвигатели, приводящие во вращение насосы, компрессоры, вентиляторы, редукторы или подобные механизмы. Изучаются условия монтажа, только непосредственно влияющие на соосность валов, вводится система оценки допустимых значений несоосности валов и правила перемещения корпусов механизмов для достижения идеальной центровки.

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Данная программа является программой дополнительного профессионального образования повышения квалификации на базе высшего и (или) среднего профессионального образования.

### 1.1. Цель и задачи реализации образовательной программы

**Цель реализации образовательной программы** – освоение знаний, умений и навыков необходимых для проведения работ по центровке (устранение нарушения соосности вращения) муфтовых соединений вращающихся механизмов и их надлежащему монтажу на фундаментные основания. Рассматриваются вращающиеся машины как соединенные гибкими муфтами, так без соединения (проверка оси вращения), а также соединения с промежуточным валом (промвставка) и нормирование допустимых величин несоосности в каждом случае. Изучаются вопросы геометрических измерений прямолинейность и плоскостность (прямоугольная и круглая поверхности)

Исходя из поставленной цели, программа повышения квалификации рассчитана на **решение задач**, связанных с изучением последовательности операций при проведении работ по центровке муфтовых соединений вращающихся механизмов, включая:

- оценку необходимости проведения работ, диагностические признаки наличия нарушений соосности вращения осей валов механизмов;
- выбор метода измерений и требования к инструментальным средствам (системы с часовыми индикаторами и лазерные измерительные системы);
- выбор (при необходимости расчет) требуемых допусков на угловую и параллельную несоосность в зависимости от типа муфты и скорости вращения роторов;
- предварительные действия, в том числе:
  - требования к фундаментам, трубным соединениям насосных агрегатов и затяжке всех элементов креплений;
  - оценка биений валов и полумуфт;
  - оценка равномерности распределения нагрузки на опорах механизма, устранение дефекта «мягкая лапа» центровочными пластинами и регулируемые опоры;
  - оценка необходимости и порядок учета тепловых и динамических смещений осей роторов во время работы механизмов;
  - грубая центровка, устранение эффекта провисания механизма на муфте;
- выполнение процедуры точной центровки агрегатов и валопроводов;
- оценка качества проведенных работ и документирование результатов.

**Решение задач**, связанных с изучением работы лазерных систем измерений, функционал которых имеет возможность проводить оценку точности геометрических замеров, включая:

- особенности работы конструкций лазерных измерительных систем центровки, в т.ч.:
  - с одним лазером и одним или двумя приемниками;
  - с двумя лазерами и одним или двумя приемниками;
  - цифровая и аналоговая технологии работы приемников;
- выбор метода проведения замеров лазерными системами центровки:
  - «часовой» метод (9-0-3);
  - метод «усеченный угол» или «три произвольных замера»;
  - «многоточечный» метод;
  - «непрерывный» метод;
- проведение геометрических измерений:
  - прямолинейность;

- плоскостность (круглая и прямоугольная);
- «скручивание» рам и фундаментных конструкций

Для решения указанных задач проводится теоретическая подготовка и организуются практические занятия с использованием измерительных систем, включая: механические (щупы, лекальные линейки), индикаторные (часовые индикаторы) и лазерные (приборы лазерной центровки и выверки геометрии оборудования). В качестве оборудования для проведения практических работ используются тренировочные стенды, приборная база и системы, реализуемые от торгового бренда VIBRO-LASER™ .

### ***1.2. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимого для освоения программы***

Категория слушателей: лица с высшим или средним профессиональным образованием, специалисты, занятые в области технического обслуживания, ремонта и эксплуатации вращающихся машин и механизмов, занимающиеся монтажом и выставлением соосности (центровкой) валов.

Программа ДПО рекомендована для следующих должностей и профессий: главный (ведущий) специалист: инженер, энергетик, инженер по техническому надзору, инженер по эксплуатации оборудования, инженер по наладке и испытаниям, инженер по оборудованию, инженер-электрик.

Наличие высшего или среднего профессионального образования должно подтверждаться дипломом.

### ***1.3. Планируемые результаты обучения***

После изучения программы ДПО повышения квалификации VL-01 «Специалист по центровке и монтажу оборудования», учащийся должен продемонстрировать следующие результаты:

#### **- знать:**

- основы физических процессов, на которых базируется контроль несоосности и центровка;
- основные понятия, термины и определения используемые при центровке оборудования;
- последовательность действий при центровке оборудования;
- места установки измерительных модулей;
- правила и порядок монтажа крепежа для центровки;
- причины возможных погрешностей измерений;
- нормативные показатели, определяющие качество работ по центровке;
- правила составления отчетной документации по результатам работ;
- правила техники безопасности и безопасной работы по центровке и геометрическим измерениям.

#### **- уметь:**

- производить настройку системы центровки в зависимости от особенностей контролируемого оборудования и характера поставленных задач;
- производить установку приспособлений, приборов и систем центровки (в том числе использующие лазерные излучатели и приемники);
- производить измерения несоосности разными методиками и надлежащим образом проводить регулировочные и монтажные работы;
- классифицировать результаты контроля несоосности, центровки и оценивать значения несоосности в соответствии с нормативными требованиями.

#### **- иметь навыки:**

- установки и настройки приспособлений, приборов и систем центровки (в том числе использующие лазерные излучатели и приемники);
- проведения измерений несоосности оборудования;
- проведения геометрических измерений (прямолинейность и плоскостность) лазерными системами;
- оформления отчетной документации по результатам проведенных измерений.

#### 1.4. Трудоемкость, режим занятий, форма обучения и аттестации

Артикул: VL-01

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе: 40 академических часов.

Формы обучения: очная

Продолжительность ежедневных учебных занятий: 8 (восемь) академических часов (1ак.час = 45 мин).

Форма аттестации: по окончании обучения проводится итоговая аттестация в установленном порядке (тестирование в электронной форме и практическая работа). По результатам итоговой аттестации выдается Удостоверение о повышении квалификации, установленного обучающей организацией образца.

№ п/п	Наименование программы обучения	Часов	Дней	Месяцы года											
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	VL-01 «Специалист по центровке и монтажу оборудования»	40	6	В течение года, по мере набора группы.											

#### 1.5. Календарный учебный график

Форма обучения	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	Итого количество часов
Лекции	6	5	5	4	2	-	40
Практические занятия	2	3	3	4	4	-	
Итоговая аттестация	-	-	-	-	-	2	
<b>Итого</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Учебный план

№	Наименование разделов / модулей	Количество часов			Форма контроля /итоговая аттестация
		Всего часов	Лекции	Практические занятия	
	<b>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА в т.ч.:</b>	<b>22</b>		-	
1	Техническая диагностика и виброналадка	4	4	-	Текущий контроль
2	Физические основы центровки	4	4	-	Текущий контроль
3	Алгоритмы действий при проведении работ по центровке и монтажу оборудования	6	6	-	Текущий контроль
4	Системы центровки VIBRO-LASER	4	4	-	Текущий контроль
5	Методы контроля геометрических параметров оборудования	4	4	-	Текущий контроль
	<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА в т.ч.:</b>	<b>16</b>	-	16	
6	Предварительные действия	2	-	2	Текущий контроль
7	Проведение процедуры центровки	6	-	6	Текущий контроль
8	Контроль геометрических параметров (прямолинейность и плоскостность)	4	-	4	Текущий контроль
9	Оценка качества выполненных работ по центровке и монтажу оборудования вибрационными испытаниями. Определение причин оставшейся вибрации	2	-	2	Текущий контроль
10	Составление отчетной документации	2	-	2	Текущий контроль
	<b>Итоговая аттестация</b>	<b>2</b>	-	<b>2</b>	<b>Тестирование в электронной форме и практическая работа</b>
	<b>Всего академических часов:</b>	<b>40</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	

### 2.2. Рабочая программа

№	Наименование разделов, дисциплин и тем	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Форма контроля*
<b>1.</b>	<b>Техническая диагностика и виброналадка</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	-	<b>Текущий контроль</b>
1.1.	Стратегии диагностики и формы технического обслуживания и ремонта		1	-	
1.2.	Определение надежности оборудования и качества выполняемых работ		1	-	
1.3.	Статистика основных причин выхода из строя оборудования		1	-	
1.4.	Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. Понятие виброналадки		0,5	-	

1.5.	Обзор решений задач ТдиНК		0,5	-	
<b>2.</b>	<b>Физические основы центровки</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	-	
2.1.	Нормативная база руководящих документов (РД) по центровке и монтажу оборудования		1	-	<i>Текущий контроль</i>
2.2.	Термины и определения: оси вращения, соосность, угол перекоса, смещение, излом		1	-	
2.3.	Признаки наличия несоосности, контроль эксплуатационных параметров оборудования.		1	-	
2.4.	Обзор основных методик центровки (механические, часовые индикаторы, лазерные системы). Формулы расчета несоосности и требуемых величин перемещений		0,5	-	
2.5.	Польза от мероприятий по центровке		0,5	-	
<b>3.</b>	<b>Алгоритмы действий при проведении работ по центровке и монтажу оборудования</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	-	
3.1.	Цели и задачи контроля и проведения центровки механо-технологического оборудования		1	-	<i>Текущий контроль</i>
3.2.	Меры безопасности при проведении работ по центровке оборудования		0,5	-	
3.3.	Выбор метода измерений и требования к инструментальным средствам		0,5	-	
3.4.	Отличительные особенности измерительных матриц лазерных систем центровки		1	-	
3.5.	Выбор (правила самостоятельного расчета) требуемых допусков на угловую и параллельную несоосность в зависимости от типа муфты и скорости вращения роторов		1	-	
3.6.	Правила и допустимые пределы перемещений механизмов при центровке		1	-	
3.7.	Требования к специалистам по центровке и монтажу оборудования		1	-	
<b>4.</b>	<b>Системы центровки VIBRO-LASER</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	-	
4.1.	Комплектация и программное обеспечение систем лазерной центровки VIBRO-LASER BASE, STANDART, PRO, EXPERT – правила выбора системы для Потребителя		2	-	<i>Текущий контроль</i>
4.2.	Быстрый старт и правила работы с системами центровки VIBRO-LASER. Выбор метода проведения замеров: часовой (9-12-3); усеченный угол (от 40°); многоточечный, непрерывный		2	-	
<b>5.</b>	<b>Методы контроля геометрических параметров оборудования</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	-	
5.1.	Термины и определения, используемые при геометрических измерениях. Нормативные документы, регламентирующие методы измерения геометрических параметров		1	-	<i>Текущий контроль</i>
5.2.	Прямолинейность (3D-представление данных)		1	-	
5.3.	Плоскостность (3D-представление данных): • измерение плоскостности прямоугольных поверхностей (рамы, фундаменты)		1	-	



	• измерение плоскостности круглых поверхностей				
5.4.	Выверка (юстировка) шкивов ременных передач		1	-	
<b>6.</b>	<b><i>Предварительные действия</i></b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>Текущий контроль</b>
	Расчет времени, необходимого для проведения работ в зависимости от задачи		-		
	Требования к фундаментам, трубным обвязкам и обтяжке элементов креплений		-		
	Замеры и оценка допустимых величин биений валов и полумуфт		-		
	Предварительное выравнивание и грубая центровка, контроль провисания двигателя на муфте		-		
	Оценка равномерности распределения нагрузки на опорах механизма; требования к пластинам для центровки; устранение дефекта «мягкая лапа»		-		
	Оценка необходимости и порядок учета тепловых и динамических смещений		-		
<b>7.</b>	<b><i>Проведение процедуры центровки</i></b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>Текущий контроль</b>
	Монтаж системы центровки на валах механизма		-	0,5	
	Определение и устранение дефекта «мягкая лапа»		-	0,5	
	Разбор техники учета динамических и температурных смещений осей валов во время работы		-	0,5	
	Самостоятельный расчет требуемых допусков на угловую и параллельную несоосность в зависимости от типа муфты и скорости вращения роторов		-	1	
	Перемещение опор механизма для устранения несоосности валов, установка пластин (подкладок) для центровки, затяжка болтов		-	0,5	
	Подтверждение необходимости проведения процедуры центровки, оценка качества работ		-	1	
	Вибрационные испытания до и после, сравнение амплитуд вибраций и анализ спектра вибрации		-	1	
	Сравнение требуемых величин несоосности с полученными в ходе выполнения работ		-	1	
<b>8.</b>	<b><i>Контроль геометрических параметров оборудования (прямолинейность и плоскостность)</i></b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>4</b>	<b>Текущий контроль</b>
	Замеры прямолинейности		-	1	
	Замеры плоскостности (для фундаментов, рам и оснований).		-	1	
	Расчерчивание поверхности, проведение замеров и получение результата плоскостности прямоугольной плоскости. Отчет.		-	0,5	
	Оценка качества выполненных работ по центровке и монтажу оборудования вибрационными испытаниями.		-	0,5	
	Определение причин оставшейся вибрации		-	1	
<b>9.</b>	<b><i>Оценка качества выполненных работ по центровке и монтажу оборудования вибрационными испытаниями. Определение</i></b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>Текущий контроль</b>

	<i>причин оставшейся вибрации</i>				
	Замер общего уровня вибрации и спектра вибрации и его анализ		-		
10	<i>Составление отчетной документации</i>	2	-	2	<i>Текущий контроль</i>
	Работа с программным обеспечением VIBRO-LASER для составления отчетов по центровке				
	<i>Итоговая аттестация</i>	2	-	2	<i>Тестирование в электронной форме и практическая работа</i>
	<b>ИТОГО:</b>	<b>40</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	

### 3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

#### 3.1. Кадровое обеспечение образовательного процесса

К преподаванию в части чтения лекций и проведения практических занятий привлекаются специалисты в области эксплуатации, ремонта, технического надзора и обслуживания промышленного оборудования.

Требования к квалификации педагогических кадров, обеспечивающих обучение: наличие среднего профессионального или высшего профессионального образования, соответствующего профилю программы.

#### 3.2. Материально – техническое обеспечение лекционных и практических занятий

##### Оснащение лекционного класса

Реализация теоретической части образовательной программы осуществляется в учебных классах с использованием следующих технических средств для организации процесса обучения:

- Персональные компьютеры с программным обеспечением
- Акустическая система
- Проекционный экран
- Учебно-методические плакаты и информационные баннеры
- Кулер для воды
- Кондиционер воздуха
- Письменные столы и стулья
- Место преподавателя.

##### Класс для практических занятий:

Реализация практической части учебной программы курса осуществляется в учебном классе с использованием следующих технических средств, для организации процесса обучения:

- Верстаки для размещения учебных стендов
- Учебные ламинированные плакаты
- Магнитно-маркерная доска
- Тренировочные стенды
- Измерительные приборы

##### Оборудование:

- **VL-EDU-01 Тренировочный стенд**

**VL-EDU-01**



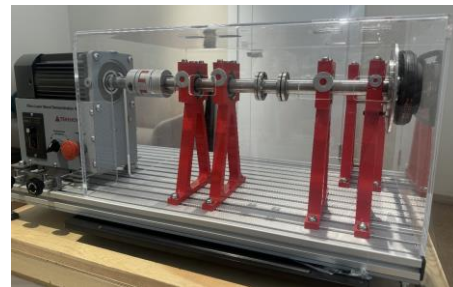
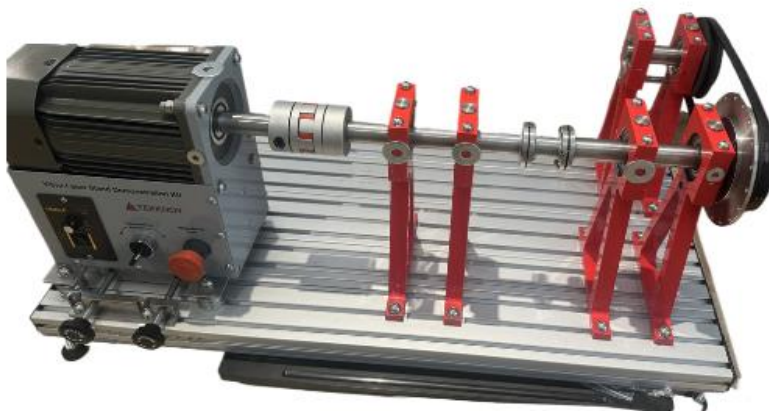
Стенд предназначен для проведения работ по вибродиагностике, балансировке, центровке и монтажу подшипниковых узлов. Отрабатываются навыки:

- монтаж (сборка/разборка) вращающегося оборудования, включая монтаж/демонтаж подшипниковых узлов;
- проверка геометрии рамы;
- центровка гибкой муфты;
- выставление соосности подшипниковых опор;

- балансировка по двум плоскостям коррекции;
- вибродиагностика и оценка состояния оборудования.

- **VL-EDU-02 Тренировочный стенд**

### VL-EDU-02



Стенд предназначен для проведения работ по вибродиагностике, балансировке, центровке и выверке ременных передач. Отрабатываются навыки:

- центровка гибкой муфты и промежуточной вставки для соединения валов
- выверка ременной передачи
- балансировка по одной плоскости коррекции
- вибродиагностика и оценка состояния оборудования

- **VL-EDU-03 Тренировочный стенд**



Серия REAL MASCHINE: VL-PUMP. Стенд предназначен для проведения работ по центровке и выверке геометрии рамы. Отрабатываются навыки:

- проверка геометрии рамы;
- проверка и устранение разных видов «мягкой лапы»;
- центровка гибкой муфты

<p><b>Трехосевой беспроводной вибрационный датчик стационарного типа с температурным каналом VIBRO-DOTS</b></p> <p>VIBRO-DOTS — компактный автономный сенсор, легко настраиваемый для непрерывного мониторинга рабочего состояния вращающегося оборудования. Предназначен для непрерывного мониторинга рабочего состояния вращающегося оборудования.</p> <p>В приборах VIBRO-LASER используются новейшие цифровые технологии, передача данных происходит по Bluetooth сигналу.</p>	
<p><b>Трехосевой портативный беспроводной вибронализатор с температурным каналом VIBRO-SCANNER</b></p> <p>Устройство для подробной оценки состояния оборудования на основе вибрации с функциями первичной диагностики и проведения балансировки на месте эксплуатации.</p> <p>Устройство оснащено ЖК-дисплеем, который объединяет одновременное измерение вибрации в направлениях X, Y и Z, обеспечивая простоту использования.</p> <p>VIBRO-SCANNER выявляет возможные дефекты подшипников, проблемы с дисбалансом, нарушения центровки и многое другое.</p> <p>В приборах VIBRO-LASER используются новейшие цифровые технологии, передача данных происходит по Bluetooth сигналу.</p>	
<p><b>Комплект для центровки шкивов универсальный VIBRO-LASER</b></p> <p>Инструмент для выравнивания шкивов и ременных передач.</p> <p>Точность устранения несоосности не зависит от калибровки излучателя, диаметр и толщина шкивов не имеет значения.</p> <p>Обеспечивается высокая точность на больших и малых расстояниях.</p> <p>Лазерный блок излучает независимую плоскость, что позволяет, производить работы не только по центровке, но и выполнять задачи, связанные с прямолинейностью и плоскостностью.</p>	
<p><b>Лазерная система центровки VIBRO-LASER Pro</b></p> <p>Система лазерной центровки вращающихся механизмов, подходящая как для опытных пользователей, так и для начинающих специалистов. Интуитивно понятный пошаговый интерфейс с множеством прикладных программ центровки и геометрических измерений. С Система лазерной центровки валов VIBRO-LASER с программным обеспечением PRO может устанавливаться на трех операционных системах, а в т.ч. Microsoft Windows, Android и iOS.</p> <p>В приборах VIBRO-LASER используются новейшие цифровые технологии, передача данных происходит по Bluetooth сигналу.</p>	

### 3.3. Методическое обеспечение программы (для выдачи учащимся):

- Мультимедийный учебник VIBRO-LASER. Программное обеспечение на ОС: Android, iOS, Windows
- Техническое описание приспособлений, приборов и систем центровки.
- Фирменная сумка (или пакет), блокнот, ручка для записей.

### **3.4. Информационное обеспечение программы**

#### **Список литературы:**

1. УО 38.12.018-94, Общие технические условия по ремонту центробежных насосов, ВНИКТИнефтехимоборудование, 1995 г.
2. ВСН 394-78, Инструкция по монтажу компрессоров и насосов ММСС СССР, 1979 г.
3. СНиП III-Г.10.2-62 «Компрессоры. Правила производства и приемки монтажных работ»
4. ГОСТ Р ИСО 230-1-2010 «Испытания станков. Часть 1. Методы измерения геометрических параметров»
5. Иноземцев Е.К.: //Ремонт мощных электродвигателей. – Москва. Энергоатомиздат 1985 г.
6. Калминский М.Л.:// Центровка валов электрических машин. – Москва. Энергия. 1972 г.
7. Кофман К.Д., Ризоватов А.В.: //Монтаж электродвигателей и вращающихся преобразователей. – Москва. Энергия. 1962 г.
8. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения.
9. ГОСТ Р 27.606-2013 Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность.
10. СП 26.13330.2012 Фундаменты машин с динамическими нагрузками. Актуализированная редакция СНиП 2.02.05-87.
11. СНиП 2.09.03-85. Пособие по проектированию анкерных болтов для крепления строительных конструкций и оборудования.
12. ГОСТ 24379.1-2012 Болты фундаментные. Конструкция и размеры.
13. Piotrowski John: // «Shaft Alignment Handbook».
14. CEN/TR13932, «Центробежные насосы – рекомендации по установке входных и выходных трубопроводов» CEN, 2009 г.

#### **Программно-информационные ресурсы:**

1. <https://tek-know.ru/>
2. <http://www.vibro-laser.com/>

#### 4. Контроль и оценка результатов освоения программы

Текущий контроль и оценка результатов освоения учебной программы осуществляются преподавателем в процессе проведения занятий в счет часов, отведенных на изучение раздела/модуля.

Итоговая аттестация проходит в форме тестирования в электронной форме и выполнения практического задания.

Слушатель допускается к итоговой аттестации после изучения дисциплин в объеме, предусмотренном учебным планом дополнительной профессиональной программы повышения квалификации. Итоговая аттестация проводится комиссией в составе: председателя, секретаря и не менее 2-х членов комиссии.

Форма, условия проведения итоговой аттестации и перечень контрольных вопросов для проверки знаний разрабатываются аттестационной комиссией, утверждаются руководителем организации и доводится до сведения обучающихся в начале обучения.

При освоении программы повышения квалификации параллельно с получением высшего образования, удостоверение о повышении квалификации выдается одновременно с получением соответствующего документа об образовании.

Лицам, успешно освоившим данную программу, и прошедшим итоговую аттестацию выдается удостоверение о повышении квалификации.

Лицам, не прошедшим итоговой аттестации или получившим на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, а также лицам, освоившим часть образовательной программы, выдается справка установленного образца об обучении (о периоде обучения).

<i>Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)</i>	<i>Формы и методы контроля и оценки результатов обучения</i>
<p><b>Слушатель должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• производить настройку системы центровки в зависимости от особенностей контролируемого оборудования и характера поставленных задач;</li><li>• производить установку приспособлений, приборов и систем центровки (в том числе использующие лазерные излучатели и приемники);</li><li>• производить измерения несоосности и при необходимости производить регулировочные работы;</li><li>• классифицировать результаты контроля несоосности, центровки и оценивать значения несоосности в соответствии с нормативными требованиями.</li></ul>	<p>Наблюдение и экспертная оценка эффективности и правильности принимаемых слушателями решений на практических занятиях.</p>
<p><b>Слушатель должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• основы физических процессов, на которых базируется контроль несоосности;</li><li>• основные понятия, термины и определения используемые при центровке оборудования;</li><li>• последовательность действий при центровке оборудования;</li><li>• места установки измерительных модулей;</li><li>• правила и порядок монтажа крепежа для центровки;</li><li>• причины погрешностей измерений;</li><li>• нормативные показатели, определяющие качество работ по центровке;</li><li>• правила составления отчетной документации по результатам работ.</li></ul>	<p>Итоговая аттестация проводится в виде проведения аттестационного теста с использованием электронной системы проверки знаний.</p> <p>Проведение тестирования слушателей осуществляется по вопросам, изложенным в <b>Приложении 1</b>. Для успешного прохождения теста необходимо набрать не менее 75% правильных ответов.</p>

**АТТЕСТАЦИОННЫЙ ТЕСТ**

**Вопрос № 1**

**В соответствии с ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», надежность, это:**

Варианты ответа:

1. Степень, с которой совокупность присущих характеристик объекта, соответствует требованиям
2. Потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным
3. Присущая характеристика объекта, связанная с требованием
4. Способность функционировать, как и когда это необходимо

**Вопрос № 2**

**В соответствии с ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения», надежность, это:**

Варианты ответа:

1. Отсутствие отказов на оборудовании
2. Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования
3. Свойство объекта, приспособленность к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путём технического обслуживания и ремонта
4. Способность объекта работать бесконечно при заданных условиях эксплуатации

**Вопрос № 3**

**Сколько существует видов НК, согласно ГОСТ Р 56542-2019 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов»?**

Варианты ответа:

1. Шесть видов неразрушающего контроля
2. Девять видов неразрушающего контроля
3. Двенадцать видов неразрушающего контроля
4. Пятнадцать видов неразрушающего контроля

**Вопрос № 4**

**Среди задач технического обслуживания оборудования, самая важная это:**

Варианты ответа:

1. Поддержание требуемого уровня безопасности оборудования
2. Сокращение длительности вынужденных (аварийных) простоев
3. Сокращение времени ремонтов/удешевление ремонтов
4. Увеличение межремонтного интервала

**Вопрос № 5**

**Система ТОиР, согласно ГОСТ 18322-2016 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения», это:**

Варианты ответа:

1. Трудозатраты на проведение всех технических обслуживаний (ремонтов) изделия на заданные наработку или интервал времени



2. Совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления (качества либо эксплуатационных характеристик) объектов, входящих в эту систему
3. Совокупность технологических и организационных правил выполнения операций технического обслуживания (ремонта)
4. Комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделий и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей

#### **Вопрос № 6**

**Какая из стратегий системы ТОиР дает наибольший уровень информационной поддержки?**

Варианты ответа:

1. Реактивное (реагирующее) обслуживание
2. Планово-профилактическое обслуживание
3. Обслуживание по фактическому состоянию
4. Проактивное обслуживание

#### **Вопрос № 7**

**Центровка, это:**

Варианты ответа:

1. Процесс расчета относительного положения осей роторов машин и корректировка их положения в пространстве так, чтобы центры вращения их валов были соосны
2. Процесс проверки совпадения геометрии сопряженных валов и полумуфт
3. Процесс устранения изгибных колебаний валов
4. Перечень работ обеспечивающих блокировку осевых и радиальных перемещений валов

#### **Вопрос № 8**

**Центры вращения валов:**

Варианты ответа:

1. Всегда образуют прямую линию
2. Никогда не могут быть прямолинейны
3. Прямолинейность центров вращения зависит от условий работы и может меняться
4. Прямолинейность центров вращения зависит от производителя оборудования и является характеристикой качества изготовления вала

#### **Вопрос № 9**

**Оси валов являются коллинеарными, когда:**

Варианты ответа:

1. Они перпендикулярны
2. Они параллельны
3. Центры вращения лежат на одной линии
4. Центры вращения лежат в одной плоскости

#### **Вопрос № 10**

**Валы являются несоосными, когда:**

Варианты ответа:

1. Используются разные диаметры валов или полумуфт
2. Используются эластичные муфтовые соединения
3. Центры вращения расположены в не одной плоскости
4. Центры вращения не лежат на одной прямой во время работы машины

#### **Вопрос № 11**

**Несоосность определяется:**

Варианты ответа:

1. Нахождением положения центра вращения стационарной машины относительно подвижной машины в двух плоскостях, горизонтальной (X) и вертикальной (Y).
2. Нахождением положения центра вращения подвижной машины относительно стационарной машины в двух плоскостях, горизонтальной (X) и вертикальной (Y)
3. Определением отсутствия зазоров по муфтовому соединению в двух плоскостях, горизонтальной (X) и вертикальной (Y)
4. Определением наличия равноразмерных зазоров по муфтовому соединению в двух плоскостях, горизонтальной (X) и вертикальной (Y)

**Вопрос № 12**

**Укажите типы несоосности при центровке муфтовых соединений:**

Варианты ответа:

1. Угловая (излом) и параллельная (смещение)
2. Сжатие и раскрытие полумуфт
3. Вертикально-угловая и горизонтально-угловая
4. Динамическая и статическая неуравновешенность

**Вопрос № 13**

**Если валы или полумуфты имеют геометрические деформации (искривления, сколы), провести работы по центровке:**

Варианты ответа:

1. Не возможно
2. Возможно, но только после ремонтных работ
3. Возможно сразу, но не точно (с нарушением допусков)
4. Возможно сразу точно

**Вопрос № 14**

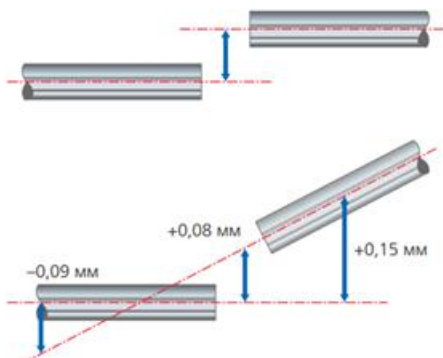
**Выбирая допуски на несоосность, необходимо учитывать, что они:**

Варианты ответа:

1. Более точные при высоких скоростях вращения
2. Более точные при низких скоростях вращения
3. Зависят от конструкции фундамента агрегата
4. Зависят от вибрации агрегата

**Вопрос № 15**

**Является ли величина смещения (параллельная расцентровка) всегда одинаковой по значению вдоль оси вращения вала?**

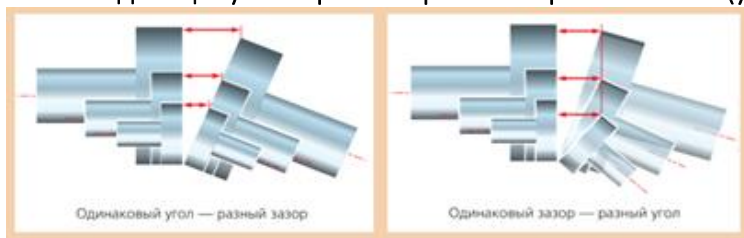


Варианты ответа:

1. Да, всегда одинаковая величина вдоль оси вращения вала
2. Да только в случае, если пренебречь динамическими и тепловыми смещениями
3. Нет, не всегда одинаковая величина вдоль оси вращения вала
4. Нет, абсолютно никогда не может быть одинаковой

### Вопрос № 16

В каких единицах угла перекоса принято выражать излом (угловую несоосность)?



Варианты ответа:

1. Градус
2. МРАД (миллирадиан = 1/1000 радиана)
3. мм (миллиметры)
4. мм/диаметр(м) (чаще мм/100мм)

### Вопрос № 17

Каково значение  $t_{max}$  допустимой величины смещения (параллельной расцентровки) для пальцевой муфты при скорости вращения машины 3000 об/мин?



Варианты ответа:

1. Не более 0,04 мм
2. Не более 0,07 мм
3. Не более 0,09 мм
4. Не более 0,12 мм

### Вопрос № 18

Каково значение  $t_{max}$  допустимой величины излома (угловой расцентровки) для пальцевой муфты при скорости вращения машины 3000 об/мин?



Варианты ответа:

1. Не более 0,03 мм/100мм
2. Не более 0,05 мм/100мм
3. Не более 0,07 мм/100мм
4. Не более 0,10 мм/100мм

### Вопрос № 19

Верно ли утверждение, что в случае использования промежуточного вала (промвставки) для соединения валов – требования по допускам будут отличаться от величин, используемых для центровки муфтового соединения?



Варианты ответа:

1. Да, верно, требования по допускам отличаются
2. Нет, не верно, используются одинаковые допуски
3. Если скорости вращения одинаковые, допуски будут задаваться одинаково
4. Зависит от используемой системы центровки валов

#### Вопрос № 20

Назовите два основных метода центровки с помощью индикаторов часового типа:

Варианты ответа:

1. Поперечный и торцевой методы
2. Метод обратных индикаторов и радиально-осевой
3. Динамический и статический методы
4. Метод центровки по валу и метод центровки по муфте

#### Вопрос № 21

На машинах с подшипниками скольжения (с осевым люфтом) не рекомендуется применять:

Варианты ответа:

1. Метод обратных индикаторов
2. Радиально-осевой метод
3. Метод центровки по муфте
4. Метод центровки по лапам

#### Вопрос № 22

Какая польза от проведения центровки валов?

Варианты ответа:

1. Пользы нет, но центровка интересное занятие
2. Польза заключается в наглядном отображении положения валов и шкивов в отчете
3. Снижение вибрации, экономия электроэнергии, уменьшение износа механических частей, увеличение надежности оборудования
4. Это требование правил техники безопасности

#### Вопрос № 23

При измерении вибрации на опоре механизма в трех направлениях, признаком расцентровки является:

Варианты ответа:

1. Высокая вибрация в осевом направлении
2. Высокая вибрация в вертикальном направлении
3. Высокая вибрация в горизонтально-поперечном направлении
4. В зависимости от преобладающего типа несоосности она может проявляться в любом направлении, но чаще всего в аксиальном

#### Вопрос № 24

Какое из предложений НЕ подходит под определение «мягкой лапы»:

Варианты ответа:

1. Дефект механизма, при котором одна из точек опоры установлена вне плоскости фундамента
2. Дефект механизма, при котором одна лапа (или более) притянута к фундаменту усилием анкера
3. Нагрузка на лапы затрудняет перемещение агрегата
4. Когда под опорой установлено 5 центровочных пластин, толщина которых до 5 мм

#### Вопрос № 25

Контроль «мягкой лапы» \_\_\_ (выбрать ответ)

Варианты ответа:

1. Не производится на новом оборудовании
2. Производится исключительно на вновь устанавливаемом оборудовании (единоразово)
3. Производится в обязательном порядке при каждой работе по центровке
4. Производится только в случае наличия дефектного фундамента

#### Вопрос № 26

После перемещения механизма, при затяжке лап крепления запрещено:

Варианты ответа:

1. Контролировать момент затяжки с помощью динамометрического ключа
2. Регулировать величину значений остаточной расцентровки усилием затяжки анкеров
3. Производить затяжку анкеров по принципу крест-на-крест
4. Производить замену анкерного болта со снижением номинального дробного размера на единицу (например, замена болта M24 на M22)

#### Вопрос № 27

Какое значение "мягкой лапы" является максимально допустимым и не требует обязательной корректировки (устранения)?

Варианты ответа:

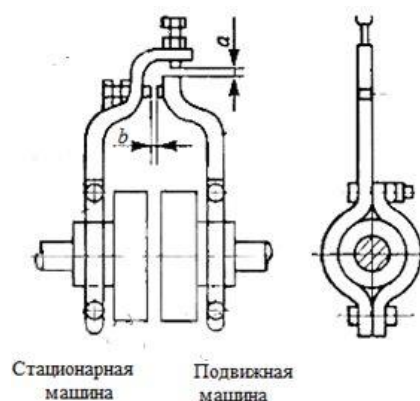
1. 0,05 мм
2. 0,06 мм
3. 0,08 мм
4. 0,10 мм

#### Вопрос № 28

**Если после жесткого монтажа центровочных скоб и отсутствии каких-либо люфтов оборудования, при синхронном вращения валов на 360° величина зазора «b» не изменяется, а величина зазора «a» изменяется. то это свидетельствует о следующем:**

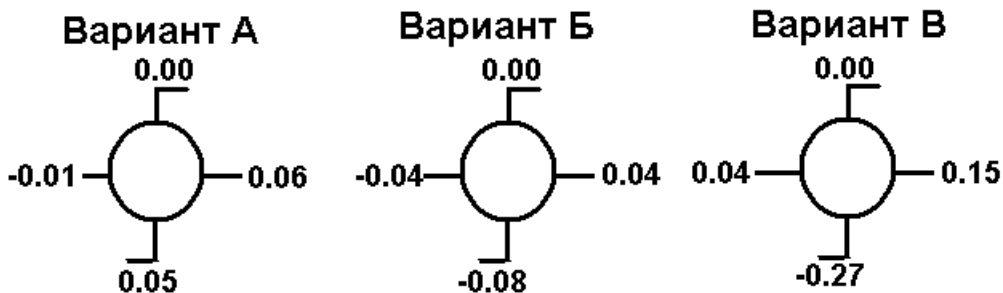
Варианты ответа:

1. Оборудование не имеет признаков несоосности
2. Наличие угловой несоосности (излом)
3. Наличие параллельной несоосности (смещение)
4. Наличие угловой и параллельной несоосности



#### Вопрос № 29

На схеме изображены измерения, сделанные стрелочным индикатором при центровке машины. В каком варианте замеры сделаны правильно?



Варианты ответа:

1. вариант А
2. вариант Б
3. вариант В
4. правильного варианта нет, везде ошибки

#### Вопрос № 30

Какой из методов лазерной центровки считается более точным, т.к. лишен погрешностей связанных с преломлением лазерных лучей и осевыми люфтами оборудования:

Варианты ответа:

1. Метод с использованием одного лазера и одного приемника
2. Метод с использованием одного лазера и двух приемников
3. Метод с использованием двух лазеров и двух приемников
4. Все методы имеют одинаковую точность

#### Вопрос № 31

Почему в лазерных системах центровки обычно применяются лазеры красного цвета?

Варианты ответа:

1. Потому что красный лазер лучше видно
2. Цвет лазеров может быть любым
3. Потому что фотоприемные устройства работают на длине волны красного цвета (635-670нм)
4. Потому что красный лазер имеет большую мощность

#### Вопрос № 32

При выполнении виброналадки механизма на месте его эксплуатации, что необходимо выполнить первично: центровку или балансировку?

Варианты ответа:

1. Вначале выполняется центровка, а затем балансировка
2. Вначале выполняется балансировка, а затем центровка
3. В зависимости от типа оборудования первичным может быть, как центровка, так и балансировка
4. Лучше всего балансировку и центровку выполнять одновременно

#### Вопрос № 33

Когда необходимо выполнять центровку валов?

Варианты ответа:

1. На любом новом устанавливаемом оборудовании, а также периодически на критичном оборудовании
2. После ремонтных работ, связанных с валами или подшипниками, перед запуском
3. Если вибрация показывает признаки расцентровки
4. Во всех вышеперечисленных случаях

#### Вопрос № 34

Какие требования к точности центровки?

Варианты ответа:

1. Необходимо добиться точности 0,1мм
2. Необходимо добиться точности 0,01мм

3. Необходимо добиться точности 0,001мм
4. В зависимости от рабочей скорости вращения допуски по центровке разные, но необходимо стремиться к нулю

### **Вопрос № 35**

Какие предварительные действия необходимо выполнить перед центровкой?

Варианты ответа:

1. Обеспечить безопасность персонала и произвести полное отключение машины
2. Проверить натяжение трубной обвязки, биение валов и осмотреть муфтовое соединение
3. Проверить фундамент, отсутствие деформации корпуса и наличие «мягкой лапы»
4. Все вышеперечисленные действия

### **Вопрос № 36**

Какую функцию несет инклинометр в лазерной измерительной системе?

Варианты ответа:

1. Используется для настройки положения лазерного луча (регулирующие винты)
2. Предотвращает вращение (фиксация) крепежной призмы с лазерной головкой относительно места монтажа на валу или на муфте
3. Показывает угол проворота относительно оси (угломер)
4. Делает расчет величины угловой несоосности в линейных единицах мм/100мм

### **Вопрос № 37**

Какой из методов лазерной центровки может быть использован только на собранных муфтах, обеспечивающих одновременное вращение обоих валов?

Варианты ответа:

1. Часовой метод (9-12-3)
2. Усеченный угол
3. Многоточечный метод
4. Непрерывный метод

### **Вопрос № 38**

Могут ли повлиять на достоверность результатов замеров такие условия окружающей среды как: низкие температуры, значительная разница в температурах объекта и измерителя, повышенная влажность или запыленность?

Варианты ответа:

1. Да, могут
2. Да, могут, но только при сильных перепадах, таких как замерзание при хранении или транспортировке в зимний период
3. Да, могут но только в механических системах центровки, а в лазерных не могут
4. Нет, в современных системах центровки не влияют

### **Вопрос № 39**

Нужно ли перед проведением замеров включить измерительные головки заранее для прогрева лазера?

Варианты ответа:

1. Да, надо всегда, примерно на 10 минут
2. Да, если система промерзла при хранении или перевозке в зимний период
3. На усмотрение специалиста, если значительны внешние факторы (сквозняк, высокая или низкая температура, туман, дым, пар)
4. Нет, современные лазерные технологии этого не требуют (лазеры от II поколения и выше)

### **Вопрос № 40**

Какой из фильтров в лазерной системе центровки валов VIBRO-LASER отвечает за снижение влияния внешних факторов (сквозняк, высокая или низкая температура, туман, дым, пар) при проведении измерений?

Варианты ответа:

1. Фильтр усреднения данных по детектору
2. Фильтр усреднения данных по инклинометру
3. Необходим выбор метода измерений: «Метод непрерывных измерений»
4. Если во время проведения измерения возникла необходимость изменить положение лазерных блоков или изменить положение лазера на детекторе, не начиная измерение заново – можно воспользоваться функцией SMARTSHIFT™

#### **Вопрос № 41**

**Какой из фильтров в лазерной системе центровки валов VIBRO-LASER отвечает за снижение влияния вибрации при проведении измерений?**

Варианты ответа:

1. Фильтр усреднения данных по детектору
2. Фильтр усреднения данных по инклинометру
3. Необходим выбор метода измерений: «Метод непрерывных измерений»
4. Такая настройка (фильтр) не требуется, т.к. вибрация на обоих лазерных головках одинакова, а луч без преломления приходит в приемник

#### **Вопрос № 42**

**Основными (простейшими) фигурами в пространстве являются:**

Варианты ответа:

1. пересечения двух линий
2. пересечение двух плоскостей
3. точка, линия и плоскость
4. линия и плоскость

#### **Вопрос № 43**

**Сколько линий можно провести через одну точку на плоскости?**

Варианты ответа:

1. Не возможно ни одной
2. Одну линию
3. Бесконечное множество
4. Зависит от геометрии плоскости

#### **Вопрос № 44**

**Сколько прямых линий можно провести через две точки на плоскости?**

Варианты ответа:

1. Не возможно
2. Одну линию
3. Бесконечное множество
4. Зависит от геометрии плоскости

#### **Вопрос № 45**

**Сколько существует видов геометрических линий?**

Варианты ответа:

1. Один
2. Два
3. Три
4. Четыре

#### **Вопрос № 46**

**Сколько параллельных линий можно провести на плоскости через точку, не принадлежащей этой линии?**



Варианты ответа:

1. Не возможно ни одной
2. Одну линию
3. Бесконечное множество
4. Зависит от геометрии плоскости

**Вопрос № 47**

**Всегда ли две линии, параллельные третьей, параллельны между собой?**

Варианты ответа:

1. Нет, никогда
2. Нет, не всегда
3. Да, всегда
4. Только при рассмотрении под прямым углом

**Вопрос № 48**

**Сколько необходимо точек (min), чтобы провести (создать) плоскость?**

Варианты ответа:

1. Две точки
2. Три точки
3. Четыре точки
4. Для того чтобы задать плоскость необходимы линии

**Вопрос № 49**

**Если две различные прямые имеют одну общую точку, то провести через них плоскость:**

Варианты ответа

1. Не представляется возможным
2. Можно провести плоскость, и притом только одну
3. Через них можно провести две перпендикулярные плоскости
4. Можно провести бесконечное количество плоскостей

**Вопрос № 50**

**Можно ли считать поверхность "плоской в заданном диапазоне измерения", если все точки этой поверхности находятся между двух плоскостей, параллельных общему направлению проверяемой поверхности, расстояние между которыми равно допуску?**

Варианты ответа:

1. Да, можно
2. Нет, никак нельзя
3. Да, но только если выбран допуск менее 0,07 мм
4. Нет, если выбран допуск менее 1,00 мм

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА**

Провести центровку муфтового соединения одного из стандов:

- Стенд тренировочный VL-EDU-01
- Стенд тренировочный VL-EDU-02
- Стенд тренировочный VL-EDU-03

Выбор станда осуществляет Преподаватель.

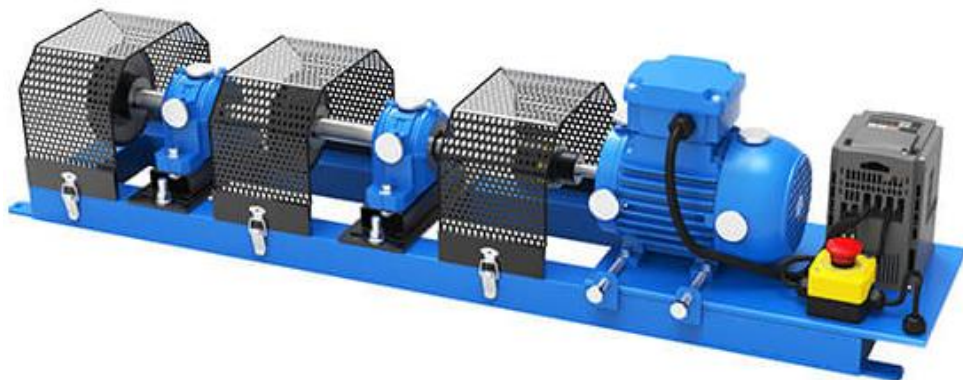
***Задание на центровку включает:***

- устранение «мягкой лапы» на подвижной машине до значения, не превышающего 0,05мм
- центровка муфтового соединения до значений, не превышающих величины: 0,07 мм – на смещение и 0,07мм/100мм – на излом в обеих плоскостях (горизонтальная и вертикальная);
- сохранение отчета в формате PDF по проведенным операциям центровки

***Оборудование:***

- **VL-EDU-01 Стенд тренировочный**

### **VL-EDU-01**



Стенд предназначен для проведения работ по вибродиагностике, балансировке, центровке и монтажу подшипниковых узлов. Отрабатываются навыки:

- монтаж (сборка/разборка) вращающегося оборудования, включая монтаж/демонтаж подшипниковых узлов;
- проверка геометрии рамы;
- центровка гибкой муфты;
- выставление соосности подшипниковых опор;
- балансировка по двум плоскостям коррекции;
- вибродиагностика и оценка состояния оборудования

- **VL-EDU-02 Стенд тренировочный**

### VL-EDU-02



Стенд предназначен для проведения работ по вибродиагностике, балансировке, центровке и выверке ременных передач. Отрабатываются навыки:

- центровка гибкой муфты и промежуточной вставки для соединения валов
- выверка ременной передачи
- балансировка по одной плоскости коррекции
- вибродиагностика и оценка состояния оборудования

- **VL-EDU-03 Стенд тренировочный**



Серия REAL MASCHINE: VL-PUMP. Стенд предназначен для проведения работ по центровке и выверке геометрии рамы. Отрабатываются навыки:

- проверка геометрии рамы;
- проверка и устранение разных видов «мягкой лапы»;
- центровка гибкой муфты