

ПАО «КАМЧАТСКЭНЕРГО»
УЧЕБНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ ПУНКТ

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ПАО «Камчатскэнерго»

 С.Б. Кондратьев
« 25 » 10 2019 год

ОСНОВНАЯ ПРОГРАММА
профессионального обучения
«Балансировщик деталей и узлов»

Квалификация 2-3 разряд

Вид реализации программы – профессиональная переподготовка
Код профессии: 11161

г. Петропавловск-Камчатский

2019

Согласовано:

Заместитель генерального директора-
главный инженер

А. Н. Новиков

Начальник Управления
по работе с персоналом

Л. Л. Чернова

Программу разработал

Руководитель УКП УРП

И.С. Плотникова

Специалист УКП УРП

А.К. Лейба

Инженер по наладке и испытаниям
ОЭЭ филиала ПАО «Камчатскэнерго»
КТЭЦ

А.Л. Казмирчук

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Настоящая основная профессиональная образовательная программа разработана на основании: Федерального закона «Об образовании в РФ» от 29.12.2012 № 273-ФЗ; Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по основным программам профессионального обучения, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 апреля 2013 г. № 292; Перечня профессий рабочих, должностей служащих, по которым осуществляется профессиональное обучение, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 2 июля 2013 г. № 513.

1.1 Цель реализации программы: формирование у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для деятельности по профессии рабочего «Балансировщик деталей и узлов».

1.2 Планируемые результаты обучения.

В результате освоения основной программы профессионального обучения «Балансировщик деталей и узлов» слушатель должен знать устройство малого балансировочного станка (далее – МБС), уметь настраивать станок под ротор, производить центровку полумуфты ротора с планшайбой привода станка, подключать и настраивать переносной балансировочный модуль станка, производить простейшие балансировочные работы на МБС.

Балансировщик деталей и узлов 2-го разряда

Должен знать: способы определения дисбаланса при статической балансировке; правила крепления грузов; принцип работы обслуживаемого оборудования; назначение и правила применения простых приспособлений, контрольно-измерительных и режущего инструментов; назначение балансируемых изделий и технические требования, предъявляемые к ним.

Балансировщик деталей и узлов 3-го разряда

Должен знать: способы определения значения дисбаланса при статической и динамической балансировке; устройство и принцип работы балансировочных станков; устройство, назначение и правила применения контрольно-измерительных инструментов; способы установки и крепления деталей; допустимые отклонения балансируемых деталей.

1.3 Требования к уровню подготовки поступающего на обучение.

К обучению по программе переподготовки допускаются лица в возрасте старше восемнадцати лет, имеющие профессию рабочего.

1.4 Сроки обучения

Трудоемкость обучения составляет 78 часов, включая теоретическое обучение (все виды аудиторной и самостоятельной учебной работы) и практическое обучение обучающегося.

1.5 Форма обучения

Форма обучения – очная

1.6 Режим занятий

При любой форме обучения учебная нагрузка устанавливается не более 40 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1 Учебный план

Код классификации – 11161

№	Наименование тем	Проф. пере- подготовка 2-3 разряд	Форма контроля
	Теоретическое обучение	50	
1	Общие сведения. Цели и задачи балансировки.	4	
2	Теоретические основы сбалансированности двухопорных вращающихся роторов.	8	
3	Виды несбалансированности деталей машин – статическая неуравновешенность.	8	
4	Виды несбалансированности деталей машин – динамическая неуравновешенность.	8	
5	Неуравновешенность роторов. Способы уравнивания роторов	6	
6	Виброизмерительные приборы.		
	Знакомство с виброизмерительным прибором «САП-ФИР».	4	
	Знакомство с виброизмерительным прибором «КВАРЦ».	4	
7	Изучение конструкции малого балансировочного станка.	8	
	Промежуточная аттестация	2	Зачет
	Производственное обучение	24	Квалиф. работа
	Подготовка балансировочного станка к работе.	4	
8	Установка ротора на станок (центровка).		
9	Практика динамической балансировки ротора насоса.	8	
10	Практика динамической балансировки ротора электродвигателя.	8	
	Практика динамической балансировки рабочего колеса (насоса, вентилятора).	4	
11			
	Итоговая аттестация	2	Квалиф. экзамен
	Итого	78	

Квалификационный экзамен - комплексный, состоящий из 2-х этапов: теоретической части и выполнения пробной квалификационной работы, которая проводится за счет часов производственного обучения.

Теоретическое обучение проводится преподавателями с применением технических средств обучения, наглядных пособий, схем, плакатов, видеофильмов.

Производственное обучение производится на рабочем месте под руководством опытного работника, мастера.

2.2 Календарный учебный график

№ п п	Наименование разделов, дисциплин (модулей)	Всего часов	Календарные недели								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Теоретическое обучение	50	40	10							
2	Практическое обучение	24		24							
	Промежуточная аттестация	2		2							
	Квалификационный экза- мен	2		2							
Итого часов за неделю		78	40	38							

2.3 Содержание теоретического курса обучения.

Тема 1. Общие сведения. Цели и задачи балансировки

Балансировка вращающихся частей машин — важный этап технологического процесса сборки машин и оборудования. Цель балансировки состоит в устранении неуравновешенности детали (сборочной единицы) относительно оси ее вращения. Неуравновешенность вращающейся детали приводит к возникновению центробежных сил, которые могут быть причиной вибрации узла и всей машины, преждевременного выхода из строя подшипников и других деталей. Основными причинами неуравновешенности деталей и узлов могут быть: погрешность формы деталей (например, овальность); неоднородность и неравномерность распределения материала детали относительно оси ее вращения, образованные при получении заготовки литьем, сваркой или наплавкой; неравномерное изнашивание и деформация детали в процессе эксплуатации; смещение детали относительно оси вращения из-за погрешности сборки и др.

Тема 2. Теоретические основы сбалансированности двухопорных вращающихся роторов.

Ротор есть тело, удерживающееся при вращении своими *несущими. поверхностями* в опорах. Несущими являются поверхности цапф или поверхности, их заменяющие. Прямая, соединяющая центры тяжести контуров поперечных сечений середин несущих поверхностей, называется *осью ротора*. По числу опор роторы бывают *двух- и многоопорными*. Ротор может быть *межопорным*, если существенная часть его массы (M) расположена между опорами, *консольным*, если существенная часть его массы находится за одной из крайних опор, и *двухконсольным* при расположении существенной части его массы за двумя крайними опорами.

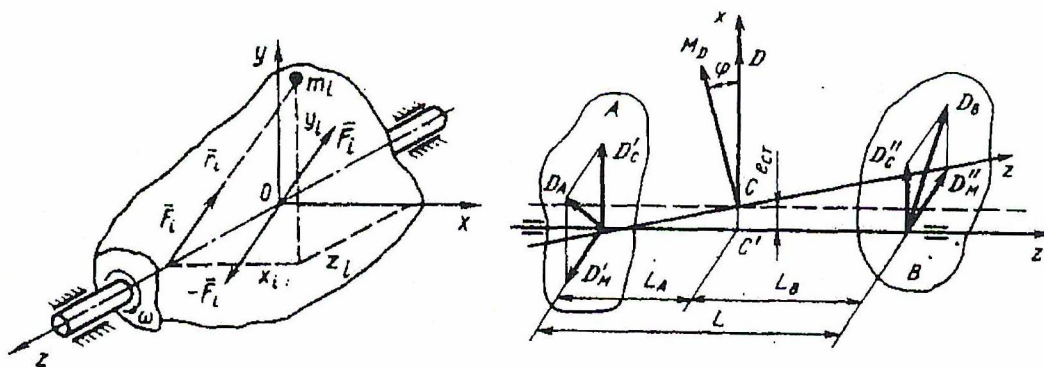


Рис. 1. Схема сил, действующих на ротор Рис. 2. Эквивалентная система из двух

Тема 3. Виды несбалансированности деталей машин – статическая неуравновешенность.

Одной из причин вибрации различных машин является неуравновешенность вращающихся узлов (например, ротора), обусловленная несовпадением геометрической и действительной осей (геометрическая ось детали – это ось симметрии при ее изготовлении; действительная ось – это ось, относительно которой деталь будет вращаться в узле). Неуравновешенность ротора может быть статической или динамической.

Статическая неуравновешенность ротора – это неуравновешенность его при таком распределении масс, когда главная центральная ось инерции смещена параллельно оси ротора. Процесс приведения центра масс узла или детали к его геометрической оси называют статической балансировкой. Она заключается в следующем. Если диск статически неуравновешен, то вследствие несовпадения центра массы B с геометрической осью O имеется статический дисбаланс $D_{ст} = \Pi_{де}$. При вращении ротора неуравновешенная масса вызывает появление центробежной силы, которая во время вращения ротора действует на подшипники, вызывая их вибрацию, а через подшипники вибрация передается корпусу машины и фундаменту. Вибрация неизбежно приводит к преждевременному износу подшипников, соединительных муфт и расшатыванию машины на фундаменте.

Для статической балансировки предназначены специальные устройства. Наиболее распространены балансировочные параллели, представляющие собой параллельные призматические направляющие, опорные поверхности которых лежат в одной горизонтальной плоскости. На направляющие опираются шейки вала или же цапфы специальных оправок балансируемого узла или детали. Оправки применяют тогда, когда у детали нет пригодных для балансировки опорных поверхностей.

Диск, который необходимо уравновесить, устанавливают на параллели. Сторона диска, в направлении которой смещен центр масс, называется «тяжелым местом», диаметрально противоположная сторона – «легким местом». Определяют «тяжелое место» диска. Неуравновешенный диск под действием некомпенсированной массы повернется на параллелях так, что центр массы B всегда будет находиться в вертикальной плоскости внизу. На поверхности диска наносят вертикальную риску A , проходящую через его геометрическую ось; тем самым определяют

направление радиуса, на котором лежит «тяжелое место». Для определения значения исходного дисбаланса диск поворачивают так, чтобы риска А заняла горизонтальное положение. При котором статический дисбаланс будет максимальным.

Для приведения центра массы к геометрической оси в «легком месте» диска добавляют (обычно наклепкой пластилина) такой груз M на определенном радиусе K , чтобы внесенный компенсирующий дисбаланс $D_{ст1} = MK$ был равен исходному дисбалансу $D_{ст}$. Таким образом диск будет уравновешен. Масса наклепки M и есть тот груз, который нужно добавить для уравновешивания.

Груз, по массе равный наклепке, придается диску в виде специальных балансировочных болтов с разновысокими головками (для подбора), для чего в конструкции диска предусматривают равномерно распределенные по окружности резьбовые отверстия под эти болты, равновесные пластины под головки болтов и т.п. часто со стороны «тяжелого места» снимают металл шлифовкой поверхности диска с последующей тщательной полировкой с места съема.

Балансировку можно также осуществить, высверливая металл в диске, при условии сохранения его прочности.

При балансировке ротора на балансировочном станке необходимо учитывать чувствительность станка, поскольку не каждый станок может обеспечить необходимую для данного ротора точность балансировки. Чувствительностью балансировочного станка называют массу такого груза, который, будучи закреплен на ободе ротора условным радиусом 500 мм, изменяет амплитуду колебания головки станка на 0,01 мм. Чувствительность станка определяют в системе СИ – в Н·м.

Сбалансировать ротор так, чтобы амплитуда колебания головки балансировочной машины равнялась нулю, невозможно; поэтому следует задаться остающимся дисбалансом ротора по центробежной силе. Последнюю можно считать допустимой, если абсолютная величина ее не превышает следующих значений: 3% от массы ротора – для тяжелых роторов при частоте вращения 50 с^{-1} ; 5% от массы ротора – для средних роторов при частоте вращения $80 - 100 \text{ с}^{-1}$; 30% от массы ротора – для легких роторов при частоте вращения $160 - 210 \text{ с}^{-1}$.

Тема 4. Виды несбалансированности деталей машин – динамическая неуравновешенность.

Процесс приведения центра массы вращающегося узла (детали) к оси вращения во всех плоскостях, перпендикулярных ей, называют динамической балансировкой. Ось инерции пересекается с геометрической осью не в центре массы. Признаками динамической неуравновешенности являются колебание опор и прогиб ротора.

Для полного уравновешивания роторов необходимо выполнение следующего условия: исходный и компенсирующий дисбалансы должны находиться в одной плоскости, перпендикулярной геометрической оси ротора. Устранить вибрацию роторов только статической балансировкой нельзя, поэтому применяют динамическую балансировку роторов.

При вращении ротора вследствие несовпадения центра масс с осью вращения появляется неуравновешенная центробежная сила, вызывающая прогиб ротора. Вектор центробежной силы и прогиб лежат в одной плоскости только при очень малых частотах вращения ротора. При увеличении частоты вращения центробежная сила и прогиб возрастают, причем направление прогиба отстает от направления силы на некоторый угол, обычно угол отставания составляет 90° ; такое положение наблюдается, когда собственная частота колебаний ротора совпадает с частотой действия неуравновешенной центробежной силы, т.е. при резонансе. При этом прогиб и неуравновешенная центробежная сила достигает максимальных значений.

При дальнейшем увеличении частоты вращения неуравновешенная центробежная сила и прогиб уменьшаются, причем они направлены друг к другу под углом 180° . Число оборотов ротора, при котором возникает явление резонанса, называют критическим. Роторы, которые в диапазоне от нуля до максимальной рабочей частоты вращения не достигают критического числа оборотов, называют *жесткими роторами*. Роторы, которые в диапазоне от нуля до максимальной рабочей частоты вращения проходят критическое число оборотов, называют *гибкими роторами*.

Процесс приведения центра массы вращающегося узла (детали) к оси вращения во всех плоскостях, перпендикулярных ей, называют динамической балансировкой. Ее проводят не менее чем в двух плоскостях. Плоскости, в которых устанавливают компенсирующие грузы, называют *плоскостями исправления* (или корреляции). Плоскости, в которых задаются допустимые значения остаточной неуравновешенности, или остаточный дисбаланс (обычно это опоры), называют *плоскостями приведения*.

Динамический дисбаланс — это момент, появляющийся от совместного действия неуравновешенных инерционных сил и моментов пар инерционных сил на опорах. Дисбаланс выражается в Н·м. Если дисбалансы опор привести к центру массы системы и сложить, получится суммарный дисбаланс, или условная общая динамическая неуравновешенность системы.

Существуют много разнообразных методов и технических средств для динамической балансировки роторов. Динамическая балансировка роторов довольно сложна и выполняется рабочими, имеющими высокую квалификацию и большой опыт.

Ротор обычно собирают из статически отбалансированных деталей, после чего подвергают динамической балансировке. Разбалансировка роторов происходит при замене лопаток рабочих колес, значительной коррозии и повреждении их, а также при неравномерных отложениях перемещаемых веществ внутри проточных каналов вращающихся частей ротора. Поэтому после капитального ремонта, связанного с заменой изношенных и поврежденных деталей, роторы подвергают динамической балансировке.

Тема 5. Неуравновешенность роторов

Неуравновешенным будем называть такой механизм (или его звено), в котором при движении центр масс механизма (или звена) движется с ускорением. Так как ускоренное движение системы возникает только в случае, если равнодействующая внешних силовых воздействий не равна нулю. Согласно принципу Д'Аламбера, для уравнивания внешних сил к системе добавляются расчетные силы – силы и моменты сил инерции. Поэтому уравновешенным будем считать механизм, в котором главные вектора и моменты сил инерции равны нулю, а неуравновешенным механизм, в котором эти силы не равны нулю.

Механизм будет находиться в состоянии кинетостатического равновесия, если сумма действующих на него внешних сил и моментов сил (включая силы и моменты сил инерции) будет равна нулю

$$\sum_{i=1}^n G_i + \sum_{i=1}^n \Phi_i + P = 0, \quad \sum_{i=1}^n M_i^{\Phi} + \sum_{i=1}^n M_i = 0$$

При этом уравновешенность является свойством или характеристикой механизма и не должна зависеть от действующих на него внешних сил. Если исключить из рассмотрения все внешние силы – которые можно условно считать постоянными, то в уравнении равновесия останутся только инерционные составляющие – периодичные по своей природе, которые определяются инерционными параметрами механизма – массами, моментами инерции и законом движения (например, центра масс системы). Чтобы уравновесит механизм необходимо добиться постоянства реакций, т.е. задача уравнивания сводится к устранению сил инерции. Поэтому уравновешенным считается механизм, для которого главный вектор и главный момент сил инерции равны нулю:

$$\overline{\Phi}_i = -m_i \overline{a_{Si}} = -m_i \omega^2 \overline{r_{Si}} \Rightarrow \overline{\Phi} = \sum_{i=1}^n \overline{\Phi}_i = -\omega^2 \sum_{i=1}^n m_i \overline{r_{Si}} = -\omega^2 \overline{Mr_S} = -\omega^2 M(x_S \bar{i} + y_S \bar{j})$$

т.е. для того чтобы главный вектор сил инерции оставался постоянным достаточно, чтобы координаты центра масс (x_S, y_S) были равны нулю.

$$\overline{M_{\Phi i}} = \overline{\Phi}_i \cdot \overline{r_i} = -m_i \overline{a_{Si}} \cdot \overline{r_i} = -m_i \omega^2 \overline{r_{Si}} \cdot \overline{r_i} \Rightarrow$$

$$\overline{M_{\Phi}} = \sum_{i=1}^n \overline{M_{\Phi i}} = \omega^2 \sum_{i=1}^n m_i \overline{r_{Si}} \cdot \overline{r_i} = \omega^2 \sum_{i=1}^n m_i (x_i \overline{r_{Si}} \cdot \bar{i} + y_i \overline{r_{Si}} \cdot \bar{j}) = \omega^2 (J_x \bar{i} + J_y \bar{j})$$

т.е для того чтобы главный момент сил инерции оставался постоянным достаточно, чтобы центробежные моменты инерции (J_x, J_y) были равны нулю.

Неуравновешенность – такое состояние механизма, при котором главный вектор или главный момент сил инерции не равны нулю. Различают:

статическую неуравновешенность $\Phi \neq 0$;

моментную неуравновешенность $M_{\Phi} \neq 0$;

динамическую неуравновешенность $\Phi \neq 0$ и $M_{\Phi} \neq 0$.

Т.е. задача уравнивания сводится к устранению сил инерции.

Тема 6. Виброизмерительные приборы

Приборы виброизмерительные САПФИР предназначены для измерения амплитуды виброперемещения и числа оборотов роторов при проведении балансировочных работ на объектах электроэнергетики, предприятиях нефтяной, газовой, металлургической и других отраслей промышленности.

ОПИСАНИЕ Прибор представляет собой четырехканальное микропроцессорное устройство, принцип действия которого основан на преобразовании вибрационного движения в электрический сигнал, пропорциональный виброускорению, и дальнейшей его обработке.

В качестве первичных преобразователей используются акселерометры АТ 1105-1М емкостного типа.

Выходной сигнал акселерометра подается в блок обработки сигналов БОС1, где в свою очередь поступает на усилитель, интегратор 1, интегратор 2, программируемый усилитель, фильтр нижних частот. В системном блоке БОС1 осуществляется аналого-цифровое преобразование, а также преобразование Фурье и вычислительные операции.

В блоке отображения информации БОИ в качестве дисплея используется цветной графический жидкокристаллический индикатор с функцией селективного определения прикосновения к различным участкам поверхности.

В состав прибора входят также датчик угла ЛИР-158Б, указатель лазерный УЛ-010 и лазерный преобразователь числа оборотов КР020л.

По результатам измерений встроенная в прибор программа позволяет на основе использования метода коэффициентов влияния рассчитать корректирующие массы, место их размещения и точность балансировочного станка.

КВАРЦ. Элементная база, классический набор функций анализа вибрации, два синхронных измерительных канала, большой цветной дисплей высокого разрешения, бесконтактное измерение температуры, компактные размеры, малый вес, емкая батарея, все это призвано создать комфортные условия работы и поднять планку требований к современной портативной виброизмерительной аппаратуре. КВАРЦ ориентирован как на профессионалов в области измерений вибрации, так и будет понятен специалистам, делающим первые шаги в вибродиагностике.

Особенности балансировочного прибора, сборщика данных, анализатора вибраций с ПО КВАРЦ-Монитор КВАРЦ-2:

- 2 синхронных независимых канала измерений;
- Расширенный частотный диапазон 2 Гц - 40 кГц;
- Балансировка роторов в 4-х плоскостях коррекции;
- Встроенный пирометр для измерения температуры;

- Цветной 5,6" дисплей разрешением 640x480 пикселей;
- Мембранная пылезащищенная клавиатура;
- Прочный, пыле-, влагозащищенный металлический корпус;
- Загрузка в прибор изображений агрегатов с точками контроля в режиме измерений по маршруту.
- Сохранение в приборе настроек часто используемых замеров для измерений в режиме анализатора;
- Запись голосовых комментариев;
- Возможность подключения к аналоговым выходам стационарных систем виброконтроля.
- Балансировочная программа прибора позволяет использовать до 4-х плоскостей коррекции и до 4-х точек измерений, что оптимально для большинства агрегатов;
- Любые единицы измерения: мкм, мм/с, м/с²;
- Балансировка высокоскоростных агрегатов. Возможность проводить измерения на частотах вращения до 180 000 об/мин.;
- Синхронные измерения по 2-м каналам одновременно для экономии времени;
- Оптимизация числа плоскостей коррекции в процессе балансировки;
- Построение векторных диаграмм для удобства визуализации балансировки;
- Проверка матрицы коэффициентов влияния на устойчивость для предотвращения ошибочных пусков.

Тема 7. Изучение конструкции малого балансировочных станков.

Балансировочный станок по существу является измерителем колебаний механической системы, связанной с ротором, по характеристикам которых судят о неуравновешенности ротора. Некоторые станки могут иметь встроенные приспособления для корректировки масс ротора.

При серийном и массовом производстве операции определения и уменьшения дисбалансов могут совмещаться, т.е. измерения дисбалансов ротора и корректировка его масс проводятся одновременно.

По характеру режима работы и конструктивному исполнению различают балансировочные станки дорезонансного, резонансного и зарезонансного типа.

У дорезонансного балансировочного станка частота вращения при балансировке ниже наименьшей собственной частоты колебаний системы, состоящей из балансируемого ротора и паразитной массы, которая включает в себя часть массы станка, участвующей в колебаниях при возбуждении их неуравновешенными силами ротора.

У резонансного балансировочного станка частота вращения при установившемся режиме балансировки равна собственной частоте колебаний системы, состоящей из ротора и уравновешивающей массы. Сюда же относят и станки с балансировкой при проходе через резонансный режим. Станки с проходом через ре-

зонанс наиболее просты, имеют простой привод и допускают замер амплитуд колебаний простыми приборами, но имеют неопределенные характеристики при прохождении через резонансный режим, что снижает точность балансировки.

Станки с работой на резонансном режиме более чувствительны, но требуют применения сложного привода, чтобы строго поддерживать этот режим.

В зарезонансном балансировочном станке при балансировке обеспечивается частота вращения ротора выше наибольшей собственной частоты колебаний роторной системы вместе с уравнивающей массой.

Станки этого типа, как и дорезонансные, не имеют проблем в поддержании устойчивого движения и имеют простые приводы. Однако малые значения амплитуд колебаний в зарезонансном режиме требуют применения высокочувствительных приборов для измерения амплитуд.

Механические системы балансировочных станков классифицируют по числу степеней свободы ротора, а также по числу степеней свободы оси ротора вместе с подвижной частью станка.

В классификации по числу степеней свободы ротора механические системы распределены по семи классам.

Номер класса (римская цифра) соответствует числу степеней свободы жесткого ротора. Кроме того, введен дополнительный признак разделения механических систем на две группы: буквой А обозначены станки, имеющие раму, на которой размещены опоры ротора, а буквой В - станки с отдельными опорами, установленными на неподвижном основании. Это подразделение характеризует не только конструктивные особенности системы, но и особенности балансировочного процесса, так как в станках группы А выбор точек для измерения колебаний менее ограничен, чем в группе В.

2.4 Содержание производственного обучения.

Тема 8. Подготовка балансировочного станка к работе, установка ротора на станок.

Для того чтобы подготовить станок к балансировке необходимо провести замеры основных параметров ротора: масса (определяется приблизительно), длина между шейками ротора (посадочные места для подшипников), длина от торца полумуфты (если таковая имеется) до ближней шейки и диаметр шеек ротора. Так же необходимо измерить межосевое расстояние симметрично расположенных отверстий в полумуфте. В том случае, если полумуфта на роторе отсутствует, в связи с конструктивной особенностью, необходимо подобрать и насадить на один из концов ротора так называемый «стакан» либо из уже ранее изготовленных, либо изготовить по чертежу. По полученным измерениям выбираем планшайбу и кардан, размер роликов (малые или большие), выставив стойки. Затем с помощью тельфера устанавливаем ротор на подготовленные стойки станка и соединяем с приво-

дом. После этого устанавливается на специально подготовленное место балансировочный модуль «САПФИР» к которому подключаются датчики вибрации и лазерный отметчик.

*Перед установкой следует убедиться, что все насадные детали (крылатка вентилятора, рабочее колесо и т.д.) установлены и как следует закреплены на роторе. Так же следует убедиться, что отсутствуют различного рода загрязнения на рабочих колёсах роторов насосов, «бочках» роторов ЭД (остатки смазки, мазута, пыль и т.д.).

Тема 9. Практика динамической балансировки ротора насоса.

На заранее подготовленный станок устанавливается учебный ротор насоса (любезно предоставленный КТЦ). Проводится первый пуск для определения исходного дисбаланса. Затем проводится второй пуск с установленным пробным грузом со стороны первой плоскости коррекции. Далее этот груз снимается и устанавливается на вторую плоскость коррекции. После этого проводится третий пуск. Балансировочный модуль рассчитывает ДКВ и на основании этого указывает в какой точке и какую массу надо снять. Балансировка роторов насосов производится путём стачивания металла с рабочих колёс, а также с полумуфты, при необходимости, с помощью УШМ. Так как не представляется возможным «на глаз» определить сколько металла сточено за один раз, то шлифовка производится экспериментальным путём с постоянными корректировочными пусками пока остаточный дисбаланс не будет соответствовать требуемой норме для данного ротора.

Тема 10. Практика динамической балансировки ротора электродвигателя.

Алгоритм действий аналогичен балансировке ротора насоса. Разница заключается в том, что корректирующие груза устанавливаются в штатные места на «бочке» ротора, на лопасть крылатки вентилятора и т.д. Так же проводится несколько корректирующих пусков, в процессе которых добавляются или снимаются ранее установленные груза

Тема 11. Практика динамической балансировки рабочего колеса.

Аналогично с балансировкой ротора насоса. Крылатка (так же рабочее колесо при необходимости) устанавливается в специальное приспособление. Затем устанавливается на станок. Устранение дисбаланса производится путём установки корректирующих грузов на корпус либо снятием металла

3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

3.1. Материально технические условия реализации программы

Наименование кабинетов (классов)	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения(тренажеры)
Кабинет оказания первой доврачебной по-	Лекции, практические занятия, экзамен	1. Оснащен манекеном-тренажером «Гоша» для отработки навыков первой помощи пострадавшим

мощи		2. Персональный компьютер с программным обеспечением.
Кабинет №2	Лекции, практические и самостоятельные занятия, экзамен	1. Доска аудиторная трехэлементная 2. Экран 3. Персональный компьютер с программным обеспечением 4. Учебно-наглядные пособия (таблицы демонстрационные, плакаты, естественная наглядность). 5. Альбомы и плакаты ламинированные. 6. Учебные видеоролики
Кабинет №4 Компьютерный класс	самостоятельные занятия	1. Мультимедийный проектор 2. Интерактивная доска 3. Персональные компьютеры.

3.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

3.2.1. Список рекомендуемой нормативно-технической литературы

1. ФЗ № 181 - ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17.07.1999
2. ФЗ № 197 - ФЗ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001
3. ФЗ №116 «О Промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.06.97
4. Постановление Правительства РФ от 11 марта 1999 г. N 279. "Об утверждении Положения о расследовании и учете несчастных случаев на производстве" (с изменениями от 28 января, 24 мая 2000 г.) от 11.03.1999г. № 279;
5. Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением.
6. РД 153-34.0-03.301. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.;
7. РД 34.49.503-94. Типовая инструкция по содержанию и применению первичных средств пожаротушения на объектах энергетической отрасли – М.: СПО ОРГРЭС;
8. РД 34.03.201.-97. Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей. – М.: СПО ОРГРЭС, 1997;
9. Алексеев С.П. "Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении" 1970 г.
10. Алексеев А.П. "Монтаж и эксплуатация электроустановок" 2006 г.
11. Введение в вибрацию
12. Пособие для диагностов
13. Вибрация и шум электрических машин. Лекции 2004 г.
14. Вибрации в технике. Том 1 - Колебания линейных систем 1978 г.
15. Вибрации в технике. Том 2 - Колебания нелинейных механических систем 1979 г.

16. Вибрации в технике. Том 3 - Колебания машин, конструкций и их элементов 1980 г.
17. Вибрации в технике. Том 4 - Вибрационные процессы и машины 1981 г.
18. Вибрации в технике. Том 5 - Измерения и испытания 1981 г.
19. Вибрации в технике. Том 6 - Защита от вибрации и ударов 1981 г.
20. Гольдин А.С. "Вибрация роторных машин" 2000 г.
21. Исакович М.М. "Устранение вибрации электрических машин" 1978 г.
22. Кравчик А.Э. "Асинхронные двигатели серии 4А:Справочник" 1982 г.
23. Ширман А., Соловьев А. "Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования" 1996 г.
24. ГОСТ 10816
26. ГОСТ 25364-97
27. ГОСТ 27165-97
28. ГОСТ 30296-95
29. ГОСТ 30576-98
30. ГОСТ ИСО 2954-97
31. ГОСТ ИСО 10816-1-97
32. ГОСТ Р 51498-99 (ИСО 10814-96)
33. ГОСТ Р ИСО 5348-99
34. ГОСТ Р ИСО 7919-1-99
35. ГОСТ Р ИСО 7919-3-99
36. ГОСТ Р ИСО 8042-99
37. ГОСТ Р ИСО 10816-3-99
38. ГОСТ Р ИСО 10816-4_1
39. ГОСТ Р ИСО 10817-1-99
40. Рэндалл Р.Б. "Частотный анализ"
41. Цехнович Л.И., Петриченко И.П. "Атлас конструкций редукторов"
42. Гемке Р.Г. "Неисправности электрических машин"
43. Левит М. Е., Рыженков В. М. "Балансировка деталей и узлов"

3.2.2 Интернет ресурсы

1. <http://refleader.ru/yfsmerujgqas.htmlhttp://www.r52.ru/index.phtml?sid=26&nid=35523>
2. https://infourok.ru/sbornik_metodicheskikh_ukazaniy_dlya_studentov_po_vypolnениyu_prakticheskikh_rabot-3.
3. http://bizlog.ru/etks/etks-2_2/306.htm

3.2.3. Электронные образовательные ресурсы

- Программный комплекс: обучающее-контролирующая система «ОЛИМП: ОКС» ЗАО «Термика» (автоматизированная система обучения и проверки знаний персонала).
- Электронная библиотека в программном комплексе «ОЛИМП: ОКС».
- Программно-информационный комплекс «АСОП-ЭКСПЕРТ» (автоматизированная система обучения и проверки знаний персонала).

4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Контроль качества освоения дисциплин учебной программы осуществляется в виде проверки знаний слушателей и включает:

4.1 Текущий контроль

Текущий контроль является контрольной точкой по завершению темы учебной дисциплины без выставления отметки и проводится преподавателем в процессе проведения занятий по теме учебной дисциплины.

Формы текущего контроля: самостоятельная, практическая работа слушателей, тестирование, устный опрос.

4.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится по окончании изучения учебной дисциплины с целью оценки уровня освоения дисциплины слушателями за счет часов дисциплины в форме зачета (устный, тестирование).

4.3 Итоговая аттестация

Оценка качества освоения программы осуществляется итоговой аттестационной комиссией в виде квалификационного экзамена. Квалификационный экзамен включает в себя выполнение квалификационной работы на предприятии по окончании практического обучения и проверку теоретических знаний в форме устного экзамена в Учебно-консультационном пункте с целью определения уровня полученных знаний, умений и навыков в пределах квалификационных требований, указанных в квалификационных справочниках.

Применяется четырех бальная система оценки знаний («неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»).

Результаты квалификационных экзаменов и решение комиссии о присвоении слушателям квалификационных разрядов по профессии заносятся в протокол, который подписывается председателем и всеми членами комиссии.

Оценочные материалы теоретической части квалификационного экзамена представлены в Приложении 1.

Примерный перечень заданий практической части квалификационного экзамена представлен в Приложении 2.

5. Кадровые условия

Для проведения учебных занятий допускаются педагогические работники и специалисты-производственники, имеющие:

- среднее профессиональное образование или высшее образование, дополнительное профессиональное образование на базе среднего профессионального образования или высшего образования, профессиональная переподготовка, направленность (профиль) которой соответствует преподаваемому учебному курсу, дисциплине;

- опыт работы в области профессиональной деятельности, соответствующей преподаваемому учебному предмету, курсу, дисциплине.

6. Документы об обучении

Слушателям, успешно сдавшим квалификационный экзамен, присваивается разряд по установленной профессии и выдается свидетельство о профессии рабочего и удостоверение для допуска к работе.

**Примерный перечень вопросов
к квалификационному экзамену по проверке теоретических знаний
по программе профессиональной переподготовки рабочих по профессии
«Балансировщик деталей и узлов»**

1. Цель балансировки
2. Физические основы вибрации механических систем. Виды вибрации, единицы измерения.
3. Вибрация ротора в опорах вращения. Центробежная сила, критическая скорость вращения
4. Датчики вибрации, виды анализа вибрации.
5. Синхронные измерения вибрации на частоте вращения ротора.
6. Требования к техническим средствам измерения и анализа вибрации
7. Балансировка ротора методом трех пусков
8. Поиск источника повышенной вибрации
9. Признаки дефектов, ограничивающих эффективность балансировки машин
10. Особенности низкооборотной балансировки ротора
11. Последствия неуравновешенности ротора
12. Основные причины неуравновешенности ротора
13. Характеристик ротора по числу опор и расположению массы
14. Виды неуравновешенности ротора
15. Характеристики неуравновешенностей
16. Способы устранения неуравновешенности ротора
17. Допустимый остаточный дисбаланс.
18. Виды прогибов ротора
19. Понятие – РЕЗОНАНС
20. Классификация роторов по жесткости
21. Понятие – ДИНАМИЧЕСКАЯ НЕУРАВНОВЕШЕННОСТЬ
22. Классификация балансировочных станков по скорости вращения
23. Классификация балансировочных станков по группам
24. Понятие – СТАТИЧЕСКИЙ ДИСБАЛАНС
25. Способы его устранения
26. В каких случаях необходимо проводить балансировку ротора
27. Понятие – БАЛАНСИРОВОЧНЫЙ СТАНОК. Для чего служит прибор «САПФИР»

**Примерный перечень
заданий к практической части квалификационного экзамена
по профессии «Балансировщик деталей и узлов»**

1. Подготовка станка к работе
2. Маховики, шкивы всех диаметров, зубчатые колеса – балансировка
3. Патроны и планшайбы токарных и расточных станков – балансировка
4. Роторы и якоря малых и средних электрических машин мощностью до 100 кВт и частотой вращения до 3000 мин - динамическая балансировка
5. Роторы турбогенераторов, центробежных насосов - статическая балансировка
6. Роторы, якоря и маховики электрических машин переменного и постоянного тока мощностью свыше 100 кВт - статическая балансировка
7. Смуфчивание, центровка ротора.
8. Смуфчивание насоса.