

«УТВЕРЖДЕНО»Приказом № 05 /У от « 10 » 10 20 16 г.

Генеральный директор

ООО «Балтех»  /М.В. Лисицкий/« 10 » 10 20 16 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

**TOP-102 «БАЛАНСИРОВКА РОТОРОВ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И НА
БАЛАНСИРОВОЧНЫХ СТАНКАХ»**

(полное наименование программы ДПО)

форма подготовки: очная

объем (трудоемкость): 40 часов

Составители:

Р.А. Романов (к.т.н.)

В. В. Севастьянов

Д. А. Дорофеев

г. Санкт-Петербург

2016 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	3
1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ.....	3
1.1 Цель и задачи реализации образовательной программы.....	3
1.2 Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимые для освоения программы.....	4
1.3 Планируемые результаты обучения	4
1.4 Трудоемкость, режим занятий, форма обучения и аттестации	5
1.5 Календарный учебный график.....	5
2 СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ.....	6
2.1 Учебный план.....	6
2.2 Структура и примерное содержание программы.....	7
2.3. Перечень тем и содержание учебной работы слушателей на практических занятиях.....	9
3 УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ.....	10
3.1 Материально - техническое обеспечение лекционных и практических занятий.....	10
3.2 Методическое обеспечение программы	11
3.3 Информационное обеспечение обучения	11
4 КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ	12
5 АТТЕСТАЦИОННЫЙ ТЕСТ.....

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа курса TOP-102 «Балансировка роторов на месте эксплуатации и на балансировочных станках» 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. N 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 дисциплины являются цели и задачи, понятийный аппарат вибродиагностики оборудования и балансировки роторов, оборудование и системы для балансировки роторов в собственных опорах, виды балансировочных станков, нормативная база контроля вибрации и сбалансированности роторов.

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

Целью освоения учебной дисциплины является ознакомление слушателей с основными приемами и методами уравнивания роторов машин и снижения их вибрации. В результате изучения дисциплины слушатели должны овладеть знаниями, необходимыми для определения, оценки степени уравниваемости роторов конкретных агрегатов и снижения их вибрации в

соответствии с требованиями нормативных документов. Кроме того, целью изучения дисциплины также является формирование комплекса знаний по теоретическим основам вибрационной диагностики машин и оборудования, первичных навыков вибродиагностики роторного оборудования.

Исходя из поставленной цели, данная программа повышения квалификации рассчитана на решение следующих задач:

- освоение теории и методов измерения и анализа вибрации;
- овладение технологиями вибрационного контроля на соответствие действующим нормам и диагностики причин недопустимого роста вибрации на роторном оборудовании;
- изучение теоретических основ и приемов балансировки жестких и гибких роторов на балансировочных станках и на месте эксплуатации;
- освоение работы с современными многоканальными средствами балансировки роторов на месте эксплуатации.

1.2 Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимые для освоения программы

Категория слушателей: лица с высшим или средним-специальным образованием, специалисты занятые в области технического обслуживания, ремонта и эксплуатации роторного оборудования использующие балансировочные станки или оборудование и системы для балансировки роторов на месте эксплуатации (главный механик, энергетик, инженер, мастер по ремонту оборудования, инженер по техническому надзору, инженер по эксплуатации оборудования, инженер по наладке и испытаниям, инженер по оборудованию, инженер-электрик, электромеханик, монтажник оборудования, слесарь-наладчик, слесарь механо-сборочных работ).

Наличие высшего и(или) среднего профессионального образования должно подтверждаться документом.

1.3 Планируемые результаты обучения

Слушатель в результате освоения программы данного курса должен:

- знать:

- физические основы вибрации роторного оборудования;
- методы измерения и анализа вибрации;
- нормативную базу контроля вибрации;
- основные источники вибрации роторного оборудования, диагностические признаки распознавания этих источников;
- технологию балансировки жестких роторов на балансировочном станке и в собственных опорах;
- особенности балансировки гибких и жестких роторов;
- современные программно-технические средства контроля и анализа вибрации, балансировки роторов.

-уметь:

- осуществлять контроль вибрации роторного оборудования на соответствие нормам;
- выявлять причину повышенной вибрации агрегатов на частоте вращения;
- выполнять на месте эксплуатации балансировку жестких роторов и роторов, балансируемых как жесткие;

- составлять отчеты по результатам проведения балансировочных работ.

1.4 Трудоемкость, режим занятий, форма обучения и аттестации

Код: TOP-102.

Артикул: 102-01.

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе: 40 академических часов.

Формы обучения: очная.

Продолжительность ежедневных учебных занятий: 8 учебных часов в день. Один учебный час составляет 45 мин. Кроме того, в дни, свободные от учебных занятий, предусмотрены факультативные занятия и консультации.

Форма аттестации: по окончании обучения проводится зачет в установленном порядке. По результатам зачета выдается удостоверение, установленного обучающей организацией образца.

1.5 Календарный учебный график

№ п/п	Наименование программы обучения	Часов	Дней	Месяцы года											
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1	TOP-102 «Балансировка роторов на месте эксплуатации и на балансировочных станках»	40	5	В течение года, по мере набора группы											

Форма обучения	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	Итого количество часов
Лекции	6	4	4	4	2	40
Практические занятия	2	4	4	4	4	
Итоговая аттестация					2	
Итого	8	8	8	8	8	

2 СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1 Учебный план

№	Наименование разделов / модулей	Всего часов	В том числе:		Форма контроля / итоговая аттестация
			Лекции	Практические занятия	
1.	Введение в «Концепцию «Технологии Надежности»	3	3	-	Текущий контроль
2.	Основы вибрационного контроля	6	4	2	Текущий контроль
3.	Измерение и анализ вибрации	9	4	5	Текущий контроль
4.	Виброналадка оборудования	8	5	3	Текущий контроль
5.	Балансировка роторов в собственных подшипниках и на балансировочных станках	12	4	8	Текущий контроль
6.	Итоговая аттестация	2	2	-	Тестирование в электронной форме
	Всего:	40	22	18	

2.2 Структура и примерное содержание программы

Наименование разделов и тем	Объем часов	
	Лекции	Практические занятия
Раздел 1. Введение в «Концепцию «Технологии Надежности»	3	
Тема 1. Концепция «Технологии Надежности» - основа комплексного подхода к обслуживанию оборудования	1	
Тема 2. Стратегии диагностики и формы технического обслуживания и ремонта (ТОиР)	1	
Тема 3. Введение в направления технической диагностики и неразрушающего контроля	1	
Раздел 2. Основы вибрационного контроля	4	2
Тема 5. Основные характеристики вибрации.	1	
Тема 6. Простейшие колебательные системы. Собственные частоты колебательных систем. Резонанс	1	
Тема 7. Основные документы, регламентирующие состояние оборудования по вибрационным параметрам. Нормы вибрации.	1	
Тема 8. Выбор точек контроля, режимов работы оборудования, периодичности контроля	1	2
Раздел 3. Измерение и анализ вибрации	4	5
Тема 9. Измерительные преобразователи. Виды, типы и конструкции датчиков для измерения относительной и абсолютной вибрации. Способы их крепления, требования к месту установки.	1	
Тема 10. Анализ формы сигнала. Фильтрация и спектральный анализ. Представление вибрации в частотной и временной форме. Измерение амплитуд и фаз вибрации. Выделение огибающей сигнала вибрации. Спектр огибающей сигнала вибрации. Преобразование Фурье.	2	3
Тема 11. Виброметры и виброанализаторы. Многоканальные измерения. Программы вибрационного мониторинга и ведения баз данных. Маршруты измерений.	1	2

Раздел 4. Виброналадка оборудования	6	2
<p>Тема 12. Основные колебательные силы в машинах и механизмах. Колебания системы «ротор-подшипники». Виды неуравновешенности. Несоосность валов. Влияние дефектов линии вала, механических конструкций на вибрацию машин и механизмов.</p> <p>Тема 13. Центровка валов.</p> <p>Тема 14. Теоретические основы балансировка роторов в собственных подшипниках и на балансировочных станках. Форма отчета.</p> <p>Тема 15. Мероприятия, оказывающие значительное влияние на коррекцию вибрационного состояния оборудования.</p>	0,5 0,5 4,0 1	2
Раздел 5. Балансировка роторов в собственных подшипниках и на балансировочных станках	4	8
<p>Тема 16. Особенности балансировки в собственных подшипниках. Безфазная балансировка роторов.</p> <p>Тема 17. Особенности балансировки жестких роторов.</p> <p>Тема 18. Особенности балансировки гибких роторов.</p> <p>Тема 19. Программы для балансировки и оборудование для балансировки.</p>	1 1 1 1	6 2
Итоговая аттестация	2	
ИТОГО: 40 ак. часов	22	18

2.3. Перечень тем и содержание учебной работы слушателей на практических занятиях.

№ п/п	Темы занятий	Содержание учебной работы	Объём в часах
1.	Выбор точек контроля, режимов работы оборудования, периодичности контроля.	Работа на лабораторном стенде с портативными приборами для вибрационного контроля и мониторинга. Способы крепления вибродатчиков, установочный резонанс. Датчики оборотов (фазоотметчики). Анализ результатов измерений, сравнение с порогами, нормами вибрации.	2
2.	Анализ формы сигнала. Фильтрация и спектральный анализ. Представление вибрации в частотной и временной форме. Измерение амплитуд и фаз вибрации. Выделение огибающей сигнала вибрации. Спектр огибающей сигнала вибрации. Преобразование Фурье.	Работа на лабораторном стенде с портативными приборами для вибрационного контроля и диагностики. Измерение амплитуд и фаз вибрации. Выделение огибающей сигнала вибрации	3
2.	Виброметры и виброанализаторы. Многоканальные измерения. Программы вибрационного мониторинга и ведения баз данных. Маршруты измерений.	Работа на лабораторном стенде, имитирующим дефекты: проведение измерений, сброс данных в базу. Графический анализ результатов измерений, сравнение с порогами, определение возможных причин повышенной вибрации. Составление отчетных документов.	2
3.	Виброналадка оборудования Центровка валов.	Работа на лабораторном стенде Проверка соосности валов. Центровка валов с помощью систем лазерной центровки.	2
4.	Особенности балансировки роторов в собственных подшипниках. Безфазная балансировка роторов.	Определение неуравновешенности ротора по параметрам вибрации его опор. Одно и двухплоскостная балансировка ротора на балансировочном стенде. Безфазная балансировка ротора.	6
5.	Особенности балансировки жестких роторов.	Получение навыков балансировки роторов на балансировочном станке.	2

3 УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

3.1 Материально - техническое обеспечение лекционных и практических занятий

Под образовательную деятельность выделяются два класса - первый класс для лекционных занятий и второй класс для практических занятий.

Оснащение лекционного класса:

1. Персональные компьютеры,
2. Акустическая система,
3. Цифровой проектор,
4. Проекционный экран,
5. Магнитно-маркерная доска,
6. Учебно-методические плакаты и информационные баннеры,
7. Кулер для воды,
8. Кондиционер воздуха,
9. Письменные столы и стулья,
10. Место преподавателя.

Лекционный класс:



Реализация практической части учебной программы курса осуществляется с помощью учебного класса и следующих технических средств для организации процесса обучения:

- Столы для размещения учебных стендов;
- Учебные ламинированные плакаты;
- Магнитно-маркерная доска;
- «ПРОТОН-Стенд» - учебный стенд для проведения тренингов по балансировке;
- BALTECH VP-3405-2 - виброручка (виброперемещение, виброскорость, виброускорение)
- BALTECH VP-3410 - виброметр (виброперемещение, виброскорость, виброускорение)
- BALTECH VP- 3470 виброметр-балансировщик с программой ведения баз данных;
- «ПРОТОН-Баланс-II» - виброметр-тахометр-балансировщик-термометр с программой ведения баз данных и аксессуарами;
- BALTECH TSA-4040 Стенд-тренажер для обучения центровке валов;
- Системы для центровки валов лазерные серии КВАНТ; BALTECH SA; Fixturlaser.

Класс для практических занятий:



3.2 Методическое обеспечение программы

- Учебное пособие (книжное исполнение): «Основы вибродиагностики промышленного оборудования: учебно-справочное пособие.» Романов Р.А., Лавров К.А., Севастьянов В.В.: Санкт-Петербург. ООО «Балтех». 2016.
- Техническое описание приспособлений, приборов и систем, и станков для балансировки.
- Компакт-диск с презентационным материалом по изучаемым темам.
- Фирменная сумка (или пакет), блокнот, ручка для записей.

3.3 Информационное обеспечение обучения

Список литературы:

1. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. Под. ред. Генкина М.Д.- М.:Машиностроение, 1981- Т. 6. - 456 с.
2. Бочарников В.Ф. Техническая диагностика нефтепромыслового оборудования: Учебное пособие. - Тюмень: ТюмГНГУ, 1995. - 100 с.
3. Исакович М.М., Клейман Л.И., Перчанок Б.Х. Устранение вибраций электрических машин. – 2-е изд., Л.: Энергия. –1979, - 200 с.
4. Русов В.А. Спектральная вибродиагностика. 1 вып. – Пермь, изд. Фирмы "Вибро-Центр",1996, 176 с.
5. Ивович В.А.. Онищенко В.Я. Защита от вибрации в машиностроении. – М.:Машиностроение, 1990. – 272 с.
6. Ширман А.Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. Москва: Наука, 1996. - 276 с
7. Барков А.В., Баркова Н.А. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации. Учебное пособие. СПб. Изд. СПб ГМТУ. 2004. 151 с
8. Зусман Г.В., Барков А.В. Вибродиагностика. Учебное пособие. Под общей редакцией академика РАН В.В. Клюева. М., Издательский дом «Спектр». 2011. 214с
9. Неразрушающий контроль: Справочник: Т. 7: В 2 кн. Кн. 2: Ф.Я. Балицкий, А.В.Барков, Н.А. Баркова и др. Вибродиагностика, - М.: Машиностроение, 2005.
10. ГОСТ 24.346-80. Вибрация. Термины и определения
11. ГОСТ 24347-80. Вибрация. Обозначения и единицы
12. ГОСТ ИСО 2954-97 Вибрация машин с возвратно-поступательным и вращательным

- движением. Требования к средствам измерения.
13. ГОСТ IS016063-1-2013 Вибрация. Методы калибровки датчиков вибрации и удара. Часть 1. Общие положения.
 14. ГОСТ Р.ИСО 10816 (все части). Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерения вибрации на невращающихся частях
 15. ГОСТ Р.ИСО 7919 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерения вибрации на вращающихся частях.
 16. ГОСТ Р 55265.2-2012 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 2. Стационарные паровые турбины и генераторы мощностью более 50 МВт с рабочими частотами вращения 1500, 1800, 3000 и 3600 мин в степени минус 1.
 17. ГОСТ ИСО 1940-1-2007. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса.
 18. ГОСТ ИСО 1940-2-99. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 2. Учет погрешностей оценки остаточного дисбаланса.
 19. ГОСТ 31320-2006 (ИСО 11342:98). Методы и критерии балансировки гибких роторов
 20. ГОСТ Р ИСО 20806 - 2007. Балансировка на месте роторов больших и средних размеров. Критерии и меры безопасности
 21. ГОСТ ИСО 2371 Оборудование для балансировки механизмов на месте установки. Требования.
 22. ГОСТ 26875-86. Вибрация. Аппаратура переносная балансировочная. Технические требования.

Программно-информационные ресурсы:

1. <http://www.baltech.ru>
2. <http://www.baltech-center.ru>

4 КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Текущий контроль и оценка результатов освоения учебной программы осуществляются преподавателем в процессе проведения практических занятий и тестирования в электронной форме.

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).

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения
<p>Слушатель должен уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • осуществлять контроль вибрации роторного оборудования на соответствие нормам в установившихся и переходных режимах работы; • выявлять причину повышенной вибрации агрегатов на частоте вращения; • выполнять на месте эксплуатации балансировку жестких роторов и роторов, балансируемых как жесткие; • составлять отчеты по результатам балансировки на месте эксплуатации. 	<p>Наблюдение и экспертная оценка эффективности и правильности принимаемых слушателями действий и решений на практических занятиях.</p>
<p>Слушатель должен знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • физические основы вибрации роторного оборудования; • методы измерения и анализа вибрации; • нормативную базу контроля вибрации; • основные источники вибрации роторного оборудования, диагностические признаки распознавания этих источников; • технологию балансировки жестких роторов на балансировочном станке и в составе агрегатов; • особенности балансировки гибких и жестких роторов; • современные программно-технические средства контроля и анализа вибрации, балансировки роторов. 	<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 Приложении 1. Для успешного прохождения теста необходимо набрать не менее 75% правильных ответов.</p>