

Программа
повышения квалификации
«Паровые и газовые турбины»

Место проведения семинара: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, 195251

Даты проведения: 07 – 10 апреля 2026г.

Количество дней – 4 дня.

Срок обучения: 32 часа.

Форма обучения: очная.

Наименование раздела	Общая трудоемкость	По учебному плану с использованием дистанционных образовательных технологий, час.		
		Всего	Лекции	Лаб.раб., сем.
1 Теоретический модуль	24	24	24	-
1.1 Турбины. Общая информация Роль, место и масштаб применения турбин в разных отраслях промышленности. Классификация турбин. Основные типы турбин: газовые – для привода электрогенераторов, для привода нагнетателей природного газа, для использования в авиационных газотурбинных двигателях, турбодетандеры, турбины специального назначения; паровые – конденсационные, противодавленческие, теплофикационные, с теплофикационными и производственными отборами. Паровые турбины на низкокипящих рабочих телах по органическому циклу Ренкина. Принципиальные схемы паро- и газотурбинных установок. Комбинированные паро-газовые и газо-паровые установки.			2,0	
1.2 Турбины. Основы рабочего процесса Термодинамические циклы. Цикл Карно, невозможность применения его в паротурбинных установках. Термический КПД цикла. Цикл Брайтона. Цикл Ренкина для паротурбинных установок. Уровень параметров газо- и паротурбинных установок. Свойства рабочих тел в паровых и газовых турбинах.			2,0	
1.3 Общие принципы конструирования турбин и турбинных ступеней Понятие о перепаде энтальпий. Многоступенчатые турбины. Распределение перепадов энтальпий по			2,0	

ступеням турбины, определение количества ступеней. Степень реактивности турбинной ступени, распределение перепадов энтальпий между лопаточными венцами в ступени. Ступени скорости и ступени давления. Двухвенечные ступени скорости.				
1.4 Рабочий процесс в турбинной ступени. Рабочий процесс. Основные уравнения рабочего процесса. Процесс расширения в тепловых диаграммах. Потери энергии в турбинной ступени – потери в сопловом аппарате, потери в рабочем колесе, потери от утечек, потери трения диска, потери с выходной кинетической энергией. Потери от влажности во влажнопаровых ступенях и отсеках. Методы защиты от эрозии. Потери от парциальности. Особенности рабочего процесса в паровых турбинах малой мощности и противодавленческих турбинах.			2,0	
1.5. Состав и основные элементы газо- и паротурбинной установки. Основные элементы газотурбинной установки. Воздухозаборное устройство. Компрессор. Камеры сгорания, их типы. Выхлопное устройство, реактивное сопло. Основные элементы паротурбинной установки. Система регенеративного подогрева питательной воды. Конденсаторы. Конденсатные насосы. Эжекторы. Сальниковые подогреватели. Подогреватели поверхностного и смешивающего типов, их тепловой и материальный баланс. Подогреватели низкого давления. Точка смешения в тепловой схеме. Деаэраторы. Питательные насосы. Подогреватели высокого давления. Промежуточный перегрев пара.			2,0	
1.6 Статорная часть паротурбинной установки. Устройство и назначение узлов статора: цилиндры высокого среднего и низкого давления, особенности конструкции корпусов в зависимости от уровня давления. Наружные и внутренние корпуса. Обоймы. Диафрагмы и сопловые аппараты. Типы уплотнений в паровых турбинах. Диафрагменные, периферийные и концевые уплотнения. Принцип действия лабиринтовых уплотнений, линия Фанно. Особенности организации отвода пара из лабиринтовых уплотнений.			2,0	
1.7 Роторная часть паровой турбины Типы роторов паровых турбин – цельнокованные, сварные, с насадными дисками, комбинированные, цельнофрезерованные. Рабочие колеса: типы, классификация, выбор рабочего колеса. Способы			2,0	

крепления рабочих лопаток к диску. Осевые усилия, зависимость их от степени реактивности турбинной ступени. Способы уменьшения осевых усилий. Предельная мощность однопоточной паровой турбины.				
1.8 Подшипниковые узлы паровой и газовой турбины Назначение, основные типы, конструкции: опорный подшипник, опорно-упорный подшипник, принцип действия. Многосегментные подшипники. Газодинамические подшипники. Принципы расчета и подбора подшипников. Шариковые, роликовые, игольчатые подшипники в газовых турбинах. Газодинамические подшипники. Газостатические подшипники. Магнитные подвесы.			2,0	
1.9 Тепловое состояние основных элементов паровых турбин. Связь проблемы повышения надежности, маневренности и экономичности паровых турбин с тепловым состоянием. Относительные и абсолютные удлинения элементов роторной и статорной группы. Компенсация тепловых расширений. Особенности пуска турбины из холодного, неостывшего и горячего состояния. Валооборотное устройство. Расчет расцентровки на холодную с учетом линейных расширений металла.			1,0	
1.10 Вибродиагностика Причины возникновения вибраций роторов турбин. Статическая и динамическая балансировка рабочих колес, роторов турбин. Типы и принцип действия датчиков вибраций, Датчики для измерения виброперемещения, виброскорости и виброускорения. Регистрирующая аппаратура и общие принципы обработки сигналов вибродатчиков. Технология и оборудование для динамической балансировки. Допускаемый начальный и остаточный дисбаланс рабочих колес турбин. Динамическая балансировка роторов в собственных опорах. Методические указания по расчету зазоров натягов в подшипниках и зазоров в уплотнениях, проведению балансировки и центровки роторов.			1,0	

1.11 Охлаждение деталей газовых турбин. Охлаждение роторов и валов. Охлаждение дисков. Охлаждение сопловых и рабочих лопаток. Дефлекторные лопатки. Конвективное, конвективно-пленочное охлаждение. Транспирационное охлаждение.			2,0	
1.12 Система автоматизации и регулирования Система автоматизации: перечень основных контролируемых параметров газовой коммуникации – температуры, давления; перечень основных контролируемых параметров роторной части - вибрация, осевой сдвиг; стандартные значения сигнализаций и защит параметров работы турбинной установки. Регулирование мощности паровых и газовых турбин: методы – сопловое регулирование, дроссельное, обводное (байпасное), регулирование скользящим давлением. Особенности регулирования теплофикационных турбин.			1,0	
1.13 Масляная система Основные элементы масляной системы – масляный насос, маслоохладители, масляные фильтры, маслобак, система суфлирования, система очистки масла; перечень и предельные значения основных контролируемых параметров – температуры, давления; типовая схема системы маслообеспечения. Марки масел, применяемых при эксплуатации турбинного оборудования, принципы подбора масла, отбраковочные характеристики масла.			1,0	
1.14 Муфты, редукторы, мультипликаторы, трансмиссии Типы применяемых муфт, редукторов. Особенности конструкции. Обслуживание и эксплуатация.			1,0	
1.15 Типовые виды отказов паровых турбин Методы предупреждения отказов и ремонт турбин конденсационного и противодавленческого типа.			1,0	
2 Практическое занятие на предприятии Ленинградский металлический завод АО «Силовые машины»/ АО «Невский завод» Объемы регламентных работ, среднего, капитального ремонта, сроки проведения работ. Основные быстроизнашивающиеся элементы в конструкции турбины.	6	6	0	6

Правила консервации, расконсервации, транспортировки и хранения. Периодичность и объемы работ при переконсервации. Основные нормативные документы, регламентирующие проектирование и эксплуатацию турбин. Виды дефектов, критерии отбраковки деталей и узлов турбины. Методы контроля, применяемые при отбраковке узлов и деталей. Необходимые технологические контрольные операции перед сборкой турбины: проверка зазоров лабиринтных уплотнений; выставление рабочего положения ротора. Межступенчатые и межсекционные уплотнения: назначение; основные типы, конструкция; материальное исполнение, способы изготовления. Материальное исполнение рабочих колес и статорных деталей турбины. Сборка-разборка опорного и опорно-упорного подшипника. Сборка-разборка турбины: порядок сборки и разборки; устройство и назначение специнструмента и приспособлений. Вал: материальное исполнение, процессы изготовления; виды обработки шеек вала. Критические скорости роторов. Технологические процессы при сборке роторов. Проведение приемо-сдаточных испытаний турбинного оборудования заказчиком. Вибродиагностика Статическая и динамическая балансировка рабочих колес и роторов турбины. Технология и оборудование для динамической балансировки. Допускаемый начальный и остаточный дисбаланс рабочих колес. Динамическая балансировка роторов в собственных опорах.				
ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ - ТЕСТ	2	2	-	-
ИТОГО	32	32	24	6