

**федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**



**ПОЛИТЕХ**  
Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

Ю.В. Фомин



## **ПРОГРАММА**

**вступительного испытания  
по специальной дисциплине**

**для поступающих на обучение по программам подготовки  
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**научная специальность  
2.4.7. Турбомашины и поршневые двигатели**

Санкт-Петербург

2026

Ответственный по аспирантуре

от института

к.т.н., доцент

Составители:

Д.т.н., доцент

Д.т.н., профессор

К.т.н., доцент

С.Г. Зверев

В.В. Барсков

Ю.В. Гальшев

Ю.В. Матвеев



Программа рассмотрена и рекомендована к изданию Научно-техническим советом  
(протокол № 4 от «18» 03 2026 г.).

## 1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных требований по программам по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

## 2. Структура вступительного экзамена

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

Программа содержит перечень тем (вопросов) по специальной дисциплине соответствующей научной специальности **2.4.7. Турбомашин и поршневые двигатели.**

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух блоков:

- теоретический экзамен, проводимый очно в письменной и/или устной форме (максимальный балл – 100);

- портфолио (максимальный балл – 100).

Минимальное количество баллов для теоретического экзамена составляет 50 баллов.

При получении по теоретическому экзамену результата ниже минимального балла, портфолио не рассматривается и не суммируется с результатом теоретического экзамена.

### 2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио

Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

а. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.

б. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.

с. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.

д. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.

### Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение

№	Научные (научно-исследовательские)	Подтверждающий	Количество баллов
---	------------------------------------	----------------	-------------------

п/п	достижения	документ	за каждое достижение	
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе), в журналах перечня ВАК и приравненных к ним журналах, по категориям:	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL		
	категория К1;		25	
	категория К2;		15	
	категория К3.		10	
2.	Публикации, рецензируемые в РИНЦ	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	5	
	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует научной специальности, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:		Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем			10
исполнителем	5			
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий:	Копия патента или свидетельства		
	– патент на изобретение;		10	
	– патент на полезную модель;		7	
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		5	
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		5	
4.	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)		
	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций индексируемых в международной базе данных, проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:			
	за конференцию, индексируемую в международной базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных).		5	
за прочие конференции.	3			

5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3
6.	Заверенная копия протокола ГЭК по защите выпускной квалификационной работы магистра (специалиста) с рекомендацией к продолжению обучения в аспирантуре	Протокол	5

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

## 2.2. Структура и процедура проведения теоретического экзамена

Максимальная возможная оценка за теоретический экзамен составляет 100 баллов. Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с научной специальностью будущей научно-исследовательской работы (диссертации).

Абитуриент выбирает билет, содержащий два вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно-исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

## 2.3. Перечень тем для теоретического экзамена

1. Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания

Термодинамические циклы поршневых двигателей. Параметры рабочих циклов. Анализ показателей циклов. Циклы комбинированных двигателей. Рабочие тела в ДВС. Топлива, окислители, их основные свойства. Реакции сгорания жидких и газообразных топлив. Совершенное, несовершенное, полное и неполное сгорания топлива. Стехиометрическое количество воздуха, коэффициент избытка воздуха. Состав горючей смеси и продуктов сгорания. Теплота сгорания горючей смеси. Теплоемкость и внутренняя энергия смеси и продуктов сгорания. Процессы газообмена в двигателях. Параметры рабочего тела в цилиндре в конце процессов выпуска и зарядки. Газообмен в 4-тактных двигателях. Фазы газораспределения. Процессы выпуска, наполнения, продувки и дозарядки цилиндра. Показатели процессов газообмена. Суммарный коэффициент избытка воздуха. Коэффициенты наполнения и остаточных газов. Газообмен в 2-тактных двигателях. Действительная и геометрическая степень сжатия. Схемы газообмена. Основные периоды газообмена. Коэффициенты наполнения, остаточных газов, избытка продувочного тела, продувки, КПД очистки. Процесс сжатия. Физические и химические процессы, протекающие в рабочем теле в процессе сжатия. Особенности процессов сжатия в двигателях с разделенными камерами сгорания. Процессы смесеобразования в двигателях.

Показатели качества горючей смеси. Внешнее и внутреннее смесеобразование. Испаряемость капель и пленок жидких топлив. Методы распыления жидких топлив и суспензий. Размеры капель и формы струи распыленного топлива. Объемное, пленочное, объемно-пленочное и послойное внутреннее смесеобразование. Воспламенение горючих смесей. Распространение пламени по объему камер сгорания. Фазы сгорания. Концентрационные пределы распространения фронта пламени. Сгорание в разделенных и неразделенных камерах. Скорость распространения фронта пламени, характеристики тепловыделения, период задержки воспламенения, продолжительность сгорания, максимальные давления сгорания, скорости нарастания давлений. Расчет параметров рабочего тела в период сгорания. Экспериментальные методы исследования сгорания. Токсичность продуктов сгорания, способы ее снижения. Механизмы образования токсичных веществ. Оценка экологической безопасности двигателей по полному жизненному циклу. Стандарты ISO 14000. Процесс расширения. Теплоотдача в стенки, догорание топлива. Расчет состояния рабочего тела в процессе расширения. Индикаторные и эффективные показатели двигателей. Среднее индикаторное давление. Удельный индикаторный расход топлива, индикаторный КПД. Составляющие механических потерь. Среднее давление трения, мощность механических потерь, механический КПД. Среднее эффективное давление, эффективная мощность двигателя. Удельный, эффективный расход топлива, эффективный КПД двигателя. Методы повышения эффективной мощности двигателя. Литровая мощность, поршневая мощность, комбинированные показатели. Наддув как способ повышения удельной мощности двигателя. Схемы комбинированных двигателей. Системы наддува. Внешний и внутренний тепловой балансы двигателей. Составляющие теплового баланса. Теплоотдача в двигателях и теплонапряженность деталей. Режимы работы и характеристики двигателей. Совместная работа двигателей и потребителей мощности. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование, регулирование изменением объема). Оптимизация рабочего процесса двигателей. Критерии оптимизации. Ограничения при оптимизации. Параметры оптимизации.

## 2. Конструирование двигателей внутреннего сгорания

Принципы работы и классификация поршневых двигателей. Особенности устройства и работы отдельных видов поршневых двигателей (мотокомпрессора, роторно-поршневого двигателя, дизель-молота, мотовибраторов, мото-компрессора и мотогенератора газа, двигателя с внешним подводом теплоты). Общие принципы конструирования двигателей. Компонентные схемы двигателей. Типаж, мощностные ряды, агрегатирование. Основные показатели, характеризующие конструкции двигателей. Полный жизненный цикл двигателя. Этапы проектирования, автоматизированное проектирование. CALS-технологии в двигателестроении. Современные системы CAD/CAM/CAE/PDM. Методы расчетов на прочность деталей двигателей. Численные методы моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей. Метод конечных элементов. Выбор расчетных режимов. Оценка прочности узлов и деталей двигателя с учетом переменной механической и тепловой нагрузок. Параметры, характеризующие надежность двигателей. Поршни, поршневые пальцы и кольца, расчет их теплового и напряженно-деформированного состояния. Шатуны, стержни шатунов, поршневые и кривошипные головки шатунов, шатунные болты и расчет их на прочность. Коленчатые валы и маховики, определение их основных размеров и расчет на прочность. Подшипники скольжения и

качения. Основы гидродинамической теории смазки. Несущая способность. Тепловой расчет. Системы управления фазами газораспределения. Механический, пневмогидравлический и электромагнитный приводы клапанов. Компоновка клапанных механизмов. Расчет на прочность деталей механизма газораспределения. Органы газораспределения двухтактных двигателей; золотниковое газораспределение. Фундаментные рамы, стойки и станины, картеры и поддоны, анализ конструкций, материалы, расчет на прочность. Цилиндры и блоки цилиндров, втулки и головки (крышки) цилиндров. Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность. Перспективы развития поршневых двигателей.

### 3. Динамика двигателей

Классификация преобразующих механизмов поршневых двигателей. Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Силы и моменты, действующие в двигателе. Внутренняя и внешняя неуравновешенности двигателя. Способы балансировки двигателей. Крутильные, продольные, изгибные и связанные колебания коленчатых валов, приводов систем газораспределения и топливоподачи. Уравнения колебаний. Крутильные колебания разветвленных систем. Определение амплитуд колебаний и напряжений при резонансе. Способы демпфирования колебаний в поршневых двигателях. Шум и вибрации в двигателях, их источники. Допустимые уровни. Снижение шума и вибраций.

### 4. Системы двигателей

Топливные системы двигателей с внутренним смесеобразованием. Классификация. Состав и схемы линии низкого давления топливных систем. Топливоподающая аппаратура непосредственного действия. Конструкция топливных насосов высокого давления. Проектирование и расчет топливного насоса высокого давления и его элементов. Конструкции и расчет форсунок и насос-форсунок, их статические гидравлические характеристики, способы запираания форсунок. Проектирование и расчет форсунок. Гидродинамический расчет процесса подачи топлива. Системы многотопливных двигателей и системы для подачи тяжелых топлив. Аккумуляторные системы с электронным управлением. Системы с мультипликаторами давления. Электрогидравлические форсунки. Специальные насосы высокого давления. Топливная аппаратура двигателей с внешним смесеобразованием. Способы подачи топлива. Карбюрация, впрыск и смесеобразование. Течение двухфазных смесей. Карбюраторы. Главная дозирующая и вспомогательные системы карбюратора. Многокамерные карбюраторы. Системы впрыска бензина во впускной трубопровод. Пневмомеханическое и электронное регулирование. Центральный и распределенный впрыск. Конструкции, расчет насосов, форсунок, подогревателей и исполнительных устройств. Конструкции и свойства датчиков. Системы впрыскивания бензина в цилиндр. Количественный и качественный способы регулировки мощности при непосредственном впрыске. Системы питания газовых двигателей. Газовая аппаратура ДВС с принудительным и форкамерно-факельным зажиганием. Баллоны, испарители, редукторы, регуляторы давления, газосмесители, клапаны. Системы топливоподачи газожидкостных двигателей. Системы питания газодизелей. Состав систем и способы управления, конструкции элементов. Системы охлаждения. Классификация, основные схемы. Системы жидкостного охлаждения. Охлаждающие жидкости и их характеристики. Система воздушного охлаждения, схема, конструкция дефлекторов. Системы смазки, классификация, схемы,

элементы системы и расчет их характеристик. Системы впуска и выпуска. Трубопроводы. Воздушные фильтры. Охладители наддувочного воздуха. Глушители шума на впуске и выпуске. Настройка систем. Методы расчета и анализ конструкций. Моделирование течений газа в газоздушном тракте двигателей. Способы пуска двигателей. Пусковые качества. Способы облегчения запуска. Система энергоснабжения установок ДВС, электрическая система пуска. Системы зажигания. Параметры систем. Системы с механическим прерывателем и бесконтактными датчиками. Адаптивные системы. Системы зажигания в составе систем электронного управления двигателем. Способы нейтрализации отработавших газов. Дожигание, каталитическая нейтрализация, химические поглотители. Трехкомпонентные нейтрализаторы. Рециркуляция отработавших газов. Системы вторичного использования теплоты. Системы утилизации теплоты выпускных газов и охлаждающих жидкостей двигателей. Системы диагностирования двигателей. Виды диагностики. Методы и возможности безразборной диагностики. Средства обеспечения диагностики двигателей и его систем.

#### 5. Агрегаты наддува двигателей

Объемные компрессоры, характеристика и особенности работы. Принцип действия и рабочий процесс поршневого компрессора. Принцип действия и показатели роторных компрессоров. Принцип действия и особенности рабочего процесса роторно-винтового компрессора. Центробежные компрессоры. Работа, затрачиваемая на сжатие воздуха. Процессы в P-V; iS; T-S диаграммах. Коэффициенты полезного действия. Расчет проточной части компрессора. Входные устройства, типы, расчет параметров потока. Потери при течении воздуха через колесо. Течение воздуха в диффузоре. Лопаточный и безлопаточный диффузоры. Профилирование лопаток. Течение воздуха в сборниках и улитках. Газовые турбины для наддува ДВС. Активные и реактивные, осевые и радиальные турбины. Истечение газа из сопел. Обтекание газом решетки лопаток, потери в решетках. Работа газа на окружности рабочего колеса и коэффициенты полезного действия. Расчет решетки сопловых и рабочих лопаток. Принципы профилирования лопаток. Безлопаточный сопловой аппарат центростремительной турбины. Особенности работы компрессоров и турбин в составе комбинированного двигателя. Характеристики объемных и центробежных компрессоров и газовых турбин. Понятие об устойчивости работы центробежного и осевого компрессора. Помпаж. Регулирование турбокомпрессоров. Согласование характеристик поршневого двигателя и агрегатов наддува.

6. Основы научных исследований и испытаний двигателей Понятие измерения. Ошибки измерений. Виды испытаний двигателей. ГОСТы на испытания. Преобразование неэлектрических величин в электрические. Первичные преобразователи. Усилители. Формирователи. Аналого-цифровые преобразователи. Выходные устройства. Осциллографы, потенциометры, мосты. Регистрация результатов. Измерение времени. Измерение стационарных и переменных давлений. Приемники статического и полного давления. Датчики для измерения быстропеременных давлений. Индицирование. Измерение стационарных и мгновенных расходов жидкостей и газов. Измерение скорости нестационарных потоков жидкостей и газов. Термоанемометр и лазерный доплеровский измеритель скорости. Ионный анемометр. Измерение стационарных и нестационарных температур и тепловых потоков в ДВС. Измерения температур в цилиндре двигателя. Токосъемники, бесконтактные способы передачи сигналов от датчиков. Методы

химического анализа газов в исследованиях ДВС. Классификация газоанализаторов. Дымомеры. Измерение содержания твердых частиц в выпускных газах. Аппаратура и способы измерения шума и вибрации двигателя. Измерение общего уровня шума и уровня шума отдельных источников. Оборудование боксов и лабораторий. Испытательные стенды. Гидравлические, электрические и индукторные тормоза и их характеристики. Согласование характеристик тормоза и двигателя. Автоматизированные измерительные комплексы. Интерфейс, средства сбора и первичной обработки сигналов, организация многоканального опроса и синхронизация. Основные понятия математической теории эксперимента. Полные и дробные факторные планы. Планы для получения регрессий с взаимодействующими факторами. Центральные композиционные планы. Ортогональные и ротатабельные планы. Сверхнасыщенные и насыщенные планы. Выделение существующих факторов. Отсеивающие эксперименты. Моделирование двигателей. Виды моделей. Физическое моделирование. Критерии подобия, методы их получения. Математическое моделирование. Классификация математических моделей. Кибернетические модели. Оценивание параметров математических моделей по результатам измерений. Общие положения теории оценивания. Вероятностный и гарантирующий методы.

7. Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания  
Системы автоматического управления (САУ) и регулирования (САР). Двигатель и регулятор как элементы САР. Установившиеся и неустойчивые режимы работы. Статические и динамические характеристики. Устойчивость двигателей, самовыравнивание. Дифференциальное уравнение двигателя как объекта регулирования по частоте вращения. Передаточные функции и структурная схема двигателя. Динамические характеристики двигателя: переходные процессы, частотные характеристики. Регуляторы прямого действия. Статические характеристики. Регуляторы непрямого действия. Исполнительные устройства регуляторов. Серводвигатели. Конструктивные схемы и принцип действия. Передаточная функция и структурная схема. Устойчивость САР. Критерии устойчивости Рауза—Гурвица, Михайлова, Найквиста, особенности их использования. Показатели работы САР. Прямые и косвенные показатели качества. Диаграмма Вышнеградского. Нелинейные САР. Типовые нелинейности в САР двигателей. Особенности нелинейных САР – устойчивость и автоколебания. Микропроцессорные устройства в системах управления двигателями. Элементы систем управления. Системы управления наддувом, газораспределением, рециркуляцией отработавших газов. Автоматизация двигателей. Задачи автоматизации двигателей различного назначения. Степени автоматизации двигателей. Автоматическая защита, сигнализация, диагностирование. Автоматизация пуска и остановки. Дистанционное управление.

## 8. Химмотология

Моторные нефтепродукты. Элементный, фракционный и групповой состав. Стабильность нефтепродуктов. Низкотемпературные свойства. Противопожарная безопасность. Токсичность нефтепродуктов. Топлива для двигателей с принудительным воспламенением. Детонационная стойкость бензина и ее оценка. Методы определения октановых чисел. Ассортимент бензинов. Новые виды топлив. Топливо для двигателей с воспламенением от сжатия. Классификация топлив. Воспламеняемость топлив и методы ее оценки. Цетановое число и его влияние на пуск и рабочий процесс дизеля. Присадки к топливам.

Синтетические топлива, спирты, растительные масла. Газообразные топлива. Природные, попутные, промышленные и генераторные газы. Свойства газообразных топлив. Сжатые и сжиженные газы. Водород как топливо. Диметиловый эфир. Биогаз. Использование каменного угля, горючих сланцев, древесины и других видов твердых топлив в ДВС. Смазочные материалы и их классификация. Требования к моторным маслам. Присадки, улучшающие качество масел. Регенерация масел. Трансмиссионные масла, их классификация. Пластические смазки.

#### 9. Тепловые циклы турбинных установок

Принципиальные схемы и тепловые циклы паро- и газотурбинных установок для электростанций, использующих органическое и ядерное топливо. Комбинированные циклы и схемы парогазовых установок. Тепловая эффективность установок и методы ее повышения. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии. Перспективные циклы и схемы турбинных и комбинированных установок для электростанций на органическом и ядерном топливе.

#### 10. Механика жидкости и газа

Кинематика сплошной среды. Движение малой частицы жидкости и теорема Гельмгольца о движении жидкости в общем случае. Потенциальные и вихревые движения в жидкости. Линия тока и вихревая линия. Методы изучения движения жидкости. Циркуляция скорости. Формула Био-Савара. Основные уравнения движения жидкости. Уравнение неразрывности. Уравнение расхода. Уравнения движения в форме Эйлера, Громеко-Лэмба и Навье-Стокса. Интегральные уравнения движения для идеальной жидкости. Уравнение энергии и его формы. Одномерная схема течения. Уравнения одномерного течения. Параметры полного торможения. Скорость звука и критическая скорость. Связь безразмерных параметров потока с безразмерными скоростями и  $M$ . Критические параметры. Условия перехода через скорость звука. Приведенный расход и удельный приведенный расход. Газодинамические функции. Осреднение неравномерных потоков и приведение их к одномерной схеме течения. Потенциальные течения. Плоские потенциальные течения несжимаемой жидкости. Комплексные потенциалы элементарных потоков и их использование для расчетов потенциальных течений. Уравнение для расчета скорости в сжимаемом потоке. Уравнение Н.Е. Жуковского о подъемной силе. Постулат Чаплыгина-Жуковского. Сверхзвуковые течения. Особенности сверхзвуковых потоков. Характеристики в плоскости течения и в плоскости годографа скорости. Диаграмма характеристик и ее использование для сверхзвуковых потоков. Возникновение скачков уплотнений. Прямой скачок уплотнения и его расчет. Диаграмма ударных поляр. Потери энергии в скачках уплотнения. Истечение из сопл и непрофилированных отверстий. Переменные режимы суживающихся сопл. Сопло Лавая и диаграмма переменных режимов сопл Лавая. Профилированные сопла Лавая. Истечение из непрофилированных отверстий. Коэффициенты расхода при истечении из щелей с острой кромкой. Теория подобия и размерностей. Задачи теории подобия. Коэффициенты подобия и числа подобия. П-теорема. Условие физического подобия течения. Критерии подобия. Полное и частичное моделирование. Течение вязкой жидкости. Точные решения уравнений Навье-Стокса. Ламинарный и турбулентный типы течения. Способы осреднения турбулентных потоков и их основные характеристики. Уравнение Рейнольдса. Пограничный слой. Пути решения уравнений для пограничного слоя. Модели турбулентности. Отрыв пограничного слоя и пути его предотвращения.

Численные решения задач МЖГ. Течение двухфазных и двухкомпонентных сред. Особенности двухфазных течений. Гомогенное течение с постоянной концентрацией второй фазы. Гомогенное течение жидкости с пузырьками газа. Течение двухфазной среды при фазовом равновесии или полном переохлаждении. Тепловые скачки и скачки конденсации.

#### 11. Ступень турбомашин

Преобразование энергии в ступенях турбины и компрессора. Расчет турбинной и компрессорной ступеней. Особенности проектирования ступеней большой веерности. Ступени скорости, радиальные, радиально-осевые и диагональные ступени. Двухъярусные ступени. Коэффициент полезного действия (КПД) турбинной и компрессорной ступени. Основные виды потерь в ступени. Влияние основных геометрических и режимных параметров на КПД. Степень реактивности и коэффициент расхода ступени. Влияние влажности и охлаждения на основные характеристики ступени паровой и газовой турбины.

#### 12. Решетки турбомашин

Турбинные и компрессорные решетки, их классификация. Геометрические и аэродинамические характеристики решеток турбомашин. Методы плоского, осесимметричного и пространственного расчета решеток. Профильные и концевые потери в решетках, методы их расчета. Решетки паровых турбин для влажного пара. Процессы неравновесного влагообразования в решетках. Основные особенности движения переохлажденного и влажного пара в решетках паровых турбин. Нестационарные течения в решетках турбомашин. Переменные, аэродинамические силы. Вынужденные и самовозбуждающиеся колебания рабочих лопаток турбины и компрессора. Флаттер и помпаж. Вращающийся отрыв в решетках турбомашин. Пульсации давления в потоках влажного пара, нестационарные скачки конденсации.

#### 13. Многоступенчатые турбины

Тепловой процесс в многоступенчатой турбине. Преимущества и недостатки многоступенчатых турбин. Выбор конструкции и ремонт многоступенчатых турбин. Предельная мощность однопоточной паровой и газовой турбины. Пути повышения предельной мощности турбины. Выбор частоты вращения, числа валов и цилиндров паровой турбины. Техничко-экономические основы выбора конструкции турбины. Осевые усилия в турбинах, их расчет и методы уравнивания. Концевые уплотнения. Регулирующие лапаны, впускные и выхлопные патрубки турбин. Эрозия рабочих лопаток. Защита элементов проточной части от эрозии. Сепарация влаги из проточной части паровой турбины. Выносные сепараторы пароперегреватели турбин атомных электростанций (АЭС).

#### 14. Расчет и проектирование многоступенчатых компрессоров

Многоступенчатый осевой компрессор. Влияние потерь в патрубках на КПД и напор компрессора. Неустойчивые режимы в работе компрессора. Универсальная характеристика. Моделирование компрессоров. Многоступенчатые центробежные компрессоры. Выбор оптимальных геометрических размеров ступеней центробежного компрессора. Профилирование рабочих колес и лопаточных диффузоров.

#### 15. Переменный режим работы турбин

Газодинамическое подобие. Переменный режим работы ступени. Обобщенные характеристики турбинных ступеней. Распределение давлений по ступеням при изменении режима работы турбины. Влияние изменения режима работы на КПД турбины. Особенности работы последних ступеней конденсационной турбины при изменении объемного пропуска пара. Система парораспределения. Изменение нагрузки паровой турбины методом скользящего давления. Методы расчета турбин при переменном режиме работы. Загрязнение проточной части. Переменный режим работы газотурбинной установки (ГТУ). Способы изменения режима работы ГТУ. Согласование режимов работы турбомашин. Представление характеристик методами подобия. Зависимость показателей ГТУ от нагрузки и температуры наружного воздуха, ее цикла и схемы. Диаграмма режимов ГТУ. Режим пуска ГТУ, пусковые устройства.

16. Турбины для комбинированной выработки тепла и электрической энергии Турбины с противодавлением, с промежуточным регулируемым отбором пара. Ступенчатый подогрев воды. Диаграммы режимов работы турбины. Использование для теплофикации тепла ГТУ и АЭС.

#### 17. Теплообмен в элементах турбомашин

Основные уравнения теплопроводности и конвективного теплообмена. Теплообмен при фазовых превращениях. Теплообмен при проникающем охлаждении и газовых завесах. Распределение температуры в охлаждаемых турбинных лопатках, роторах и корпусах. Методы решения задач теплопроводности и теплообмена применительно к основным деталям турбин. Конструкции охлаждаемых лопаток газовых турбин.

#### 10. Динамика и прочность деталей паровых и газовых турбин

Надежность турбин как основное требование их изготовления, монтажа и эксплуатации. Материалы, используемые в турбостроении. Условия работы металлов в паровых и газовых турбинах. Свойства сталей и сплавов, применяемых в турбостроении, и требования к ним. Процессы, сопровождающие работу металлов при высоких температурах, длительной эксплуатации и переменных нагрузках. Коррозионная усталость и коррозионное растрескивание под напряжением в элементах турбины под влиянием агрессивных примесей в паре. Коррозия лопаток ГТУ, защитные покрытия. Рабочие лопатки, их вибрационная прочность. Обеспечение вибрационной надежности лопаточного аппарата. Диски, их прочность и вибрации. Вибрации роторов и фундамента. Низкочастотные вибрации роторов. Методика численного анализа и расчета напряженного состояния деталей турбин. Гидродинамические силы в ступенях, уплотнениях и подшипниках. Маневренность турбин. Термические напряжения в деталях турбин, термоусталость.

#### 18. Регулирование турбин

Принципиальные схемы регулирования паровых и газовых турбин. Статические характеристики регулирования. Параллельная работа турбогенераторов. Математическое описание системы регулирования турбин. Устойчивость системы регулирования турбин. Переходные процессы в системах регулирования турбин. Использование вычислительной техники для анализа переходных процессов в системе регулирования турбины и синтеза системы регулирования. Механизм управления паровой конденсационной турбиной.

Особенности регулирования турбин для комбинированной выработки тепла и электрической энергии. Регулирование ГТУ. Регуляторы температуры газов и мощности. Регулирование энергетических блоков тепловых электрических станций и АЭС. Защитные устройства турбинных установок. Использование цифровых и микропроцессорных систем для управления турбинной установкой. Автоматизация пуска турбинной установки. Системы автоматического управления.

#### **2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена**

1. Определение идеального цикла. Циклы со смешанным подводом тепла, циклы с подводом тепла при постоянном объеме и постоянном давлении. Сравнение циклов.
2. Исследовательские испытания ДВС. Параметры двигателей и их систем, определяемые при испытаниях.
3. Сгорание в двигателях с искровым зажиганием. Фазы горения. Характеристики активного тепловыделения.
4. Способы нейтрализации отработавших газов. Трехкомпонентные нейтрализаторы. Рециркуляция отработавших газов.
5. Принципы преобразования неэлектрических величин в электрические сигналы. Принципы построения измерительных приборов и систем измерений. Погрешности измерений.
6. Детонационное сгорание. Влияние различных факторов на развитие детонационного сгорания. Калильное зажигание.
7. Измерение температур, давлений, скоростей, расходов жидкостей и газов.
8. Системы газообмена двухтактных ДВС. Контурные и прямоточные системы. Органы газораспределения. Определение располагаемого времени-сечения.
9. Компоновочные схемы двигателей. Силовые схемы корпусов.
10. Измерения температур подвижных и неподвижных деталей ДВС.
11. Способы регулирования работы двигателей (качественное, количественное, смешанное регулирование).
12. Картер. Разновидности конструкции картера. Требования к конструкции. Рекомендации по повышению жесткости. Конструктивные соотношения.
13. Методы индицирования процессов в цилиндрах ДВС.
14. Процесс газообмена. Показатели качества газообмена. Взаимосвязь основных показателей качества газообмена.
15. Коленчатый вал. Условия работы. Требования к конструкции. Конструктивные типы.
16. Классификация характеристик двигателя. Скоростные характеристики двигателей с искровым зажиганием и с воспламенением от сжатия.
17. Процесс образования оксидов азота в цилиндре ДВС. Методы снижения выбросов оксидов азота с отработавшими газами.
18. Шатуны, стержни шатунов, поршневые и кривошипные головки шатунов, шатунные болты и расчет их на прочность.
19. Нагрузочные характеристики двигателей с искровым зажиганием и с воспламенением от сжатия.
20. Коленчатые валы, определение их основных размеров и расчет на прочность.
21. Последовательность анализа уравновешенности двигателей сложных компоновочных схем.
22. Смесеобразование в двигателях с искровым зажиганием и расслоением заряда.

23. Поршневая группа. Назначение, условия работы, требования к конструкции. Поршни крейцкопфных и тронковых ДВС. Поршни двухтактных и четырехтактных ДВС.
24. Системы охлаждения. Классификация, основные схемы.
25. Регулировочные характеристики ДВС по углу опережения зажигания (подачи топлива).
26. Механизм образования сажи в цилиндре двигателя. Методы снижения выбросов твердых частиц с отработавшими газами.
27. Методы моделирования напряженно-деформированного состояния деталей в ДВС.
28. Регулировочные характеристики двигателя с искровым зажиганием по составу смеси.
29. Механизм газораспределения. Механический, пневмогидравлический и электромагнитный приводы клапанов. Системы управления фазами газораспределения. Расчет на прочность деталей механизма газораспределения.
30. Методы моделирования термодинамических процессов в поршневых машинах.
31. Сгорание в дизелях. Фазы сгорания в дизелях. Особенности дизельного процесса.
32. Классификация топлив. Горючие смеси. Стехиометрический состав. Пределы воспламеняемости горючих смесей. Теплота сгорания топлив и горючих смесей.
33. Проблемы воздухообеспечения поршневых двигателей. Влияние принятой системы воздухообеспечения на наполнение цилиндров свежим зарядом.
34. Цилиндры и блоки цилиндров, втулки и головки (крышки) цилиндров. Анализ конструкций, материалы, расчеты на прочность.
35. Наддув как способ повышения удельной мощности двигателя. Схемы комбинированных двигателей. Системы наддува.
36. Требования к характеристикам дизельных топлив. Воспламеняемость дизельных топлив и методы ее оценки.
37. Топливные системы двигателей с внутренним смесеобразованием. Гидродинамический расчет процесса подачи топлива.
38. Топлива для двигателей с принудительным воспламенением. Детонационная стойкость бензина и ее оценка.
39. Требования к смазочным материалам для ДВС и их классификация. Присадки, улучшающие качество масел.
40. Согласование характеристик поршневого двигателя и агрегатов наддува.
41. Способы пуска двигателей. Пусковые качества. Способы облегчения запуска.
42. Классификация газоанализаторов. Дымомеры. Измерение содержания твердых частиц в выпускных газах.
43. Кинематика сплошной среды. Движение малой частицы жидкости и теорема Гельмгольца о движении жидкости в общем случае.
44. Турбины для комбинированной выработки тепла и электрической энергии.
45. Потенциальные и вихревые движения в жидкости. Токовихревая линия.
46. Принципиальные схемы регулирования паровых и газовых турбин. Статические характеристики регулирования.
47. Основные уравнения движения жидкости. Уравнение неразрывности. Уравнение расхода. Уравнения движения в форме Эйлера, Громеко-Лэмба и Навье-Стокса.
48. Тепловой процесс в многоступенчатой турбине. Преимущества и недостатки многоступенчатых турбин. Выбор конструкции и ремонт многоступенчатых турбин.
49. Интегральные уравнения движения для идеальной жидкости. Уравнение энергии и его формы.
50. Основные уравнения теплопроводности и конвективного теплообмена. Теплообмен при

проникающем охлаждении и газовых завесах.

51. Надежность турбин как основное требование их изготовления, монтажа и эксплуатации. Условия работы металлов в паровых и газовых турбинах. безразмерных параметров потока с безразмерными скоростями

52. Геометрические и аэродинамические характеристики решеток турбомашин. Методы плоского, осесимметричного и пространственного расчета решеток

53. Переменный режим работы газотурбинной установки (ГТУ). Способы изменения режима работы ГТУ. Согласование режимов работы турбомашин. Представление характеристик методами подобия.

54. Зависимость показателей ГТУ от нагрузки и температуры наружного воздуха, ее цикла и схемы. Диаграмма режимов ГТУ. Режим пуска ГТУ, пусковые устройства.

55. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии.

56. Параллельная работа турбогенераторов. Математическое описание системы регулирования турбин. Устойчивость системы регулирования турбин. Переходные процессы в системах регулирования турбин. Использование вычислительной техники для анализа переходных процессов в системе регулирования турбины и синтеза системы регулирования.

57. Перспективные циклы и схемы турбинных и комбинированных установок для электростанций на органическом и ядерном топливе.

58. Механизм управления паровой конденсационной турбиной. Особенности регулирования турбин для комбинированной выработки тепла и электрической энергии. Регулирование ГТУ. Регуляторы температуры газов и мощности. Регулирование энергетических блоков тепловых электрических станций и АЭС.

59. Теория подобия и размерностей. Задачи теории подобия. Коэффициенты подобия и числа подобия. П-теорема. Условие физического подобия течения. Критерии подобия. Полное и частичное моделирование

60. Степень реактивности и коэффициент расхода ступени. Влияние влажности и охлаждения на основные характеристики ступени паровой и газовой турбины.

61. Ступени скорости, радиальные, радиально-осевые и диагональные ступени. Двухъярусные ступени. Коэффициент полезного действия (КПД) турбинной и компрессорной ступени.

62. Истечение из сопел и непрофилированных отверстий. Переменные режимы суживающихся сопел. Сопло Лавалья и диаграмма переменных режимов сопел Лавалья. Профилированные сопла Лавалья. Истечение из непрофилированных отверстий. Коэффициенты расхода при истечении из щелей с острой кромкой.

63. Основные виды потерь в ступени. Влияние основных геометрических и режимных параметров на КПД.

64. Переменные, аэродинамические силы. Вынужденные и самовозбуждающиеся колебания рабочих лопаток турбины и компрессора. Флаттер и помпаж. Вращающийся отрыв в решетках турбомашин. Пульсации давления в потоках влажного пара, нестационарные скачки конденсации.

65. Течение вязкой жидкости. Точные решения уравнений Навье—Стокса. Ламинарный и турбулентный типы течения. Способы осреднения турбулентных потоков и их основные характеристики. Уравнение Рейнольдса. Пограничный слой.

66. Эрозия рабочих лопаток. Защита элементов проточной части от эрозии. Сепарация влаги

из проточной части паровой турбины. Выносные сепараторы-пароперегреватели турбин атомных электростанций (АЭС).

67. Многоступенчатый осевой компрессор. Влияние потерь в патрубках на КПД и напор компрессора. Неустойчивые режимы в работе компрессора. Универсальная характеристика. Моделирование компрессоров.

68. Тепловой процесс в многоступенчатой турбине. Преимущества и недостатки многоступенчатых турбин. Выбор конструкции и ремонт многоступенчатых турбин. Предельная мощность однопоточной паровой и газовой турбины. Пути повышения предельной мощности турбины.

69. Переменный режим работы ступени. Обобщенные характеристики турбинных ступеней. Распределение давлений по ступеням при изменении режима работы турбины. Влияние изменения режима работы на КПД турбины.

70. Процессы, сопровождающие работу металлов при высоких температурах, длительной эксплуатации и переменных нагрузках.

71. Распределение температуры в охлаждаемых турбинных лопатках, роторах и корпусах. Методы решения задач теплопроводности и теплообмена применительно к основным деталям турбин. Конструкции охлаждаемых лопаток газовых турбин.

72. Регулирование ГТУ. Регуляторы температуры газов и мощности. Регулирование энергетических блоков тепловых электрических станций и АЭС. Защитные устройства турбинных установок. Использование цифровых и микропроцессорных систем.

73. Автоматизация пуска турбинной установки. Системы автоматического управления.

74. Низкочастотные вибрации роторов. Методика численного анализа и расчета напряженного состояния деталей турбин.

75. Коррозия лопаток ГТУ, защитные покрытия.

76. Диски, их прочность и вибрации. Вибрации роторов и фундамента.

## 2.5. Критерии оценки теоретического экзамена

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по сто бальной шкале.

**100 баллов** выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике.

**75 баллов** выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

**50 баллов** выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

**0 баллов** выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний.

## 2.6. Список рекомендуемой литературы

1. Двигатели внутреннего сгорания: Моделирование процессов в ДВС / Под. ред. Луканина В.Н. и Шатрова М.Г. — М.: Высшая школа, 2007
2. Двигатели внутреннего сгорания: Динамика и конструирование / Под. ред. Луканина В.Н. и Шатрова М.Г. — М.: Высшая школа, 2007
3. Двигатели внутреннего сгорания. Теория рабочих процессов: учебник для вузов / Под ред. В. Н. Луканина и М. Г. Шатрова — М.: Высшая школа, 2007
4. Галышев Ю.В., Зайцев А.Б., Сидоров А.А., Шабанов А.Ю. Рабочие процессы и токсичность отработавших газов судовых дизельных и газопоршневых двигателей. Учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. — 160 с.
5. Галышев Ю.В., Абызов О.В., Зайцев А.Б., Метелев А.А. Сборник задач по курсу «Теоретические основы ДВС». Учебное пособие. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021 — 69 с.
6. Локальный теплообмен в поршневых двигателях / Кавтарадзе Р.З. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016
7. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС: Алгоритмы прикладных программ / Р.М. Петриченко, С.А. Батулин, Ю.Н. Исаков и др.; под общ. ред. Р.М. Петриченко — Л.: Машиностроение, 1990
8. Методы защиты окружающей среды: учебник для вузов по направлению подготовки 140500 "Энергомашиностроение" / Росляков П.В. — М.: Издательский дом МЭИ, 2007
9. Токсичность отработавших газов дизелей / Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002
10. Испытания ДВС / Райков И.Я. — М., Высшая школа, 1975
11. Современные подходы к конструированию поршневых двигателей / Конкс Г.А., Лашко В.А. — М.: Моркнига, 2009
12. Конструирование и расчет ДВС / Чайнов Н.Д. — Москва, Машиностроение, 2010
13. Химмотология: учеб. пособие / Эксплуатационные материалы для двигателей внутреннего сгорания: Изд-во Политехн. ун-та— СПб., Ю.В. Галышев, А.Б. Зайцев, А.Ю. Шабанов. 2009
14. Технология двигателестроения: Учебник / А.Л. Карунин, О.А. Дащенко, В.И. Гладков и др. — М. Высш. Шк., 2006
15. Теория поршневых двигателей. Специальные главы / Р.З. Кавтарадзе — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016
16. Динамика двигателей. Уравновешивание двигателей внутреннего сгорания / В.В. Румянцев, В.А. Сеницын — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009
17. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. / Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. — М.: Легион-Автодата, 2004
18. Галышев Ю.В., Абызов О.В., Зайцев А.Б., Метелев А.А. Автоматизация и регулирование ДВС. Изд. второе перераб. и доп. Учебное пособие. СПб.: ПОЛИТЕХПРЕСС, 2021. — 218 с.
19. Костюк А.Г. Динамика и прочность турбомашин / А.Г. Костюк. — М.: Машиностроение, 2007.- 284 с.: ил.
20. Паровые и газовые турбины для электростанций: учебник для вузов, гриф МО РФ/Костюк А.Г., Фролов В.В., Булкин Ф.Е., Трухний А.Д. Под редакцией А.Г. Костюка. - Изд.-во МЭИ, 2008.-556 с.
21. Энергетические машины. Охлаждение элементов высокотемпературных газовых турбин: учеб. пособие/ под ред. В.А. Рассохина, В.Г. Полищука. — СПб.: Изд-во Политеехн. ун-та, 2008. — 223 с.
22. Энергетические машины. Теплообмен в системах охлаждения газовых турбин: учеб. пособие/ под ред. В.А. Рассохина, В.Г. Полищука. — СПб.: Изд-во Политеехн. ун-та, 2008. — 295с.

23. Энергетические машины. Определение величины погрешности при экспериментальных исследованиях: учеб. пособие/ Н.П. Соколов [и др.]; под общ. ред. В.А. Рассохина, В.Г. Полищука. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 208 с.
  24. Рабочие процессы газо-и паротурбинных установок тепловых электрических станций. Рабочие процессы газотурбинных установок: учеб. пособие/К.Д. Андреев, С.Ю. Оленников, В.Г. Полищук, В.А. Рассохин, Н.П. Соколов. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 227 с.
  25. Лапшин К.Л. Оптимизация проточных частей паровых и газовых турбин. СПб., Изд-во СПбГПУ, 2011.-177 с.
  26. Энергетические машины. Рабочие процессы газовых турбин/К.Д. Андреев, С.Ю. Оленников, В.Г. Полищук, В.А. Рассохин, Н.П.Соколов. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2011. – 227 с.
  27. Паровое охлаждение газовых турбин/ В.Г. Полищук, В.А. Рассохин, Н.П. Соколов, К.Д. Андреев, Н.А. Забелин. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 371 с.
- ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**
28. Кириллов И.И. Газовые турбины и газотурбинные установки. М.: Машгиз, 1956.
  29. Кириллов И.И., Кириллов А.И. Теория турбомашин. Л.: Машиностроение, 1974.- 320 с.
  30. Щегляев А.В. Паровые турбины. М: Энергия, 1976
  31. Газотурбинные установки. Конструкции и расчет: Справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1978
  32. Костюк А.Г., Шерстюк А.Н. Газотурбинные установки. М:"Высшая школа", 1979
  33. Самойлович Г.С. Гидроаэромеханика. М.: Машиностроение, 1980
  34. Самойлович Г.С. Возбуждения колебаний лопаток турбомашин / Г.С. Самойлович. – М.: Машиностроение, 1981.-550 с.
  35. Костюк А.Г. Динамика и прочность Турбомашин. М.Машиностроение, 1982
  36. Иванов В.А. Регулирование энергоблоков. Л.: Машиностроение, 1982
  37. Самойлович Г.С., Трояновский Б.М. Переменные и переходные режимы в паровых турбинах. М.: Энергоатомиздат, 1982
  38. Ольховский Г.Г. Энергетические газотурбинные установки. М.: Энергоатомиздат, 1985
  39. Манушин Э.А. Конструирование и расчет на прочность турбомашин газотурбинных и комбинированных установок: учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов / Э.А. Манушин, И.Г. Суровцев. – М.: Машиностроение, 1990.- 400 с.: ил.
  40. Щегляев А.В. Паровые турбины. М.: Энергоатомиздат, 1993
  41. Мавлютов Р.Р. Концентрация напряжений в элементах конструкций. – М.: Наука, 1996.- 240 с.
  42. Газовая динамика МЖГ / Под ред А.И. Леонтьева. М.,1997
  43. Костюк А.Г. Динамика и прочность турбомашин. –М.: Изд-во МЭИ, 2000
  44. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок / Ю.С. Елисеев, Э.А. Манушин, В.Е. Михальцев, и др. М.: Изд-во МГТУ, 2000
  45. Турбины тепловых и атомных электрических станций: Учебник / Под ред. В.В. Фролова и А.Г. Костюка. М.: Изд-во МЭИ, 2002
  46. С.В. Цанев, В.Д.Буров, А.Н.Ремезов. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 581 с.

## **Приложение**

**Сведения об достижениях портфолио кандидата для поступления по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре СПбПУ**

№ п/п	Научные (научно-исследовательские) достижения	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе), в журналах перечня ВАК и приравненных к ним журналах, по категориям:	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	категория К1;		25
	категория К2;		15
	категория К3.		10
	Публикации, рецензируемые в РИНЦ	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	5
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует научной специальности, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:	Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем		10
	исполнителем		5
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий:	Копия патента или свидетельства	
	– патент на изобретение;		10
	– патент на полезную модель;		7
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		5
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		5
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.		5
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций индексируемых в международной базе данных, проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
	за конференцию, индексируемую в международной базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных).		5

	за прочие конференции.		<b>3</b>
<b>5.</b>	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	<b>3</b>
<b>6.</b>	Заверенная копия протокола ГЭК по защите выпускной квалификационной работы магистра (специалиста) с рекомендацией к продолжению обучения в аспирантуре	Протокол	<b>5</b>

Кандидат в аспирантуру

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О).

Предполагаемый научный руководитель

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О).

Ответственный по аспирантуре  
от института

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О).