

	МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно- строительный университет (Сибстрин)»
	Подготовка кадров высшей квалификации в аспирантуре

УТВЕРЖДАЮ

Председатель приёмной комиссии

_____ Ю.Л. Сколубович

«26» декабря 2024 года

ПРОГРАММА

вступительного испытания по специальной дисциплине

2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха,
газоснабжение и освещение

1. Общие положения

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине, соответствующей программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, разработана на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета и/или магистратуры по соответствующим направлениям/специальностям.

Вступительное испытание для поступающих на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре проводится в соответствии с Правилами приема, утвержденными приказом ректора ФГБОУ ВО «НГАСУ (Сибстрин)», действующими на текущий год поступления, с целью определения наиболее способных и подготовленных поступающих к освоению программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, реализуемых в НГАСУ (Сибстрин).

Вступительное испытание проводится на русском языке.

Приём проводится на первый курс.

2. Структура вступительного испытания

Вступительное испытание проводится по билетам в форме экзамена в устно-письменной форме. Экзаменационный билет формируется на основании программы вступительных испытаний и содержит три теоретических вопроса: первый вопрос по темам одного из разделов «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Строительная теплофизика»; второй вопрос по темам одного из разделов «Отопление», «Вентиляция», «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение»; третий вопрос по темам одного из разделов «Теплоснабжение», «Газоснабжение», «Теплогенерирующие установки».

Общая продолжительность вступительного испытания составляет 90 минут.

Уровень знаний поступающего оценивается по пятибалльной шкале. Проверка и оценка ответов на вопросы вступительного экзамена проводится экзаменационной комиссией, действующей на основании приказа ректора.

Критерии оценивания:

5 баллов – вопрос изложен в полном объеме с пониманием основных положений и закономерностей;

4 балла – вопрос изложен в объеме, достаточном для представления основных положений и закономерностей, ответ не полный, допущены некоторые неточности;

3 балла – на вопрос дан неполный ответ, имеются нарушения логической последовательности в изложении материала;

2 балла – на вопрос представлена часть полного ответа, отсутствуют представления основных положений и закономерностей, отсутствует логическая последовательность в изложении материала;

1 балл – не получен ответ на поставленный вопрос, отсутствуют представления основных понятий, положений и закономерностей, в ответе допущены грубые ошибки;

0 баллов – нет ответа.

Общий балл за экзамен определяется подсчетом среднего арифметического значения оценок, полученных за каждый вопрос экзаменационного билета.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 3.

3. Содержание экзамена по специальной дисциплине

I. Техническая термодинамика.

3.1. *Законы термодинамики.* Формулировка первого закона термодинамики, работа, теплота процесса, теплоемкость, внутренняя энергия, закон Джоуля, энтальпия. Анализ основных процессов идеального газа на основе I-го закона термодинамики. Основные формулировки второго закона термодинамики, понятие необратимости, цикл Карно, энтропия, тепловая диаграмма, анализ основных процессов; аналитическое выражение второго закона, энтропия как мера необратимости. Принципы эксергетического анализа.

3.2. *Свойства реальных рабочих веществ и основные термодинамические процессы.* Термодинамические свойства реальных газов. Водяной пар: коэффициент сжимаемости и изотермы реального газа, его уравнение состояния, процесс парообразования, определение основных состояний и величин, расчет параметров водяного пара. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Диаграмма водяного пара "энтальпия - энтропия", расчёт и построение процессов обработки водяного пара. Влажный воздух как смесь идеальных газов, влагосодержание, относительная влажность, энтальпия, плотность. Диаграмма «энтальпия-влагосодержание» влажного воздуха. Основные процессы обработки влажного воздуха: нагрев/охлаждение, осушение/увлажнение, адиабатное увлажнение, процесс произвольного направления, смешение.

3.3. *Термодинамика потока.* Уравнение первого закона термодинамики для потока, истечение газа из простого сопла, роль скорости звука. Сопло Лавалья, учёт необратимости (трения) в процессе истечения, дросселирование газов и паров, дроссель-эффект, практическое значение процесса дросселирования. Термодинамический анализ сжатия газа в компрессоре, учет работы проталкивания, многоступенчатый компрессор, оптимальное распределение давлений; мощность привода и охлаждение компрессора.

3.4. *Циклы теплосиловых, холодильных установок и компрессорных машин.* Циклы поршневых ДВС с изохорным и изобарным подводом теплоты, цикл со смешанным сгоранием топлива, термический КПД, сравнение эффективности; циклы газотурбинных установок, применение регенерации. Циклы паросиловых установок. Принципиальная схема паротурбинной установки. Недостатки цикла Карно - внутренняя и внешняя необратимость, большой удельный объем пара. Цикл Ренкина, термический КПД, способы его повышения. Теплофикационная установка, коэффициент использования теплоты, баланс энергии паротурбинной установки, удельный расход пара, теплоты и топлива. Циклы холодильных установок и тепловых насосов, обратный цикл, холодильный коэффициент, обратный цикл Карно. Воздушная холодильная установка, регенерация теплоты. Пароком-

прессионная холодильная установка, повышение эффективности путем замены дроссельного вентиля детандером, характеристики холодильных агентов. Абсорбционная и парожекторная холодильные установки, тепловой насос, отопительный коэффициент.

3.5. *Химическая термодинамика.* Элементы химической термодинамики: первый закон термодинамики для химических реакций, энтальпия реакции, второй закон термодинамики и химическое равновесие, изобарный потенциал, химический потенциал. Третий закон термодинамики; условия равновесия фаз, правило фаз Гиббса.

II Тепломассообмен

3.6. *Стационарная теплопроводность.* Закон Фурье, дифференциальное уравнение теплопроводности, условия однозначности. Теплопроводность в плоском, цилиндрическом и шаровом слое при граничных условиях I и III рода. Орбренная поверхность, теплопроводность в ребре.

3.7. *Нестационарная теплопроводность.* Постановка задачи для бесконечной пластины при граничных условиях III рода, решение методом разделения переменных, предельные случаи по числу Био, использование графиков температурного поля в расчетах для пластины и цилиндра. Регулярный режим.

3.8. *Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.* Уравнение энергии, уравнение движения и уравнение неразрывности, условия однозначности для полей температуры и скорости. Связь коэффициента теплоотдачи с температурным полем. Безразмерная форма уравнений и условий однозначности.

3.9. *Теория подобия.* Основные характеристики подобных процессов конвективного теплообмена /определение подобия/. Необходимые и достаточные условия подобия, теоремы подобия. Числа подобия, критерии подобия. Использование методов подобия при экспериментальном исследовании процессов конвективного теплообмена. Метод размерностей.

3.10. *Основные процессы конвективного теплообмена.* Теплоотдача при движении жидкости вдоль плоской поверхности, элементы теории пограничного слоя. Теплоотдача при движении жидкости в трубе, при поперечном обтекании трубы и пучка труб. Теплоотдача при свободном движении жидкости.

3.11. *Теплообмен при фазовых превращениях.* Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара на вертикальной поверхности /ламинарное движение в пленке конденсата/, конденсация на горизонтальной трубе. Теплообмен при кипении жидкости, пузырьковый и пленочный режим кипения, кризис теплоотдачи при кипении. Критический радиус парового пузыря и частота отрыва пузырей как основные факторы влияния на теплоотдачу. Расчетные зависимости при кипении в большом объеме и в трубе.

3.12. *Основы массообмена.* Молекулярная диффузия, градиент концентрации, закон Фика. Одномерная задача с учетом стефановского потока. Конвективный массообмен, система дифференциальных уравнений, условия однозначности. Аналогия процессов переноса теплоты и массы, диффузионные числа Нуссельта и Прандтля. Расчет испарения при течении влажного воздуха вдоль плоской поверхности.

3.13. *Теплообмен излучением.* Законы излучения черного тела - Планка, Вина, Стефана - Больцмана, Ламберта. Понятие серого тела, закон Кирхгофа. Собст-

венное, эффективное и результирующее излучение. Излучение в системе тел, разделенных прозрачной средой - параллельные поверхности, тело и оболочка; угловой коэффициент, свойства взаимности и замкнутости, экраны. Теплообмен излучением в поглощающей среде, закон Бугера, теплообмен между газовой средой и оболочкой. Сложный теплообмен.

3.14. *Теплообменные аппараты.* Классификация теплообменных аппаратов. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменников: уравнение теплового баланса, уравнение теплопередачи, средний логарифмический температурный напор. Конструктивный и поверочный расчет теплообменника, определение конечных температур теплоносителя. Эффективность теплообменника и число единиц переноса теплоты.

III Строительная теплофизика.

3.15. *Тепло- и влаготеплопередача через наружные ограждения.* Основы теплопередачи в здании. Теплопередача через многослойное ограждение. Сопротивление теплопередаче слоя и ограждения. Коэффициент теплопередачи ограждения. Паропроницание через многослойное ограждение. Общее сопротивление паропроницанию ограждения.

3.16. *Защитные свойства наружных ограждений.* Тепловые и влажностные свойства материалов, а также свойства воздухопроницаемости материалов. Климатическая информация и понятие обеспеченности параметров наружной среды. Требуемые сопротивления теплопередаче наружного ограждения: по санитарно-гигиеническим требованиям и по требованиям энергосбережения. Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче. Проектное сопротивление теплопередаче ограждения. Плоскость возможной конденсации в ограждении. Требуемые сопротивления паропроницанию от внутреннего воздуха до плоскости возможной конденсации: из условия недопустимости накопления влаги в ограждении за годовой период эксплуатации и из условия ограничения влаги в ограждении за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха. Воздухопроницаемость конструкций здания. Характеристики процесса воздухопроницаемости. Воздушный режим здания. Гравитационное и ветровое давление. Эпюры давления. Расчетная разность давления. Учет воздушного режима здания при расчете отопления и вентиляции. Дополнительные затраты теплоты при инфильтрации наружного воздуха.

3.17. *Стационарная теплопередача через сложное наружное ограждение.* Основное дифференциальное уравнение, методы решения. Характерные многомерные элементы и их характеристики. Коэффициент теплотехнической однородности. Приведенное сопротивление теплопередаче неоднородного ограждения. Фактор формы. Влияние наружных углов стен и примыкания ограждений друг к другу на приведенное сопротивление теплопередаче наружного ограждения.

3.18. *Нестационарный тепловой режим ограждения и помещения.* Основное дифференциальное уравнение. Методы решения. Метод конечных разностей, как основа численных методов. Расчет переменного теплового режима ограждения. Периодическая теплопередача. Понятие теплоустойчивости ограждения и помещения. Теплоусвоение и теплопоглощение ограждения и помещения. Затухание и запаздывание температурной волны в ограждении.

3.19. *Теплообмен в помещении.* Особенности лучистого теплообмена в по-

мещении. Излучение поверхности, лучистый теплообмен между поверхностями. Коэффициент облученности. Радиационная температура помещения. Коэффициент лучистого теплообмена. Особенности конвективного теплообмена в помещении. Свободная конвекция. Коэффициент конвективного теплообмена в помещении на горизонтальных и вертикальных поверхностях, учет общей подвижности воздуха в помещении. Сложный лучисто-конвективный теплообмен в помещении. Струйный теплообмен. Тепловой баланс поверхности и воздуха в помещении. Система основных уравнений теплообмена в помещении.

3.20. *Комфортность тепловой обстановки в помещении.* Тепловой баланс человека. Условия комфортности тепловой обстановки в помещении. Нормативные показатели микроклимата зданий различного назначения.

IV Отопление

Раздел включает следующие темы:

3.21. *Роль отопления здания в обеспечении требуемого микроклимата в его помещениях.* Отопление лучистое и конвективное. Расчетная мощность системы отопления. Требования, предъявляемые к отопительной установке. Общая классификация систем отопления. Местные и центральные системы. Структурные схемы систем отопления. Характеристика основных теплоносителей для систем отопления, их сопоставление по технико-экономическим, санитарно-гигиеническим и эксплуатационным показателям. Область применения различных систем отопления.

3.22. *Элементы систем отопления.* Центральные и местные источники теплоты для различных систем отопления. Тепловой пункт, его устройство и оборудование. Общие сведения о теплообменниках и генераторах теплоты для систем отопления. Классификация отопительных приборов и предъявляемые к ним требования. Коэффициент теплопередачи отопительных приборов. Номинальный и фактический тепловой поток от прибора. Выбор и размещение отопительных приборов в помещениях. Присоединение приборов к трубам различных систем отопления. Температура теплоносителя в отопительных приборах. Расчет площади нагревательной поверхности и числа элементов отопительных приборов различных видов. Особенности конструирования и расчета панельно-лучистого отопления. Теплопроводы в системах отопления. Применяемые материалы и стандарты. Сравнение теплопроводов по технико-экономическим и эксплуатационным показателям. Регулирующая и запорная арматура в различных системах отопления.

3.23. *Системы водяного отопления.* Классификация систем водяного отопления. Схемы присоединения систем к наружным теплопроводам. Схемы тепловых пунктов. Прокладка теплопроводов в зданиях. Компенсация теплового удлинения, уклон и тепловая изоляция труб. Размещение запорной арматуры. Циркуляционные насосы, особенности их работы и размещения в системе отопления. Подача и давление насосов. Выбор насосного давления в системе. Конструкции современных насосов для систем отопления. Характеристика и подбор насоса. Расчет мощности насоса. Смесительная установка. Функции смесительных насосов и изменение давления в системе отопления в зависимости от места установки насоса. Подача и давление смесительных насосов. Коэффициент смешения. Тех-

нология регулирования температуры, расхода и давления воды в смесительной установке. Расширительный бак. Открытый и закрытый баки. Назначение, конструкции, присоединение бака к теплопроводам системы отопления. Определение объема бака. Удаление воздуха из системы отопления. Состояние и перемещение воздуха в системе водяного отопления. Локализация воздушных скоплений в системе. Центральное и местное удаление воздуха. Арматура и устройства для удаления воздуха из системы. Динамика давления в системах водяного отопления при зависимом и независимом их присоединении к наружным теплопроводам. Построение эпюр распределения давления и их использование для анализа работоспособности систем отопления. Естественное циркуляционное давление, возникающее вследствие охлаждения воды в трубах и отопительных приборах системы отопления. Расчет естественного давления в различных конструкциях систем водяного отопления. Расчетное циркуляционное давление в различных системах водяного отопления. Гидравлический расчет систем водяного отопления. Задачи и основные принципы расчета. Основные способы гидравлического расчета, их особенности и область применения. Гидравлический расчет по удельной потере давления в теплопроводе. Выбор и расчет основного циркуляционного кольца. Расчет дополнительных циркуляционных колец. Особенности расчета малых циркуляционных колец в стояках систем отопления различной конструкции. Эпюра циркуляционного давления в системе. Гидравлический расчет системы водяного отопления по характеристикам гидравлического сопротивления. Алгоритм расчета и область его применения. Гравитационное водяное отопление. Особенности конструирования, расчета и область применения.

3.24. *Системы воздушного отопления.* Классификация систем воздушного отопления. Принципиальные схемы местных и центральных систем. Воздушное местное отопление. Конструкция, размещение и выбор отопительных агрегатов и рециркуляционных воздухонагревателей. Воздушное центральное отопление. Условия применения и особенности конструирования и расчета систем. Совмещение с системой вентиляции здания. Воздушно-отопительные установки у открываемых проемов зданий. Назначение, область применения, конструкция и расчет установок.

3.25. *Системы парового отопления.* Классификация систем парового отопления. Работа отопительного прибора при паровом отоплении. Схемы замкнутых и разомкнутых систем. Оборудование и особенности конструирования и расчета систем парового отопления низкого и высокого давления.

3.26. *Системы местного отопления.* Печное отопление. Классификация и конструкция печей, их размещение в помещениях. Проектирование печного отопления. Газовое отопление. Особенности конструкции и расчета. Область применения. Электрическое отопление. Особенности конструкции и расчета. Область применения.

V Вентиляция

3.27. *Вентиляционные системы.* Принципы и способы вентилирования помещений и классификация вентиляционных систем. Распределение в помещениях вредных поступлений. Характерные схемы организации воздухообмена помещений гражданских и промышленных зданий. Особенности расчета воздухообмена при различных способах вентилирования. Способы вентиляции: «затопление ра-

бочей зоны охлажденным воздухом», «воздушный оазис». Потоки вредных поступлений в помещения зданий различного назначения. Тепловые потоки от людей, искусственного освещения, электрооборудования, теплового оборудования, средств транспорта, материалов, технологических процессов. Потоки влаги от открытых поверхностей и технологического оборудования. Потоки газо- и пылевыведений от технологических процессов, средств транспорта, сосудов находящихся под давлением. Особенности расчета общего воздухообмена при газо-пыле-влажновыделениях. Предупреждение конденсации и взрыво-пожароопасных ситуаций.

3.28. *Общеобменная приточная и вытяжная вентиляция.* Технологические схемы вентиляционных систем с механическим побуждением. Воздухозаборные и вытяжные устройства, требование к размещению, конструкция. Приточные и вытяжные камеры в строительных конструкциях, крупноблочные, каркасно-панельные, моноблочные, подвесные. Размещение, подбор. Воздуховоды, каналы, фасонные части, трассировка, прокладка, аэродинамический расчет. Запорно-регулирующие устройства, обратные, противодымные и огнезадерживающие клапаны. Конструкции, область применения, подбор.

3.29. *Струйные течения в помещении.* Воздухораспределители. Конструкция, область применения, расчет в прямой и обратной задаче. Воздухозаборные устройства. Воздуховоды равномерной раздачи и всасывания. Современные вентиляторы приточных и вытяжных систем, требования, конструкции, подбор, установка. Общие правила объединения помещений, обслуживаемых общими системами. Схемы систем с вертикальным и горизонтальным коллекторами многоэтажных зданий. Технологические схемы приточных и вытяжных общеобменных систем с естественным побуждением. Особенности конструкции и аэродинамического расчета каналов.

3.30. *Оборудование приточных и вытяжных камер.* Очистка приточного воздуха от пыли и микроорганизмов. Конструкция, подбор. Воздухонагреватели, устройство, компоновка, расчет, защита от замораживания. Компоновка приточных и вытяжных установок при различных схемах утилизации теплоты вытяжного воздуха.

3.31. *Шумоглушение и виброизоляция вентустановок.* Характеристики шума и пути его распространения, звукоизоляция воздуховодов, камер, шахт. Акустический расчет вентиляционных систем, конструкции и расчет шумоглушителей. Вибрация, причины возникновения, методы предотвращения.

3.32. *Местная вытяжная вентиляция.* Санитарная очистка вентиляционных выбросов. Назначение, технологическая схема, требования к местным отсосам и их классификация. Местные отсосы открытого типа, конструкция, область применения, расчет. Местные отсосы полукрытого типа. Местные отсосы закрытого типа, принципы расчета объема удаляемого воздуха. Санитарная очистка и организация выбросов вытяжного воздуха.

3.33. *Местная приточная вентиляция (воздушное душирование).* Назначение, виды, расчетные параметры. Конструктивные решения душирования горизонтальными и наклонными струями. Расчет воздушных душей. Душирование ниспадающими воздушными потоками, область применения, расчет. Душирование рециркуляционным воздухом.

3.34. *Аэрация промышленных зданий.* Принцип действия, область применения, конструктивные решения. Инженерный расчет аэрации. Прямая и обратная задачи расчета. Расчет аэрации при действии гравитационного, ветрового и совместного давления.

3.35. *Аварийная и противодымная вентиляция.* Аварийная вентиляция, воздухообмен, конструктивные решения. Вытяжная противодымная вентиляция, нормы проектирования, расчет, оборудование. Приточная противодымная вентиляция, нормы проектирования, расчет, оборудование.

3.36. *Воздушные завесы.* Назначение, технологические схемы, классификация, область применения, нормативные требования. Воздушные завесы шибберующего типа. Расчет одноструйных и многоструйных завес. Воздушные и тепловые завесы смесительного типа. Область применения, конструктивные решения, расчет.

3.37. *Пневмотранспорт и аспирация.* Внутрицеховой и межцеховой пневмотранспорт сыпучих, волокнистых и измельченных материалов. Системы аспирации и вакуумной пылеуборки. Общие сведения о системах пневмотранспорта аспирации и вакуумной пылеуборки, технологические схемы, классификация систем. Закономерности и параметры, характеризующие перенос дисперсного материала воздушным потоком. Потери давления на прямых участках, в отводах, на подъем и разгон материала. Конструктивные решения и основное оборудование цеховых и межцеховых систем пневмотранспорта, последовательность расчета. Автоматизированные системы пневмотранспорта с переменным расходом, замкнутые системы пневмотранспорта. Особенности расчета и конструкции аспирационных систем. Центральные стационарные и передвижные установки вакуумной пылеуборки, особенности конструкции и расчета.

VI Кондиционирование воздуха и холодоснабжение

3.38. *Процессы изменения состояния влажного воздуха в системах кондиционирования и способы их реализации.* Понятие о поверхностных и контактных аппаратах для тепловлажностной обработки воздуха в установках и системах кондиционирования, процессы изменения состояния воздуха в них. Процессы изменения состояния воздуха при контакте с водой. Увлажнение воздуха паром. Процессы изменения состояния воздуха при его контакте с твердыми и жидкими влагопоглощающими веществами.

3.39. *Центральные системы кондиционирования, процессы изменения состояния воздуха в них.* Однозональные системы кондиционирования. Кондиционирование воздуха в теплый период года с использованием холодной воды или непосредственного испарения хладонов. Системы прямоточные и с применением рециркуляции. Применение методов испарительного охлаждения воздуха в системах кондиционирования – прямое, косвенное, двухступенчатое испарительное охлаждение. Кондиционирование воздуха в холодный период года. Применение контактного нагрева наружного воздуха. Системы местного доувлажнения воздуха в помещениях. Многозональные системы кондиционирования с переменным расходом воздуха и зональными подогревателями. Двухканальные системы с одним и двумя кондиционерами. Оценка тепло-холодопотребления системами кондиционирования воздуха. Понятие о способах регулирования воздуха на основе применения жидких и твердых влагопоглощающих веществ.

3.40. *Основное оборудование центральных систем кондиционирования воздуха, методы расчета и подбора.* Конструктивное устройство центральных кондиционеров, их типоразмеры, основные элементы. Устройство блок-камер орошения, блоков сотового и парового увлажнения, конструкция форсунок, их характеристики. Орошаемые насадки. Паровые увлажнители. Поверхностные воздухонагреватели и воздухоохладители. Методы расчета режимов работы контактных и поверхностных аппаратов. Воздушные фильтры, клапаны, вентиляторные секции, секции шумоглушителей. Принцип каркасно-панельной конструкции кондиционеров.

3.41. *Местные и местно-центральные системы кондиционирования воздуха, основное оборудование.* Местные автономные и неавтономные системы кондиционирования воздуха. Моноблочные установки и установки с отдельным размещением компрессорно-конденсаторного агрегата и испарительно-воздухоохлаждающих агрегатов. Вентиляторные доводчики. Понятие о системах с переменным расходом хладагента для многоквартирных зданий. Характеристика оборудования, его устройство и подбор. Местно-центральные системы кондиционирования воздуха. Устройство эжекционных кондиционеров-доводчиков, их характеристика. Процессы кондиционирования воздуха в местно-центральных системах в теплый и холодный периоды года.

3.42. *Круглогодичный режим работы систем кондиционирования воздуха.* Способы представления характеристик наружного климата для анализа круглогодичного режима работы систем кондиционирования воздуха. Анализ работы элементов систем кондиционирования воздуха в круглогодичном режиме. Понятие о выборе оптимальных режимов работы системы кондиционирования воздуха.

3.43. *Холодо- и теплоснабжение систем кондиционирования воздуха.* Основные сведения об естественных и искусственных источниках холода. Применение артезианской воды и природного льда для охлаждения воздуха. Парокомпрессорные холодильные машины, их устройство. Основные типы холодильных компрессоров, конденсаторов и испарителей. Холодильные агенты, их характеристика, требования к ним. Холодильные и теплонасосные циклы. Холодильный коэффициент. Коэффициент преобразования в теплонасосном режиме. Холодильные станции, принципиальные схемы. Градири, баки, хладопровода, дренажные трубопроводы. Комплектные водоохлаждающие агрегаты. Абсорбционные, воздушные, пароэжекторные и термоэлектрические установки. Достоинства и недостатки, область применения. Холодо- и теплоснабжение поверхностных теплообменников кондиционеров и эжекционных кондиционеров-доводчиков. Двух- и четырехтрубные системы теплохолодоснабжения. Схемы холодного водоснабжения оросительных камер и блоков тепломассообмена. Особенности режимов теплоснабжения воздухонагревателей первого и второго подогревов установок кондиционирования воздуха.

3.44. *Способы снижения энергопотребления системами кондиционирования воздуха.* Совершенствование архитектурно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, использования научно-обоснованных, санитарно-гигиенических и технических требований к микроклимату помещений и параметрам внешней среды, методов расчета элементов систем, применение энергоэффективных систем и оборудования, комбинирование

систем инженерного оборудования, использование вторичных энергоресурсов и нетрадиционных источников энергии. Устройства для утилизации теплоты и холода, их характеристики. Показатели эффективности теплоутилизации. Применение теплонасосных установок, комплексное тепло-холодоснабжение на их основе. Способы аккумуляции теплоты и холода, их влияние на выбор установочной мощности установок кондиционирования воздуха и их энергоэффективность.

VII Теплоснабжение

3.45. *Основные характеристики и разновидности систем теплоснабжения.* Структурная схема системы теплоснабжения, основные элементы системы и их функциональные задачи. Требования к свойствам и параметрам теплоносителей. Вода и пар как теплоносители, их достоинства и недостатки, области применения. Разновидности водяных систем, их принципиальные схемы и области применения. Причины преимущественного применения двухтрубных водяных систем. Принципиальные схемы присоединения местных систем теплоснабжения к водяным тепловым сетям. Закрытые и открытые системы. Несвязанное и связанное регулирование отпуска теплоты на горячее водоснабжение и отопление зданий. Параллельная, смешанная и последовательная схемы присоединения теплообменников горячего водоснабжения. Зависимое и независимое присоединение систем отопления. Присоединение калориферов систем вентиляции к тепловым сетям. Районные, центральные и местные тепловые пункты. Разновидности паровых систем, их принципиальные схемы и области применения.

3.46. *Определение расходов теплоты.* Классификация потребителей теплоты и методы определения их расходов. Общие и удельные расходы теплоты жилыми и общественными зданиями. Часовые и годовые расходы теплоты. Суточные и годовые графики потребления теплоты (по видам теплоснабжения и суммарные). Понятия о коэффициенте неравномерности потребления теплоты и числе часов использования максимума. Определение расходов теплоты промышленными и сельскохозяйственными потребителями.

3.47. *Системы горячего водоснабжения.* Основные требования к качеству и температуре горячей воды. Водоразборная арматура и санитарные приборы. Прямоточные и циркуляционные системы, и области их применения. Компоновка водоразборно-циркуляционных узлов (стояков). Схемы трубопроводов и схемы присоединения полотенцесушителей. Вероятностный характер потребления горячей воды. Определение расчетных расходов воды. Расчет подающих трубопроводов. Учет накипеобразования в трубах. Основные гидравлические режимы циркуляционных систем: режим максимального водоразбора и режим циркуляции. Различные режимы циркуляции при максимальном водоразборе: прекращение циркуляции и "опрокидывание" циркуляции (движение воды на водоразбор по циркуляционным трубам). Выбор режима циркуляции при максимальном водоразборе и влияние принятого режима на расчет подающих трубопроводов. Определение максимальных циркуляционных расходов воды и расчет циркуляционных трубопроводов при одинаковом и различном гидравлических сопротивлениях водоразборных узлов. Особенности расчета местных систем горячего водоснабжения при непосредственном водоразборе из тепловых сетей. Аккумуляторы горячей воды и их разновидности. Расчет емкости аккумуляторов различных типов. Квартальные системы горячего водоснабжения и их расчет. Схемы включения и

подбор циркуляционных насосов. Наладка и эксплуатация систем горячего водоснабжения. Коррозия и накипеобразование в системах и способы борьбы с ними.

3.48. *Оборудование тепловых пунктов.* Общая характеристика основного и вспомогательного оборудования тепловых пунктов. Типы и конструкции насосов. Подбор насосов и схем их включения. Регулирование работы насосов. Конструкции и характеристики теплообменных аппаратов, используемых в тепловых пунктах. Тепловой и гидравлический расчет теплообменных аппаратов. Переменные режимы работы теплообменников. Интенсификация теплообмена. Автоматические регуляторы расхода, температуры и давления. Схемы конструкции и принципы работы гидравлических и электронных регуляторов. Характеристики прочих типов основного оборудования тепловых пунктов. Контрольно-измерительные приборы и др. вспомогательное оборудование тепловых пунктов. Компонентные решения тепловых пунктов.

3.49. *Регулирование отпуска теплоты.* Расчеты тепловых пунктов закрытых систем теплоснабжения. Методы регулирования отпуска теплоты потребителям: центральное, групповое, местное, качественное, количественное, качественно-количественное, пропусками. Причины преимущественного применения в нашей стране центрального качественного регулирования в водяных системах теплоснабжения. Центральное регулирование по отопительной нагрузке в закрытых системах теплоснабжения. Расчет параллельной и смешанной схем тепловых пунктов. Центральное регулирование по суммарной нагрузке отопления и горячего водоснабжения в закрытых системах теплоснабжения. Понятие балансового расхода теплоты на горячее водоснабжение. Построение повышенного графика температур воды. Расчет последовательной и смешанной с ограничением расхода воды схем тепловых пунктов. Регулирование отпуска теплоты на вентиляцию. Определение суммарных расходов воды в теплосети в закрытых системах теплоснабжения. Виды группового и местного автоматического регулирования отпуска теплоты. Влияние автоматизации систем теплоснабжения на методы регулирования отпуска теплоты и расчета тепловых пунктов. Количественный и качественно-количественный метод регулирования отпуска теплоты.

3.50. *Схемы и гидравлический расчет тепловых сетей.* Схемы тепловых сетей и их структура. Структура сети с иерархическим построением. Схема теплоподготовительной установки ТЭЦ. Циркуляционные и подпиточные насосы. Насосные подстанции. Районные, центральные и индивидуальные тепловые пункты. Гидравлический расчет теплопроводов. Определение диаметров труб. Гидравлический расчет разветвленной сети. Расчет экономических диаметров. Расчет замкнутых сетей. Принцип надежности. Подбор циркуляционных и подпиточных насосов. Пьезометрические графики. Статистический и динамический режимы. Требования к режимам давлений. Режим подпиточного устройства. Выбор схем присоединения абонентских установок. Разработка пьезометрического графика при сложном рельефе местности и протяженных тепловых сетях. Переменные гидравлические режимы. Гидравлическая устойчивость. Гидравлический удар в тепловых сетях. Защитные устройства.

3.51. *Гидравлический и тепловой режимы открытых систем теплоснабжения.* Режимы отбора теплоносителя на абонентских вводах. Несвязанное регулирование с установкой регулятора расхода перед системой отопления. Три ха-

ракторных режима отбора теплоносителя из подающего и обратного трубопровода. Связанное регулирование отпуска теплоносителя на горячее водоснабжение и отопление. Режимы и показатели систем без регуляторов расхода. Режимы систем с регуляторами расхода на абонентских вводах. Системы уравнений. Определение расчетных расходов. Переменные гидравлические режимы открытых систем. Определение расходов теплоносителя в системах отопления при различных режимах отбора теплоносителя на горячее водоснабжение. Разрегулировка подачи тепла в системы отопления. Предельные режимы опрокидывания циркуляции в обратном трубопроводе. Расчетные уравнения. Тепловой и гидравлический режим различных схем открытых систем. Расчет несвязанного и связанного регулирования. Повышенный график температур и его расчет. Однотрубные системы.

3.52. *Паровые системы теплоснабжения.* Схемы систем. Основные характеристики. Системы сбора конденсата. Конденсатопроводы. Конденсатоотводчики. Паро-водяные теплообменники и их расчет. Способы присоединения отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Регулирование отпуска тепла. Гидравлический расчет паропроводов и конденсатопроводов.

3.53. *Конструкции и расчет теплопроводов.* Конструкции теплопроводов для подземной и надземной прокладки. Трубы и арматура. Изоляционные и антикоррозионные покрытия. Температурно-влажностный режим изоляции. Защита от коррозии. Трасса и профиль тепловой сети. Сложные конструкции переходов через естественные и искусственные препятствия. Тепловой расчет сети. Расчет теплопотерь теплопроводами при надземной прокладке. Расчет теплопотерь при бесканальной прокладке. Расчет теплопотерь при прокладке теплопроводов в каналах. Расчет падения температуры теплоносителя. Расчет теплопроводов по нормативным теплопотерям. Компенсация температурных удлинений тепловых сетей. Конструкции компенсаторов. Расчет их компенсационной способности. Выбор типов компенсаторов. Подвижные и неподвижные опоры. Размещение компенсаторов и опор. Расчет усилий на опоры. Выбор опор.

3.54. *Источники тепла систем теплоснабжения.* Основные виды энергии, используемые для теплоснабжения. Виды источников тепла, схемы, оборудование. Паротурбинные и газотурбинные ТЭЦ. Отопительные котельные централизованных систем теплоснабжения. Нетрадиционные источники тепла. Использование для теплоснабжения геотермальных вод и вторичных энергоресурсов. Гелиотеплооснабжение. Тепловые насосы. Тепловые расчеты схем. Оборудование и области применения.

3.55. *Энергетическая эффективность источников тепла.* Энергетические основы теплофикации. Расчет топлива при отдельной и комбинированной выработке тепла и электрической энергии. Экономия топлива на ТЭЦ. Коэффициент теплофикации. Выбор основного оборудования ТЭЦ. Экономия топлива при использовании геотермальных вод, солнечной энергии. Экономическая эффективность использования вторичных энергоресурсов.

3.56. *Водоподготовка для тепловых сетей.* Основные требования к качеству воды тепловых сетей. Способы борьбы с внутренней коррозией, шламом, накипью в системах теплоснабжения. Водоподготовка для тепловых сетей и систем горячего водоснабжения. Схемы водоподготовки. Оборудование и его подбор. Выбор и расчет водоподготовки для различных условий и схем систем тепло-

снабжения.

VIII Газоснабжение

3.57. *Состав газообразного топлива.* Основные физико-химические свойства. Классификация горючих газов. Сжиженные углеводородные газы. Искусственные газы. Основные направления использования газа. Очистка и одоризация газа.

3.58. *Транспорт газа.* Схема магистрального газопровода. Городские системы газоснабжения. Классификация газопроводов. Условия присоединения потребителей к газовым сетям. Городские газопроводы. Трубы, материал труб, сортамент, отключающие устройства, арматура и оборудование газопроводов. Основные правила прокладки газопроводов различных давлений. Подземные и надземные газопроводы. Компенсация температурных удлинений.

3.59. *Потребление газа.* Основные категории потребителей и методы расчёта потребляемого ими газа. Нормы потребления. Расчёт годового потребления газа посёлками и городами. Режим потребления газа. Годовой и суточный графики потребления. Коэффициенты неравномерности. Годовая и суточная неравномерности. Баланс газа. Регулирование неравномерности потребления газа. Определение расчётных расходов газа.

3.60. *Гидравлический расчёт газовых сетей.* Определение потерь давления в газопроводах с учётом изменения плотности газа. Расчётные формулы. Расчёт местных сопротивлений. Учёт дополнительного давления, возникающего из-за разности плотностей газа и воздуха. Расчётная схема отдачи газа из сети. Расчёт тупиковых разветвленных сетей. Расчёт кольцевых сетей. Гидравлическая увязка кольцевых сетей. Контурные расходы и их определение. Решение задачи потоко-распределения в сети заданной конструкции. Расчёт кольцевых сетей высокого давления из условия надёжности. Определение расчётных перепадов давления в сетях низкого давления. Разработка оптимальных схем газовых сетей высокого, среднего и низкого давления.

3.61. *Регуляторы давления.* Принцип работы. Классификация регуляторов давления. Дроссельные органы регуляторов. Мембранные приводы регуляторов. Регуляторы прямого и непрямого действия. Расчёт пропускной способности регуляторов давления. Газорегуляторные пункты и установки. Технологические схемы. Выбор регуляторов давления и другого оборудования. Системы газоснабжения с газорегуляторными пунктами. Системы с квартальными регуляторными станциями. Системы с домовыми регуляторами давления. Контрольно-измерительные приборы газорегуляторных пунктов и установок. Учёт расхода газа. Газовые счётчики, их выбор и установка. Расходомеры. Газораспределительные станции. Технологические схемы. Оборудование и его выбор. Системы защитной автоматики газораспределительных станций. Контрольно-измерительные приборы.

3.62. *Горение газа.* Скорость химических реакций. Энергия активации. Закон Аррениуса. Кинетика цепных реакций горения. Образование токсичных веществ при сжигании газа. Цепное воспламенение. Тепловое самовоспламенение. Температура воспламенения. Вынужденное зажигание. Концентрационные границы воспламенения. Распространение пламени. Нормальное распространение и его скорость. Распространение пламени в трубах. Критический диаметр. Косое

пламя и его устойчивость. Зависимость скорости распределения пламени от состава смеси, температуры и давления. Стабилизация ламинарного пламени в горелке. Явление проскока и отрыва пламени. Зависимость предельных скоростей от состава смеси и диаметра горелки. Распространение пламени в турбулентном потоке. Скорость распространения пламени. Развитие турбулентного факела. Стабилизация турбулентного пламени. Стабилизация пламени у горелок инфракрасного излучения. Диффузионное горение. Диффузионное ламинарное пламя, его структура и характеристики. Турбулентный газовый факел. Его размеры и основные характеристики. Классификация горелок. Интенсификация сжигания газа и основные характеристики горения. Горелки предварительного смешения газа с частью воздуха, необходимого для горения. Пламя атмосферной горелки. Коэффициент первичного воздуха. Характеристики пламени горелок турбулентного смешения. Горелки без предварительного смешения газа с воздухом. Диффузионные горелки. Области применения различных газовых горелок. Схемы обвязочных газопроводов котлов, печей и агрегатов. Задачи автоматизации газовых горелок. Расчёт атмосферных горелок. Выбор расчётных параметров. Расчёт эжекционных горелок полного предварительного смешения газа с воздухом. Расчёт головки горелки и огневой насадки. Пересчёт горелки на новые условия работы. Расчёт турбулентных горелок.

3.63. *Газоснабжение зданий.* Бытовые приборы. Расчётные характеристики газовых плит. Газовые водонагреватели. Их конструкции и основные характеристики. Автоматические устройства и газопроводы приборов. Газовое отопление. Газогорелочные и автоматические устройства отопительных печей и отопительных газовых приборов. Отопительные газовые приборы. Газовые калориферы.

3.64. *Газоснабжение СУГ.* Законы Дальтона и Рауля. Упругость паров смеси. Системы снабжения потребителей сжиженными углеводородными газами. Технологическая схема газонаполнительной и раздаточной станции. Перелив сжиженных газов. Газобаллонные установки с подземными резервуарами. Установки с отбором паров и испарением жидкой фазы внутри резервуара. Установки с испарителями. Принципиальные схемы промышленных систем газоснабжения СУГ и их классификация. Расчётные расходы газа и расчётные перепады давления. Техничко-экономическое сравнение систем газоснабжения.

3.65. *Защита газопроводов от коррозии.* Природа электрохимической коррозии блуждающими токами. Коррозионные свойства грунта. Изоляция газопроводов. Типы противокоррозионной изоляции. Электрические методы защиты газопроводов от коррозии. Электрический дренаж. Катодная и протекторная защита.

IX. Теплогенерирующие установки

3.66. *Органическое топливо.* Основные определения, классификация и происхождение органического топлива. Элементный и технический состав топлива. Теплота сгорания топлива и способы ее определения. Состояние топлива. Приведенные характеристики топлива. Условное топливо. Некоторые способы обогащения энерготехнологической переработки низкосортowego топлива: основные схемы и перспективы развития.

3.67. *Нетрадиционные источники тепловой энергии.* Ядерное топливо. Гелио-геотермальные установки. Вторичные топливо-энергетические ресурсы теплоисполь-

зующих установок различных производств. Тепловая энергия из городских и сельскохозяйственных отходов. Классификация, объемы, перспективы использования.

3.68. *Методы и схемы производства тепловой энергии.* Классификация методов. Схемы производства тепловой энергии из органического топлива. Схемы совместного производства тепловой и электрической энергии. Схемы производства тепловой энергии на тепловых станциях. Схемы производства и преобразования тепловой энергии из возобновляемых источников энергии. Газотурбинные и парогазовые установки. Схемы получения тепловой энергии в гелиоустановках и геотермальных установках. Принципиальные схемы получения тепловой энергии из городских и сельскохозяйственных отходов, в т.ч. из биомассы.

3.69. *Основы процесса горения органических топлив.* Общие физико-химические основы теории горения топлива; основные понятия и определения.

3.70. *Тепловой расчет котлов на органическом топливе.* Общие положения, конструкторский и проверочный расчет котла. Нормативный метод теплового расчета. Конвективные поверхности нагрева, цель применения, классификация. Теплообмен в конвективных поверхностях нагрева теплогенератора. Особенности расчета теплообмена в пароперегревателях и низкотемпературных поверхностях нагрева экономайзеров и воздухонагревателей. Особенности теплового расчета водогрейных котлов.

3.71. *Аэродинамический расчет теплогенератора.* Основные положения: цель, задачи, методика расчета.

3.72. *Паровые и водогрейные котлы.* Основные направления развития; классификация, рабочие параметры. Котлы с естественной и принудительной циркуляцией, прямоточные котлы, водогрейные котлы и их отличительные особенности.

3.73. *Топочные и горелочные устройства.* Топочные устройства, основные положения и классификация. Топочные устройства со слоевым сжиганием твердого топлива. Камерные топочные устройства. Горелочные устройства: назначение и классификация, пылеугольные горелочные устройства, газомазутные горелочные устройства, форсунки для распыления жидкого топлива; газогорелочные устройства, горелочные устройства для совместного сжигания нескольких видов топлива.

3.74. *Конвективные поверхности нагрева котлов.* Испарительные конвективные поверхности нагрева, назначение и классификация. Схемы и особенности конструкции. Пароперегреватели; назначение, классификация, схемы. Низкотемпературные конвективные поверхности нагрева теплогенератора: классификация, определения. Экономайзеры: классификация, схемы и компоновка, чугунные и стальные экономайзеры, конструкции, характеристики, область применения и пределы подогрева воды; контактные экономайзеры, экономически допустимая глубина охлаждения уходящих газов в экономайзерах. Воздухоподогреватели: классификация, схемы и компоновка. Компоновка низкотемпературных поверхностей нагрева в теплогенераторах. Новые типы низкотемпературных конвективных поверхностей нагрева.

3.75. *Внутрикотловая гидродинамика.* Температурный режим обогреваемых поверхностей нагрева; условия работы парогенерирующих труб. Физические характеристики однофазного и двухфазного потоков. Схемы движения воды и пароводяной смеси в системах с естественной и принудительной циркуляцией. Конструктивная нетождественность парогенерирующих труб и гидравлическая нестабильность движения в трубах. Тепловая и гидравлическая развертки. Критерии надежности естественной циркуляции. Гидравлический расчет контуров естественной циркуляции. Нормативный метод гидравлического расчета паровых и водогрейных котлов.

3.76. *Водный режим работы котлов.* Особенности водного режима работы паровых и водогрейных котлов, физико-химические характеристики воды и загрязняющих ее веществ. Требования к качеству пара, питательной и котловой воде. Методы обеспечения требуемой чистоты пара; сепарация пара, ступенчатое испарение воды, выносные циклоны и др.

3.77. *Процессы в конвективных поверхностях нагрева котлов.* Тепловые режимы работы поверхностей нагрева. Накипеобразование и отложение золы на поверхности нагрева. Способы очистки поверхности нагрева от наружных отложений и области их применения. Износ поверхностей нагрева золой. Высоко- и низкотемпературная коррозия. Внутрикотловая коррозия, методы борьбы с ней.

3.78. *Теплогенерирующие установки.* Топливное хозяйство тепловых станций, работающих на органическом топливе. Водное хозяйство теплогенерирующих установок. Водоподготовка, общие сведения и название. Методы и способы подготовки воды перед ее подачей в теплогенератор, классификация и области применения методов. Докотловая обработка воды. Внутрикотловая обработка. Непрерывная и периодическая продувка парового котла. Выбор схем водоподготовки и их расчет. Тепловая схема теплогенерирующих установок. Назначение и классификация тепловых схем; общие принципы построения и расчет тепловых схем; методика расчета. Тепловые схемы теплогенерирующей установки с паровыми котлами, с водогрейными котлами, с комбинированными схемами производства пара и горячей воды. Тепловые схемы атомных станций теплоснабжения, установок с солнечными и электрическими теплогенераторами, установок с геотермальными водами. Тепловые схемы установок децентрализованного и индивидуального теплоснабжения с автоматизированными отечественными и зарубежными котлами. Системы питания теплогенератора водой. Шлакозолоудаление. Тягодутьевые устройства. Общие положения, назначение, классификация. Аэродинамическое сопротивление теплогенерирующей установки. Естественная и искусственная тяга. Расчет и выбор тягодутьевых машин и их компоновка. Дымовые трубы: назначение, классификация, конструкция, методы расчета, особенности работы, монтаж.

4. Список рекомендуемой литературы

а) основная литература

- 4.1. Вентиляция: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.И. Полушкин, С.М. Анисимов, В.Ф. Васильев, В.В. Дерюгин. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 416 с.
- 4.2. Беккер А. Системы вентиляции. – М.: Техносфера, Евроклимат, 2005.
- 4.3. Гримитлин М.И. Распределение воздуха в помещении. – СПб: Арктика, 2004.
- 4.4. Брюханов О.Н., Жила В.А., Плужников А.И. Газоснабжение. – М.: Академия, 2008. -448с.
- 4.5. Нестеренко А.В., Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. – М.: Высш. шк., 2004.-392с.
- 4.6. Баркалов Б.В., Карпис Е.Е. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях. – М.: Стройиздат, 2003.-312с.
- 4.7. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение.- М.: Стройиздат, 2005.-367с.

- 4.8. Зайцев О. Н., Любарец А. П. Проектирование систем водяного отопления (пособие для проектировщиков, инженеров и студентов технических ВУЗов). - Вена - Киев – Одесса: фирма «Herz Armaturen», 2008.
- 4.9. Сканава А. Н. Отопление: учебник для вузов по направлению "Стр-во" (спец. 290700 "Теплогазоснабжение и вентиляция") / А. Н. Сканава, Л. М. Махов. - М.: Ассоц. строит. вузов, 2006. – 576 с. : ил. - ISBN 5-93093-161-5 : 364.00.
- 4.10. Ионин А.А. и др. Теплоснабжение. – М.: Стройиздат, 2004. – 336 с.
- 4.11. Новости теплоснабжения. / Период. журнал. – М.

5. Обеспечение вступительного испытания

На время вступительного испытания поступающему предоставляется индивидуальное рабочее место в аудитории. Каждый поступающий обеспечивается листами бумаги с наличием штампа приемной комиссии университета.

Поступающий должен иметь при себе письменные принадлежности (ручка).

По окончании экзамена листы бумаги с наличием штампа приемной комиссии университета в полном объеме сдаются вместе с билетом.

Во время прохождения вступительного испытания использование интернет-ресурсов запрещено.

Использование калькуляторов, сотовых телефонов, смартфонов, диктофонов и другой электронной техники во время проведения вступительного испытания запрещено.

На вступительном испытании не разрешается пользоваться справочниками, вспомогательной литературой или другими материалами.

РАЗРАБОТАНО:

Канд. техн. наук, доцент,
зав. каф. ТГиВ

Р.Ш. Мансуров

(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Первый проректор

А. С. Евдокименко

(подпись)

Директор ИИЭС

И.А. Косолапова

(подпись)

Зав. аспирантурой

Е.А. Бартеньева

(подпись)