

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

на направление подготовки магистратуры

15.04.02 Технологические машины и оборудование

по образовательной программе

«Оборудование нефтегазопереработки»

**Санкт-Петербург
2019**

Программа вступительного испытания по направлению подготовки **15.04.02 Технологические машины и оборудование (уровень магистратуры)** разработана на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» (уровень бакалавриата) и утверждена на заседании кафедры автоматизации технологических процессов и производств (протокол № 1 от 30.08.2019 г.).

I. Содержание, структура и форма проведения вступительного испытания

Вступительное испытание по направлению подготовки магистратуры **15.04.02 Технологические машины и оборудование** проводится в виде письменного экзамена, включающего в себя 50 тестовых заданий и 2 вопроса, требующих развернутого письменного ответа. Продолжительность вступительного испытания 2 (два) астрономических часа.

На вступительном испытании соискатель должен продемонстрировать основные компетенции, сформированные в результате освоения дисциплин: «Технология конструкционных материалов», «Информационные технологии», «Материаловедение», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Механика жидкости и газа», «Основы проектирования», «Основы технологии машиностроения», «Машины и аппараты нефтегазопереработки», «Технология нефтегазопереработки и нефтехимического синтеза» и смежных с ними дисциплин в высшем учебном заведении по программам бакалавриата.

II. Методические указания к программе вступительного испытания

Основной целью вступительного испытания в магистратуру является подтверждение способности усваивать учебный материал программы, для чего требуются знания:

- знание основной терминологии, относящейся к технологическим машинам и оборудованию нефтегазопереработки;

- знание нормативно-правовых документов в области технологических процессов и производств;
- знание фундаментальных понятий и принципов математического моделирования технологических объектов нефтяной и газовой промышленности;
- знание современных методов обработки, систематизации и интерпретации экспериментальных данных;
- знание научно-методологических основ исследования статических и динамических характеристик технологических объектов;
- знание устройства и областей применения технологического оборудования переработки нефти и газа.

III. Разделы технологических машин и оборудования, рассматриваемые в ходе вступительного испытания

Раздел 1. Технология конструкционных материалов

Общее представление о производстве металлов. Литейное производство. Изготовление отливок в песчаных формах. Сущность способа. Модельный комплект. Формовочные и стержневые смеси. Литниковые системы. Технология ручной и машинной формовки. Сборка форм и заливка их металлом. Специальные способы литья.

Технология обработки металлов давлением. Общая характеристика формообразования заготовок пластическим деформированием. Физические основы процесса пластической деформации металла. Нагрев заготовок перед обработкой давлением. Сущность процессов прокатки, волочения и прессования, оборудование и схемы обработки. Сущность процессовковки и штамповки, оборудование и инструмент, основные, вспомогательные и отделочные операции, особенности процессов.

Технологические процессы получения неразъемных соединений. Общая характеристика сварочного производства как технологического процесса получения

неразъемных соединений. Физико-химические основы получения сварного соединения. Ручная электродуговая сварка. Сварка под слоем флюса и в среде защитных газов. Газовая сварка и резка металла: сущность, особенности, применяемое оборудование. Специальные виды сварки. Пайка конструкционных материалов.

Технологические процессы обработки металлов резанием. Физические основы формообразования резанием. Режущий инструмент: классификация и геометрия. Металлорежущие станки: классификация, назначение, основные узлы и механизмы, классификация движений. Понятие о режимах резания. Технологические процессы при точении, сверлении, фрезеровании, строгании, долблении, протягивании: назначение, область применения, особенности, типовые детали, режимы резания, инструмент, оборудование, станочные приспособления. Технологические процессы при шлифовании. Отделочные операции: полирование, притирка, хонингование, суперфиниширование.

Электроискровая, электроимпульсная, анодно-механическая, электроконтактная и ультразвуковая обработка поверхностей заготовок.

Раздел 2. Материаловедение

Содержание курса. Общая характеристика и структурные методы исследования металлов. Атомно-кристаллическая структура металлов. Кристаллизация металлов. Полиморфные превращения. Фазы и структура в металлических сплавах: твердые растворы, химические соединения, механические смеси. Механические свойства, определяемые при статических испытаниях, методы определения твердости металлов. Механические свойства, определяемые при динамических испытаниях. Механические свойства при переменных (циклических) нагрузках.

Фазовые превращения в железоуглеродистых сплавах при нагреве. Диаграмма изотермического превращения аустенита. Перлитное, мартенситное и промежуточное превращения в стали. Виды термической обработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск. Характеристика способов закалки. Остаточные

напряжения при термической обработке и их влияние на механические свойства стали. Поверхностная закалка: особенности, способы выполнения. Химико-термическая обработка стали: цементация, нитроцементация, азотирование, цианирование. Особенности химико-термической обработки, режимы обработки, практические рекомендации по применению. Диффузионная металлизация: сущность, режимы обработки, область применения. Поверхностная пластическая деформация как способ повышения износостойкости деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок.

Классификация, общая характеристика и назначение примесей. Влияние примесей на качество и механические свойства. Углеродистые стали обыкновенного качества. Чугуны: белые, серые, высокопрочные, ковкие. Цементуемые и улучшаемые углеродистые конструкционные качественные стали. Цементуемые и улучшаемые легированные стали. Рессорно-пружинные стали общего назначения. Шарикоподшипниковые стали.

Коррозионностойкие стали, применяемые в нефтегазопереработке: общая характеристика, свойства, назначение. Жаропрочные и жаростойкие стали и сплавы. Износостойкие материалы. Стали и сплавы с особыми физическими свойствами: магнитные стали и сплавы, их свойства, строение и назначение. Электротехнические стали и сплавы. Сплавы с малым температурным коэффициентом линейного расширения, сплавы с упругими свойствами.

Раздел 3. Механика жидкости и газа

Строение жидкостей и газов с позиций современной физики. Сжимаемые и несжимаемые (капельные) жидкости. Законы объемного сжатия и теплового расширения жидкостей и газов. Плотность, удельный вес, удельный объем. Идеальные и реальные жидкости. Закон внутреннего трения Ньютона. Вязкость жидкостей и газов. Газовые законы. Уравнение газового состояния. Параметры газовой смеси.

Гидростатическое давление в точке и его свойства. Основные уравнения статики жидкостей и газов. Сообщающиеся сосуды и равновесия в них жидкостей и

газов. Статика дымовой трубы. Измерение давления сообщающимися сосудами. Избыточное давление, разрежение, вакуум. Единицы измерения давления. Закон Паскаля. Сила давления жидкости на плоскую и криволинейную стенки. Закон Архимеда и плавание тел. Относительное равновесие жидкостей. Удельная энергия жидкостей. Напоры покоящейся жидкости.

Основные понятия гидродинамики. Уравнения: неразрывности, движения идеальной жидкости Эйлера, Бернулли, движения вязкой жидкости Навье-Стокса, изменения количества движения. Использование уравнений в инженерных задачах. Элементы газовой динамики. Течение газа в сужающемся канале. Течение газа в расширяющемся канале. Сопло Лавалья. Прямой скачок уплотнения. Косой скачок уплотнения. Связь между скоростями течения газа и скоростью звука, число Маха. Потенциальное и вихревое течение жидкости.

Напоры движущейся жидкости. Общее уравнение энергии для потока сплошной жидкости. Уравнение энергии для потока несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли для потока несжимаемой жидкости. Уравнение энергии для напорного и безнапорного течения жидкости. Диаграммы напоров. Полный напор насосной установки. Уравнение энергии для потока газа в общем виде, в механической (уравнение Бернулли для газа) и термической (уравнение энтальпий) формах. Располагаемая работа газового потока. Изотермическое и адиабатическое течение потоков газа.

Виды гидравлических сопротивлений. Потери напора на трение; формула Дарси- Вейсбаха. Режимы движения жидкости. Структура ламинарного и турбулентного потоков. Закон распределения касательных напряжений по поперечному сечению потока. Параметры потока и потери напора на трение при ламинарном течении в трубах. Потери напора на трение при турбулентном режиме течения. Потери на трение при движении газов. Расчет газопроводов и газоходов. Расчет безнапорных каналов. Местные гидравлические сопротивления и их расчет.

Классификация трубопроводов. Обобщенные параметры трубопроводов. Соединение трубопроводов. Расчет простых трубопроводов. Расчет длинных трубопроводов в квадратичной и не квадратичной области сопротивления. Основы

расчета сложных трубопроводов. Расчет коротких трубопроводов. Расчет трубопроводов для газов при малых и больших перепадах давления. Расчет газоходов печей. Напорная характеристика трубопровода.

Истечение жидкости через отверстия в тонкой стенке. Коэффициенты истечения. Истечение под уровень. Истечение жидкости через насадки. Особые случаи истечения жидкости. Истечение газов при малых и больших перепадах давления. Критические параметры истечения газов. Истечение газов через сопла.

Раздел 4. Основы проектирования

Понятие САПР. Информационная поддержка изделий.

Системный подход в проектировании. Сложные системы. Системный анализ и синтез технологических объектов. Структура процесса проектирования. Этапы проектирования техническая документация. Поддержка жизненного цикла изделий.

Применение САПР в проектировании оборудования нефтегазоперерабатывающих производств. Геометрическое моделирование. CAD системы. Функции CAE и CAM систем. Виды инженерных расчетов. Численные методы.

Проектирование автоматизированных систем управления производством. Проектирование предприятий нефтегазопереработки в целом. Размещение оборудования. Трассировка инженерных систем. Интегрированные системы управления производством. ERP/MRP системы. Понятие АСУП и АСУТП. MES – системы. Информационная поддержка жизненного цикла предприятий.

Раздел 5. Основы технологии машиностроения

Основные понятия о производственном и технологическом процессе. Структура технологического процесса. Типы производств. Первичная переработка. Вторичные процессы.

Технологичность конструкции машины. Технически обоснованная норма времени.

Понятие о точности изготовления в машиностроении, конструировании, производстве и эксплуатации машин. Случайные, систематические, знакопеременно изменяющиеся и постоянные производственные погрешности. Оценка точности.

Базы конструкторские, сборочные, установочные и измерительные. Пересчет размеров и допусков при изменении баз. Жесткость технологической системы станок, приспособление, инструмент, деталь. Погрешности, вызываемые упругими деформациями, размерным износом инструмента. Погрешности настройки, геометрические погрешности станков, тепловые деформации технологической системы и их влияние на точность обработки.

Факторы, определяющие технологические процессы. Задача оптимизации проектирования технологических процессов переработки нефти и газа.

Исходные данные для проектирования технологических процессов. Установление типа производства. Определение размеров партии в серийном производстве. Выбор заготовок для деталей машин. Разработка маршрутной технологии. Расчет припусков на обработку. Разработка операционной технологии. Определение режимов резания. Основные виды технической документации. Типизация технологических процессов.

Назначение приспособлений и их роль в развитии технологии машиностроения. Требования, предъявляемые к приспособлениям, классификация приспособлений. Установка заготовок в приспособлении, принципы базирования. Типовые схемы установки заготовок. Конструкции приспособлений и расчет их элементов. Последовательность и техника разработки приспособлений.

Валы их классификация, конструкции. Заготовительные операции. Особенности черновой, получистовой и чистовой обработок. Обработка валов на гидрокопировальных многолезцовых полуавтоматах. Отделочные операции валов. Обработка шлицевых и шпоночных поверхностей.

Обработка втулок. Методы обеспечения соосности наружных и внутренних поверхностей и перпендикулярности к ним опорных торцев. Нарезание резьбы, обработка шпоночных и шлицевых поверхностей на втулках. Отделочные операции втулок.

Технология обработки плит, рычагов, кронштейнов, стоек, шатунов. Особенности обработки тяжелых и сложных корпусных деталей, выбор баз. Технологические требования к корпусным деталям технологических машин.

Структура технологического процесса обработки зубчатых и червячных колес. Чистовая и черновая обработка, методы нарезания зубьев зубчатых колес, отделочные операции.

Организация и формы сборки. Разработка технологического процесса сборки. Виды и технологии сборки деталей и узлов. Причины и виды неуравновешенности деталей и узлов. Статическая и динамическая балансировка.

Испытания и техническая диагностика механических трансмиссий технологических машин при изготовлении. Принципиальные схемы испытаний. Понятие ремонтпригодности.

Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием. Понятие о наплавке и напылении. Электрохимические покрытия

Общие сведения о технологии аппаратостроения. Особенности технологии сборки колонных аппаратов.

Раздел 6. Конструкция машин и аппаратов

Классификация аппаратов по конструктивному исполнению, функциональному назначению. Общие требования к конструкции и надежности аппаратов нефтегазового производства. Законодательные нормы и требования к аппаратам нефтегазового производства по безопасности эксплуатации и расчетам на прочность. Требования к конструктивным материалам и рекомендуемые черные металлы и сплавы, цветные металлы, неметаллические материалы, материалы для сварки и пайки.

Технология изготовления стальных сварных аппаратов. Испытания аппаратов.

Расчет на механическую прочность сосудов и аппаратов нефтегазопереработки. Основные расчетные параметры. Конструкции и расчеты на прочность тонкостенных цилиндрических, сферических, конических обечаек под избыточным внутренним и наружным давлением. Конструкции и расчеты на

прочность плоских, эллиптических и сферических днищ обечаек. Укрепление отверстий в обечайках и днищах аппаратов при внутреннем и внешнем давлениях. Узлы сопряжения оболочек. Расчет краевых нагрузок. Обеспечение прочности в местах сопряжения оболочек. Аппараты с рубашками.

Фланцевые соединения. Конструкции. Плоские фланцы. Соединения выступ-впадина и шип-паз. Типы прокладок. Расчет на прочность и герметичность. Знакомство с ГОСТ Р 52857.4-2007: Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.

Трубные решетки. Конструкции. Способы крепления труб в трубных решетках. Компенсация температурных нагрузок. Методы расчета. Знакомство с ГОСТ Р 52857.7-2007: Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Теплообменные аппараты.

Опоры вертикальных аппаратов. Лапы и стойки. Цилиндрические опоры. Расчет на ветровую и сейсмическую устойчивость. Опоры горизонтальных аппаратов. Седловые опоры. Выбор конструкции строповых устройств. Ушки, крюки, цапфы и монтажные штуцера. Прочностные расчеты.

Особенности расчета аппаратов при малоцикловых нагрузках. Знакомство с ГОСТ Р 52857.6-2007: Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках.

Толстостенные сосуды и аппараты. Конструкции и расчет толстостенных цилиндрических обечаек, днищ и крышек. Затворы аппаратов высокого давления.

Раздел 7. Машины и оборудование технологических процессов

Классификация машин. Классификация аппаратов нефтегазопереработки по различным признакам. Основные требования к оборудованию.

Колонные массообменные аппараты для процессов ректификации и абсорбции. Процесс ректификации и ректификационные колонны. Тарельчатые колонны, с различными конструкциями тарелок. Типы тарелок. Насадочные колонны с различного типа насадкой. Типы насадок. Аппаратура для процессов абсорбции.

Основное оборудование каталитических реакторных узлов. Реакторы для систем «газ-твердое». Реакторы со стационарным слоем катализатора. Кожухотрубчатые реакторы, реакторы с движущимся слоем катализатора. Реакторы с псевдооживленным слоем. Реакторы для систем «газ-жидкость» и «жидкость-жидкость». Реакторы термокаталитических процессов.

Аппараты для разделения неоднородных систем. Разделение неоднородных систем. Аппаратура для отстаивания. Разделение газовых смесей. Фильтрация. Конструкции фильтров. Мокрая очистка газов. Электроочистка газов. Центрифугирование. Конструкции центрифуг. Циклоны. Гидроциклоны.

Классификация теплообменных аппаратов. Основные конструкции теплообменников: кожухотрубчатые, труба в трубе, пластинчатые, спиральные, погружные, оросительные. Требования к теплообменному оборудованию. Достоинства и недостатки. Область применения.

Мешалки. Типы мешалок. Быстроходные мешалки. Тихоходные мешалки. Пределы применимости. Конструкции перемешивающих устройств

Аппаратура для отстаивания. Разделение газовых смесей. Фильтрация. Конструкции фильтров. Мокрая очистка газов. Электроочистка газов. Центрифугирование. Конструкции центрифуг. Циклоны. Гидроциклоны. Гидромеханические методы разделения неоднородных систем. Теория основных гидромеханических процессов и оборудование, применяемое для их проведения.

Перемещение жидкостей и газов. Насосы и компрессоры: теоретические основы. Измельчение твердых материалов. Основы теории процесса выпаривания. Конструкции выпарных аппаратов. Области применения.

Раздел 8. Монтаж и ремонт машин и аппаратов нефтепереработки

Общие сведения о монтаже, ремонте и наладке оборудования. Основные нормативные документы Госгортехнадзора России. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

Организация производства монтажных работ. Выбор и разработка методов производства монтажных работ. Техническая документация на монтажные работы. Оборудование и приспособления для монтажных работ. Организация монтажной площадки. Подготовка оборудования к монтажу. Приемка фундаментов под монтаж. Строповка оборудования при монтажных работах. Установка оборудования на фундамент. Монтаж колонного оборудования. Виды сварных швов и соединений. Дефектация сварочных швов.

Организация ремонтной службы на предприятии. Виды ремонтов. Документация ремонта. Планирование ремонта. Сетевые графики. Ремонтный цикл. Ремонтопригодность оборудования. Износ оборудования. Фланцевые соединения. Уплотнения. Дефектация и ремонт фланцевых соединений.

Особенности монтажа и ремонта теплообменных аппаратов. Особенности работы теплообменных аппаратов в процессах нефтепереработки. Контроль и дефектация узлов теплообменных аппаратов. Виды очистки внутренних поверхностей, основные приспособления. Градирни. Особенности обслуживания.

Монтаж и ремонт центробежного насоса. Монтаж и ремонт поршневого насоса. Монтаж и ремонт центробежного компрессора. Монтаж и ремонт поршневого компрессора. Ремонт и монтаж валов. Ремонт и монтаж подшипников. Монтаж и ремонт трубопроводов и трубопроводной арматуры. Техническая документация.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Агабеков В.Е. Нефть и газ. Технологии и продукты переработки. Монография / В.Е. Агабеков, В.К. Косяков. – Минск: Белорусская наука, 2011. – 459 с.
2. Болобов В.И. Материаловедение. / В.И. Болобов, С.Л. Иванов, С.Ю Кувшинкин. – СПб.: РИЦ СПГГИ, 2009. – 41 с.

3. Болобов В.И. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие / В.И. Болобов, С.Л. Иванов, С.Ю Кувшинкин, Э.А. Кремчеев – СПб.: РИЦ СПГГИ, 2009. – 45 с.
4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2009. – 753 с.
5. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учебное пособие для вузов / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк. – СПб.: Химиздат, 2010 – 544 с.
6. Скобло А.И. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. Учебник для вузов. – 4-ое изд-е перераб. и доп. / А.И. Скобло, Ю.К. Молоканов, А.И. Владимиров, В.А. Щелкунов. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012. – 725 с.
7. Шариков Ю.В. Моделирование систем, часть I. / Ю.В. Шариков, И.Н. Белоглазов. // СПб.: РИО СПГГИ, 2011. – 53 с.
8. Ремонт технологического оборудования: учебник / А. Г. Схиртладзе, В.А. Скрыбин. - М.: КУРС : ИНФРА-М, 2018. - 352 с

Дополнительная литература

1. Адельсон С.В. Технология нефтехимического синтеза. / С.В. Адельсон, Т.П. Вишнякова, Я.М. Паушкин М., Химия, 1985 – 608 с.
2. Аристов А.И., Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / А.И. Аристов, Л.И. Карпов, В.М. Приходько, Т.М. Раковщик. – 3-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.
3. Бойцов Ю.П. Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин и оборудования / Ю.П. Бойцов, С.Л. Иванов, А.С. Фокин. – СПб.: РИЦ СПГГИ, 2006. – 81 с.
4. Ванин В.А. Разработка технологических процессов изготовления деталей в машиностроении: учеб. пособие / В.А. Ванин, А.Н. Преображенский, В.Х. Фидаров. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 332 с.

5. ГОСТ Р 52857.1-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования; введ. 01.04.2008 г. – М.: Стандартинформ, 2008. – 26 с.
6. ГОСТ Р 52857.2-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек; введ. 01.04.2008 г. – М.: Стандартинформ, 2008. – 48 с.
7. ГОСТ Р 52857.3-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер; введ. 01.04.2008 г. – М.: Стандартинформ, 2008. – 29 с.
8. ГОСТ Р 52857.4-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений; введ. 01.04.2008 г. – М.: Стандартинформ, 2008. – 40 с.
9. ГОСТ Р 52857.5-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок; введ. 01.04.2008 г. – М.: Стандартинформ, 2008. – 25 с.
10. ГОСТ Р 52857.6-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках; введ. 01.04.2008 г. – М.: Стандартинформ, 2008. – 20 с.
11. ГОСТ Р 52857.7-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Теплообменные аппараты; введ. 01.04.2008 г. – М.: Стандартинформ, 2008. – 39 с.
12. ГОСТ Р 52857.8-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Сосуды и аппараты с рубашками; введ. 01.04.2008 г. – М.: Стандартинформ, 2008. – 44 с.
13. Дальский А.М. и др. Технология конструкционных материалов. М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.

14. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – М.: Альянс, 2008. – 384 с.
15. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. / А.А. Лашинский А.Р. Толчинский. – М.: Альянс, 2008. – 752 с.
16. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти. – Л.: Химия, 1985. – 281 с.
17. Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. – М.: Химия, 2001. – 568 с.
18. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Часть II. Под редакцией Островского Г.М. – СПб.: Проффессионал, 2006. – 842 с.
19. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Под общей ред. Михалева М.Ф. – Л.: Машиностроение, 1984. – 301 с.
20. Солнцев Ю.П. Материаловедение и технология конструкционных материалов. – М.: МИСИС, 2000. – 736 с.
21. Суханов В.П. Каталитические процессы в нефтепереработке. – М.: Химия, 1979. – 344 с.
22. Солнцев Ю.П., Пряхин Е. И. Материаловедение. Учебник для вузов. СПб. Химия, 2007. – 784 с.
23. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т. 1 – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. – 852 с.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

Библиотеки

1. Библиотека Санкт-Петербургского горного университета <http://spmi.ru/univer/biblio>
2. Российская государственная библиотека www.rsl.ru

3. Российская национальная библиотека www.nlr.ru
4. Библиотека Академии наук www.rasl.ru
5. Библиотека по естественным наукам РАН www.benran.ru
6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) www.viniti.ru
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека www.gpntb.ru
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU elibrary.ru

Специальные интернет-сайты

1. Компания ТЯЖМАШ <http://www.tyazhmash.com>
2. Компания ГАЗПРОМ <http://www.gazprom.ru>
3. Компания РОСНЕФТЬ <http://www.rosneft.ru>