МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
_____ / Л.А. Марюшин/

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Системы топливоснабжения в энергетике»

Направление подготовки
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль подготовки
Энергообеспечение предприятий

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Москва
2022

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Системы топливоснабжения в энергетике» относятся:

– формирование базовых знаний об организации топливоснабжения промышленных предприятий, отопительно-производственных и производственных котельных твердым, жидким и газообразным топливом.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Системы топливоснабжения в энергетике» относятся:

– получение студентами знаний о нормативно-правовой и нормативно-технической базе топливоснабжения, основ функционирования систем топливоснабжения (устройство и правил эксплуатации), схемах и конструктивных особенностей элементов и узлов систем топливоснабжения.

– выработать у студентов умение выполнять основные расчёты систем топливоснабжения, производить подбор оборудования, читать функциональные схемы снабжения топливом.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Системы топливоснабжения в энергетике» относится к числу профессиональных учебных дисциплин по выбору базового цикла основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Системы топливоснабжения в энергетике» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Техническая термодинамика;
- Тепломассообмен;
- Нетрадиционные возобновляемые источники энергии;
- Топливо и теория горения;
- Котельные установки и парогенераторы;
- Технологические энергоносители предприятий;
- Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- Тепломассообменное оборудование предприятий;
- Теплоэнергетические системы промышленных предприятий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-2	Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства	**знать:** основные принципы сбора и анализа исходных данных в соответствии с нормативной документацией **уметь:** использовать нормативную документацию при сборе и анализе исходных данных для разработки энергосберегающих мероприятий **владеть:** методами сбора и анализа исходных данных в соответствии с нормативной документацией

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетные единицы, т.е. **108** академических часа (из них 90 час – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Системы топливоснабжения в энергетике» изучаются на третьем курсе.

Седьмой семестр: лекции – 8 часов, семинарские занятия – 10 часов, форма контроля – зачет.

Структура и содержание дисциплины «Системы топливоснабжения в энергетике» по срокам и видам работы отражены в приложении.

Содержание разделов дисциплины

Седьмой семестр:

Тема 1. *Топливно-энергетические ресурсы. Классификация и технические характеристики топлива.*

Разновидности топлива и их свойства. Состав топлива, органическая и минеральная части топлива. Горение топлива. Физический процесс горения топлива.

Тема 2. *Твердое топливо.*

Характеристики твердых топлив. Способы добычи, обработки и транспортировки. Основные марки твердых топлив. Расчетные характеристики твердых топлив.

Тема 3. *Жидкое топливо.*

Нефть и ее производные. Способы добычи, транспортировки и переработки. Физические свойства нефти и нефтепродуктов. Марки, состав и характеристики жидких топлив.

Тема 4. *Разновидности газового топлива и их свойства.*

Добыча и обработка природного газа. Транспортирование и хранение газа. Основные физические свойства и законы для газов. Смесь газов. Сжимаемость газов. Номограммы.

Тема 5. *Энергетическая ценность топлива.*

Теплотворная способность топлива. Высшая и низшая теплота сгорания. Сравнительные характеристики топлив. Определение потребности в топливе. Определение расчетного часового и годового расхода топлива.

Тема 6. *Магистральные и распределительные системы газоснабжения.*

Сооружения, оборудование и аппаратура газопроводов газораспределительных сетей. Классификация систем газоснабжения. Схемы газоснабжения. Устройство подземных и надземных газопроводов.

Тема 7. *Гидравлический режим газовых сетей.*

Определение потерь давления. Управление гидравлическими режимами. Тупиковые и кольцевые газовые сети. Распределение потоков газа и сети. Гидравлический расчет газопроводов. Методика расчета трубопроводов газа высокого, среднего и низкого давления. Регулирование давления газа в сетях. Изучение конструкции и принципа действия регулятора давления газа.

Тема 8. *Топливное хозяйство котельной. Основное и вспомогательное оборудование.*

Схема топливного хозяйства, поточные линии и оборудование. Топливные склады. Технологические схемы системы топливопередачи в котельную. Выбор основного и резервного топлива Средства измерения расхода топлива. Горелки промышленных агрегатов.

Тема 9. *Эксплуатация, расчет и выбор систем топливоснабжения.*

Безопасная эксплуатация: систем топливоснабжения. Системы автоматики, управления, сигнализации и защиты систем топливоснабжения. Приборы для измерения и учета энергоресурсов. Контроль и управление: режимами работы систем топливоснабжения, системами автоматического регулирования процесса производства, транспорта и распределения топлива. Выполнение работ по повышению энергоэффективности оборудования и систем топливоснабжения. Составление и расчёт принципиальных тепловых схем тепловой электростанции (ТЭС), котельных и систем топливоснабжения. Техническая документация при эксплуатации оборудования и систем топливоснабжения.

Тема 10. *Системы безопасности и регулирования газового хозяйства.*

Автоматика безопасности. Защита при возникновении предаварийных ситуаций. Отсечные клапаны и схемы их управления.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Системы топливоснабжения в энергетике» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– обсуждение и защита рефератов по дисциплине;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Системы топливоснабжения в энергетике» и в целом по дисциплине составляет 67% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 33% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

В седьмом семестре:

– реферат по теме: «Системы топливоснабжения в энергетике» (индивидуально для каждого обучающегося);

– подготовка и выступление на семинарском занятии с докладом и обсуждением на тему «Системы топливоснабжения в энергетике»;

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита рефератов, решение задач.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-2	Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ПК-2 - Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено) или отсутствие сформированности компетенции	**Оценка «удовлетворительно» (зачтено) или низкой уровень освоения компетенции**	**Оценка «хорошо» (зачтено) или повышенный уровень освоения компетенции**	**Оценка «отлично» (зачтено) или высокий уровень освоения компетенции**
знать: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией . Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной

		показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	нормативной документацией , но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	документацией , свободно оперирует приобре-тенными знаниями.
уметь: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, выполнять проектные расчеты	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть:	Обучающийся	Обучающийся	Обучающий	Обучающийся

методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	не владеет или в недостаточной степени владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	ся частично владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	в полном объеме владеет методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в Приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Куликов А.А. Топливо. Тепловой баланс котельного агрегата: учебное пособие для студентов очной и заочной форм обучения [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2012. — 64 с.

2. Карташевич А.Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Н. Карташевич, В.С. Товстыка, А.В. Гордеенко. — Электрон. дан. — Минск: Новое знание, 2014. — 421 с.

3. Куфтов А.Ф. Топливо и топливосжигающие устройства тепловых агрегатов общепромышленного назначения [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 44 с.

4. Газовые топлива и их компоненты. Свойства, получение, применение, экология [Электронный ресурс]: справ. / Бакулин В.Н. [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2017. — 615 с.

5. Кузьмин Н.В. Топливо, смазочные и эксплуатационные материалы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.В. Кузьмин, Н.И. Селиванов. — Электрон. дан. — Красноярск: КрасГАУ, 2012. — 238 с.

6. Колпакова Н.В. Газоснабжение: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Н.В. Колпакова, А.С. Колпаков. — Электрон. дан. — Екатеринбург: УрФУ, 2014. — 200 с.

б) дополнительная литература:

1. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Тепломассоперенос. Топливо и огнеупоры. Тепловая работа печей. Лабораторный практикум [Электронный

ресурс]: учеб. пособие / В.А. Арутюнов [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: МИСИС, 2007. — 136 с.

2. Пучков Л.А. Технологические процессы и машины для измельчения смерзшегося и крупногабаритного угольного топлива [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие / Л.А. Пучков, Л.И. Кантович. — Электрон. дан. — Москва: Горная книга, 2003. — 144 с.

3. Теория горения топлива. Технический анализ твердого топлива: учебное пособие по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.В. Иванова [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2017. — 32 с.

4. Объемный анализ продуктов сгорания топлива [Электронный ресурс]: метод. указ. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2017. — 16 с.

5. Ионин А.А. Газоснабжение [Электронный ресурс]: учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 448 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog в разделе «Электронный каталог».

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

http://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-problemy-teplosnabzheniya-v-rossii

http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.27.7

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированная учебная лаборатория кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Ауд. АВ2406, оснащенная лабораторными установками:

- «Определение коэффициента температуропроводности стали методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе (труба в трубе)»;
- «Определение коэффициента теплопередачи методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости на цилиндре»;
- «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя».

Мультимедийная аудитория кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Ауд. АВ2415, оснащенная оргтехникой и мультимедиа средствами (проектор, ПК и др.), экспериментальная котельная на базе ОАО ВТИ (на основании

Договора о сотрудничестве) с системой КИП и автоматики.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

1. Марюшин Л.А., Сенникова О.Б., Савельев И.Л. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов. Направление подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», профиль «Теплоэнергетические установки, системы и комплексы». – М.: Изд-во Московского политеха, - 46 с.

10. Методические рекомендации для преподавателя

Преподавание дисциплины «Системы топливоснабжения в энергетике» имеет своей целью ознакомить студентов с достижениями в области прикладной теплоэнергетики, добиться уяснения ими основных методов автоматизированного проектирования теплоэнергетических систем, порядка их применения, привить им практические навыки использования этих знаний к конкретным производственным ситуациям.

Преподавание дисциплины осуществляется в соответствии с ФГОС ВО.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности теоретических и практических занятий вследствие более четкой их организации преподавателем, создания целевых установок по каждой теме, систематизации материала по курсу, взаимосвязи тем курса, полного материального и методического обеспечения образовательного процесса.

Средства обеспечения освоения дисциплины

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

− рекомендуемую основную и дополнительную литературу;

− методические указания и пособия;

− контрольные задания для закрепления теоретического материала;

− электронные версии федеральных законов, учебников и методических указаний для выполнения практических работ и самостоятельной работы бакалавров.

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется изложение лекционного материала с элементами обсуждения.

В качестве методики проведения практических занятий можно предложить

1. Семинар – обсуждение существующих точек зрения на проблему и пути ее решения.

2. Тематические доклады, позволяющие вырабатывать навыки публичных выступлений.

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется проведение письменного опроса (тестирование) магистров по материалам лекций и практических работ. Подборка вопросов для тестирования осуществляется на

основе изученного теоретического материала. Такой подход позволяет повысить мотивацию бакалавров при конспектировании лекционного материала.

Для освоения навыков поисковой и исследовательской деятельности бакалавр пишет контрольную работу или реферат по выбранной (свободной) теме.

Лекции проводятся в основном посредством метода устного изложения с элементами проблемного подхода и беседы.

Семинарские занятия могут иметь разные формы (работа с исследовательской литературой, анализ данных нормативной и справочной литературы, слушание докладов и др.), выбираемые преподавателем в зависимости от интересов бакалавров и конкретной темы.

Самостоятельная работа бакалавра включает в себя элементы реферирования и конспектирования научно-исследовательской литературы, подготовки и написания научных текстов, отработку навыков устных публичных выступлений.

Проверка качества усвоения знаний в течение семестра осуществляется в устной форме, путем обсуждения проблем, выводимых на семинарах и письменной, путем выполнения бакалаврами разных по форме и содержанию работ и заданий, связанных с практическим освоением содержания дисциплины. Бакалавры демонстрируют в ходе проверки умение анализировать значимость и выявлять специфику различных проблем и тем в рамках изучаемой дисциплины и ее компонентов, знание научной и учебно-методической литературы. Текущая проверка знаний и умений бакалавров также осуществляется через проведение ряда промежуточных тестирований. Итоговая аттестация по дисциплине предполагает устный зачет или экзамен, на которых проверяется усвоение материала, усвоение базовых понятий дисциплины.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП ВО по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и профилю «Энергообеспечение предприятий»

Авторы

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент О.Б. Сенникова

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика». Протокол от 26мая 2022 г. № 11.

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП Е.А. Чугаев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Системы топливоснабжения в энергетике» по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (бакалавр)

	Раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
			Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
Тема 1	**Лекция.** Топливно-энергетические ресурсы. Классификация и технические характеристики топлива.	7	0,5			8								
	Семинар.	7		1							+			
Тема 2	**Лекция.** Твердое топливо.	7	0,5			8								
	Семинар	7		1							+			
Тема 3	**Лекция.** Жидкое топливо.	7	0,5			8								
	Семинар	7		1							+			
Тема 4	**Лекция.** Разновидности газового топлива и их свойства.	7	0,5			8								
	Семинар	7		1							+			
Тема 5	**Лекция.** Энергетическая ценность топлива.	7	1			8								
	Семинар	7		1							+			
Тема 6	**Лекция.** Магистральные и распределительные системы газоснабжения.	7	1			12								
	Семинар	7		1							+			
Тема 7	**Лекция.** Гидравлический режим газовых сетей.	7	1			12								
	Семинар	7		1							+			

Тема 8	**Лекция.** Топливное хозяйство котельной. Основное и вспомогательное оборудование.	7	1			12								
	Семинар	7		1							+			
Тема 9	**Лекция.** Эксплуатация, расчет и выбор систем топливоснабжения.	7	1			12								
	Семинар	7		1							+			
Тема 10	**Лекция.** Системы безопасности и регулирования газового хозяйства.	7	1			12								
	Семинар	7		1							+			
	Форма аттестации												Зач	
	Всего часов по дисциплине в седьмом семестре	108				90					Один реферат			
	Всего часов по дисциплине		8	10		90								

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

ОП (профиль): «Энергообеспечение предприятий»

Форма обучения: заочная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Системы топливоснабжения в энергетике»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Оценочные средства

Москва, 2022 год

Таблица 1 к приложению 2

1. Паспорт фонда оценочных средств

Системы топливоснабжения в энергетике					
ФГОС ВО **13.03.01 Теплотехника и теплоэнергетика**					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ПК-2	Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства	**знать:** методики сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией **уметь:** собирать и анализировать исходные данные для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией; **владеть:** методами сбора и анализа исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией	Лекция, семинарские занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, тестирование	**Базовый уровень:** Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства. **Повышенный уровень:** Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования с их последующим анализом

Таблица 2 к приложению 2

2. Оценочные средства

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Кейс-задача (К-З)	Проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы.	Задания для решения кейс-задачи
2	Коллоквиум (К)	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования педагогического работника с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
3	Разноуровневые задачи и задания (РЗЗ)	Различают задачи и задания: а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно- следственных связей; в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.	Комплект разноуровневых задач и заданий

4	Реферат (Р)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
5	Доклад, сообщение (ДС)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно- практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
6	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
7	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

Приложение 3

Дополнительные учебно-методические материалы по дисциплине

Темы рефератов по дисциплине «Системы топливоснабжения в энергетике»

1. Естественные (природные) виды твердых топлив, их недостатки.
2. Влияние влагосодержания топлива на его характеристики.
3. Значения коэффициентов пересчета составов твердого и жидкого топлив для определения сухой и горючей масс.
4. Процентное содержание отдельных газов в составе природного газа.
5. Одоризация газа.
6. Виды потребления газа. Бытовое и коммунальное потребление.
7. Первичное условное топливо. Нефтяной эквивалент.
8. Основные и резервные топлива в энергетической системе региона.
9. Принцип работы регуляторов прямого и непрямого действия.
10. Аварийная ситуация на ГРП, ГРУ. Последовательность действия.
11. Правила установки арматуры на газопроводах ГРП (ГРУ).
12. Устройство и принцип действия мельниц системы пылеприготовления.
13. Потери твердого топлива при хранении.
14. Очистка мазута от включений.
15. Схема подогрева мазута в системе топливоподачи.
16. Пожарная безопасность топливного хозяйства.
17. Техника безопасности при использовании газа (метан) в качестве топлива.
18. Аварийное прекращение подачи газа в котел.
19. Противокоррозионная защита надземных газопроводов.
20. Проведение консервации газового оборудования котельных.
21. Установки по получению газовоздушных смесей СУГ.
22. Методы измерения объема и расхода газа и их применимость в схемах учета.
23. Особенности измерения расхода вязких жидкостей.
24. Принцип работы расходомеров постоянного перепада давления (ротаметры).
25. Приборы для измерения температуры и давления газа.

Список вопросов для зачёта по дисциплине «Системы топливоснабжения в энергетике»

Зачет проводится по билетам, в которых имеется 1 теоретический вопрос и 1 задача, выдаваемая после ответа студента на теоретический вопрос.

1. Приведите классификацию энергетического топлива.
2. Естественные и искусственные топлива и сферы их использования.
3. Состав топлива, горючие компоненты и негорючая часть топлива, ее влияние на ценность топлива.
4. Состав и характеристики твердого топлива. Способы добычи и первичной обработки твердых топлив.
5. Сущность нефтеперерабатывающего производства.
6. Способы переработки нефти. Продукты перегонки и их основные характеристики.
7. Котельный мазут. Марки мазута и их характеристики.
8. Моторное топливо. Дизельное топливо, керосин, бензин.
9. Разновидности газового топлива. Состав газа и основные физические свойства горючих газов.
10. Добыча и обработка природного газа на промысловой станции.
11. Транспортирование и хранение природного газа.
12. Энергетическая ценность топлива. Теплота сгорания топлива.
13. Классификация магистральных и распределительных газопроводов.
14. Виды систем газораспределения, их схемы. Ступени систем газоснабжения.
15. Способы резервирования и повышения надежности распределительных газопроводов.
16. Режим потребления газа, виды и причины неравномерности потребления, их регулирование.
17. Задачи гидравлического расчета газовой сети. Гидравлические сопротивления и потери давления в газопроводах.
18. Приведите и опишите схему с вариантом повышения надежности газоснабжения потребителей разветвленной газовой сети.
19. Выбор основного и резервного топлива. Какое топливо считается удобным с точки зрения быстроты перехода на него.
20. Схемы присоединения котельной к газовой сети.
21. Прокладка наружных надземных газопроводов по территории предприятия.
22. Противокоррозионная защита подземных и надземных газопроводов.
23. Автоматика безопасности. Защита при возникновении предаварийных ситуаций. Отсечные клапаны и схемы их управления.
24. Наладка и пуск газового оборудования котла. Техника безопасности при использовании газа (метан) в качестве топлива.

Приложение 4

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Естественные (природные) виды твердых топлив.
2. Влияние влагосодержания топлива на его характеристики.
3. Значение коэффициентов пересчета составов твердого и жидкого топлив для определения сухой и горючей масс.
4. Виды потребления газа. Основное и резервное топлива в энергетической системе региона.
5. Последовательность действия при аварийной ситуации на ГРП, ГРУ.
6. Правила установки арматуры на газопроводах ГРП, ГРУ.
7. Потери твердого топлива при хранении.
8. Очистка мазута от включений.
9. Устройство и принцип действия мельниц системы пылеприготовления.
10. Задачи гидравлического расчета газовой сети.
11. Гидравлические сопротивления и потери давления в газопроводах.
12. Схема с вариантом повышения надежности газоснабжения потребителей разветвленной газовой сети.
13. Пожарная безопасности топливного хозяйства.
14. Техника безопасности при использовании газа (метан) в качестве топлива.
15. Аварийное прекращение подачи газа в котел.
16. Противокоррозионная защита надземных газопроводов.
17. Проведение консервации газового оборудования котельных.
18. Методы измерения объема и расхода газа и их применимость в схемах учета.
19. Особенности измерения расхода вязких жидкостей.
20. Принцип работы расходомеров постоянного перепада давления (ротаметры).
21. Приборы для измерения температуры и давления газа.

Приложение 5

Примеры задач для практических занятий

Задача 1. Определить теоретический объем воздуха V^0, необходимого для полного сгорания 1 м^3 газа, теоретические объемы газов $V^0_{н2о}$,V_{Ro2}, V^0_{N2} при полном сгорании 1 м^3 газа и полный объем продуктов сгорания $V_{ух}$ при заданном $\alpha_{ух}$.

Задача 2. Определить энтальпию теоретического объема продуктов сгорания, $I^o_г$ энтальпию теоретического объема воздуха I^o в и энтальпию уходящих газов $I_{ух}$ для заданных значений $\upsilon_{ух}$, $\alpha_{ух}$. При нахождении данных для определения энтальпии 1н. м^3 газа воспользоваться интерполяционной формулой.

Задача 3. Определить потери теплоты в котле (q_2, q_3, q_4, q_5, g_6), коэффициент полезного действия котла (брутто) по методу обратного баланса. Величина потерь теплоты с уходящими газами определяется расчетным путем, остальные потери принять по справочным данным: [1], таблицы 4- 2, 5-4; [2], таблица XX; [3], таблицы 4.4, 4.6.

Задача 4. Определить полезную мощность (количество теплоты, полезно отданное в поверхностях нагрева котла, и часовой расход топлива водогрейного котла). Количество располагаемой теплоты $Q^p_р$ считать равным теплоте сгорания топлива ($Q^p_р = Q^c_н$). Энтальпию воды на входе и выходе из котла определять без учета давления воды по формуле I = 4,19·t кДж/кг.

Задача 5. Гидравлический расчет трубопровода, соединяющего ж/д эстакаду для светлых нефтепродуктов с резервуаром для хранения нефти (самый дальний резервуар для хранения светлых нефтепродуктов).

Гидравлический расчет будем вести при средне-минимальной температуре нефтепродукта.

Кинематическая вязкость $\upsilon = 0{,}0000008496$ м^2/с;

Длина всасывающей линии L = 18 м;

Наружный диаметр всасывающего трубопровода $Д_{вс}$ =0,377 м;

Толщина стенки трубопровода $\delta = 0{,}0045$ м;

Геодезическая отметка железнодорожной эстакады $z_э$ = 217 м;

Геодезическая отметка насосной станции $z_{нс} = 215{,}5$ м;

Эквивалентная шероховатость труб $К_э = 0{,}05$ мм.

Таблица 15 - Местные сопротивления на всасывающей линии

Тип местного сопротивления	Количество	$\xi_{вс}$
Фильтр		1,7
Задвижка		0,15

Длина нагнетательной линии L = 369,5 м;
Наружный диаметр нагнетательного трубопровода $Д_{наг}$ = 0,377 м;
Толщина стенки трубопровода $\delta = 0{,}0045$ м;
Геодезическая отметка резервуара $z_{рез} = 206$ м;
Высота взлива резервуара $h_{взл} = 11$ м.

Таблица 16 - Местные сопротивления на нагнетательной линии

Тип местного сопротивления	Количество	$\xi_{наг}$
Фильтр		1,7
Задвижка		0,15
Поворот под 90^0		0,3

$P_s = 0{,}3325 \cdot 10^5$ Па – давление насыщенных паров бензина при 24,2 °С определяется по графику (Рис. 1).

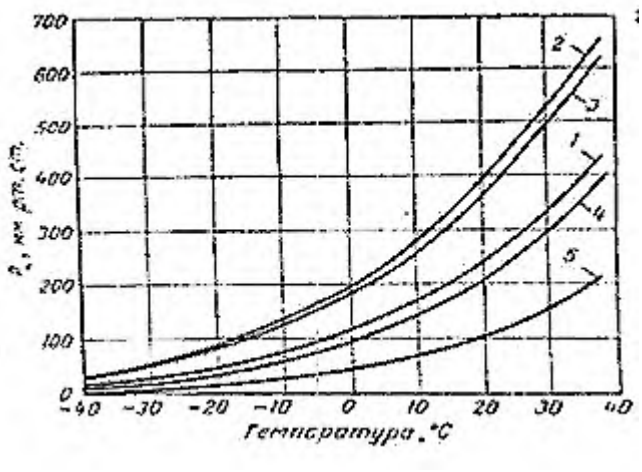


Рис. 1. Влияние температуры на давление насыщенных паров:
1 – А-76; 2,3 – А-76 северный; 4 – Аи-92 летний; 5 – А-76 южный

Гидравлический расчет всасывающей линии
1. Находим внутренний диаметр трубопровода:
$d_{вс} = Д_{вс} - 2\delta = 0{,}377 - 2 \cdot 0{,}0045 = 0{,}368$ м
2. Скорость движения потока:
$$\vartheta = \frac{4 \cdot Q_р}{\pi \cdot d_{вс}^2} = \frac{4 \cdot 0{,}486}{3{,}14 \cdot 0{,}368^2} = 4{,}57 м/с$$
3. Число Рейнольдса для потока нефтепродуктов в трубопроводе:
$$Re = \frac{\vartheta \cdot d_{вс}}{v} = \frac{4{,}57 \cdot 0{,}368}{0{,}8496 \cdot 10^{-6}} = 1978955{,}9$$
4. Критические значения числа Рейнольдса:
$$Re_{кр1} = \frac{10 \cdot d_{вс}}{К_э} = \frac{10 \cdot 0{,}368}{0{,}00005} = 73600$$

$$Re_{кр2} = \frac{500 \cdot d_{вс}}{к_э} = \frac{500 \cdot 0{,}368}{0{,}00005} = 3680000$$

Так как $Re_{кр1} < Re \leq Re_{кр2}$, режим турбулентный, т.е. поток нефтепродукта находится в зоне смешанного трения, для которой коэффициент гидравлического сопротивления вычисляется по формуле:

$$\lambda = 0{,}11(\varepsilon + \frac{68}{Re})^{0{,}25} = 0{,}11(0{,}00005/0{,}368 + \frac{68}{31978955{,}9})^{0{,}25} = 0{,}01256$$

5. Потери напора по длине трубопровода:

$$h_{i.вс} = \lambda \frac{L_{вс}}{d_{вс}} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g} = 0{,}01256 \frac{18}{0{,}368} \cdot \frac{4{,}57^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}6539 \text{ м}$$

6. Потери напора на местные сопротивления:

$$h_{м.вс} = \frac{\vartheta^2}{2g} \sum_{i=1}^{n} \xi_i = \frac{4{,}57^2}{2 \cdot 9{,}81} (1{,}7 + 3 \cdot 0{,}15) = 2{,}2874 \text{ м}$$

7. Потеря напора на преодоление сил тяжести:

$$\Delta z = z_{нс} - z_э = 215{,}5 - 217 = -1{,}5 \text{ м}$$

8. Полная потеря напора на всасывающей линии:

$$Н_{вс} = h_{i.вс} + h_{м.вс} + \Delta z = 0{,}6539 + 2{,}2874 - 1{,}5 = 1{,}4413 \text{ м}$$

9. Проверка всасывающего трубопроводов на холодное кипение паров бензина. Условие, которое должно выполняться, чтобы не произошло срыва потока:

$$\frac{P_а}{\rho_\delta \cdot g} - (-\Delta z + h_{i.вс} + h_{м.вс}) > \frac{P_s}{\rho_\delta \cdot g}$$

$P_s = 0{,}3325 \cdot 10^5$ Па – давление насыщенных паров бензина при 24,2 °С

$P_а = 1{,}013 \cdot 10^5$ Па – атмосферное давление.

$$\frac{1{,}013 \cdot 10^5}{0{,}77 \cdot 9{,}81} - (-1{,}5 + 0{,}6539 + 2{,}2874) > \frac{0{,}3325 \cdot 10^5}{0{,}77 \cdot 9{,}81}$$

Условие выполняется.

Гидравлический расчет нагнетательной линии

1. Находим внутренний диаметр трубопровода:

$$d_{наг} = Д_{наг} - 2\delta = 0{,}377 - 2 \cdot 0{,}0045 = 0{,}368 \text{ м}$$

2. Скорость движения потока:

$$\vartheta = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{наг}^2} = \frac{4 \cdot 0{,}486}{3{,}14 \cdot 0{,}368^2} = 4{,}57 \text{ м/с}$$

3. Число Рейнольдса для потока нефтепродуктов в трубопроводе:

$$Re = \frac{\vartheta \cdot d_{наг}}{v} = \frac{4{,}57 \cdot 0{,}368}{0{,}8496 \cdot 10^{-6}} = 1978955{,}9$$

4. Критические значения числа Рейнольдса:

$$Re_{кр1} = \frac{10 \cdot d_{наг}}{к_э} = \frac{10 \cdot 0{,}368}{0{,}00005} = 73600$$

$$Re_{кр2} = \frac{500 \cdot d_{наг}}{к_э} = \frac{500 \cdot 0{,}368}{0{,}00005} = 3680000$$

Так как $Re_{кр1} < Re \leq Re_{кр2}$, режим турбулентный, т.е. поток нефтепродукта находится в зоне смешанного трения, для которой коэффициент гидравлического сопротивления вычисляется по формуле:

$$\lambda = 0{,}11(\varepsilon + \frac{68}{Re})^{0{,}25} = 0{,}11(0{,}00005/0{,}368 + \frac{68}{31978955{,}9})^{0{,}25} = 0{,}01256$$

5. Потери напора по длине трубопровода:

$$h_{i.наг} = \lambda \frac{L_{наг}}{d_{наг}} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g} = 0{,}01256 \frac{369{,}5}{0{,}368} \cdot \frac{4{,}57^2}{2 \cdot 9{,}81} = 13{,}42 \text{ м}$$

6. Потери напора на местные сопротивления:

$$h_{м.наг} = \frac{\vartheta^2}{2g} \sum_{i=1}^{n} \xi_i = \frac{4{,}57^2}{2 \cdot 9{,}81} (1{,}7 + 4 \cdot 0{,}15 + 3 * 0{,}3) = 3{,}405 \text{ м}$$

7. Потеря напора на преодоление сил тяжести:

$$\Delta z = z_{рез} + h_{взл} - z_{нс} = 206 + 11 - 215{,}5 = 1{,}5 \text{ м}$$

8. Полная потеря напора на нагнетательной линии:

$$Н_{наг} = h_{i.наг} + h_{м.наг} + \Delta z = 13{,}422 + 3{,}405 + 1{,}5 = 18{,}327 \text{ м}$$

Гидравлический расчет всасывающей линии (внутрибазовая перекачка)

Таблица 17 - Местные сопротивления

Тип местного сопротивления	Количество	$\xi_{вс}$
Задвижка		0,15
Поворот под 90^0		0,15

1. Находим внутренний диаметр трубопровода:

$$d_{вс} = Д_{вс} - 2\delta = 0{,}377 - 2 \cdot 0{,}0045 = 0{,}368 \text{ м}$$

2. Скорость движения потока:

$$\vartheta = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{вс}^2} = \frac{4 \cdot 0{,}486}{3{,}14 \cdot 0{,}368^2} = 4{,}57 \text{ м/с}$$

3. Число Рейнольдса для потока нефтепродуктов в трубопроводе:

$$Re = \frac{\vartheta \cdot d_{вс}}{v} = \frac{4{,}57 \cdot 0{,}368}{0{,}8496 \cdot 10^{-6}} = 1978955{,}9$$

4. Критические значения числа Рейнольдса:

$$Re_{кр1} = \frac{10 \cdot d_{вс}}{К_э} = \frac{10 \cdot 0{,}368}{0{,}00005} = 73600$$

$$Re_{кр2} = \frac{500 \cdot d_{вс}}{К_э} = \frac{500 \cdot 0{,}368}{0{,}00005} = 3680000$$

Так как $Re_{кр1} < Re \leq Re_{кр2}$, режим турбулентный, т.е. поток нефтепродукта находится в зоне смешанного трения, для которой коэффициент гидравлического сопротивления вычисляется по формуле:

$$\lambda = 0{,}11(\varepsilon + \frac{68}{Re})^{0{,}25} = 0{,}11(0{,}00005/0{,}368 + \frac{68}{31978955{,}9})^{0{,}25} = 0{,}01256$$

5. Потери напора по длине трубопровода:

$$h_{i.вс} = \lambda \frac{L_{вс}}{d_{вс}} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g} = 0{,}01256 \frac{369{,}5}{0{,}368} \cdot \frac{4{,}57^2}{2 \cdot 9{,}81} = 13{,}42 \text{ м}$$

6. Потери напора на местные сопротивления:

$$h_{м.вс} = \frac{\vartheta^2}{2g} \sum_{i=1}^{n} \xi_i = \frac{4{,}57^2}{2 \cdot 9{,}81} (4 \cdot 0{,}15 + 3 * 0{,}3) = 1{,}597 \text{ м}$$

7. Потеря напора на преодоление сил тяжести:

$$\Delta z = z_{нс} - z_э - h_{взл}^{min} = 215{,}5 - 206 - 1{,}5 = 8 \text{ м}$$

8. Полная потеря напора на всасывающей линии:

$$H_{вс} = h_{i.вс} + h_{м.вс} + \Delta z = 13{,}42 + 1{,}597 + 8 = 23{,}017 \text{ м}$$

9. Проверка всасывающего трубопроводов на холодное кипение паров бензина. Условие, которое должно выполнятся, чтобы не произошло срыва потока:

$$\frac{P_а}{\rho_б \cdot g} - (\Delta z + h_{i.вс} + h_{м.вс}) > \frac{P_s}{\rho_б \cdot g}$$

$P_s = 0{,}3325 \cdot 10^5$ Па – давление насыщенных паров бензина при 24,2 С

$P_а = 1{,}013 \cdot 10^5$ Па – атмосферное давление.

$$\frac{1{,}013 \cdot 10^5}{0{,}77 \cdot 9{,}81} + 8 - 13{,}42 - 1{,}597 > \frac{0{,}3325 \cdot 10^5}{0{,}77 \cdot 9{,}81}$$

Условие выполняется.

Гидравлический расчет всасывающей линии
(трубопровод для налива в автоцистерны)

Подача насоса Q = 60 м^3/ч;

Длина всасывающей линии L = 273,5 м;

Наружный диаметр всасывающего трубопровода $Д_{вс}$ =0,377 м;

Толщина стенки трубопровода $\delta = 0{,}0045$ м;

Геодезическая отметка резервуара $z_{рез}$ = 206 м;

Геодезическая отметка насосной станции $z_{нс} = 210{,}5$ м;

Эквивалентная шероховатость труб $k_э = 0{,}05$ мм;

Минимальная высота взлива резервуара $h_{взл}^{min}$ =1,5 м.

Таблица 18 - Местные сопротивления на всасывающей линии

Тип местного сопротивления	Количество	$\xi_{вс}$
Задвижка		0,15
Поворот под 90^0		0,15

1. Находим внутренний диаметр трубопровода:

$$d_{вс} = Д_{вс} - 2\delta = 0{,}377 - 2 \cdot 0{,}0045 = 0{,}368 \text{ м}$$

2. Скорость движения потока:

$$\vartheta = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{вс}^2} = \frac{4 \cdot 60/3600}{3{,}14 \cdot 0{,}368^2} = 0{,}16 \text{ м/с}$$

3. Число Рейнольдса для потока нефтепродуктов в трубопроводе:

$$Re = \frac{\vartheta \cdot d_{вс}}{v} = \frac{0{,}16 \cdot 0{,}368}{0{,}8496 \cdot 10^{-6}} = 69265{,}5$$

4. Критические значения числа Рейнольдса:

$$Re_{кр1} = \frac{10 \cdot d_{вс}}{к_э} = \frac{10 \cdot 0{,}368}{0{,}00005} = 73600$$

$$Re_{кр2} = \frac{500 \cdot d_{вс}}{к_э} = \frac{500 \cdot 0{,}368}{0{,}00005} = 3680000$$

Так как $Re \leq Re_{кр1}$, режим турбулентный, т.е. поток нефтепродукта находится в зоне гидравлически гладких труб, для которой коэффициент гидравлического сопротивления вычисляется по формуле:

$$\lambda = \frac{0{,}3164}{Re^{0{,}25}} = \frac{0{,}3164}{69265{,}5^{0{,}25}} = 0{,}0195$$

5. Потери напора по длине трубопровода:

$$h_{i.вс} = \lambda \frac{L_{вс}}{d_{вс}} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g} = 0{,}0195 \frac{273{,}5}{0{,}368} \cdot \frac{0{,}16^2}{2 \cdot 9{,}81} = 0{,}019 \text{ м}$$

6. Потери напора на местные сопротивления:

$$h_{м.вс} = \frac{\vartheta^2}{2g} \sum_{i=1}^{n} \xi_i = \frac{0{,}16^2}{2 \cdot 9{,}81} (4 \cdot 0{,}15 + 2 * 0{,}3) = 0{,}0016 \text{ м}$$

7. Потеря напора на преодоление сил тяжести:

$$\Delta z = z_{нс} - z_{рез} - h_{взл}^{min} = 210{,}5 - 206 - 1{,}5 = 3 \text{ м}$$

8. Полная потеря напора на всасывающей линии:

$$\text{Н}_{вс} = h_{i.вс} + h_{м.вс} + \Delta z = 0{,}019 + 0{,}0016 + 3 = 3{,}02 \text{ м}$$

9. Проверка всасывающего трубопроводов на холодное кипение паров бензина. Условие, которое должно выполнятся, чтобы не произошло срыва потока:

$$\frac{\text{P}_а}{\rho_б \cdot g} - (-\Delta z + h_{i.вс} + h_{м.вс}) > \frac{\text{P}_s}{\rho_б \cdot g}$$

$\text{P}_s = 0{,}3325 \cdot 10^5$ Па – давление насыщенных паров бензина при 24,2 С

$\text{P}_а = 1{,}013 \cdot 10^5$ Па – атмосферное давление.

$$\frac{1{,}013 \cdot 10^5}{0{,}77 \cdot 9{,}81} + 3 - 0{,}019 - 0{,}0016 > \frac{0{,}3325 \cdot 10^5}{0{,}77 \cdot 9{,}81}$$

Условие выполняется.