

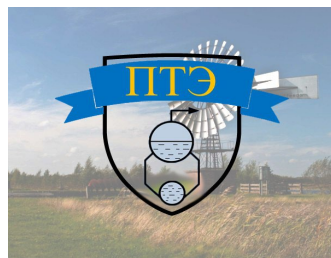
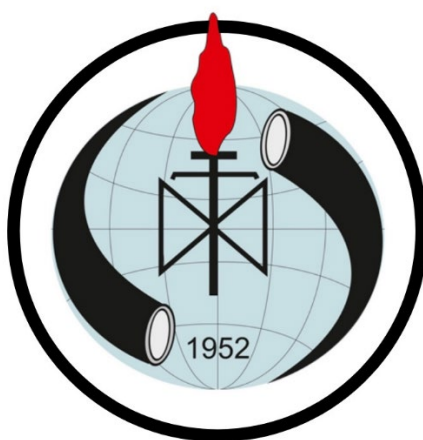
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Факультет трубопроводного транспорта

Оборудование и программное обеспечение

Факультета трубопроводного транспорта



Уфа 2022

В справочном пособии приведены основные сведения по оборудованию и программному обеспечению кафедр «Транспорт и хранение нефти и газа», «Проектирование и строительство объектов нефтяной и газовой промышленности», «Гидрогазодинамика трубопроводных систем и гидромашины», «Промышленная теплоэнергетика», межкафедральной лаборатории «Гидродинамические исследования трубопроводного транспорта углеводородов» факультета трубопроводного транспорта Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Рекомендуется для использования в научно-исследовательской деятельности аспирантам и магистрам очной и заочной форм обучения всех специальностей.

Составители:	Ташбулатов Р.Р., канд. техн. наук, доцент кафедры ТХНГ Мустафин Т.Р., канд. техн. наук, доцент кафедры СТ Атрощенко Н.А., магистрант кафедры ТХНГ Барабанщикова Т.А., аспирант кафедры ТХНГ Новичков А.В., ассистент кафедры ГТ Ахметшина Л.А., магистрант кафедры ПТЭ
--------------	---

СОДЕРЖАНИЕ

1 Оборудование и программное обеспечение кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа»	4
1.1 Лаборатория технической диагностики трубопроводных систем 2-315	4
1.2 Лаборатория трубопроводного транспорта «Нефтеперекачивающие станции» 2-316	8
1.3 Лаборатория имитационного моделирования процессов трубопроводного транспорта нефти 2-319	11
1.4 Лаборатория исследования состава и свойств нефти и нефтепродуктов. Лаборатория мембранных, ультразвуковых, магнитных технологий 2-113, 2-114	17
1.5 Лаборатория трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов 2-115	25
1.6 Лаборатория нефтебазового хозяйства 2-116	27
1.7 Лаборатория газоснабжения 2-117	30
1.8 Лаборатории средств автоматизированного проектирования и математического моделирования трубопроводных систем 2-308, 2-311	39
2 Оборудование и программное обеспечение кафедры «Проектирование и строительство объектов нефтяной и газовой промышленности»	41
2.1 Лаборатория механики грунтов 2-518	41
2.2 Лаборатория строительной механики и сопротивления материалов 2-519	44
2.3 Компьютерный класс проектировщика 2-526	47
2.4 Лаборатория моделирования напряженно-деформированного состояния трубопроводов и трубопроводостроительных материалов и изделий 2-527	49
3 Оборудование и программное обеспечение кафедры «Гидрогазодинамика трубопроводных систем и гидромашины»	54
3.1 Лаборатория «Диагностики объектов добычи, транспорта и переработки нефти и газа» 2-418	54
3.2 Специализированная лаборатория «Эксплуатация трубопроводов в осложнённых условиях» имени профессора УГНТУ П.И. Тугунова 2-419	58
3.3 Лаборатория «Виртуальная симуляция производственных процессов в нефтегазовой сфере» 2-420	60
3.4 Лаборатория изучения конструкций гидромашин 2-421	63
3.5 Лаборатория «Магистральный транспорт углеводородов» 2-424	65
3.6 Лаборатория гидравлики 1-154	68
3.7 Лаборатория испытания гидромашин 1-129	73
3.8 Лаборатория газовой динамики и реологии 1-130	79
4 Оборудование и программное обеспечение кафедры «Промышленная теплоэнергетика»	82
4.1 Лаборатория теплопередачи 2-105	82
4.2 Лаборатория термодинамики 2-106	83
4.3 Лаборатория теплоснабжения 2-107	84
4.4 Лаборатория энергетического оборудования 2-211	86
4.5 Лаборатория энергосбережения 2-219	89
5 Оборудование межкафедральной лаборатории факультета трубопроводного транспорта (МКЛ ФТТ) «Гидродинамические исследования трубопроводного транспорта углеводородов» Уфимского государственного нефтяного технического университета МехМ-03	98
5.1 Установка для моделирования гидродинамических процессов	99
5.2 Установка для проведения исследований по мерзлоте	104
5.3 Перечень основного оборудования межкафедральной лаборатории факультета трубопроводного транспорта МехМ-03 и его описание	108

1 Оборудование и программное обеспечение кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа»

1.1 Лаборатория технической диагностики трубопроводных систем 2-315



Рисунок 1.1 – Аудитория 2-315

Лаборатория представляет собой демонстрационный класс с современными средствами интерактивного обучения: проектор и тринадцать персональных компьютеров (ПК). В аудитории проводятся практические и лабораторные занятия по дисциплинам «Диагностика оборудования газонефтепроводов» и «Надежность нефтегазовых объектов». В процессе обучения задействованы современные программные комплексы, макеты и реальные устройства диагностики трубопроводов.

Лаборатория включает в себя:

- широкую экспозицию уменьшенных детальных копий внутритрубного диагностического оборудования и натурные образцы средств очистки внутренней полости трубопроводов различной конструкции;



Рисунок 1.2 – Модель внутритрубного ультразвукового WM дефектоскопа



Рисунок 1.3 – Модель очистного скребка



Рисунок 1.4 – Модель внутритрубного магнитного дефектоскопа



Рисунок 1.5 – Модель комбинированного дефектоскопа

– имитационный тренажер по изучению движения внутритрубного снаряда по подземному трубопроводу;



Рисунок 1.6 – Стенд «Диагностика линейной части трубопровода»

– экземпляр действующего внутритрубного профилемера для проведения диагностических работ в трубопроводе и контроля его технического состояния;



Рисунок 1.7 – Внутритрубный профилемер

– макеты, демонстрирующие диагностику объектов нефтегазовой отрасли.



Рисунок 1.8 – Макет «Диагностика резервуара»

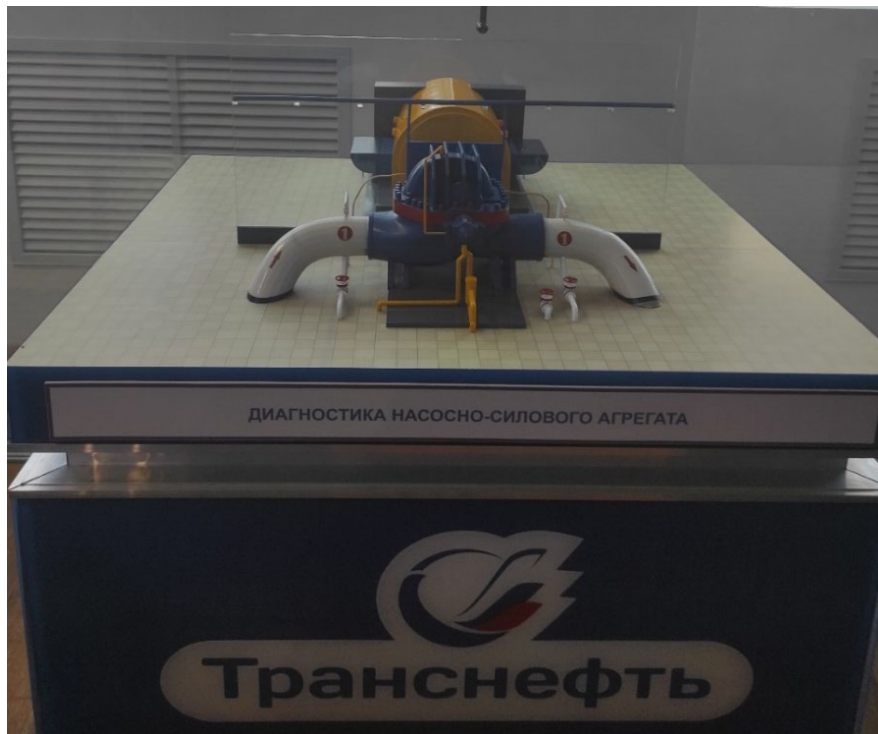


Рисунок 1.9 – Макет «Диагностика насосно-силового агрегата»

1.2 Лаборатория трубопроводного транспорта «Нефтеперекачивающие станции» 2-316

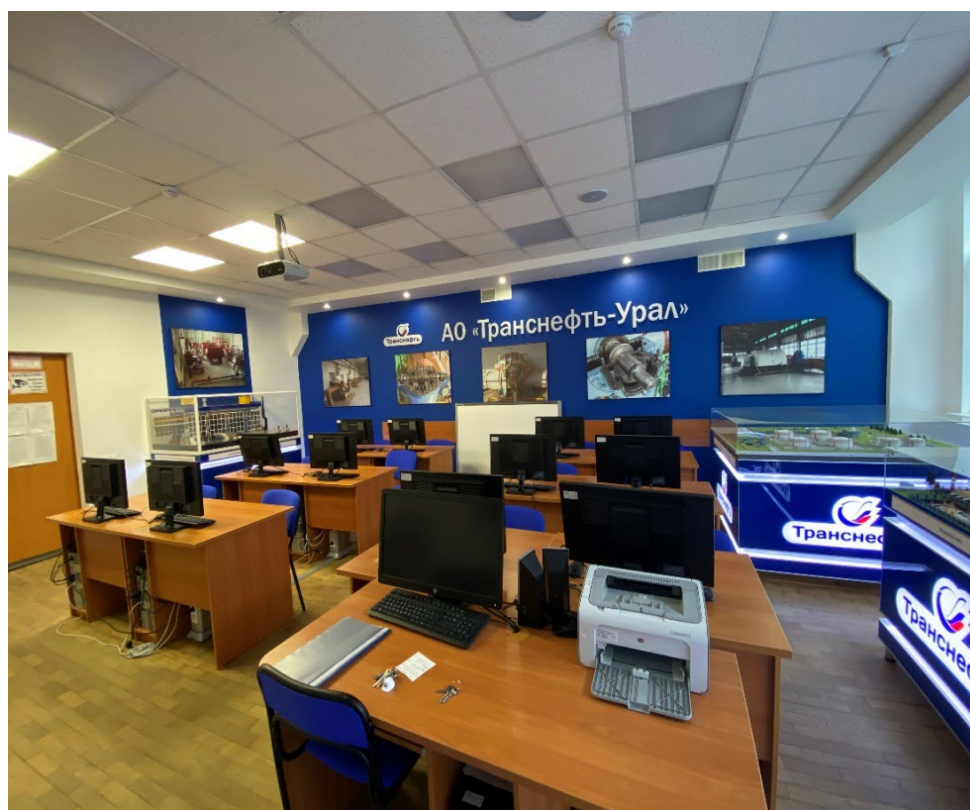


Рисунок 1.10 – Аудитория 2-316

Лаборатория трубопроводного транспорта «Нефтеперекачивающие станции» предназначена для обучения студентов и повышения квалификации специалистов нефтегазовой отрасли. В лаборатории проводятся занятия по дисциплинам «Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций» и «Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов». В процессе обучения применяются программы для моделирования работы газонефтепроводов и разных особых режимов, в том числе «горячей» перекачки. Обучение проводится на наглядных макетах, демонстрирующих устройство как всей станции, так и определенных объектов: насосный цех и резервуар с технологическим оборудованием.

Аудитория оснащена за счет средств АО «Транснефть-Урал».

Лаборатория включает:

- трехмерный макет резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов с установленным технологическим оборудованием;

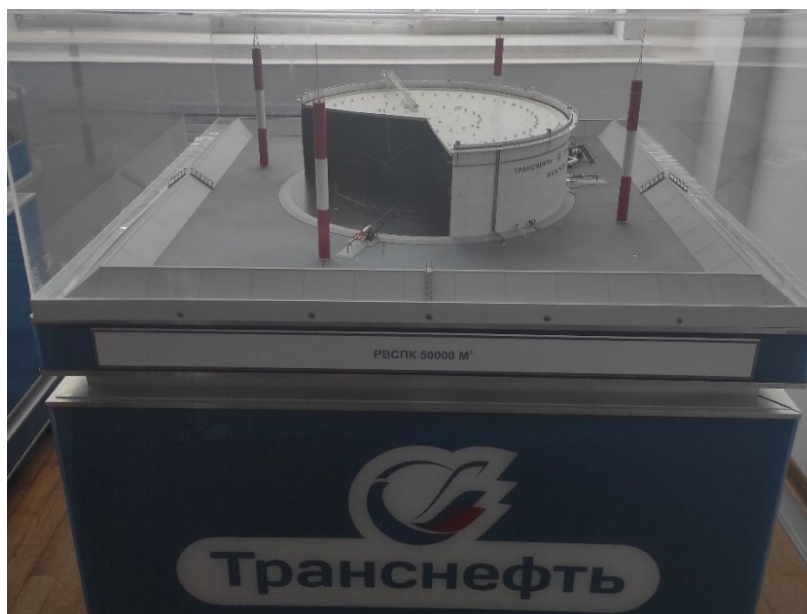


Рисунок 1.11 – Макет «РВСПК 50000 м³»

– макет насосного цеха нефтеперекачивающей станции (НПС) с насосно-силовым оборудованием, маслосистемой и вентиляцией;



Рисунок 1.12 – Макет «Насосный цех с основным и вспомогательным оборудованием»

– интерактивный макет типовой НПС с программным имитационным тренажером-симулятором, на котором отрабатываются практические навыки диспетчерского контроля, управления режимами перекачки, средств автоматизации и аварийной сигнализации;



Рисунок 1.13 – Макет «Тренажер НПС»

– опытная мембранная установка компании «МЕГА» по опреснению воды методом электродиализа, позволяющая проводить очищение воды путем выделения концентрированного раствора солей.



Рисунок 1.14 – Установка по опреснению воды МЕГА

1.3 Лаборатория имитационного моделирования процессов трубопроводного транспорта нефти 2-319

Лаборатория включает в себя интерактивный стенд-тренажер с детальной визуализацией технологических процессов эксплуатации системы магистральных нефтепроводов, включающая несколько гидравлически связанных систем и позволяющая производить их взаимодействие. В лаборатории так же установлен мультимедиа-проектор с компьютером и ноутбуком, моноблоки (20 штук) с установленным программным обеспечением (ПО), плоттер для сканирования и печати большеформатных чертежей. В лаборатории проводятся практические и лабораторные занятия по дисциплинам «Математическое моделирование процессов при транспорте и хранении углеводородов», «Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов», «Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций».



Рисунок 1.15 – Аудитория 2-319

На первом технологическом участке имеется возможность моделирования не-изотермической «горячей» перекачки. Пункты подогрева нефти находятся на головной, промежуточной нефтеперекачивающей станции и отдельно между ними. На втором технологическом участке осуществляется изотермическая перекачка.

Тренажер-полигон является уникальным как по своим размерам, так и по выполняемым задачам. Отличительной особенностью стенда-тренажера является возможность моделирования и визуализации перекачки разных сортов нефти, которые на стенде освещены разными цветами.

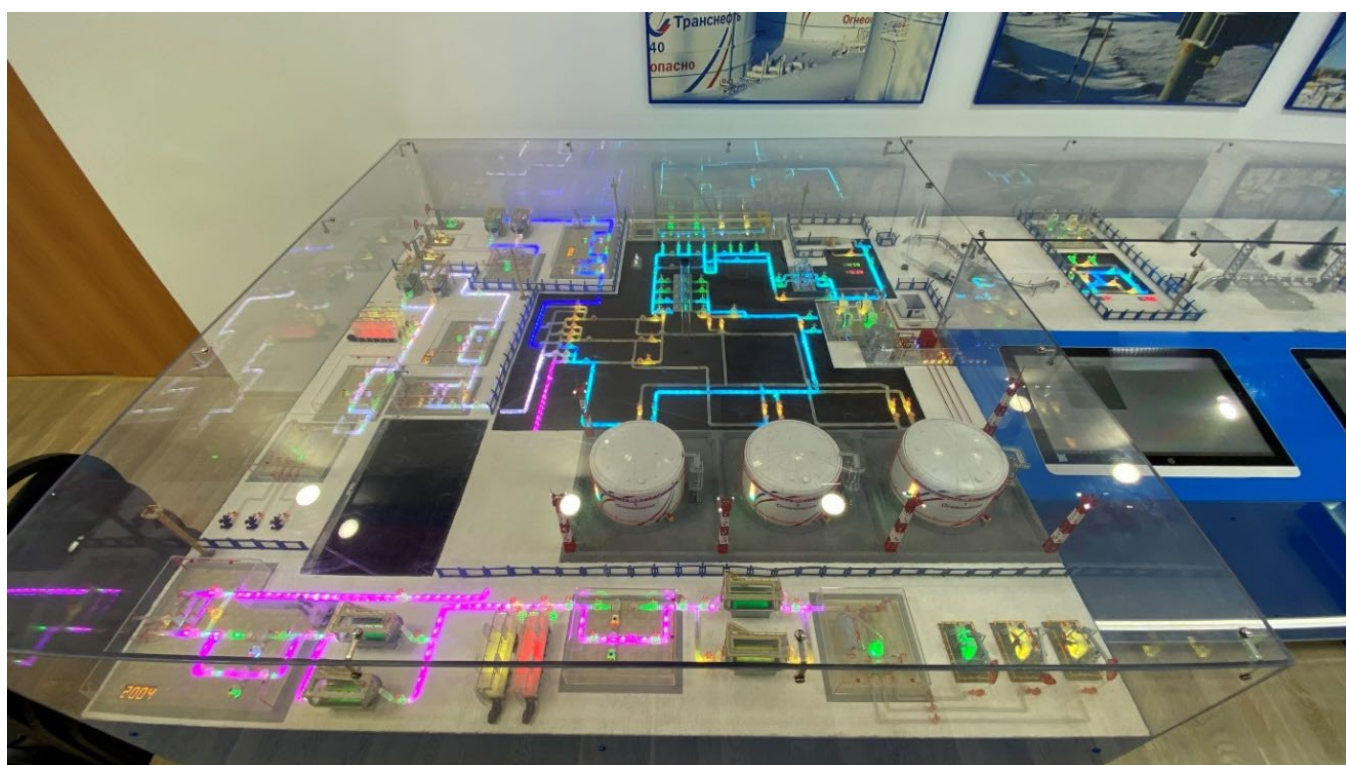


Рисунок 1.16 – Головная нефтеперекачивающая станция первого технологического участка



Рисунок 1.17 – Линейная часть с пунктом подогрева нефти между головной и промежуточной нефтеперекачивающими станциями на первом технологическом участке

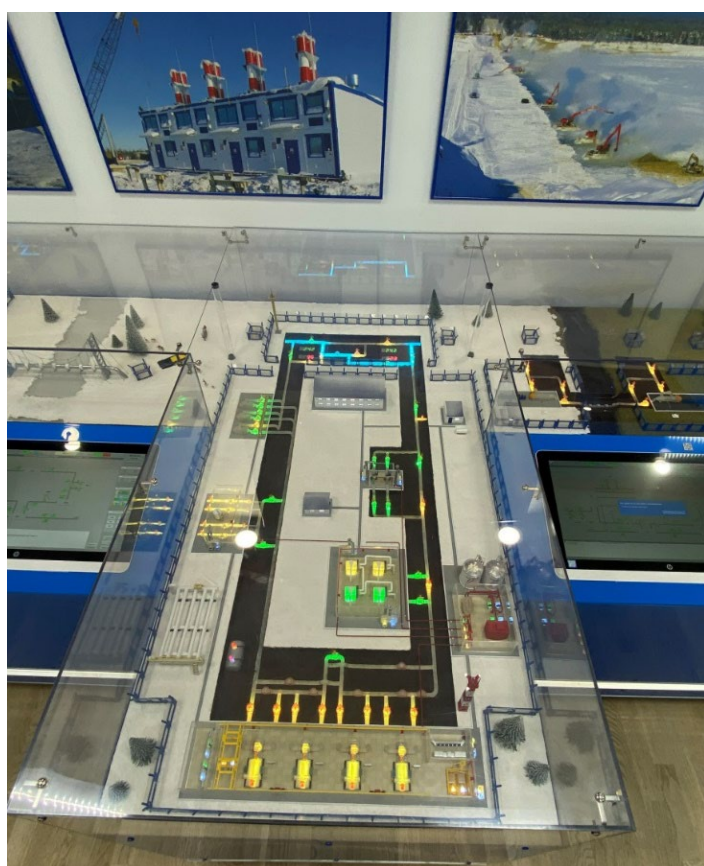


Рисунок 1.18 – Промежуточная нефтеперекачивающая станция на первом технологическом участке



Рисунок 1.19 – Линейная часть между второй промежуточной нефтеперекачивающей станцией первого технологического участка и первой нефтеперекачивающей станций с резервуарным парком второго технологического участка

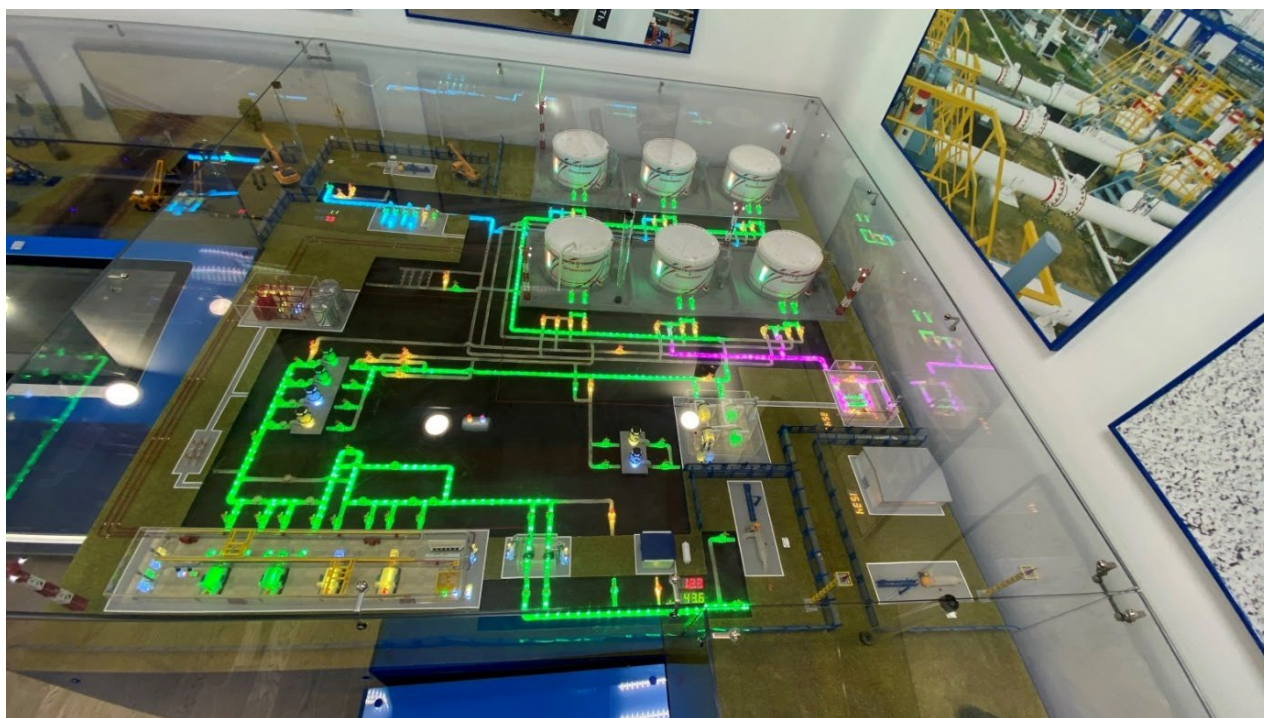


Рисунок 1.20 – Первая нефтеперекачивающая станция с резервуарным парком второго технологического участка



Рисунок 1.21 – Линейная часть между нефтеперекачивающими станциями второго технологического участка



Рисунок 1.22 – Промежуточная нефтеперекачивающая станция второго технологического участка



Рисунок 1.23 – Линейная часть между промежуточной нефтеперекачивающей станцией второго технологического участка и конечным перевалочным пунктом



Рисунок 1.24 – Конечный пункт с перевалкой нефти из трубопроводов и железнодорожных цистерн в танкеры

Разработанный стенд имитационного моделирования процессов трубопроводного транспорта нефти предназначен для обучения студентов, магистрантов, аспирантов, визуализации процессов, а также проведения исследовательских работ научно-педагогическим составом, а именно:

- формирование базовых знаний обучающегося о технологиях эксплуатации магистрального нефтепровода и нефтеперекачивающих станций;
- ознакомление с технологической схемой нефтеперекачивающих станций;
- моделирование нестационарных режимов работы трубопровода;
- ознакомление с методами мониторинга оборудования нефтеперекачивающих станций;
- изучение работы в SCADA системах;
- создание цифрового двойника нефтеперекачивающих станции и технологического участка трубопровода.

Система имеет следующие возможности:

- моделирование стационарных режимов перекачки магистрального нефтепровода;
- моделирование нестационарных и переходных режимов перекачки магистрального нефтепровода;
- моделирование аварийного отключения станции;

Система позволяет проводить обучение операторов нефтеперекачивающей станции в условиях, приближенных к реальным.

1.4 Лаборатория исследования состава и свойств нефти и нефтепродуктов. Лаборатория мембранных, ультразвуковых, магнитных технологий 2-113, 2-114

Лаборатории обеспечивают проведение широкого комплекса испытаний и исследований с определением реологических свойств нефтей и нефтепродуктов и коррозионных процессов.

Лаборатория применяется для следующих целей:

- обучение студентов по программам бакалавриата и магистратуры с применением реальных объектов;
- проведение испытаний в рамках научно-исследовательских работ студентов;
- выполнение проектно-исследовательских работы.

В лаборатории проводятся занятия по дисциплинам «Физические основы реологии углеводов» и «Метрология, квалиметрия и стандартизация».

Лаборатория оснащена большим количеством установок и вспомогательного оборудования. Перечень основного оборудования представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Перечень основного оборудования лабораторий 2-113, 2-114 и его описание

Ареометр АОН-1		Стеклянный ареометр АОН-1 относится к приборам общего назначения и применяется для измерения плотности различных жидких веществ и растворов. Он подходит для работы с кислотами, щелочами, солями, маслами и выпускается по ГОСТ с ценой деления 1,0 кг/м ³ . В лаборатории имеются ареометры для большого спектра плотностей: от 700 кг/м ³ до 1240 кг/м ³ .
Вискозиметр ВПЖ-2		Вискозиметр стеклянный ВПЖ-2 предназначен для определения кинематической вязкости прозрачных жидкостей. Вискозиметры ВПЖ-2 измеряют вязкость при положительных температурах. Это наиболее точные из вискозиметров, так как конструкция предусматривает образование «висячего уровня» при течении жидкости. Таким образом время течения жидкости не зависит от гидростатического давления и количества жидкости, налитой в вискозиметр. Измерение вязкости основано на определении времени истечения через капилляр объема жидкости из измерительного резервуара. В лаборатории имеются вискозиметры с диаметром капилляра 0,34, 0,39, 0,56, 0,73 мм.

Таблица 1.1 – Продолжение

Вискозиметр ВПЖ-4		Вискозиметр стеклянный ВПЖ-4 предназначен для определения кинематической вязкости прозрачных жидкостей. Вискозиметры ВПЖ-4 измеряют вязкость при положительных температурах. Это наиболее точные из вискозиметров, т.к. конструкция предусматривает образование «висячего уровня» при течении жидкости. Таким образом время течения жидкости не зависит от гидростатического давления и количества жидкости, налитой в вискозиметр. Измерение вязкости основано на определении времени истечения через капилляр объема жидкости из измерительного резервуара. В лаборатории имеются вискозиметры с диаметром капилляра 0,37, 0,42, 0,62, 0,82 мм.
Вискозиметр ВНЖ		Вискозиметр капиллярный стеклянный типа ВНЖ предназначен для определения кинематической вязкости непрозрачных жидкостей (какими чаще всего являются нефти). В вискозиметрах типа ВНЖ производятся измерения не времени истечения жидкости по капилляру, а измерения времени заполнения жидкостью приемного резервуара (сначала нижнего, затем верхнего). Это вискозиметры обратного тока. В лаборатории имеются вискозиметры с диаметром капилляра 1,08, 1,91, 2,52, 4,50 мм.
Анализатор жидкости лю- минисцентно- фотометриче- ский «Флюо- рат-02-5М» 202		Предназначен для измерений массовой концентрации неорганических и органических соединений в воде, а также воздухе, почвах, технических материалах, пищевых продуктах и других объектах после перевода анализируемых веществ в раствор.

Таблица 1.1 – Продолжение

Аквадистиллятор электрический ДЭ-М		Аквадистиллятор ДЭ-10М предназначен для производства дистиллированной воды, отвечающей требованиям государственной фармакопеи РФ ФС 42-2619-89 путем тепловой перегонки воды по ГОСТ 2874 «Вода питьевая».
Ультразвуковая ванна И100-3/1 М		Ультразвуковая установка И100-3/4 предназначена для исследования воздействия ультразвука на свойства асфальтосмолопарафиновых отложений.
Установка «Импульсный магнитный излучатель» И100-30		Установка предназначена для воздействия импульсным магнитным полем на различные материалы. Материалы должны быть помещены в индуктор. При помощи установки возможно намагничивание постоянных магнитов из обычных и редкоземельных материалов. Установка может быть использована для намагничивания нефтегазового оборудования (стальная арматура трубопроводов, и т.п.); для облучения магнитным полем нефти и нефтепродуктов; для изменения реологических свойств нефтепродуктов и т.д.
Криотермостат жидкостный LOIP FT-311-80		Криостат LOIP FT-311-80 предназначен для термостатирования образцов как в собственной ванне, так и во внешних системах замкнутого или открытого типа. Данная модель криотермостата снабжена мощным двухкомпрессорным холодильным агрегатом и рассчитана, прежде всего, на работу в области низких и сверхнизких температур.

Таблица 1.1 – Продолжение

Термостат вискозиметрический LOIP LT-912	 The image shows a blue and white LOIP LT-912 viscosity thermostat. It has a digital display on top showing 27.84°C. The main body is a light blue cabinet with a large glass window revealing a metal mesh basket inside for holding samples.	Низкотемпературный термостат (криостат) LT-912 предназначен для термостатирования стеклянных вискозиметров при определении кинематической вязкости различных образцов, в частности, нефтепродуктов по ГОСТ 33-2000, ISO 3104, ASTM D 445, в диапазоне температур от -40 °С до +100 °С.
Термостат жидкостный LOIP LT-810	 The image shows a blue and white LOIP LT-810 liquid thermostat. It features a digital display on top showing 20.1°C. The main body is a light blue cabinet with a glass window showing several glass cylinders held vertically inside for density measurements.	Термостат жидкостный LOIP LT-810 предназначен для термостатирования стеклянных цилиндров при определении плотности, в том числе при контроле качества нефтепродуктов по ГОСТ Р ИСО 3675-2007, ГОСТ 3900-85, ГОСТ Р 51069-97.
Термостат циркуляционный LOIP LT-116a	 The image shows a blue and white LOIP LT-116a circulation thermostat. It has a digital display on top showing 21.2°C. The main body is a light blue cabinet with a stainless steel top surface and a black circular lid.	Экономичные термостаты семейства LOIP LT-100 предназначены для поддержания заданной температуры объектов в ванне, а также для термостатирования внешних систем: лабораторных реакторов, измерительных ячеек рефрактометров, вискозиметров, электрохимических анализаторов и т.п.
Ячейка лабораторная трехштуцерная для проведения коррозионных испытаний	 The image shows a laboratory corrosion test cell setup. It consists of two glass reaction vessels mounted on stands, connected by a network of tubes and valves for testing inhibitors and pipe fittings.	Установка для тестирования ингибиторов коррозии трубопроводов и трубопроводной арматуры.

Таблица 1.1 – Продолжение

Перемешивающее устройство ПЭ-8300		Предназначено для перемешивание жидкостей в колбах, стаканах, бутылках и других емкостях, приготовление эмульсий и дисперсий.
Перемешивающее устройство LS-210		Мощный интеллектуальный лабораторный орбитальный шейкер с одноуровневой / двухуровневой загрузкой платформы для одновременного перемешивания жидкостей в нескольких сосудах.
Печь муфельная лабораторная LF-7/11		Лабораторная муфельная печь LOIP LF-7/11 предназначена для проведения нагрева, озоления, подготовки проб в химическом анализе, закалки и обжига материалов в воздушной среде при температурах до плюс 1100 °С.
Баня охлаждающая ПЭ-4200		Охладительная баня ПЭ-4200 предназначена для проведения фильтрования под вакуумом при определении парафина в нефти и нефтепродуктах.

Таблица 1.1 – Продолжение

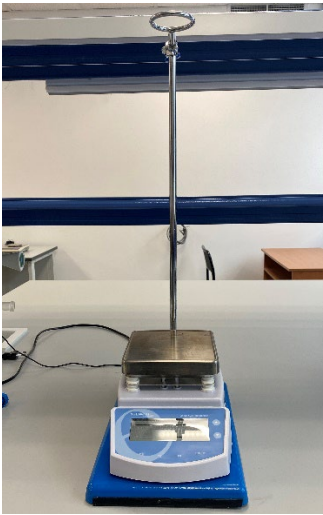
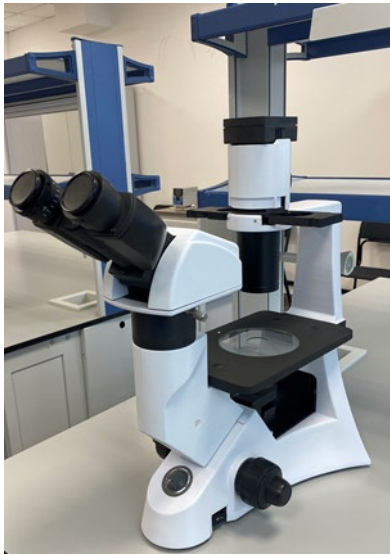
Мешалка магнитная MS300		Магнитная мешалка MS300 предназначена для смешивания жидкости и сжиженных газов, содержащихся в открытых или закрытых емкостях с помощью вращающегося магнитного якоря. Магнитная мешалка имеет возможность поддерживать повышенную температуру смешиваемой жидкости, благодаря предусмотренным в смесителе нагревателям.
Центрифуга лабораторная UC-1536E		Центрифуга лабораторная UC-1536E предназначена для разделения на фракции неоднородных жидкостей и суспензий под воздействием центробежных сил.
Ультразвуковой генератор И100-840		Ультразвуковой генератор И100-840 применяется для ультразвуковой обработки проб, для диспергирования, эмульгирования, гомогенизации.
Стабилизатор температуры рефрижераторного типа HRS012-WF-20		Предназначен для термоконтроля различного оборудования за счет теплового контакта с термостабилизированной циркулирующей жидкостью.

Таблица 1.1 – Продолжение

Микроскоп инструментальный XJL-201		Применяется для микроскопических наблюдений за поверхностями непрозрачных объектов. Оснащен большой механической платформой с большим ходом, отраженным вертикальным освещением и устройством поляризатора, установленном в Тринокуляре. Подходит для научных исследований, преподавания, демонстраций в лабораториях.
Микроскоп биологический NIB -100		Микроскоп инвертированный биологический NIB-100 предназначен для исследования осадков жидкостей и химических реакций в специальной лабораторной посуде в проходящем свете в светлом поле и по методу фазового контраста.

1.5 Лаборатория трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов 2-115

В лаборатории установленный два учебных – стенда:

- универсальный учебный стенд магистрального трубопровода фирмы FESTO;
- универсальный учебный стенд для снятия характеристик центробежных насосов фирмы FESTO.

Работы по моделированию и регулированию режимов работы технологических участков трубопроводов проводятся на лабораторном стенде, изготовленном фирмой FESTO. В качестве рабочей жидкости используется техническая дистиллированная вода.

Лабораторный стенд магистрального трубопровода представляет собой модель нефтепровода с тремя насосными станциями, каждая из которых оборудована двумя центробежными насосами, соединенными последовательно. Первый по ходу движения насос на каждой насосной станции имеет частотно-регулируемый привод (ЧРП), обеспечивающий плавное изменение частоты вращения. Частота вращения второго по ходу насоса неизменна. Насосы смонтированы в горизонтальном положении на специальных кронштейнах.



Рисунок 1.25 – Стенд моделирования магистрального нефтепровода

С применением стенда выполняются следующие работы:

- получение экспериментальных напорных характеристик насосов нефтеперекачивающих станций с постоянной частотой вращения;
- определение расчетной зависимости потерь напора на трубопроводе от расхода и ее изменение при подключении к трубопроводу лупинга;
- определение возможных режимов работы технологического участка магистрального трубопровода и их регулирование;
- определение местоположение утечки на трубопроводе по данным датчиков давления и расхода.

Стенд для исследования характеристик центробежных насосов включает в себя четыре центробежных насоса, резервуар, цифровые датчики давления и расхода. В качестве рабочей жидкости используется дистиллированная вода.



Рисунок 1.26 – Стенд для снятия характеристик центробежных насосов

С применением стенда выполняются следующие работы:

- изучение характеристик насоса нефтеперекачивающей станции;
- снятие скоростной характеристики насоса нефтеперекачивающей станции;
- изучение совместной параллельной работы двух центробежных насосов;
- изучение совместной последовательной работы двух центробежных насосов;
- изучение явления кавитации в насосе и определение условия срыва работы насоса.

1.6 Лаборатория нефтебазового хозяйства 2-116

Лаборатория – включает в себя несколько учебных стендов и макетов:

- стенд погружного эжектора;
- стенд цистерны с жидкостью;
- макет железнодорожной эстакады.

С помощью стенда погружного эжектора проводятся работы по определению его коэффициента полезного действия. Стенд моделирует работу верхнего слива нефтепродуктов с высокой упругостью паров из железнодорожных цистерн на нефтебазах.



Рисунок 1.27 – Стенд «Погружной эжектор»

Стенд железнодорожной цистерны применяется исследования истечения жидкости. Проводятся работы по определению времени самотечного слива жидкости из отдельной цистерны, исследование влияния длины сливного патрубка на процесс слива и исследование слива под избыточным давлением.



Рисунок 1.28 – Стенд «Железнодорожная цистерна»

Макет сливо-наливной железнодорожной эстакады используется для ознакомления студентов с классификацией существующих железнодорожных эстакад, с общими требованиями, предъявляемыми к сооружению и эксплуатации эстакад; изучение состава и назначения оборудования, используемого на сливо-наливных эстакадах для нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов.

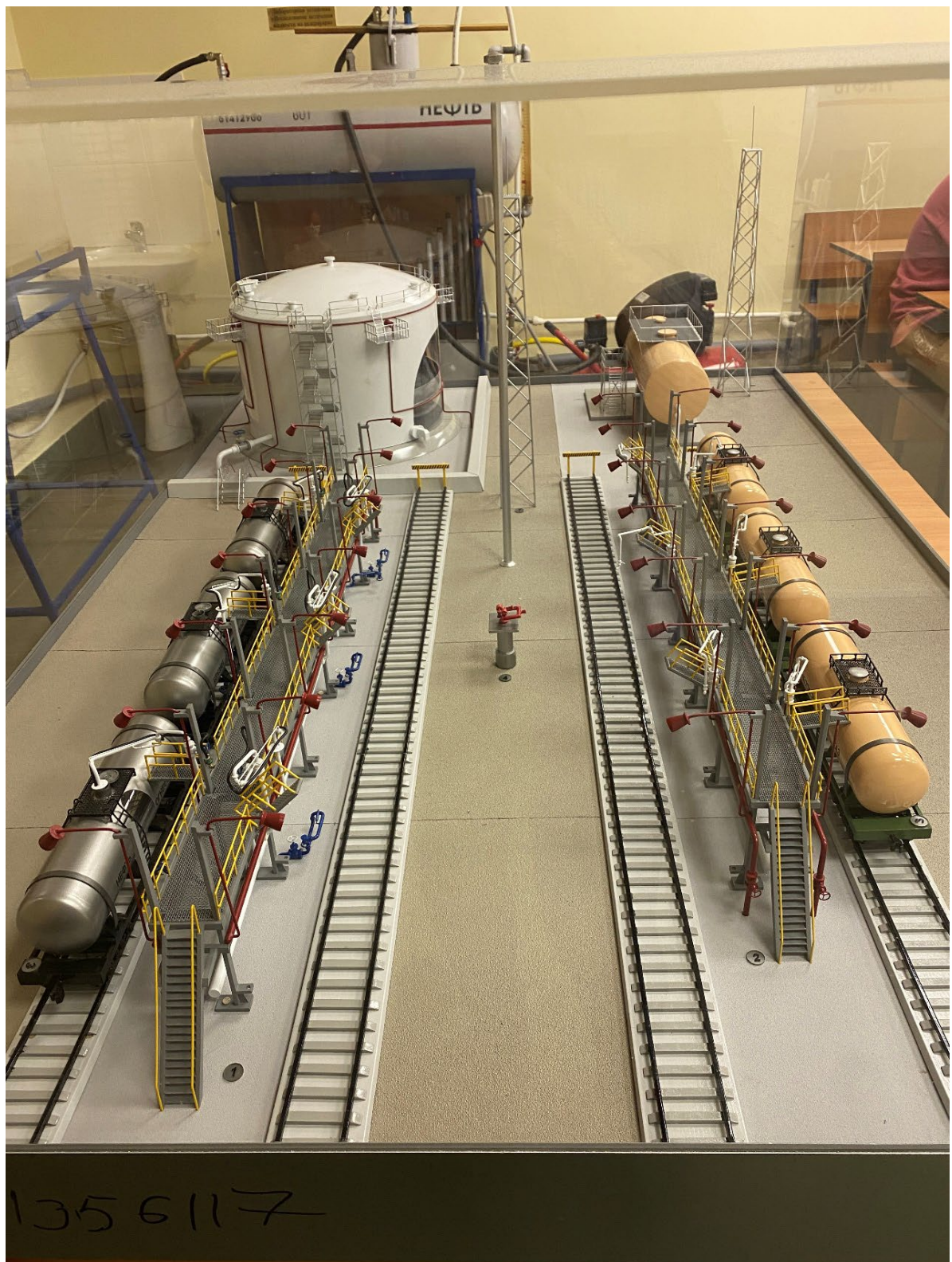


Рисунок 1.29 – Макет железнодорожной эстакады

1.7 Лаборатория газоснабжения 2-117

Аудитория предназначена для обучения студентов с применением реальных объектов транспорта и распределения газа. Аудитория включает в себя:

- турбинный счетчик газа;
- фильтр газовый сетчатый прямоточный ФГС;
- кран шаровой «Грове» в надземном исполнении;
- регуляторы давления газа РДУ-80, РДБК1-25Н(В), РДБК1-50;
- регулятор давления газа типа «ЛОРД»;
- регуляторы давления газа РДНК-400, РДСК-50М;
- регуляторы давления газа домового газоснабжения фирмы KOGAZ;
- клапан предохранительный сбросной DN 50;
- клапан предохранительный пружинный;
- кран шаровой с редуктором ручного управления фирмы DKG-EAST;
- шкафные газорегуляторные пункты;
- газовый фильтр фирмы KOGAZ;
- кран фланцевый;
- регулятор давления газа типа РД;
- одоризатор газа «КАРАТ»;
- домовой газорегуляторный пункт.

Имеющееся оборудование используется в ходе лабораторных и практических работ для изучения внутреннего устройства оборудования газоснабжения.

В аудитории расположена установка, предназначенная для моделирования работы участка магистрального газопровода. В качестве лабораторной среды используется воздух. Параметры установки показаны в таблицах 1.2, 1.3, 1.4, 1.5.

Таблица 1.2 – Техническая характеристика воздушного компрессора HOBBY 175/6

Параметр	Значение
Дата выпуска	сентябрь 2014
Тип компрессора	поршневой
Производительность (на линии всасывания), м ³ /ч (л/мин)	10,5 (175)
Рабочее давление, кгс/см ² (кПа)	до 5 (500)
Вместимость ресивера, м ³ (л)	0,006 (6)
Максимальное рабочее давление сжатого воздуха в ресивере, кгс/см ² (МПа)	8 (0,8)
Напряжение питающей сети, В	220±10%
Номинальный ток, А	5
Частота тока, Гц	50
Род тока	переменный, однофазный
Тип электродвигателя	асинхронный
Номинальная мощность, Вт	1100
Частота вращения электродвигателя, мин ⁻¹	2850
Габаритные размеры (LxVxH), мм	470x185x475
Масса, кг	16
Срок службы, лет	5

Таблица 1.3 – Характеристика трубопровода

Параметр	Значение
Материал трубопровода	медь
Диаметр трубопровода, мм	5
Толщина стенки, мм	1
Эквивалентная шероховатость труб, мм	0,03

Таблица 1.4 – Основные параметры манометров давления типа МТИ-160

Параметр	Значение
Диапазон измеряемого давления, кгс/см ² (кПа)	
- манометры М1, М2, М3	6 (600)
- манометры М4, М5, М6, М7	4 (400)
- манометр М8	2,5 (250)
Цена деления, кгс/см ² :	
- манометры М1, М2, М3	0,06
- манометры М4, М5, М6, М7	0,04
- манометр М8	0,025
Класс точности	0,5

Таблица 1.5 – Параметры счетчика газа марки СГБМ-1,6 фирмы «Бетар»

Параметр	Значение
Расход, м ³ /ч:	
- минимальный	0,04
- максимальный	1,6
Рабочее давление, кПа	до 5
Класс точности	1,5
Пределы относительной погрешности, %:	
- в диапазоне от $Q_{\min}$ до $0,2 Q_{\min}$	2,5
- в диапазоне от $0,2 Q_{\min}$ до $Q_{\max}$	1,5
Цена деления, м ³	0,001

На установке проводятся натурные эксперименты, моделирующие основные объекты газопроводного транспорта. Проводятся следующие работы:

- изучение распределения давления газа по длине газопровода;
- определение пропускной способности простого односточного газопровода и газопровода с лупингом;
- определение места закупорки газопровода гидратной пробкой.

На рисунках 1.30-1.43 представлено основное оборудование, входящее в состав данной лаборатории.



Рисунок 1.30 – Установка, предназначенная для моделирования работы участка магистрального газопровода



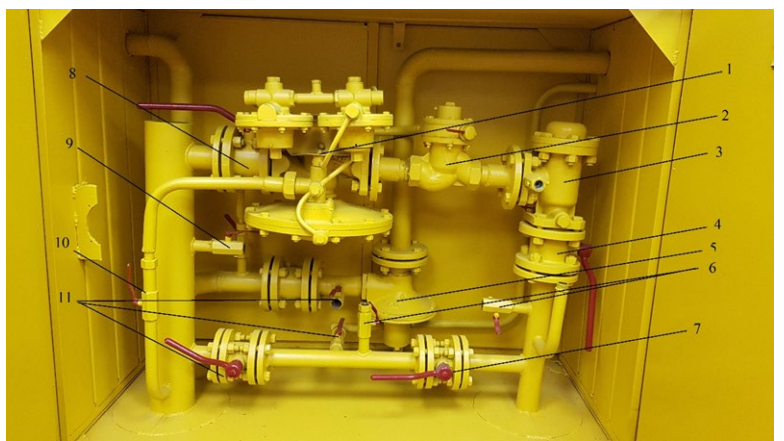
Рисунок 1.31 – а) Предохранительный запорный клапан; б) Кран шаровый с редуктором ручного управления фирмы DKG-EAST



Рисунок 1.32 – Регулятор давления газа РДУ-80



Рисунок 1.33 – а) Регулятор давления газа типа РДБК1-50, РДБК1П-50, РДБК1-100, РДБК1П-100 и Клапан предохранительный пружинный (КПП); б) Регулятор давления газа типа РДБК1-25Н(В), РДБК1-50Н(В), РДБК1-100Н(В), РДБК1-200Н(В)



1 – регулятор давления газа РДБК, 2 – клапан отсекатель предохранительный ПСК, 3 – фильтр газовый ФГ, 4,6,7,8,9,10,11 – запорная арматура, 5 – клапан сбросной ПСК

Рисунок 1.34 – Газорегуляторный пункт



Рисунок 1.35 – Кран шаровой «Грове» в надземном исполнении (в комплекте)
 ДN = 300 мм



1 – регуляторы давления газа РДНК, 2,4 – манометры, 3,5 – запорная арматура
 Рисунок 1.36 – Шкафной газорегуляторный пункт (ШГРП)



1 – счетчик газа, 2 – регулятор давления, 3 – запорная арматура

Рисунок 1.37 – Домовой газорегуляторный пункт (ДГРП)

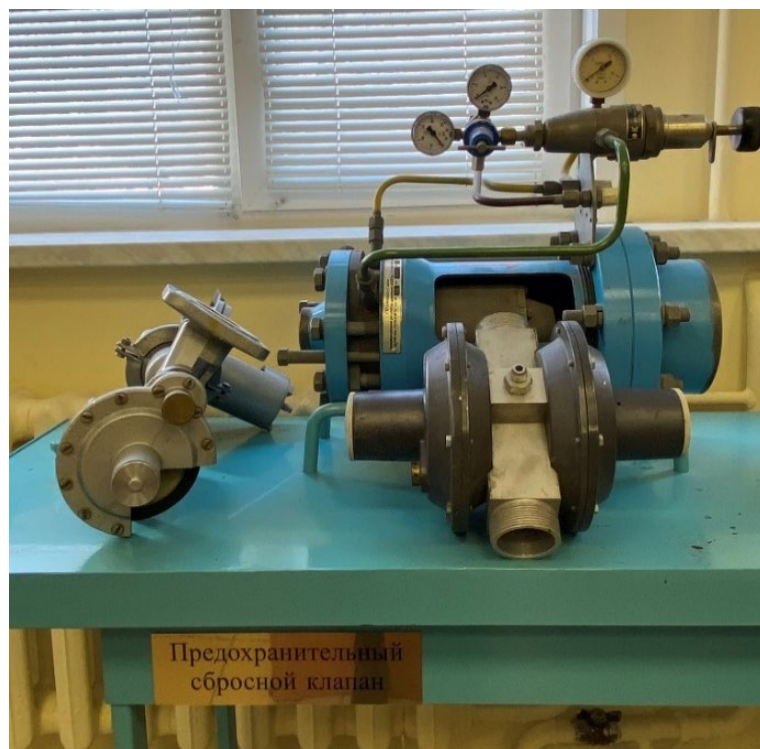


Рисунок 1.38 – Предохранительный сбросной клапан

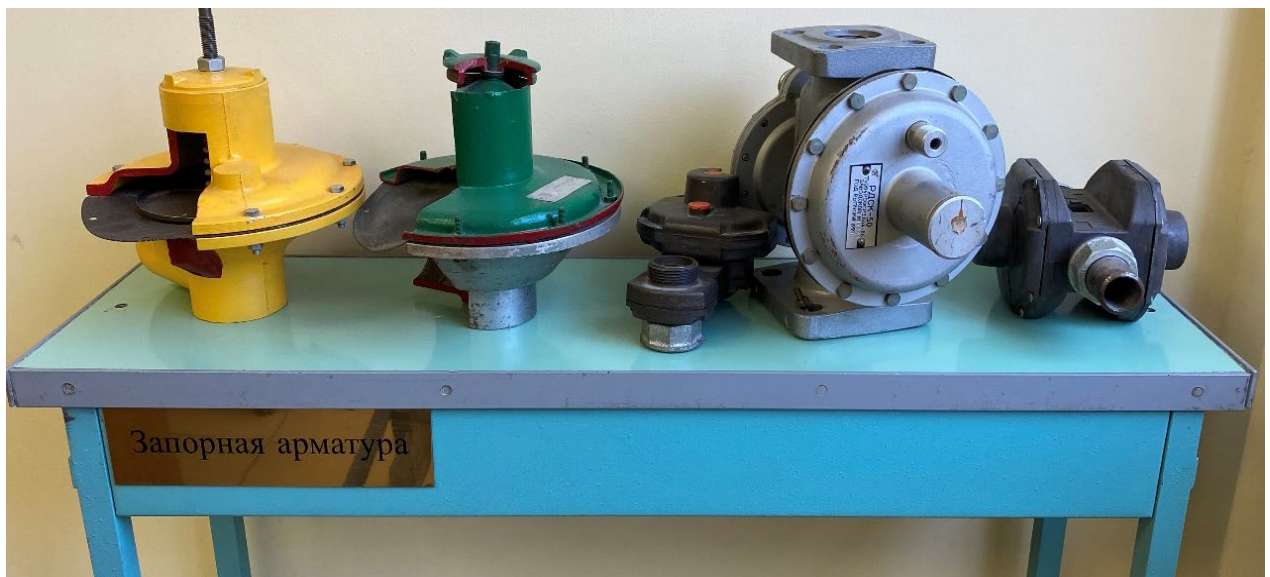


Рисунок 1.39 – слева направо: Клапан предохранительный сбросной ДН 50 мм мембранного типа прямого действия, регулятор давления; Регулятор давления газа домовой типа РДСК-50М, РДСК-50БМ

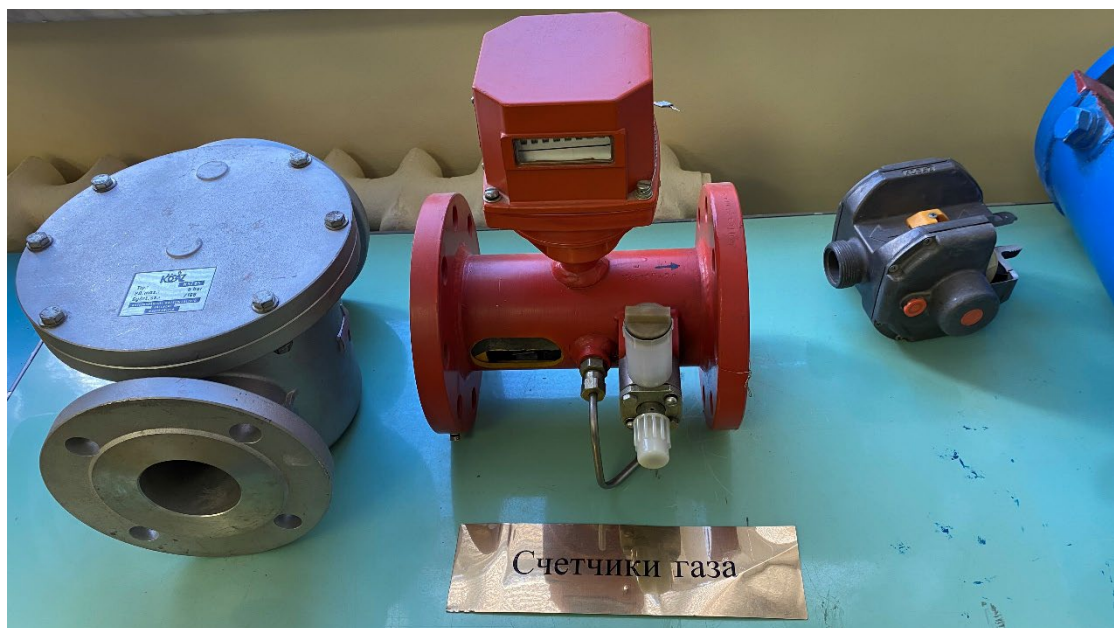


Рисунок 1.40 – Газовый фильтр фирмы «KOGAZ»; Турбинный счетчик газа; Регулятор давления газа домового газоснабжения фирмы «KOGAZ»



Рисунок 1.41 – Регуляторы давления газа типа РД



Рисунок 1.42 – Фильтр газовый сетчатый прямоточный ФГП (ФГС)



Рисунок 1.43 – Одоризатор газа «Карат»

1.8 Лаборатории средств автоматизированного проектирования и математического моделирования трубопроводных систем 2-308, 2-311

Лаборатория представляет современный компьютерный класс, оснащенный программными средствами автоматизированного проектирования (САПР) трубопроводных систем и математического моделирования процессов перекачки многофазных сред.

Обучение студентов базовым навыкам проектирования линейных объектов с использованием программного комплекса «Pipeline» (Uniservice), основанного на

AutoCAD, предназначенного для автоматизированного формирования рабочей документации – построения планов и профилей, расчета, формирования и выгрузки ведомостей объемов работ по строительству линейных объектов.

Изучение основных принципов моделирования режимов нефтегазопроводов для сбора и транспорта многофазных потоков, аномальных реологически сложных нефтей и нестабильных флюидов, осложненных отложениями различной природы, с помощью программных комплексов «Pipesim» и «OLGA» (Schlumberger).

Лаборатория предназначена для проведения практических и лабораторных занятий, подготовки курсовых и квалификационных работ, включая выполнение численных экспериментов в рамках научно-исследовательских тематик.

В таблице 1.6 представлен перечень имеющихся на кафедре программ

Таблица 1.6 – Программное обеспечение кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа»

№ п/п	Название	Функционал
1	OLGA	Симулятор неустановившегося мультифазного потока. Динамический симулятор мультифазного потока OLGA позволяет рассчитывать изменения параметров потока в скважинах и трубопроводах в зависимости от времени, то есть моделировать стационарные и переходные режимы потока. Подробнее: https://software.slb.ru/products/olga/
2	Pipesim	Симулятор неустановившегося мультифазного потока. Проектирование скважин и трубопроводов с целью обеспечения безопасной и экономически эффективной транспортировки добываемого флюида до пунктов сбора является приоритетной задачей инженеров. Подробнее: https://software.slb.ru/products/pipesim/
3	AutoCAD	САПР для 2D- и 3D-проектирования. Подробнее: https://www.autodesk.ru/products/autocad/overview
4	Компас 3D	Графическая система для 2D-проектирования и 3D-моделирования, разработки документации и пояснительных записок, технических заданий (САПР). Подробнее: https://kompas.ru/
5	Ansys	Программное обеспечение для инженерного анализа и численного моделирования. Подробнее: https://www.ansys.com

2 Оборудование и программное обеспечение кафедры «Проектирование и строительство объектов нефтяной и газовой промышленности»

2.1 Лаборатория механики грунтов 2-518

Лаборатория «Механики грунтов» ФТТ ФГБОУ ВО «УГНТУ» обеспечивает проведение широкого комплекса лабораторных испытаний с определением основных характеристик грунтов:

- физических;
- деформационных;
- прочностных;
- фильтрационных.



Рисунок 2.1 – Лаборатория механики грунтов

Направления деятельности лаборатории «Механика грунтов» следующие:

– обучение студентов в современной лаборатории, отвечающей всем действующим нормативным требованиям, и соответствующей реальным производственным условиям;

– предоставление оперативных данных по грунтам при проведении научных исследований студентами, аспирантами, докторантами, научными сотрудниками образовательных учреждений, исследовательских институтов и т.д.

– выполнение хоздоговорных работ для целей:

- а) выполнения проектно-изыскательских работ;
- б) проведения текущего контроля качества оснований зданий и сооружений;
- в) проведения дублирующего контроля качества оснований.

Для получения качественного результата лаборатория «Механики грунтов» оснащена всем необходимым современным оборудованием.

Основную часть этого оборудования составляют современные автоматизированные испытательные комплексы «АСИС», позволяющие проводить наиболее сложные испытания на качественно высоком уровне и в требуемые сроки (рисунок 2.2)



Рисунок 2.2 – Перечень испытаний, проводимых в лаборатории механики грунтов

Лаборатория «Механики грунтов» постоянно развивается и к концу 2021 года в ее составе появится автоматизированный испытательный комплекс «АСИС» для динамических испытаний грунтов, позволяющий определять соответственно их динамические характеристики. Это весьма важно при исследовании объектов, находящихся в зоне динамического воздействия, к примеру, в сейсмоактивных районах.

Лаборатория «Механики грунтов» ФТТ ФГБОУ ВО «УГНТУ» успешно прошла аккредитацию в 2019 году в соответствии с требованиями международного стандарта ГОСТ ISO/IEC 17025 (рисунок 3). Аккредитация лаборатории была проведена органом по аккредитации ассоциация аналитических центров (ААЦ) «Аналитика» – полноправным членом и участником Соглашений о взаимном признании ИЛАС и АРАС. Результаты испытаний, проводимые в лаборатории, будут признаваться как в России, так и на международном уровне.



Рисунок 2.3 – Аттестаты о прохождении аккредитации лаборатории механики грунтов

2.2 Лаборатория строительной механики и сопротивления материалов 2-519

Лаборатория строительной механики и сопротивления материалов включает в свой состав современное оборудование для испытания различных материалов и определения их характеристик, моделирования и изучения их напряженно-деформированного состояния (НДС) при простых и сложных способах нагружения, исследования вопросов устойчивости, концентрации напряжений. Функционал лаборатории позволяет определять радиальные и осевые перемещения и окружные и осевые напряжения в тонкостенной трубе при действии внутреннего давления, проводить работы по изучению напряженно-деформированного состояния в элементах конструкций.

Лабораторные и научно-исследовательские работы в этой области выполняют преподаватели, бакалавры, магистранты, аспиранты кафедры.

Перечень основного оборудования приведен в таблице 2.1.

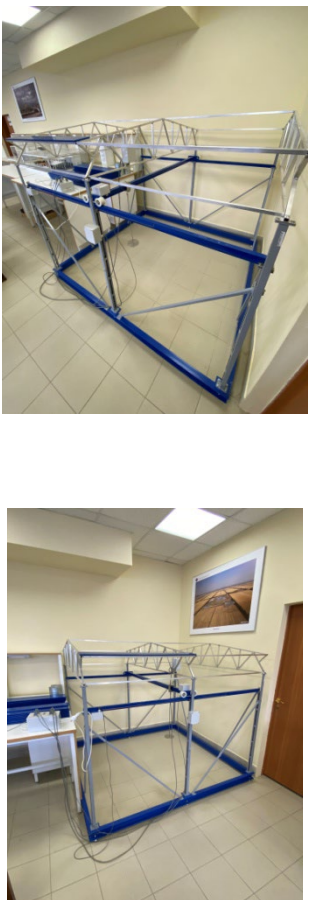
Таблица 2.1 – Перечень основного оборудования лаборатории и его описание

Типовой комплект учебного оборудования «Основы сопротивления материалов» ОСМ-11ЛР-11		Стенд обеспечивает проведение 11 работ по испытанию материалов: – определение упругих характеристик материала при растяжении (модуль упругости и коэффициент Пуассона); – определение модуля сдвига; – испытание на срез; – определение перемещений при изгибе балки; – определение напряжений в сечении балки при изгибе; – определение напряженного состояния в балке при сложном нагружении (при действии изгиба и кручения); – определение центра кручения тонкостенного незамкнутого профиля; – исследование устойчивости сжатого стержня (определение критической силы); – испытание на растяжение с записью диаграммы деформирования; – изучение концентрации напряжений у отверстия в растянутой полосе; – экспериментальная проверка теоремы «о взаимности работ». Усилие, развиваемое гидроцилиндром стенда: на растяжение – не менее 30 кН, на сжатие – не менее 3 кН. Ход гидроцилиндра – 50 мм.
---	---	--

Таблица 2.1 – Продолжение

Учебная универсальная испытательная машина «Механические испытания материалов» МИМ-9ЛР-010		В комплекте с принадлежностями стенд позволяет проводить следующие 9 работ по испытанию материалов: – экспериментальное определение диаграммы деформирования малоуглеродистой стали при растяжении; – экспериментальное определение диаграммы деформирования стали или алюминиевого сплава при растяжении; – экспериментальное определение диаграммы деформирования материала при сжатии; – испытание пластичных материалов на срез; – испытание дерева на скалывание; – определение модуля упругости и коэффициента Пуассона для стали; – работа стальной колонны при внецентренном сжатии; – экспериментальная оценка концентрации напряжений около отверстия в растягиваемой полосе; – экспериментальная оценка влияния концентраторов на разрушение пластичных материалов при однократном нагружении. Ход подвижной траверсы до 500 мм. Усилие – не менее 50 кН.
Типовой комплект учебного оборудования «Устойчивость продольно сжатого стержня» УСС-5ЛР-12		Стенд позволяет задавать и определять перемещение подвижной нагружающей опоры и усилие передаваемое на образец. Стенд позволяет проводить испытание на сжатие образцов, входящих в комплект, до потери устойчивости. На образцах установлены тензорезисторы для определения факта потери устойчивости. Типовой комплект учебного оборудования позволяет проводить следующие работы по изучению вопросов устойчивости: – определение зависимости критической силы и формы потери устойчивости от условий закрепления концов стержня; – определение зависимости критической силы от формы поперечного сечения стержня; – определение зависимости критической силы от длины стержня; – определение зависимости критической силы от модуля упругости материала стержня; – изучение зависимости сила – перемещение при докритическом и закритическом нагружении. Усилие на образце определяется посредством тензометрического датчика на 2 кН. Перемещение опоры измеряется цифровым микрометрическим индикатором. Ход подвижной опоры – не менее 5 мм. Диапазон длин испытываемых образцов – 400-600 мм.

Таблица 2.1 – Продолжение

Типовой комплект учебного оборудования «Модель несущих конструкций промышленного здания» МКПЗ-7ЛР-11		Стенд представляет собой модель несущих конструкций, применяемых при строительстве промышленных одноэтажных зданий. На элементы конструкций установлены тензорезисторы, позволяющие определять деформации в различных точках конструкции как при ее монтаже, так и при последующем нагружении. Нагрузки, действующие на элементы стенда, создают путем установки грузов в различные точки стенда. Сигналы с тензорезисторов усиливаются и выводятся на персональный ЭВМ (ноутбук) через измерительно-преобразовательный блок и плату аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Стенд обеспечивает проведение следующих работ: – определение деформаций в стержнях перекрытия, опертого на «жесткое» основание, при действии внешней нагрузки; – определение деформаций в колонне, опертой на «жесткое» основание, при сборке модели здания; – определение монтажных деформаций в подкрановой балке при сборке модели здания; – определение деформаций в колонне, опертой на «жесткое» основание, при действии нагрузок от перекрытия и подкрановой балки; – определение деформаций в стержнях перекрытия, опертого на модуль «Колонна», при действии внешней нагрузки; – определение деформаций в подкрановой балке в составе здания; – определение деформаций в крановой балке в составе здания. Весовая нагрузка, имитирующая распределенное воздействие со стороны перекрытий здания, – 2,2 кН. Весовая нагрузка, имитирующая воздействие на крановую балку, – 400 Н. Габариты ШхГхВ, мм: 2000х2000х1500.
Типовой комплект учебного оборудования «Напряжения и перемещения в тонкостенной трубе при действии внутреннего давления» НППТ-ВД-017-2ЛР		Стенд позволяет определять радиальные и осевые перемещения и окружные и осевые напряжения в тонкостенной трубе при действии внутреннего давления и обеспечивает проведение следующих работ по испытанию материалов: – определение напряжений и перемещений в тонкостенной трубе при замыкании осевого усилия на трубе; – определение напряжений и перемещений в тонкостенной трубе при внешнем замыкании осевого усилия. Давление, создаваемое в трубе – не менее 60 бар.

2.3 Компьютерный класс проектировщика 2-526

На кафедре «Проектирование и строительство объектов нефтяной и газовой промышленности» для обучения бакалавров профилей подготовки «Проектирование и строительство объектов систем трубопроводного транспорта» и «ВІМ-проектирование нефтегазовых объектов», а также для решения научно-исследовательских задач магистрантами, аспирантами и преподавателями кафедры имеется «Компьютерный класс проектировщика».

«Компьютерный класс проектировщика» – это аудитория с компьютерами, на которых установлено самое современное программное обеспечение – программы, являющиеся неотъемлемыми инструментами будущего проектировщика.

Строительная отрасль на сегодняшний день неразрывно связана с такими понятиями как САЕ и САD-системы, САПР, ВІМ-проектирование.

Программные пакеты САЕ предназначены для расчетов и анализа их результата в различных инженерных задачах, САD-системы предусматривают автоматизированное проектирование. В последнее время эти системы объединяются в так называемый САПР (системы автоматизированного проектирования) – где одновременно выполняется проектирование и расчеты, а также создается документация.

ВІМ (Building Information Modeling) является технологией информационного моделирования. Цифровая ВІМ модель в отличие от обычной 3D-модели привязана к огромному массиву данных, включая график производства работ, физические характеристики объекта, стоимость материалов и т.д. Таким образом, появляется возможность воспроизводить виртуальную реальность, позволяющую воссоздать строительный объект в реальных условиях и оценить ход строительства, а также вносить своевременно изменения и избежать ошибок до начала строительства.

Именно с этими инструментами для эффективного проектирования и для проведения расчетов и вычислительных экспериментов можно ознакомиться и поработать на кафедре «Сооружение и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ».

Перечень основных имеющихся на кафедре программных комплексов представлен в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Перечень основных программ, имеющих на кафедре, и их описание

№ п/п	Название	Функционал
1	СТАРТ-Проф	Программная система расчета прочности и жесткости трубопроводов различного назначения в России и странах СНГ. Средствами СТАРТ-Проф рассчитываются как самокомпенсирующиеся трубопроводы, в которых компенсация температурных расширений обеспечивается гибкостью самой трубопроводной трассы, так и трубопроводы со специальными компенсирующими устройствами, выполненными в виде сильфонных, линзовых, сальниковых и других видов компенсаторов. Рассчитываются трубопроводы практически любой сложности. Подробнее: https://www.truboprovod.ru/software/start
2	ПАССАТ	Программа используется более, чем в 500 организациях России, Украины, Казахстана, Белоруссии, Китая, Японии, Италии, Чехии, Латвии, Болгарии, Германии, Кореи, США. Программа ПАССАТ предназначена для расчета прочности и устойчивости сосудов, аппаратов и их элементов с целью оценки несущей способности в рабочих условиях, а также в условиях испытаний и монтажа. Подробнее: https://www.truboprovod.ru/software/passat
3	OLGA	Симулятор неустановившегося мультифазного потока. Динамический симулятор мультифазного потока OLGA позволяет рассчитывать изменения параметров потока в скважинах и трубопроводах в зависимости от времени, т.е. моделировать стационарные и переходные режимы потока. Подробнее: https://software.slb.ru/products/olga/
4	СРІРЕ 5.2	Конечно-элементный программный комплекс СРІРЕ предназначен для расчета прочности, устойчивости и анализа собственных частот надземных и подземных трубопроводов с учетом их нелинейного взаимодействия с грунтом в траншее и / или опорами. Широкие возможности СРІРЕ по моделированию трубных обвязок, опор и грунтовых условий позволяют создать математическую модель трубопровода, максимально соответствующую реальной конструкции. В СРІРЕ реализованы автоматизированные проверки НДС трубопроводов в соответствии с основными НТД по проектированию трубопроводов. Подробнее: https://p2te.ru/services/programmnyy-kompleks-cpipe/
5	AutoCAD	САПР для 2D- и 3D-проектирования. Подробнее: https://www.autodesk.ru/products/autocad/overview
6	Компас 3D	Графическая система для 2D-проектирования и 3D-моделирования, разработки документации и пояснительных записок, технических заданий (САПР). Подробнее: https://kompas.ru/
7	Civil 3D	Программное обеспечение для расширенного проектирования объектов инфраструктуры и выпуска проектной документации с использованием технологии информационного моделирования зданий (BIM). Подробнее: https://www.autodesk.ru/products/civil-3d/overview
8	Revit	Программное обеспечение Revit для информационного моделирования объектов строительства (BIM) позволяет специалистам разных направлений совместно работать над строительными и конструкторскими проектами. Подробнее: https://www.autodesk.ru/products/revit/overview

Таблица 2.2 – Продолжение

9	SketchUp	Программа для моделирования относительно простых трёхмерных объектов – строений, мебели, интерьера. Однако существуют и гораздо более серьёзные проекты на её базе. Подробнее: https://www.sketchup.com/ru
10	Frost 3D	Программа позволяет получать научно-обоснованные прогнозы тепловых режимов многолетнемерзлых грунтов в условиях теплового влияния трубопроводов, добывающих скважин, гидротехнических и других сооружений с учетом термостабилизации грунта. Подробнее: https://frost3d.ru/
11	Microsoft Project и Oracle Primavera	Программы для построения сетевых графиков и управления проектами. Подробнее: https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/project/project-management-software?market=ru https://www.oracle.com/ru/applications/primavera/solutions/products.html
12	ЛИРА 10	Многофункциональный программный комплекс для проектирования и расчёта строительных и машиностроительных конструкций различного назначения. Реализованный метод расчета – метод конечных элементов Подробнее: https://lira-soft.com/
13	FIDESYS	Инновационная CAE-система, осуществляющая полный цикл инженерных расчетов от построения расчётной сетки до визуализации результатов расчета. Возможно производить следующие расчеты: – на прочность при статическом и динамическом нагружении; – собственных частот и форм колебаний; – критических нагрузок и форм потери устойчивости; – двумерные и трёхмерные расчёты для объёмных, тонкостенных и стержневых конструкций. Подробнее: https://cae-fidesys.com/products/desktop/

Перечень программ все время пополняется. Компьютерный класс проектировщика кафедры СТ поможет вам в учебном процессе и в реализации научных идей.

2.4 Лаборатория моделирования напряженно-деформированного состояния трубопроводов и трубопроводостроительных материалов и изделий 2-527

Лаборатория включает в себя стенд для моделирования НДС трубопроводов (рисунки 2.4-2.5) и целый ряд оборудования для исследования и испытания трубопроводостроительных материалов и изделий.

Стенд для моделирования НДС трубопроводов был реализован на базе УГНТУ при поддержке АО «Транснефть – Урал».



Рисунок 2.4 – Стенд для моделирования напряженно-деформированного состояния трубопроводов



Рисунок 2.5 – Вид стенда изнутри, узлы установки

Разработанный стенд моделирования НДС магистральных и промышленных трубопроводов, проложенных в сложных геологических условиях предназначен для обучения студентов, магистрантов, аспирантов, визуализации процессов, а также проведения исследовательских работ научно-педагогическим составом, а именно:

- формирование базовых знаний оброчающегося о технологиях мониторинга технического состояния, методах сооружения и ремонта трубопроводов;
- ознакомление с нормируемыми показателями;
- изучение характера деформаций трубопровода при возникновении различных грунтовых процессов;
- ознакомление с методами мониторинга трубопроводов, проложенных в различных сложных условиях (оползни, многолетнемерзлые грунты (ММГ), просадки, болота и др.);
- разработка системы непрерывного мониторинга НДС трубопровода;
- изучение работы в SCADA системах и интегрирование результатов моделирования на реальный объект, сравнение с показаниями датчиков;
- создание цифрового двойника участка трубопровода в опасных условиях.

Конструкция установки имеет следующие возможности:

- моделирование различной глубины залегания трубопровода (подземная, наземная и надземная прокладка);
- моделирование оползневых процессов на любом участке трубопровода (за счет передвижения части грунта в горизонтальном направлении);
- моделирование процессов просадки трубопровода на любом участке трубопровода (за счет передвижения части грунта в вертикальном направлении);
- моделирование различных расчетных схем и опорных закреплений:
 - а) жесткая заделка в начале и конце трубопровода;
 - б) шарнирные опоры в начале и конце трубопровода.
- моделирование производства строительно-монтажных работ – демонстрация укладки плети трубопровода в траншею трубоукладчиками;
- нагнетание внутреннего давления в трубопроводе.

Установка позволяет проводить сравнение полученных данных с компьютерным моделированием на соответствующем программном обеспечении (ПО) в режиме реального времени.

На кафедре «Сооружение и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ» имеется целый ряд оборудования для исследования и испытания трубопроводостроительных материалов и изделий. Лабораторные и научно-исследовательские работы в этой области выполняют преподаватели, бакалавры, магистранты, аспиранты кафедры. В таблице 2.3 приведен перечень основного оборудования и его описание.

Таблица 2.3 – Перечень основного оборудования лаборатории и его описание

Адгезиметр АП-1М	Предназначен для измерения и контроля адгезионной прочности покрытия на различных конструкциях, а также для определения адгезии полимерных изоляционных лент, как правило используемых для изоляции трубопроводов. Контроль осуществляется по методу А, согласно Приложения Б.1 ГОСТ Р 51164-98.
Адгезиметр СМ-1М	Является прибором для измерения адгезии битумной изоляции трубопроводов, а также других изоляционных покрытий на битумной основе. Представляет собой механический прибор, позволяющий определять адгезию как качественно, так и количественно, измеряя силу прилипания битумной изоляции к поверхности трубопровода. Прибор позволяет проводить измерения при проведении испытаний, плановых осмотрах металлоконструкций и трубопроводов, после выполнения монтажа, а также после выполнения ремонтов на предмет выявления дефектов нанесения изоляции, а также для последующего мониторинга качества выполненных работ. Прибор успешно применяется как в полевых, так и в лабораторных (цеховых) условиях. Адгезиметр СМ-1М применяется согласно ГОСТ Р 51164-98.
Прибор ударный NOVOTEST УДАР У1-51164	Предназначен для определения прочности при ударе защитного покрытия магистральных стальных трубопроводов. Прибор произведен по ГОСТ 51164-98 (приложение А), и соответствует требованиям стандартов.
Прибора для определения адгезии и устойчивости покрытий к повреждению царапанием NOVOTEST Ц1-М.	Прибор предназначен для определения адгезии и устойчивости к повреждению царапанием по ASTM D 2197 «Метод определения адгезии органических покрытий с помощью царапания». Прибор соответствует требованиям ISO 12137-1, ASTM D 5178, ASTM D 2197.
Прибор «Кольцо и шар» КИШ-15Н.	Прибор предназначен для определения температуры размягчения битума нефтяного по кольцу и шару согласно ГОСТ 32054-2013.
Маятниковый копер МК-30а	Маятниковый копер МК-30а с переменным запасом энергии до 30 кгм предназначается для испытания материалов на ударную вязкость по ГОСТ 10708-82.

Таблица 2.3 – Продолжение

Виброгрохот «Minor 200»	Представляет собой хорошо спроектированный и качественно изготовленный ситовый анализатор гранулометрического состава различных строительных материалов. Благодаря своей компактности и мобильности (вес всего 17 кг) вибросит идеально подходит для лабораторного использования. Привод электромагнитный для бесшумной, не требующей дополнительного обслуживания работы. Диапазон измерений 38 мкм – 125 мм. Загрузка до 4 кг. Отвечает требованиям AASHTO T 27, стандартам СЕ.
--------------------------------	--

3 Оборудование и программное обеспечение кафедры «Гидрогазодинамика трубопроводных систем и гидромашины»

3.1 Лаборатория «Диагностики объектов добычи, транспорта и переработки нефти и газа» 2-418

Лаборатория «Диагностики объектов добычи, транспорта и переработки нефти и газа» укомплектована современным оборудованием, позволяющим обучать студентов проводить комплексную диагностику оборудования нефтегазовой отрасли методами неразрушающего контроля, вести научно-исследовательскую деятельность по данному направлению. Данная лаборатория позволяет проводить занятия по дисциплинам «Надежность нефтегазовых объектов», «Техническая диагностика трубопроводных систем», «Методы диагностики трубопроводных систем», «Эксплуатация и диагностика оборудования трубопроводного транспорта».

В состав лаборатории входят ПК и интерактивная панель, предназначенные для записи, обработки и хранения результатов диагностирования, а также выполнению студентами практических расчетно-графических работ.

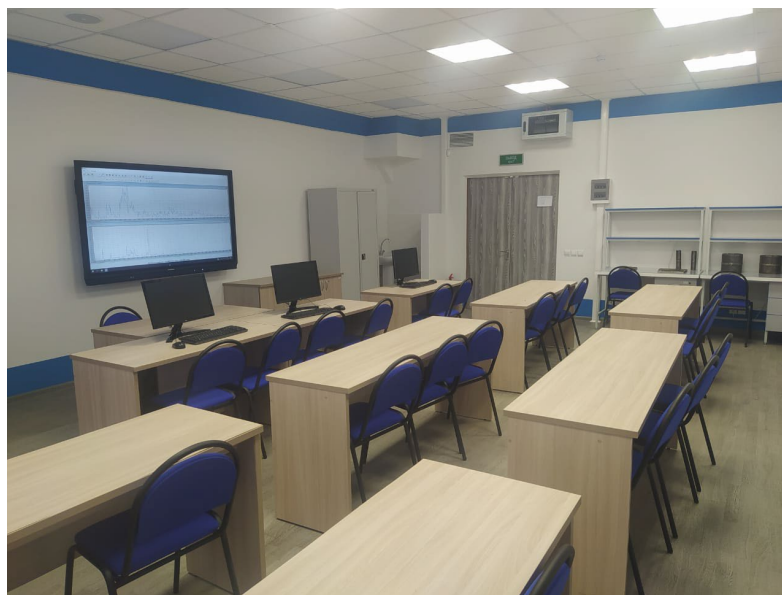


Рисунок 3.1 – Лаборатория диагностики объектов добычи, транспорта и переработки нефти и газа

В лаборатории размещены комплекты, обучающие информационных плакаты, на которых изложены теоретические выкладки по неразрушающим методам контроля.

Перечень диагностического оборудования, входящим в состав лаборатории представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Перечень диагностического оборудования

№ п/п	Наименование	Изображение	Назначение
1	Ультразвуковой дефектоскоп УД9812 Уралец		Ультразвуковой дефектоскоп УД9812 Уралец – прибор общего назначения, предназначенный для неразрушающего контроля изделий из металла и пластмасс толщиной от 0,5 мм до 6000 мм на наличие дефектов типа нарушения сплошности и однородности. Подробнее: https://fpribor.ru/products/ud9812
2	Комплект ВИК		Комплект инструментов ВИК используют для производства контроля при визуально-измерительном обследовании.
3	Магнитометр универсальный графический		Магнитометр универсальный графический предназначен для измерения индукции и напряженности постоянного магнитного поля и исследования его топографии в диапазоне $\pm 10\,000$ мТл. Подробнее: https://ntc-spector.ru/

Таблица 3.1 – Продолжение

4	Размагничивающий комплект РК-02		Размагничивание локальных участков конструкций и изделий из ферромагнитных материалов, в частности, зоны сварки металла около кромок стальных труб при строительстве и ремонте стальных трубопроводов различного назначения. Подробнее: https://ntc-spector.ru/
5	Портативный электромагнитный сканер-дефектоскоп РСД-16 «Вейвлет»		Сканер-дефектоскоп РСД-16 «Вейвлет» предназначен для электромагнитного (вихретокового) контроля стальных изделий и металлоконструкций на наличие на поверхности металла дефектов сплошности типа трещин и коррозионных повреждений металла. Подробнее: https://ntc-spector.ru/
6	Магнитометрический комплекс многоканальный «Тритон»		Магнитометрический комплекс «Тритон» предназначен для проведения автоматизированных измерений пространственных компонент вектора и градиента магнитного поля Земли, а также локальных возмущений, на суше и под водой. Области применения: – автоматизированный поиск и картографирование геомагнитных аномалий на суше и под водой; – поиск и трассировка подземных коммуникаций; – решение обратной задачи геофизики; – многоканальная станция геомагнитного мониторинга; – дистанционная магнитометрия и мониторинг напряженного состояния подземных и подводных стальных трубопроводов. Подробнее: https://ntc-spector.ru/

Таблица 3.1 – Продолжение

7	Видеоэндоскоп ВГУ-ТС		Назначение: прибор для визуального контроля и промышленной эндоскопии, позволяет выявлять дефекты конструкций, машин, механизмов и других объектов без нарушения целостности исследуемого предмета.
8	Индикатор механического напряжения металла ИН-01м		Индикатор механического напряжения металла ИН-01м предназначен для косвенной оценки величины механического напряжения металла локального участка стального изделия, металлоконструкции, изготовленного из конструкционной стали, по значению напряженности поля остаточной намагниченности металла. Подробнее: https://ntc-spector.ru/
9	Твердомер ультразвуковой МЕТ-У1А		Твердомер МЕТ-У1 предназначен для локального измерения твердости различных изделий методом ультразвукового контактного импеданса (UCI) по шкалам Бринелля (НВ), Роквелла (HRC), Виккерса (HV), Шора «D» (HSD), а также для определения предела прочности на растяжение изделий из углеродистых сталей перлитного класса. Подробнее: https://www.tverdomer.ru/products/portable-hardness-testers/u1/
10	Виброанализатор двухканальный Диана-2М		Анализатор вибрации двухканальный «Диана-2М» (виброанализатор) предназначен для диагностики состояния и балансировки вращающегося оборудования. Подробнее: https://vibrocenter.ru/diana2m.htm

Таблица 3.1 – Продолжение

11	Электромагнитный комплекс снижения остаточных механических напряжений металла ЭМО-01 (комплект с ИН-01м)		Электромагнитный комплекс снижения остаточных механических напряжений металла ЭМО-01 предназначен для снижения остаточных механических напряжений в элементах металлоконструкций и промышленном оборудовании, изготовленном из конструкционных сталей, за счет воздействия электромагнитного поля.
12	Индикатор механического напряжения металла сканирующего типа ИН-02		Индикатор механического напряжения металла ИН-02 сканирующего типа предназначен для непрерывного контроля величины механического напряжения металла стального изделия, металлоконструкции, изготовленного из конструкционной стали, по распределению напряженности поля остаточной намагниченности металла. Подробнее: https://ntc-spector.ru/
13	Намагничивающее устройство на постоянных магнитах УНПМ-2ЭС-М		Ручные магниты УНПМ-ЭС, предназначены для намагничивания деталей, узлов и конструкций из ферромагнитных сплавов при неразрушающем контроле магнитопорошковым методом. Магниты позволяют выявлять поверхностные дефекты - трещины, непровары и т.д.

3.2 Специализированная лаборатория «Эксплуатация трубопроводов в осложнённых условиях» имени профессора УГНТУ П.И. Тугунова 2-419

Лаборатория оборудована современным компьютерным оборудованием и интерактивной панелью, позволяющими проводить практических и лабораторных занятий в дистанционном формате непосредственно из аудитории по дисциплинам «Экс-

плуатация трубопроводных систем в осложненных условиях», «Эксплуатация трубопроводов в условиях мерзлоты и повышенной коррозионной активности», «Ресурсосбережение при эксплуатации газонефтехранилищ».

Компьютеры аудитории предназначены для проведения расчетного моделирования и прогнозирования тепловых режимов многолетнемерзлых грунтов в условиях теплового влияния трубопроводов, добывающих скважин, гидротехнических и других сооружений с учетом термостабилизации грунта в среде Frost3D.

В лаборатории также установлен макет сезонно-действующего охлаждающего устройства (СОУ).



Рисунок 3.2 – Специализированная лаборатория «Эксплуатация трубопроводов в осложнённых условиях» имени профессора УГНТУ П.И. Тугунова.

3.3 Лаборатория «Виртуальная симуляция производственных процессов в нефтегазовой сфере» 2-420

Лаборатория в формате смарт-холла оборудована VR-тренажёром «Компрессорная станция», в состав которого входят ряд практических работ в шлемах виртуальной реальности (рисунок 3.3, 3.4), также предназначена для изучения студентами специализированных интерактивных обучающих систем, виртуальных лабораторных работ и тренажеров в рамках широкого спектра изучаемых дисциплин «Эксплуатация компрессорных станций», «Эксплуатация компрессорных станций и газораспределительных станций», «Производство, транспорт и хранение сжиженных углеводородных газов», «Проектирование и эксплуатация газопроводов и газохранилищ», «Эксплуатация оборудования компрессорных станций», «Насосы и компрессоры», «Подготовка нефти и газа к транспорту», «Газотурбинные установки», «Системы измерения и контроля качества углеводородов» и многих других».



Рисунок 3.3 – VR-шлем



Рисунок 3.4 – Лаборатория «Виртуальная симуляция производственных процессов в нефтегазовой сфере»

Общее количество виртуальных систем, тренажеров и лабораторных работ (включая VR) составляет 110 штук. В качестве примера можно привести:

- «Компримирование газа на АГНКС» (интерактивный тренажёр);
- «Конструкция и обслуживание центробежных насосов на газоперерабатывающих предприятиях» (автоматизированная обучающая система);
- «Обслуживание газотурбинного двигателя АЛ-31СТН агрегата ГПА-Ц1-16Л» (автоматизированная обучающая система);
- «Управление агрегатом ГПА-12Р «Урал» (интерактивный тренажёр);
- «Эксплуатация газонаполнительной станции сжиженного газа» (интерактивный тренажёр);
- «Эксплуатация измерительного комплекса SuperFlo-IIЕ» (интерактивный тренажёр) и другие.

В состав лаборатории также входит 3D тренажёр линейного трубопровода, позволяющий студентом познакомиться с основными видами работ, техникой и оборудованием, применяемым при обслуживании линейной части магистрального трубопровода.

3.4 Лаборатория изучения конструкций гидромашин 2-421

Лаборатория предназначена для ведения лабораторных и практических работ по дисциплинам «Насосы и компрессоры», «Гидромашины и компрессоры», «Нагнетательные машины и гидропривод». Лаборатория оборудована интерактивной панелью и компьютером для демонстрации иллюстрационного материала к практическим и лабораторным работам, а также работе с виртуальными обучающими системами. На аудиторных стендах располагаются натурные образцы различных деталей насосов и компрессоров.

В лаборатории находится в качестве натуральных образцов центробежный и поршневой насосы с вырезами в корпусе, предназначенные для изучения конструкций и принципов действия гидромашин.



Рисунок 3.5 – Лаборатория изучения конструкций гидромашин



Рисунок 3.6 – Центробежный насос с вырезом



Рисунок 3.7 – Учебные макеты деталей насосов и компрессоров

3.5 Лаборатория «Магистральный транспорт углеводородов» 2-424

Лаборатория оборудована ПК для работы студентов, интерактивной панелью, натурными образцами деталей компрессоров. Установленное на компьютерах ПО позволяет студентам решать практические задачи, связанные с магистральным транспортом газа, моделировать технологические процессы, учиться оптимизировать процесс перекачки природного газа.

Лаборатория приспособлена для ведения практических и лабораторных занятий по таким дисциплинам как: «Эксплуатация компрессорных станций», «Проектирование и эксплуатация газопроводов и газохранилищ», «Эксплуатация оборудования компрессорных станций», «Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций», «Проектирование и эксплуатация газопроводов», «Проектирование и эксплуатация нефте- и нефтепродуктопроводов».

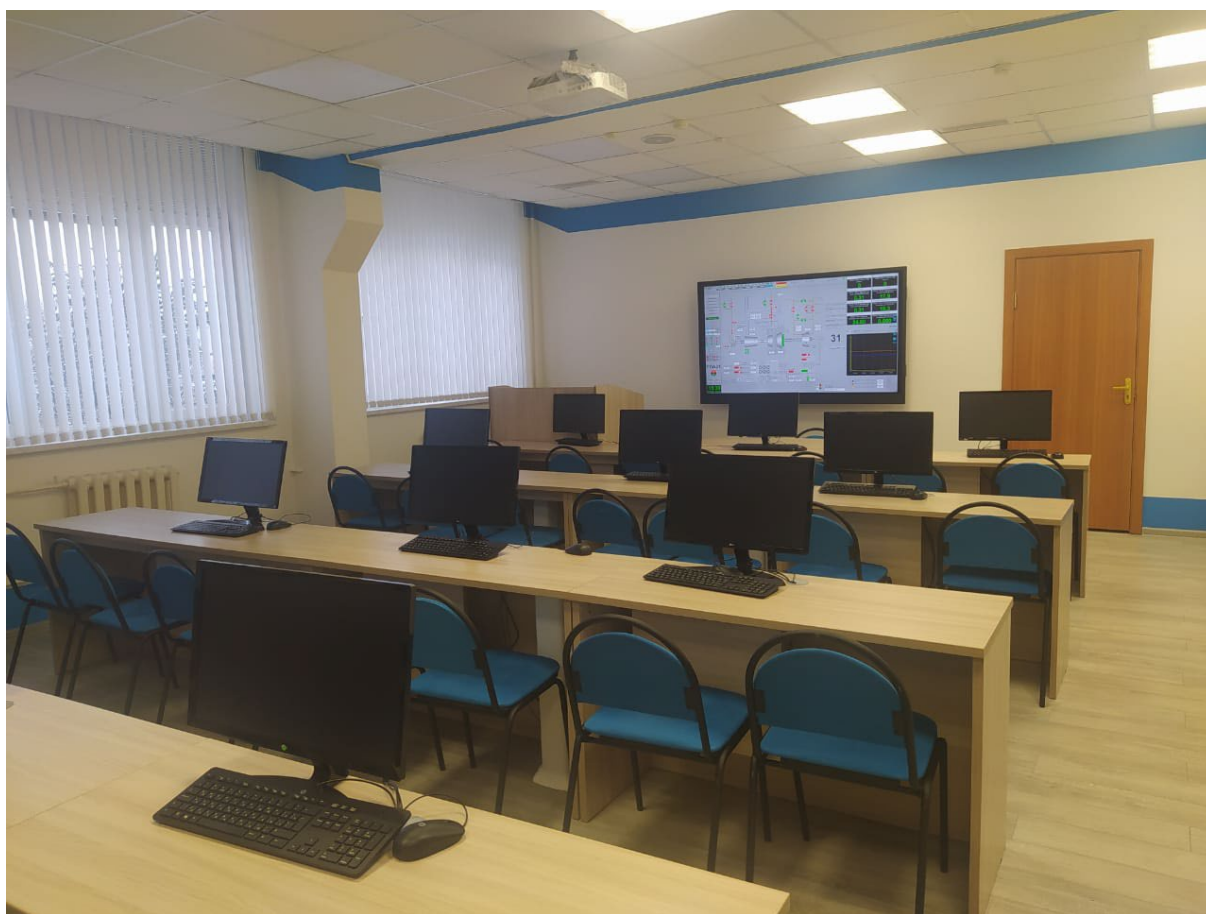


Рисунок 3.8 – Лаборатория «Магистральный транспорт углеводородов»



Рисунок 3.9 – Стенд с демонстрационными деталями и оборудованием

В состав специализированного ПО входят:

1. **ПВК «Веста-Тренажёр».** Тренажёрный комплекс предназначен для обучения студентов и повышения квалификации персонала в области диспетчерского управления газотранспортной системы. Охватывает все основные уровни диспетчерского управления, позволяет самостоятельно составлять технологические схемы участков газопровода, проводить вычислительные эксперименты по моделированию различных эксплуатационных режимов с последующим анализом результатов, проводить противоаварийные тренировки на учебно-тренировочных задачах и многое другое.

2. **Тренажер операторов нефтеперекачивающих станций.** Тренажер операторов предназначен для обучения студентов основам управления технологическим оборудованием нефтеперекачивающих станций (НПС) в нормальных и аварийных режимах работы с использованием комплекса технических средств микропроцессорной автоматики, а также для обучения умению пользоваться формируемыми оперативными сводками, трендами, сообщениями и т.д. Комплекс позволяет имитировать работу оборудования НПС и линейной части, запуск и остановку трубопровода, вывод

его на требуемый технологический режим, параллельно-последовательный режим перекачки, работу системы регулирования давления, оценить влияние лупингов и путевых подкачек, прорыв трубопровода с расчетом объема выхода нефти.

3. Моделирующий комплекс операторов и диспетчеров нефтебазы с железнодорожными эстакадами и причальными сооружениями на базе участка ВСТО-2 и спецморнефтепорта «Козьмино». Модель нефтебазы с железнодорожной эстакадой и причальными сооружениями предназначена для проведения исследовательских работ в области технологических переключений, алгоритмов, автоматики, а также для обучения студентов управлению технологическим участком нефтепроводов в нормальных и аварийных режимах работы с использованием комплекса технических средств микропроцессорной автоматики.

4. Тренажёр газотранспорта. Предназначен для обучения эксплуатации оборудования газовых объектов в нормальных и аварийных режимах работы с использованием комплекса программно-технических средств, моделирующих работу оборудования магистрального газопровода. Комплекс осуществляет имитацию основных нештатных и аварийных ситуаций. Имеется возможность составления различных сценариев развития аварийных и нештатных ситуаций с комбинированием по времени и различным параметрам оборудования.

5. 3D-модель НПС. 3D-модель реализует подробную модель НПС со всем основным оборудованием, включая подземную часть. Модель стыкуется с тренажером диспетчеров магистрального транспорта нефти для достижения наибольшей наглядности процесса обучения.

3D-модель компрессорной станции (КС). 3D-модель реализует подробную модель двух компрессорных цехов со всем основным оборудованием. Модель стыкуется с тренажером газотранспорта для достижения наибольшей наглядности процесса обучения.

3.6 Лаборатория гидравлики 1-154

Помещение оснащено лабораторными установками для изучения механики жидкости и газа, предназначено для проведения лабораторных работ по таким дисциплинам как «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика», «Механика жидкости и газа».

Перечень учебных лабораторных установок, входящих в состав лаборатории приведён в таблице 3.2, а их внешний вид представлен на рисунках 3.10-3.14.

Таблица 3.2 – Перечень лабораторных установок лаборатории гидравлики

№ п/п	Наименование	Назначение
1	Лабораторная установка «Измерение давления»	Установка предназначена для обучения студентов работе с различными средствами измерения давления, входящим в состав установки: барометр, пьезометр, манометр пружинный, жидкостной дифференциальный манометр, вакууметр пружинный. В состав установки также входят: сосуд с жидкостью, водомерное стекло, воздушный насос, проходные краны.
2	Лабораторная установка «Относительный покой жидкости в цилиндре, вращающемся вокруг вертикальной оси»	Установка предназначена для изучения закономерностей относительного покоя жидкости в цилиндре, вращающемся вокруг вертикальной оси, устройства и принципа работы жидкостного тахометра. Установка состоит из стеклянного цилиндра, вставленного в обойму, который приводится во вращение электродвигателем через клиноременную передачу. Электродвигатель подключен к электросети через реостат, что позволяет с помощью регулятора изменять число оборотов цилиндра. Также в состав установки входит оптический лазерный тахометр Testo 465.
3	Лабораторная установка «Построение линий энергии и потенциальной энергии»	Лабораторная установка предназначена для изучения закономерностей движения потока реальной жидкости в трубе переменного сечения в соответствии с уравнением Бернулли. Лабораторная установка из напорного бака, опытной трубы, регулировочного вентиля и мерного бачка, а также щита с измерительными шкалами и пьезометрами.
4	Лабораторная установка «Определение критического числа Рейнольдса»	Лабораторная установка предназначена для визуального наблюдения за характером течения жидкости и его изменением, а также определения критического числа Рейнольдса. Установка состоит из напорного бака с успокоителем, смонтированного на подставке, стеклянной трубы с регулировочным вентилем и ступенчатого мерного бака с водомерным стеклом. В напорный бак вода подводится по трубе с регулировочным краном. Подача чернил из емкости происходит по капилляру с краником, управляемым рукояткой.

Таблица 3.2 – Продолжение

5	Лабораторная установка «Водомер Вентури»	Лабораторная установка предназначена для изучения принципа действия дроссельных расходомеров. Установка состоит из водомера Вентури, установленного на трубопроводе, подключенного к распределительному баку. Включение установки в работу осуществляется с помощью вентиля. Вентиль служит для регулирования расхода. Измерение расхода производится с помощью мерного бака. Кроме того, на установке имеется щит с дифференциальным пьезометром, с помощью которого измеряется разность гидростатических напоров.
6	Лабораторная установка «Определение коэффициента Дарси при течении жидкости в прямой круглой трубе»	Лабораторная установка предназначена для изучения явления потерь напора при движении жидкости в прямых круглых трубах при движении реальной жидкости и выявить влияние шероховатости и числа Рейнольдса на коэффициент Дарси. Установка состоит из горизонтального участка трубопровода, напорного бака, регулировочного вентиля, ступенчатого мерного бака, двух пьезометров.
7	Лабораторная установка «Определение коэффициентов местных сопротивлений»	Лабораторная установка предназначена для изучения явления гидравлических потерь в местных сопротивлениях. Установка состоит из трубопровода, на котором установлены местные сопротивления (резкий поворот, внезапное расширение, внезапное сужение, плавный поворот), напорного бака, регулировочного вентиля, мерного бака, щита с измерительной шкалой и пьезометрами.
8	Лабораторная установка «Истечение жидкости через отверстия и насадки, определение силы воздействия струи на преграду».	Лабораторная установка предназначена для изучения явления истечения жидкости через малые отверстия и насадки, а также изучения динамического воздействия струи на преграду. Установка включает в себя напорный бак, снабженный гребенкой кранов, с помощью которых в баке устанавливаются различные уровни воды, лоток для приема вытекающей струи и измерительные приспособления: координатные линейки, водомерный бачок, вакуумметр и водомерное стекло, а также блок препятствий с системой замера.
9	Лабораторная установка «Гидравлический удар»	Лабораторная установка предназначена для изучения явления гидравлического удара в трубопроводных системах и локализации повреждений в трубопроводе с помощью гидроудара. Лабораторная установка состоит из трубопровода, выполненного в виде змеевика, который через пневмоаккумулятор соединен с водопроводом. Для мгновенного перекрытия трубопровода установлен кран. Измерение давления проводится с помощью тензометрического датчика, показания которого выводятся на экран персонального компьютера в виде диаграммы изменения давления в точке установки датчика во времени.



Рисунок 3.10 – Лабораторная установка «Истечение жидкости через отверстия и насадки, определение силы воздействия струи на преграду»; «Гидравлический удар»



Рисунок 3.11 – Лабораторная установка «Относительный покой жидкости в цилиндре, вращающемся вокруг вертикальной оси»



Рисунок 3.12 – Лабораторная установка «Определение критического числа Рейнольдса»



Рисунок 3.13 – Лабораторная установка «Измерение давления»



Рисунок 3.14 – Лабораторная установка «Построение линий энергии и потенциальной энергии»; «Водомер Вентури»; «Определение коэффициентов местных сопротивлений»; «Определение коэффициента Дарси при течении жидкости в прямой круглой трубе»

3.7 Лаборатория испытания гидромашин 1-129

Лаборатория оснащена стендами с действующим насосным и компрессорным оборудованием, предназначена для проведения лабораторных работ, связанных с испытаниями и эксплуатацией насосов и компрессоров, по таким дисциплинам как: «Насосы и компрессоры», «Гидромашины и компрессоры», «Нагнетательные машины и гидропривод».

В таблице 3.3 представлен список основного оборудования лаборатории, а на рисунках 3.15-3.22 представлено их функциональное расположение в лаборатории.

Таблица 3.3 – Перечень основного оборудования лаборатории испытания гидромашин

№ п/п	Наименование	Назначение
1	Насос центробежный Д 200-36 с электроприводом	Проведение нормальных испытаний центробежного насоса, параметрическая диагностика, определение КПД насоса.
2	Насос поршневой НБ 32 с электроприводом	Проведение испытаний поршневого насоса
3	Компрессор поршневой воздушный ВУ-3/8 с водяным охлаждением	Проведение испытаний поршневого компрессора
4	Центробежный консольный насос 1К 20/30	Проведение кавитационных испытаний
5	Центробежные консольные насосы (2 шт.) 1,5К – 6.	Изучение совместной работы насосов работу насосов на различных режимах и в различных сочетаниях соединений.
6	Компрессор «Fubag»	Построение линий изменения газодинамических параметров по длине газопровода
7	Толщинометр «Булат 1S»	Проведение толщинометрии трубопроводов
8	Лазерная система «КВАНТ-Л-П»	Центровка валов насосных агрегатов, а также других механизмов
9	Учебный стенд «Квант-Стенд»	Учебный стенд для проведения тренингов по горизонтальной центровке «КВАНТ-Стенд»
10	Учебный стенд «Протон-Стенд»	Учебный стенд для проведения тренингов по балансировке и вибродиагностики оборудования «Протон-Стенд
11	Анализатор вибросигналов 8-канальный «Диана-8»	Проведения вибродиагностики различного вида оборудования, в том числе насосно-силового и компрессорного.



Рисунок 3.15 – Лабораторная установка «Снятие стеновой характеристики ступени турбины турбобура»; «Нормальные испытания центробежного насоса»



Рисунок 3.16 – Элементы конструкции центробежных насосов»



Рисунок 3.17 – Лабораторная установка «Испытание поршневого насоса»



Рисунок 3.18 – Лабораторная установка «Испытание поршневого насоса»



Рисунок 3.19 – Лабораторная установка «Кавитационные испытания центробежного насоса»

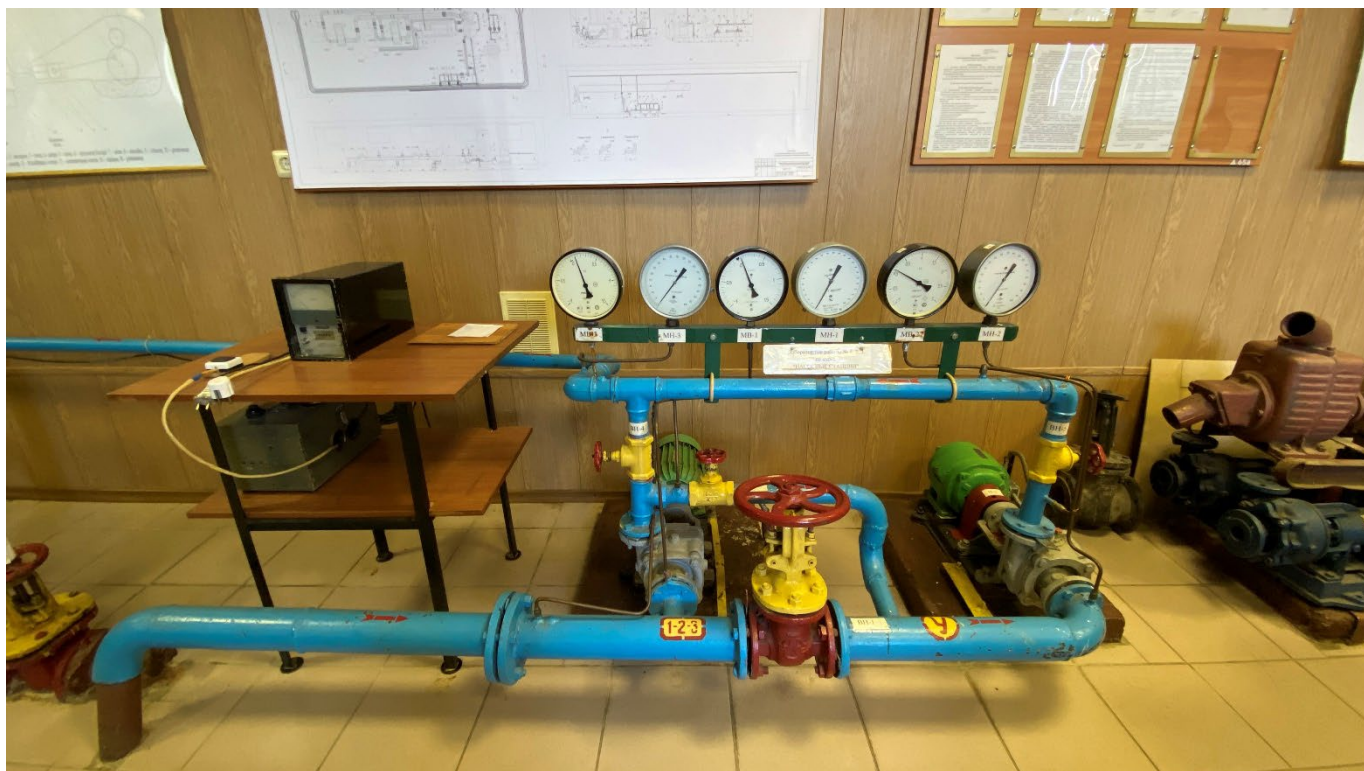


Рисунок 3.20 – Лабораторная установка по курсу «Насосные станции»



Рисунок 3.21 – Лабораторная установка «Испытание поршневого компрессора»

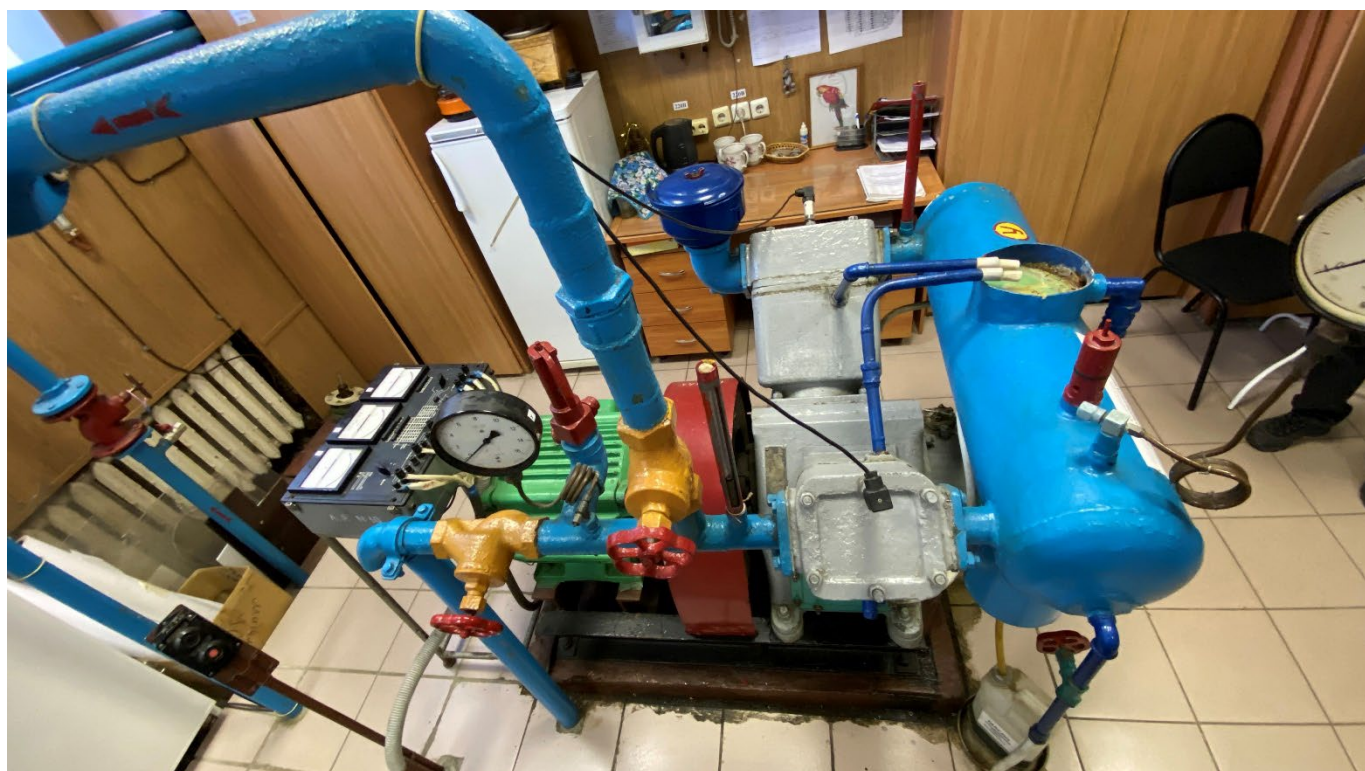


Рисунок 3.22 – Лабораторная установка «Испытание поршневого компрессора»

К работам, выполняемым в данной лаборатории, относятся: нормальные испытания центробежного насоса, испытания поршневого компрессора, кавитационные испытания центробежного насоса, совместная и параллельная работа насосов на трубопровод, построение линий изменения газодинамических параметров по длине газопровода, центровка и балансировка валов, проведение вибродиагностики насосно-силового оборудования, а также лабораторных работ по проведению толщинометрии.

Насосное и компрессорное оборудование укомплектовано контрольно-измерительными приборами: турбинные расходомеры, диафрагменный расходомер, пружинные манометры и мановакууметры, датчики давления, термометры, динамометры, ваттметры и другие.

3.8 Лаборатория газовой динамики и реологии 1-130

Лаборатория предназначена для проведения учебных занятий по таким дисциплинам как: «Механика грунтов», «Реология углеводородов», «Подземная гидромеханика», «Эксплуатация трубопроводов в осложненных условиях».

На установках лаборатории также проводятся и научно-исследовательские работы. В лаборатории установлен ПК для обработки и хранения экспериментальных данных.

В таблице 3.4 приведён список основного оборудования лаборатории, а на рисунках 3.23-3.24 представлен их внешний вид.

Таблица 3.4 – Список основного оборудования лаборатории газовой динамики и реологии

№ п/п	Наименование	Изображение	Описание
1	Вискозиметр Гепплера		Данный вискозиметр с падающим шариком использует принцип измерений, разработанный Гепплером, обеспечивающий простое и точное измерение динамической вязкости прозрачных ньютоновских жидкостей.
2	Капиллярный вискозиметр		Предназначен для определения кинематической вязкости прозрачных жидкостей.
3	Вискозиметр Энглера		Вискозиметр Энглера позволяет определить условную вязкость (время истечения) жидких сред, обеспечивающих непрерывную струю за всё время истечения.

№ п/п	Наименование	Изображение	Описание
4	Установка по измерению степени пучинистости грунта (УПГ-МГ4.01/3)		Прибор УПГ-МГ4.01/Н «Грунт» предназначен для определения степени пучинистости грунта в лабораторных условиях по ГОСТ 28622-90. В состав установки также входят: сушильный шкаф и морозильная установка.
5	Экспериментальная установка для изучения одномерной установившейся фильтрации жидкости в пористой среде		Установка состоит из горизонтальной цилиндрической трубы, заполненной стеклянными шариками различного диаметра, сосуда Мариотта, пьезометров, мерного цилиндра.



Рисунок 3.23 – Вискозиметр Гепплера; капиллярный вискозиметр; вискозиметр Энглера



Рисунок 3.24 – Экспериментальная установка для изучения одномерной установившейся фильтрации жидкости в пористой среде

4 Оборудование и программное обеспечение кафедры «Промышленная теплоэнергетика»

4.1 Лаборатория теплопередачи 2-105

В аудитории проводятся лабораторные занятия по дисциплинам «Теплотехника» и «Тепломассообмен».

В аудитории установлены следующие лабораторные стенды (рисунок 4.1):

- определение коэффициента теплопроводности твердого тела «методом трубы»;
- определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции.

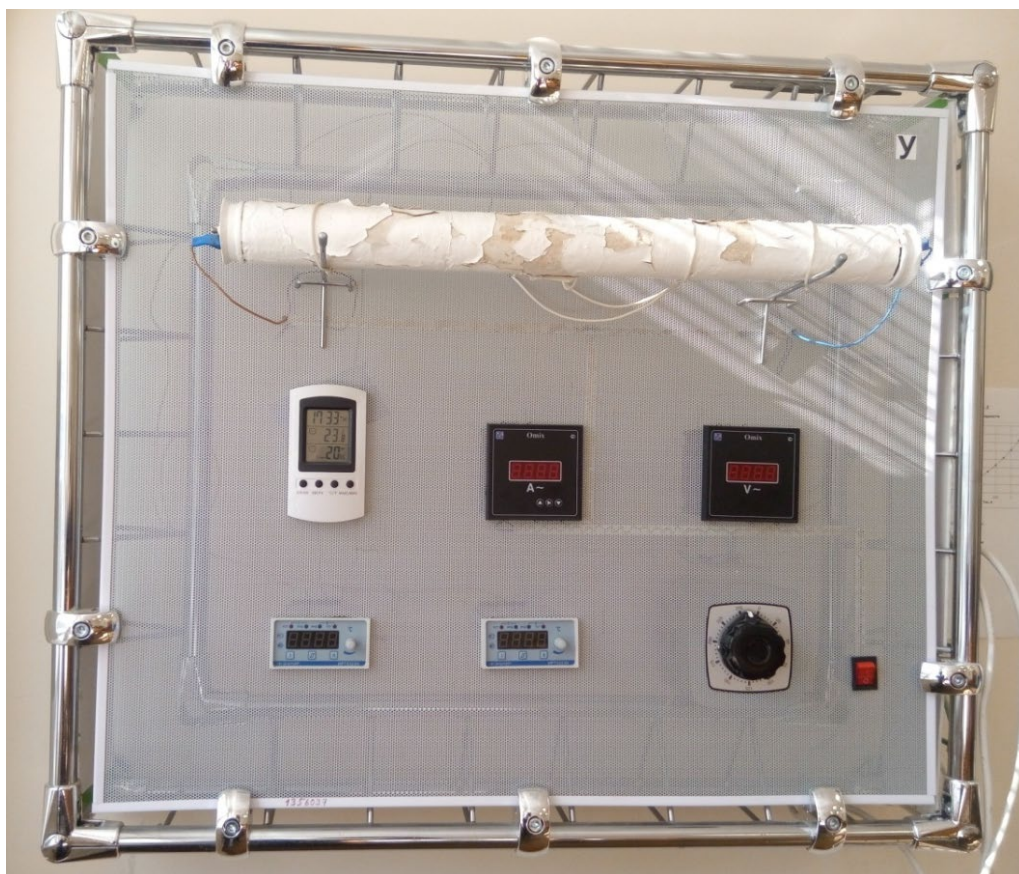


Рисунок 4.1 – Лабораторный стенд «Определение коэффициента теплопроводности и коэффициента теплоотдачи»

4.2 Лаборатория термодинамики 2-106

В лаборатории проводятся занятия по дисциплинам «Теплотехника», «Теплофизика» и «Техническая термодинамика».

В аудитории установлены следующие лабораторные стенды (рисунки 4.2-4.3):

- экспериментальное исследование параметров насыщенного водяного пара;
- экспериментальное определение параметров влажного воздуха;
- определение средней массовой теплоемкости воздуха при постоянном давлении;
- изучение гидродинамики насадочного колонного аппарата.



Рисунок 4.2 – Лабораторный стенд «Экспериментальное исследование параметров насыщенного водяного пар»



Рисунок 4.3 – Лабораторный стенд «Изучение гидродинамики насадочного колонного аппарата»

4.3 Лаборатория теплоснабжения 2-107

В лаборатории проводятся занятия по дисциплинам «Теплотехника», «Тепло-массообмен» и другие.

В аудитории установлены следующие лабораторные стенды (рисунки 4.4-4.5):

- изучение процессов теплопередачи в водо-водяном теплообменном аппарате (теплообменный аппарат);
- лабораторный стенд ТТ-1 для изучения приборов измерения термодинамических параметров.



Рисунок 4.4 – Лабораторный стенд «Теплообменный аппарат»



Рисунок 4.5 – Лабораторный стенд ТТ-1 для изучения средств измерения термодинамических параметров

4.4 Лаборатория энергетического оборудования 2-211

В лаборатории проводятся занятия по дисциплинам «Технологические энергоносители», «Тепломассообмен» и другие.

В аудитории установлены следующие лабораторные стенды (рисунки 4.6-4.10):

- модель абсорбционной холодильной установки ЕТ-480;
- модель абсорбционной системы охлаждения «Зарница»;
- изучение процесса кипения WL-220е;
- изучение работы теплообменных аппаратов различных конструкций WL-110;
- модель парокомпрессионной холодильной машины ЕТ-101;
- лаборатория определения качества воды для системы химводоподготовки.

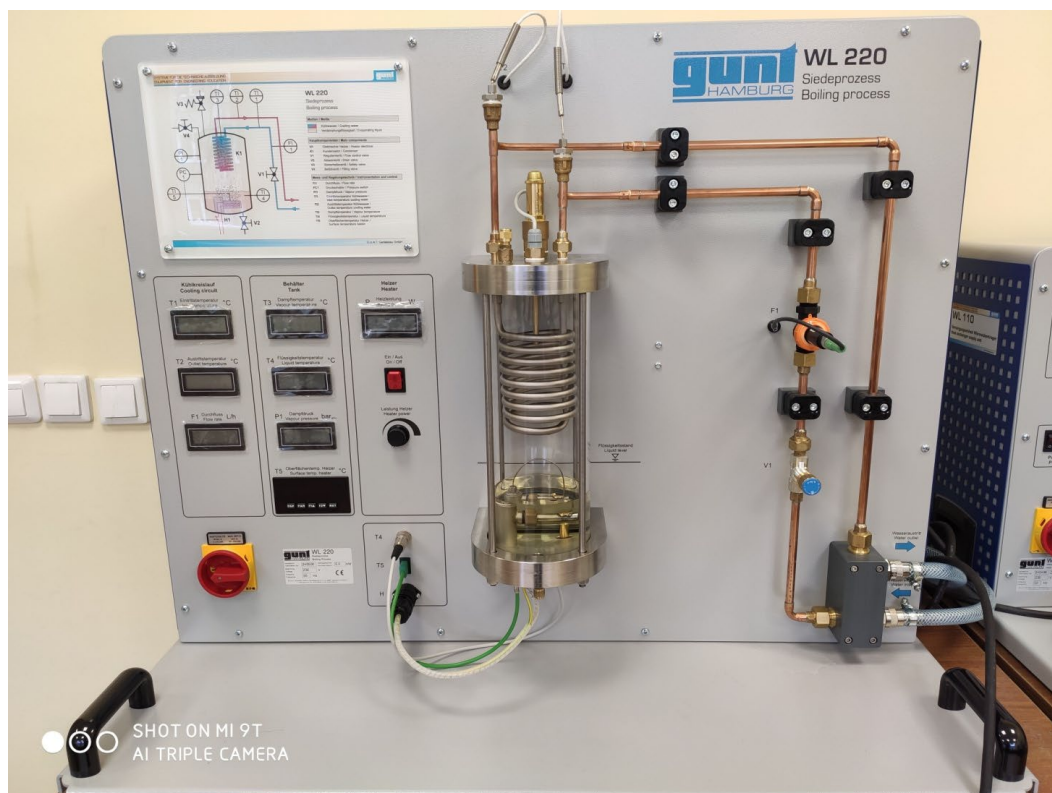


Рисунок 4.6 – Лабораторный стенд «Изучение процесса кипения WL-220е»

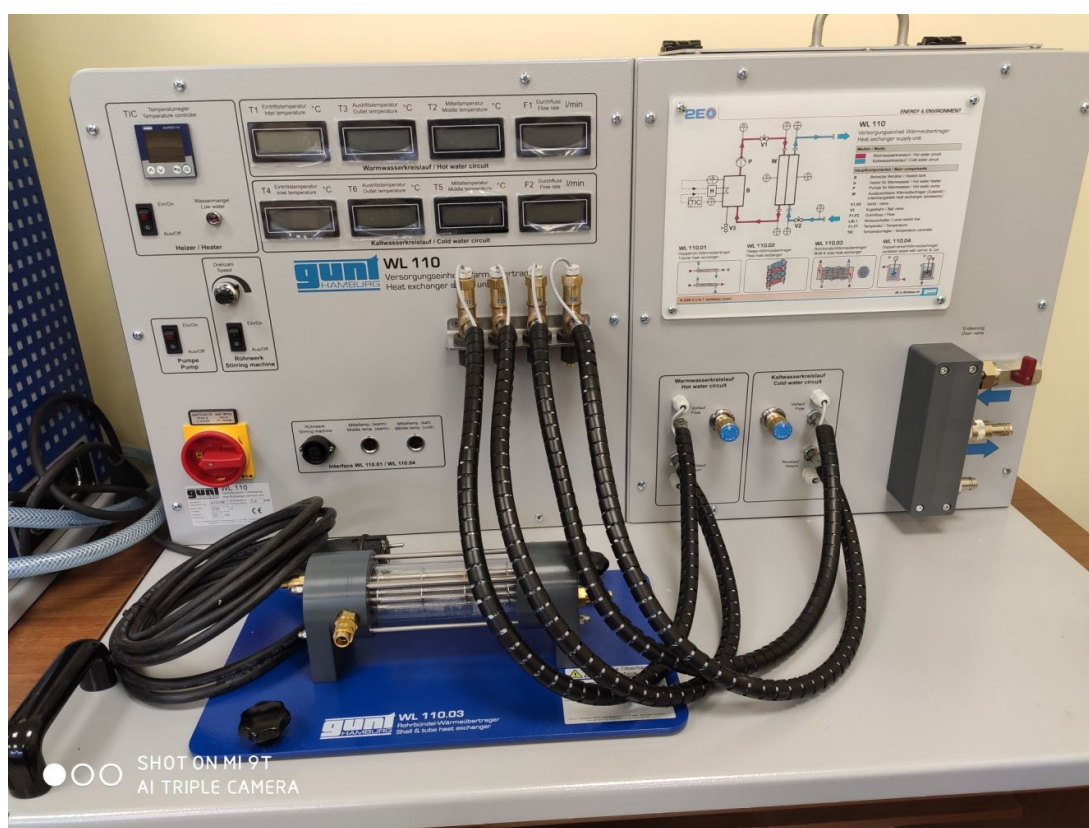


Рисунок 4.7 – Лабораторный стенд «Изучение работы теплообменных аппаратов различных конструкций WL-110»



Рисунок 4.8 – Лабораторный стенд «Модель парокомпрессионной холодильной машины ET-101»



Рисунок 4.9 – Лабораторный стенд «Модель абсорбционной холодильной установки ET-480»



Рисунок 4.10 – Лабораторный стенд «Модель абсорбционной системы охлаждения Зарница»

4.5 Лаборатория энергосбережения 2-219

В лаборатории установлены учебные лабораторные стенды (рисунки 4.11-4.18):

- исследование гидравлических режимов тепловых сетей;
- лабораторный стенд по теплосбережению;
- модель теплового насоса;
- лабораторно-исследовательский стенд для изучения фотоэлектрической системы;
- лабораторно-исследовательский стенд для изучения характеристик батареи солнечных элементов;
- определение физико-химической температурной депрессии растворов;
- тепловой баланс нагревательной печи (температура до 1250 °C);
- определение физико-химической температурной депрессии растворов;
- энергоэффективное регулирование работы центробежных насосов.

В таблице 4.1 представлен перечень основного оборудования лаборатории 2-219 и его описание.



Рисунок 4.11 – Лабораторный стенд «Исследование гидравлических режимов тепловых сетей»

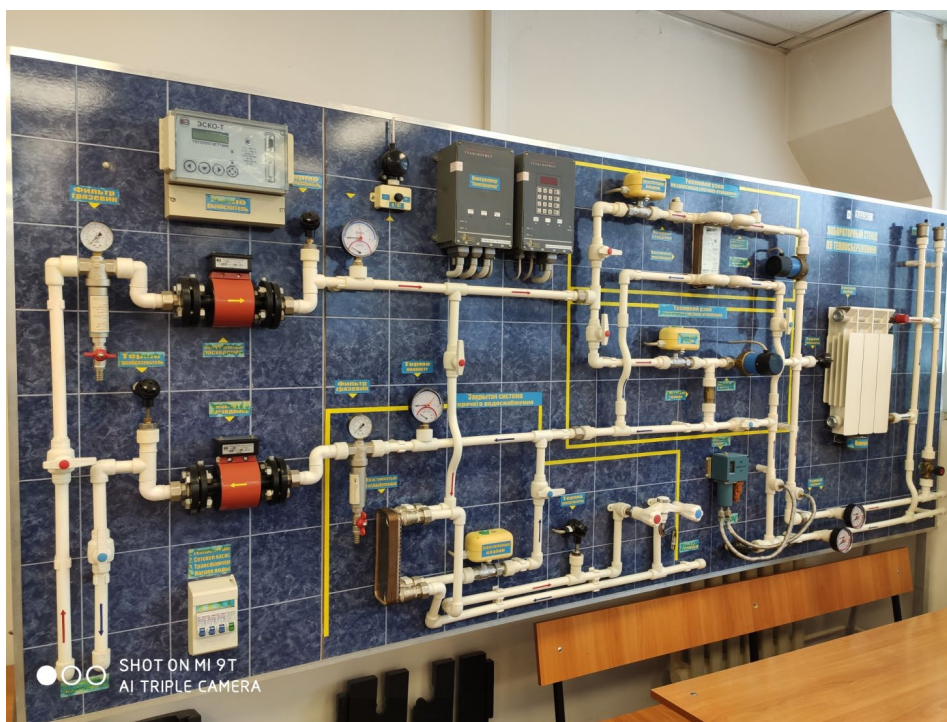


Рисунок 4.12 – Лабораторный стенд «Исследование гидравлических режимов»



Рисунок 4.13 – Модель теплового насоса



Рисунок 4.14 – Лабораторно-исследовательский стенд для изучения фотоэлектрической системы

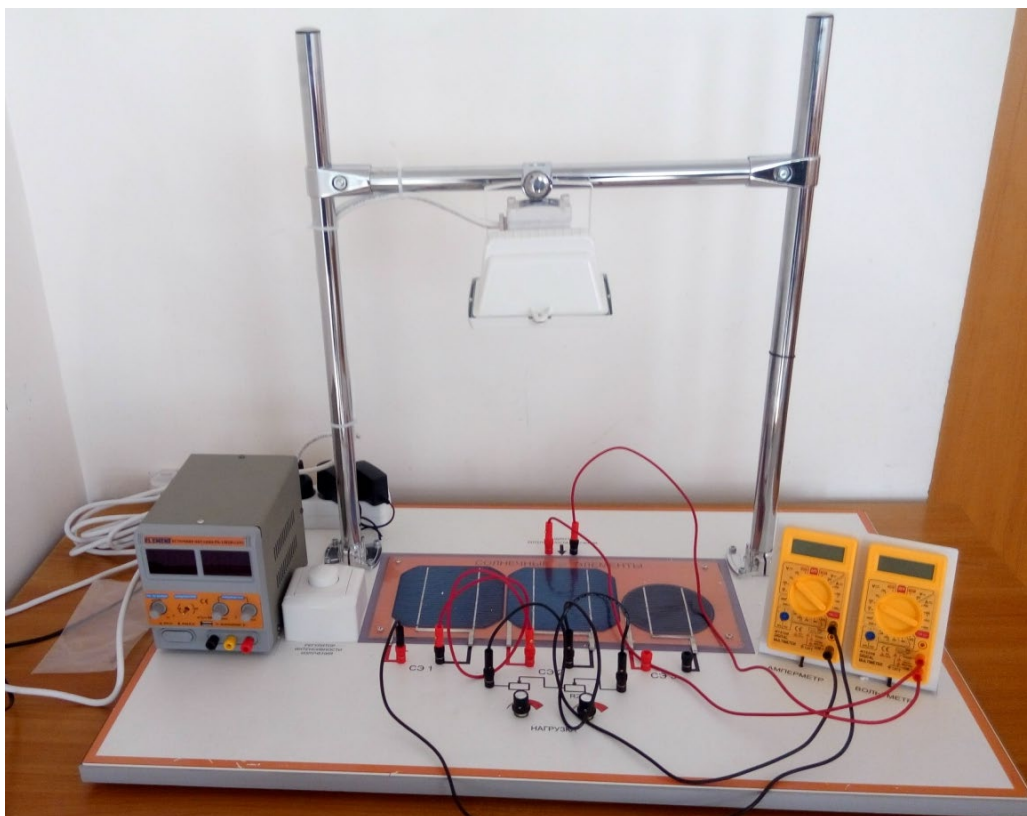


Рисунок 4.15 – Лабораторно-исследовательский стенд для изучения характеристик батареи солнечных элементов

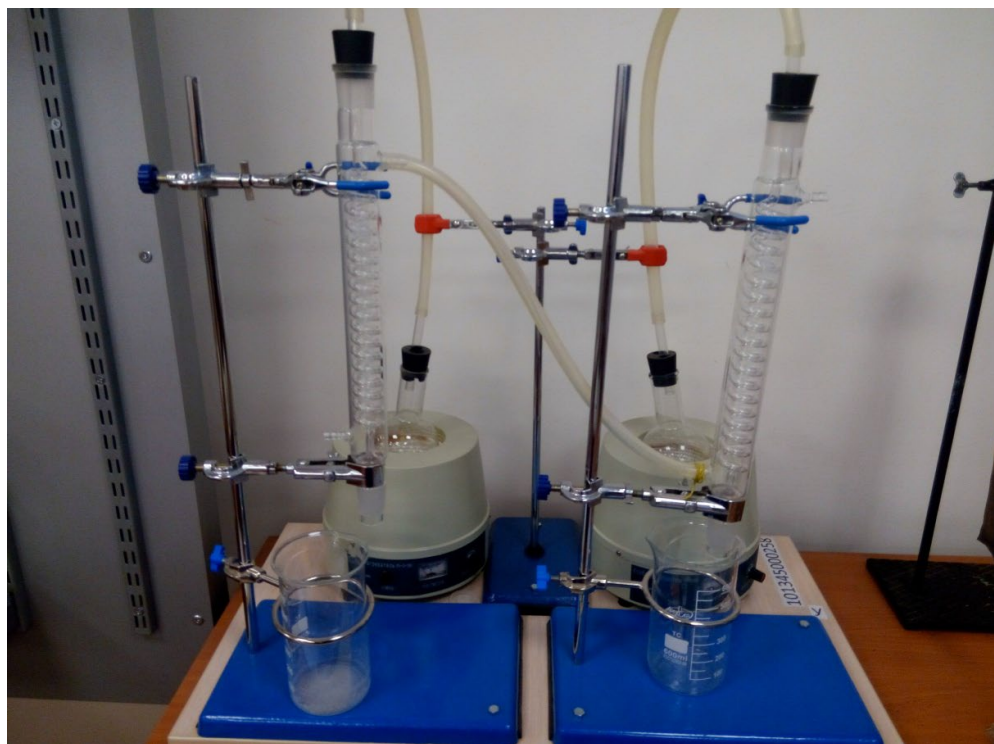


Рисунок 4.16 – Лабораторно-исследовательский стенд для определения физико-химической температурной депрессии растворов



Рисунок 4.17 – Тепловой баланс нагревательной печи



Рисунок 4.18 – Энергоэффективное регулирование работы центробежных насосов

Таблица 4.1 – Перечень основного оборудования лаборатории 2-219 и его описание

Название	Внешний вид	Назначение
Пластиначный разборный теплообменный аппарат «Funke»		Для нагрева жидкостей за счет циркуляции теплофикационной воды.
Учебно-демонстрационные стенды фирмы «Danfoss»		Газовые котлы в напольном и настенном исполнении.
Прибор для измерения теплопроводности твердых материалов «ИТП МГ 250/Зонд»		Температурный диапазон 5-60 °С, коэффициент теплопроводности 0,02-1,5 Вт/(м·°С).

Таблица 4.1 – Продолжение

Модель навесного вентилируемого фасада		Для демонстрации системы утепления наружных ограждений зданий.
Установка смягчения воды Bewamat 75Z		Предназначена для изучения систем водоподготовки.
Солнечная панель для систем теплоснабжения Buderus.		Общая поверхность: 2,09 м². Поверхность, принимающая излучение: 1,94 м². Поглощающая поверхность: 1,92 м². Объем абсорбера: 0,8 л. Вес: 30 кг. Максимальная рабочая температура: 120 °С. Максимальное избыточное рабочее давление: 6 бар.

Таблица 4.1 – Продолжение

Напольный котел для пиролизного сжигания твердого топлива Buderus Logano S121		Предназначен для автоматического и энергоэффективного сжигания дров и другого твердого топлива с использованием пиролизной технологии.
Расширительный бак Flexcon C60		Предназначен для компенсации температурного расширения теплоносителя в тепловых сетях. Объем – 50 л, давление 3 бар.

Ниже в таблице 4.2 представлен перечень имеющихся на кафедре прикладных компьютерных программ.

Таблица 4.2 – Перечень основных программ, имеющихся на кафедре, и их описание

№ п/п	Название	Функционал
1	ZuluTermo	ZuluThermo – набор программ для гидравлических расчетов тепловых сетей. ZuluThermo позволяет моделировать режимы работы тепловой сети, анализировать аварийные ситуации, оценивать эффективность мероприятий по модернизации и перспективному развитию систем централизованного теплоснабжения. Подробнее: https://www.politerm.com/products/thermo/zuluthermo/
2	Экстра 5.0	Программа для гидравлических расчетов трехфазных нефтепромысловых трубопроводных систем с использованием СУБД Оракл. Подробнее: https://www.monikor.ru/ru/software/extra5.htm
3	Виртуальная лаборатория «Теплотехника», г. Тверь	Содержит 6 полнофункциональных лабораторных работ – методическое обеспечение; – использует имитаторы оборудования; – соответствует требованиям отраслевого стандарта; – имеет государственную регистрацию; – размещается на одном CD; – эксплуатируется с 2007 года.
4	Электронная энциклопедия энергетики МЭИ-ООО Триеру	В состав программного комплекса входят автоматизированные мультимедийные обучающие курсы, электронные учебники, задачки и другие. Содержит разнообразную справочную информацию по энергетике, программы расчетов, виртуальные лабораторные работы и тренажеры.

5 Оборудование межкафедральной лаборатории факультета трубопроводного транспорта (МКЛ ФТТ) «Гидродинамические исследования трубопроводного транспорта углеводородов» Уфимского государственного нефтяного технического университета МехМ-03

Основными функциями межкафедральной лаборатории факультета трубопроводного транспорта (МКЛ ФТТ) являются:

- участие в учебном процессе кафедр факультета, обеспечение реализации научно-исследовательских компетенций студентов бакалавриата, магистратуры в сфере гидродинамики трубопроводного транспорта углеводородов и определении свойств перекачиваемого продукта;

- обеспечение функционирования оборудования, а также технических средств:

- а) проведение лабораторных работ и практических занятий по общетехническим и специальным дисциплинам по программам подготовки бакалавров, специалистов и магистров в следующих направлениях: гидродинамика трубопроводного транспорта углеводородов и определение свойств перекачиваемого продукта;

- б) прохождение практики студентами, обучающимися по направлению «Нефтегазовое дело»;

- в) подготовки выпускных квалификационных работ (ВКР), а также кандидатских и докторских диссертаций;

- г) выполнение научно-исследовательской работы (НИР) студентами, магистрантами, аспирантами, докторантами;

- д) проведение учебных занятий по программам высшего профессионального образования (ВПО), профессионального педагогического образования (ППО), дополнительных образовательных программ (ДОП);

- участие в выполнении НИР по бюджетным и хоздоговорным тематикам, проводимым преподавателями и другими работниками факультета;

- участие в выполнении работ по профилю деятельности МКЛ ФТТ для юридических и физических лиц.

5.1 Установка для моделирования гидродинамических процессов

Установка (принципиальная схема представлена на рисунке 5.1) предназначена для изучения трубопроводных систем со сложной гидродинамикой потока.

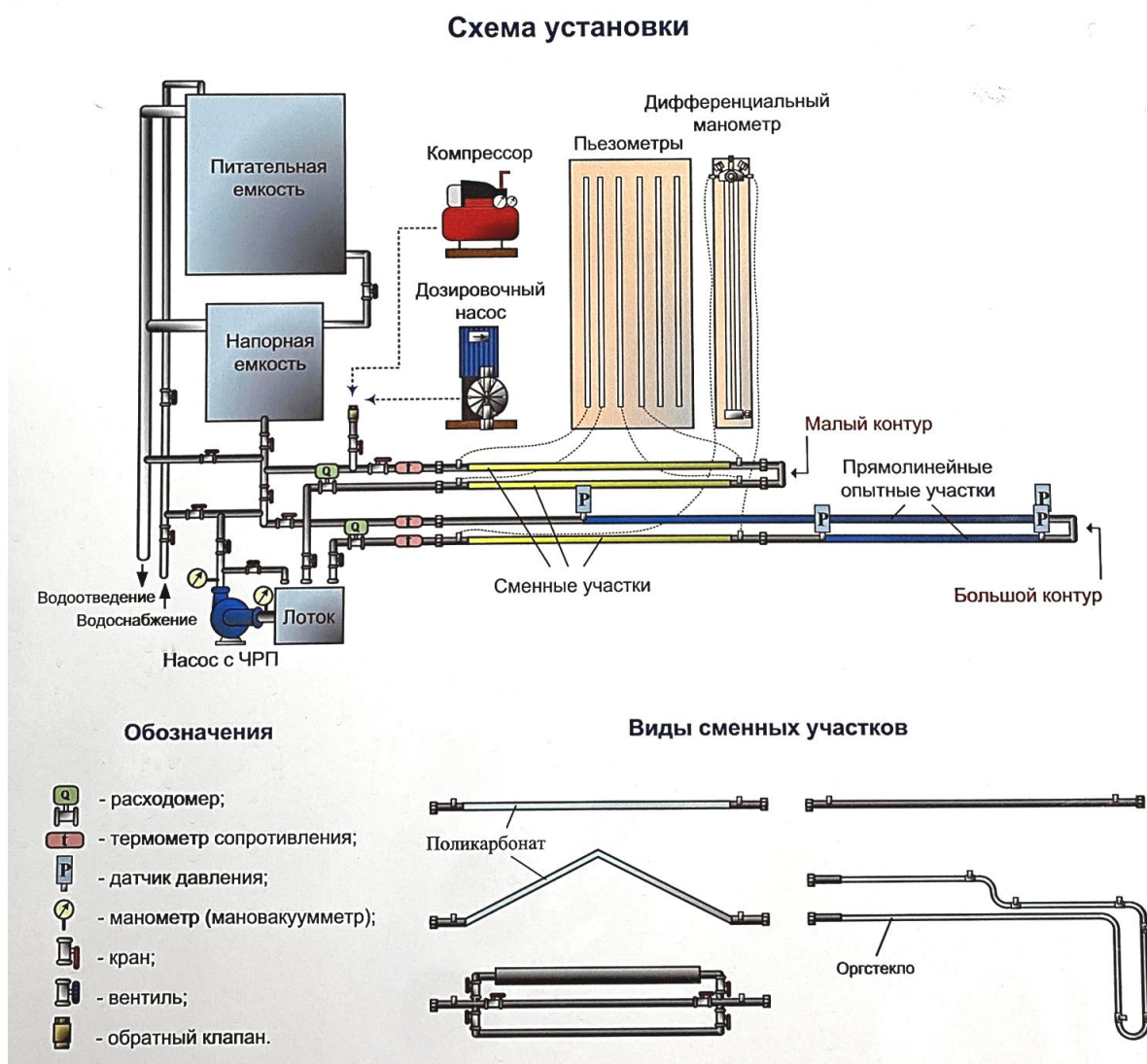


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема лабораторной установки для моделирования гидродинамических процессов и виды сменных участков

Общий вид лабораторной установки представлен на рисунке 5.2. Основное оборудование установки представлено на рисунках 5.3, 5.4, 5.5.



Рисунок 5.2 – Общий вид лабораторной установки для моделирования гидродинамических процессов



Рисунок 5.3 – Основное оборудование лабораторной установки для моделирования гидродинамических процессов



Рисунок 5.4 – Компрессор воздушный поршневой

На установке возможно проведение следующих исследований:

- исследование гидродинамики однофазных потоков;
- исследование гидродинамики двухфазных потоков;
- экспериментальное изучение местных сопротивлений нестандартных конструкций;
- изучение методов увеличения пропускной способности трубопровода с помощью лупингов и вставок;
- исследование работы трубопроводных систем при использовании присадок;
- изучение эффективности применения ЧРП при регулировании режима работы системы «насос – трубопровод».

Также имеется возможность отображения данных в реальном времени на мониторе ПК и их сохранения за период проведения опыта для обработки.



Рисунок 5.5 – Питательная и напорная емкость, насос центробежный с ЧРП и другое оборудование комплектации установки

5.2 Установка для проведения исследований по мерзлоте

Установка для проведения исследований по мерзлоте (общий вид представлен на рисунке 5.6) входит в состав лабораторного комплекса «Гидродинамические исследования трубопроводного транспорта углеводородов», размещенного в МКЛ ФТТ и предназначена для изучения взаимодействия сооружений с мерзлыми основаниями, а именно:



Рисунок 5.6 – Общий вид лабораторной установки для проведения исследований по мерзлоте

– экспериментального изучения ореола протаивания грунта вокруг трубопровода, проложенного подземно, наземно и надземно;

– определения коэффициента теплопередачи, положения оси трубопровода.

Возможности установки:

– задавать различные режимы прогрева (остывания) трубчатый электронагреватель «ТЭН» – трубопровода;

– изменять кинетику температурных полей в процессе протаивания за счет изменения нагрузки на ТЭН;

– отображать данные в реальном времени на мониторе ПК;

– сохранение данных за период проведения опыта для последующей обработки данных.

Установка (принципиальная схема представлена на рисунке 5.7) включает в себя холодильную камеру с холодильным моноблоком, теплоизолированную металлическую емкость с дощатым поддоном, модельный трубопровод – ТЭН, систему для измерения температуры грунта вокруг трубопровода, приборы для регулирования и контроля мощности теплового потока, термовлагомер для контроля параметров воздушной среды в холодильной камере.

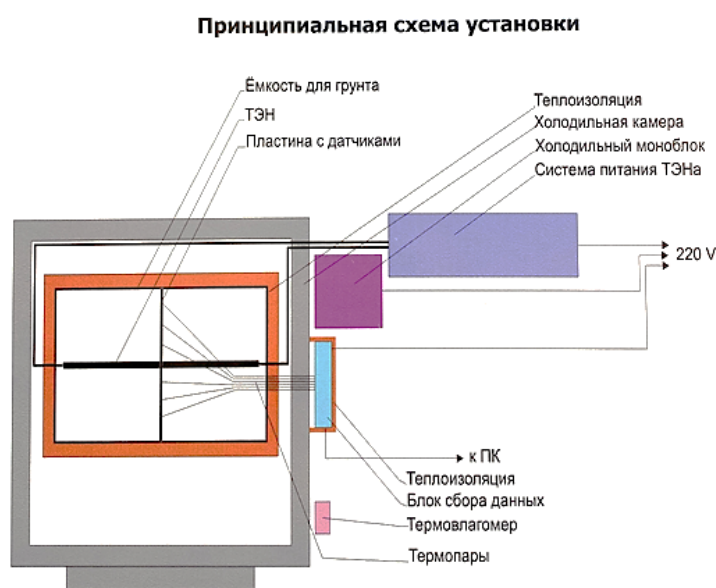


Рисунок 5.7 – Принципиальная схема установки для проведения исследований по мерзлоте

Питание на ТЭН подается через лабораторный автотрансформатор (ЛАТР), на выходе которого устанавливается необходимый уровень напряжения. Затем параметры питания замеряются с помощью вольтметра, амперметра и ваттметра.

Установка оснащена системой автоматического сбора данных. Температура окружающей среды в точках расположения горячего спая термоэлектрических преобразователей преобразуется в значение термо-ЭДС. Значение термо-ЭДС замеряется в модулях аналогового ввода MB110-224.8A и преобразуется в показания температуры. Эти показания передаются на ПК по шине RS-485 посредством преобразователя интерфейсов RS-485 – USB AC4. Далее ПО лабораторной установки визуализирует данные и сохраняет их последовательность с добавлением меток времени для дальнейшего использования.

Основное оборудование установки для проведения исследований по мерзлоте представлено на рисунке 5.8.



Рисунок 5.8 – Основное оборудование для проведения исследований по мерзлоте

Формирование слоя грунта и насыпи вокруг трубопровода – ТЭНа осуществляется на дощатом поддоне, установленном в металлической емкости на необходимой высоте. Тип грунта, его влажность, глубина заложения трубопровода и форма насыпи устанавливаются согласно условиям эксперимента.

5.3 Перечень основного оборудования межкафедральной лаборатории факультета трубопроводного транспорта МехМ-03 и его описание

В таблице 5.1 приведен перечень основного оборудования, входящего в состав межкафедральной лаборатории факультета трубопроводного транспорта, а на рисунке 5.9 представлено его функциональное расположение в лаборатории.

Таблица 5.1 – Перечень основного оборудования межкафедральной лаборатории факультета трубопроводного транспорта МехМ-03 и его описание

№ п/п	Наименование	Изображение	Назначение
1	Криотермостат жидкостной серии LOIP FT-211-25, заводской номер № 218		Криотермостаты жидкостные серии LOIP FT предназначены для точного воспроизведения и поддержания температуры как в собственных ваннах, так и во внешних системах с замкнутым контуром в диапазоне температур от T_n до 100 градусов, где T_n – нижний предел диапазона задаваемых температур для соответствующей модели.
4	Вискозиметр с падающим шариком KF-30		Принцип измерения по методу Гепплера позволяет определить время падения шарика в цилиндрической стеклянной трубке, заполненной жидкостью. Рабочий угол трубки в модели KF-30 фиксируется в положении 80 градусов относительно горизонта согласно DIN 53015. При подключении циркуляционной водяной термостатирующей бани Brokfield водяная рубашка вокруг трубки обеспечивает точную регулировку температур образца. Пользователь рассчитывает динамическую вязкость образца, определяя время падения шарика между верхней и нижней кольцевыми метками на трубке. Данные по константам шариков, разница плотности жидкого образца и шарика и константа рабочего угла используется в математическом уравнении для преобразования измеренного времени в значение вязкости в сантипуазах.

Таблица 5.1 - Продолжение

2	Программируемый вискозиметр «Брукфильда», модель DV-II+Pro		Программируемый вискозиметр «Брукфильда», модель DV-II+Pro предназначен для измерения вязкости жидкости при заданных значениях скорости сдвига. Вязкость – это мера сопротивления жидкости к истечению. Вискозиметра «Брукфильда» предоставляет многосторонность в режимах управления от традиционного ручного управления, автоматического управления посредством программ, загруженных с ПК, до полного управления с ПК, посредством программного обеспечения «Brokfield Rheoscale32». Вискозиметр «Брукфильда», модель DV-II+Pro может пользоваться как традиционный вискозиметр компании «Брукфильд» для сбора показаний вязкости на определенной скорости, используя клавиатуру вискозиметра для выбора шпинделя и скорости вращения, дисплея для чтения показаний. Программное обеспечения «Brokfield DVLoader» может использоваться для программирования вискозиметра DV-II+Pro для контроля всех аспектов измерения, сбора показаний измерения без необходимости наблюдения за прибором, правильности запуска программ и печати показаний. ПО «Brokfield Rheoscale32» позволяет осуществлять все управления и функцию сбора показаний посредством ПК, обеспечивая платформу для сбора данных и их анализа. Принцип работы вискозиметра DV-II+Pro основан на вращении шпинделя (погруженного в жидкую пробу), закрепленного на калиброванной пружине. Торможение шпинделя, возникающее из-за вязкости жидкости, замеряется по отклонению пружины. Отклонение пружины замеряется ротационным преобразователем.
---	---	---	--

Таблица 5.1 - Продолжение

3	Лабораторные весы типа НТ, НТР		Весы «Vibra» серии НТ, НТР – это высокоточные весы на базе датчика Tuning Fork. Ветрозащитный кожух весов изготовлен из специального антистатического пластика. Весы оснащены также такими функциями, как взвешивание в счетном и процентном режимах, определение плотности, режимы ограничения и суммирования. Кроме того, весы стандартно оснащаются интерфейсом ISO/GLP/GMP, часами и календарем.
5	Установка «Мешалка»	 1 – сетевой выключатель; 2 – панель управления; 3 – патрон; 4 – шток	Установка «Мешалка» предназначена для изучения гидродинамических процессов в трубопроводе при перекачке одно-, двух- и трехфазных жидкостей. Возможности установки: – перемешивание различных компонентов в колбах, мерных стаканах и других емкостях; – интенсификация проводимых процессов; – моделирование гидродинамических процессов и исследование турбулентного течения в жидких средах. Установка «Мешалка» включает в себя перемешивающее устройство, закрепленное на штативе, встроенный блок управления, жидкокристаллический дисплей, таймер и мешалки различного профиля (в зависимости от назначения, вязкости перемешиваемой жидкости).
6	Вытяжной шкаф ШВР 1.1.2 (1200x720x2200)		Шкафы вытяжные лабораторные серии ШВР предназначены для обеспечения полноценной защиты персонала лабораторий различного профиля при проведении химико-технологических манипуляций с летучими и опасными веществами, чтобы свести к нулю риск их утечки. Пары этих веществ из камеры шкафа удаляются через вытяжную вентиляционную систему, предотвращая распространение ядовитых паров и газов в помещении, где работают люди, что создает оптимальные условия для сотрудников.



Рисунок 5.9 – Внешний вид основного оборудования, входящего в состав межкафедральной лаборатории факультета трубопроводного транспорта

6 Экспозиция «Трубопроводная арматура и агрегаты»



Рисунок 6.1 – Общий вид на экспозицию

Экспозиция расположена за на улице за вторым корпусом и состоит из большого количества трубопроводной арматуры и насосов. Установки находятся в разобранном виде для того, чтобы студенты могли изучить строение и внутреннее устройство.



Рисунок 6.2 – Центробежный насос



Рисунок 6.3 – Обратный клапан

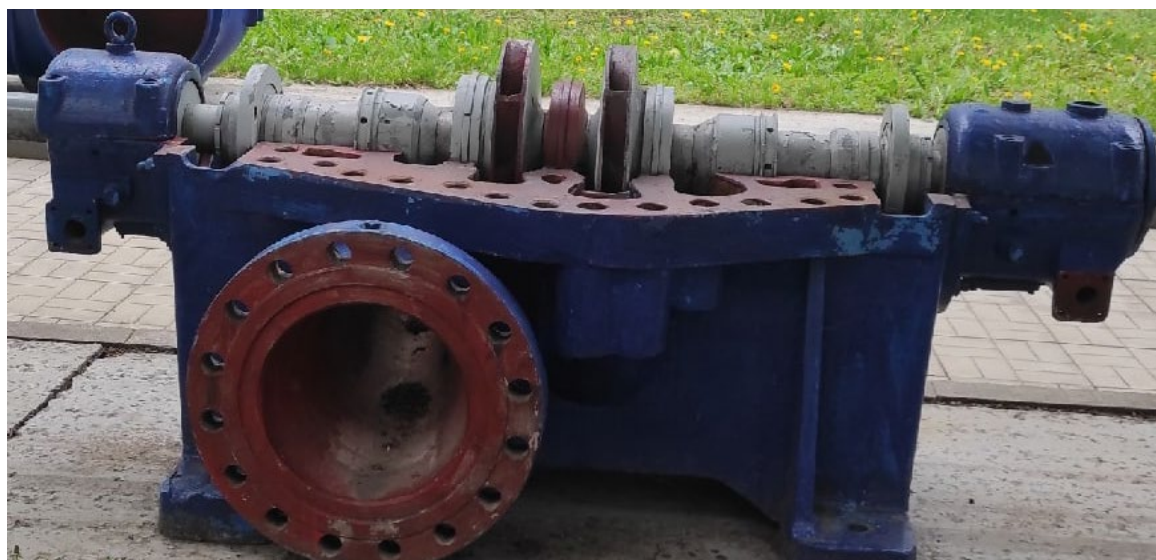


Рисунок 6.4 – Центробежный насос двухсекционный

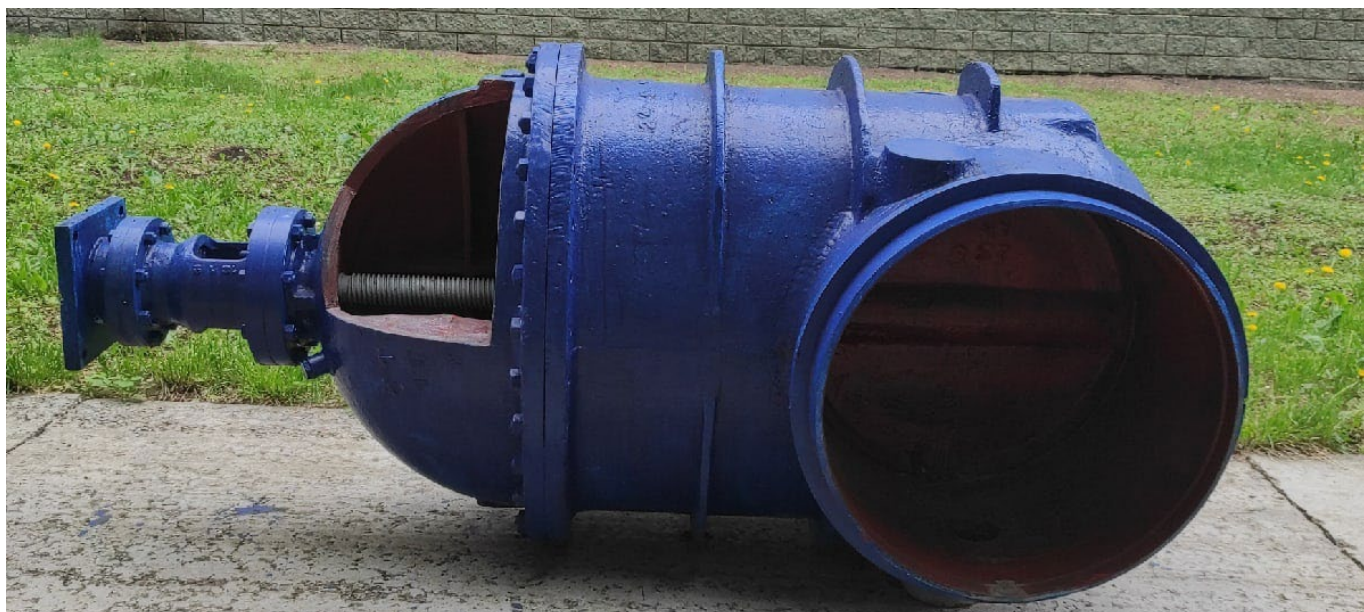


Рисунок 6.5 – Задвижка клиновая



Рисунок 6.6 – Насос многоступенчатый