

An abstract 3D graphic on the left side of the page. It features a dark blue background with a lighter blue curved surface. Two dark blue spheres are positioned on the surface. A diagonal line, colored in shades of purple and blue, runs from the top right towards the bottom left. Along this line, there are several rectangular blocks in various colors (purple, blue, cyan) that appear to be stacked or connected, suggesting a technical or engineering theme.

Симуляторы с виртуальной реальностью в подготовке энергетиков

М.В. Болсуновская, Д.В. Казаков

Санкт-Петербург, 2021



ПОЛИТЕХ

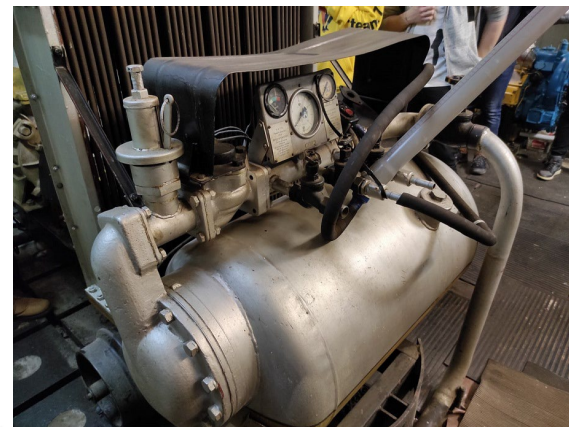
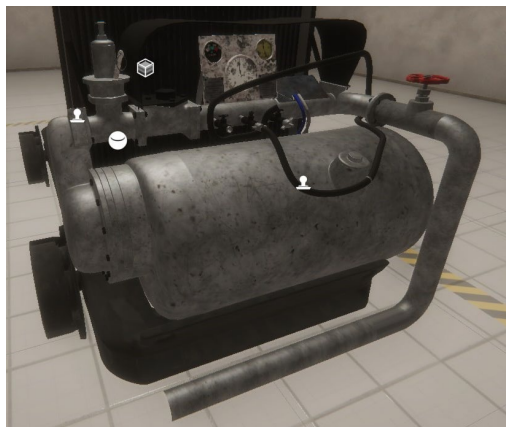
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Виртуальная лаборатория ПАО Газпром

Разработка виртуальной лаборатории компрессорной техники с возможностью проведения измерений в режиме VR

НАЗНАЧЕНИЕ

- Цифровые модели стандов предназначены для выполнения студентами СПбПУ виртуальных лабораторных работ по испытанию газодинамических характеристик центробежного, винтового и поршневого компрессоров.
- В ходе выполнения виртуальной лабораторной работы студенты получают возможность имитировать воздействие на запорную задвижку, регулирующую расход, и на регулятор частоты вращения вала



Виртуальная лаборатория ПАО Газпром



Виртуальная лаборатория ПАО Газпром

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

- Сохранение результатов измерений в ходе выполнения лабораторных работ
- Звуковое сопровождение режимов работы оборудования
- Наличие справочной информации для элементов модели оборудования
- Автоматическое формирование протоколов работы студентов
- Наличие тренировочного и контрольного режимов

ЭТАПЫ РАБОТЫ

- В цифровом виде воссоздана детализированная 3D-модель оборудования с интерактивными элементами управления (контрольно-измерительные приборы, заслонки и задвижки, регулировочные винты)
- Разработана математическая модель для расчета режимов работы оборудования и генерации измеряемых значений. Виртуальная модель оборудования позволяет проводить измерения и эксперименты в том же объеме, как и на реальной установке
- Модель адаптирована к работе в режиме VR

Виртуальная лаборатория ПАО Газпром

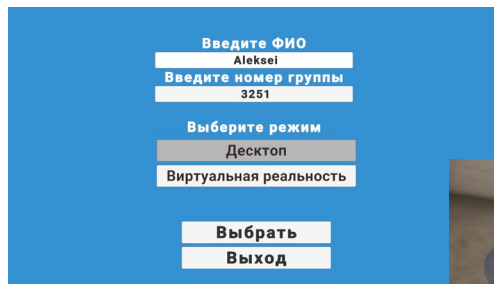
СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ПО

- Программный продукт включает модуль аутентификации
- Обеспечена возможность многократного прохождения сценариев
- Обеспечена возможность работы программного продукта в 2 режимах:
 - Режим «VR» (с использованием гарнитуры виртуальной реальности)
 - Режим «Desktop» (без использования VR-гарнитуры)
- Реализовано локальное хранение данных по результатам выполнения сценария. После завершения сценария формируется файл отчета в формате отчета, в котором регистрируются:
 - ФИО пользователя, дата, время, параметры запуска сессии
 - Время, затраченное на прохождение сценария
 - Протокол общения пользователей с объектами сценария
 - Протокол измерений на виртуальном стенде
- Обеспечена возможность добавления результатов новых экспериментальных данных для виртуальных стендов в виде дополнительных файлов с расширением .csv

Виртуальная лаборатория центробежного компрессора

3D-модель стенда включает в себя:

- Тренировочную задачу (сценарий) проведения газодинамических испытаний центробежного компрессора при различных расходах и оборотах ротора
- Возможность визуализации внутренних составных частей экспериментального стенда и проточной части
- Реализацию пуска и остановки компрессора, воздействие на органы управления частотой вращения ротора и органы задвижки, регулирующей расход газа через компрессор



Виртуальная лаборатория центробежного компрессора

Исходные данные

- Первичные протоколы измерений на стенде (давления в контрольных сечениях, температура окружающей среды, частота вращения ротора, значения величины крутящего момента)
- Диапазон варьирования частоты вращения ротора 5300 – 10320 об/мин
- Диапазон давления на нагнетании 75 – 21000 Па



Виртуальная лаборатория центробежного компрессора

Цифровая модель центробежного компрессора



Виртуальная лаборатория поршневого компрессора

3D-модель станда включает в себя:

- Тренировочную задачу (сценарий) проведения газодинамических испытаний одноступенчатого поршневого компрессора при различных расходах и оборотах ротора
- Реализацию пуска и остановки компрессора, воздействие на органы управления частотой вращения ротора и органы задвижки, регулирующей расход газа через компрессор



Виртуальная лаборатория поршневого компрессора

Исходные данные

- Первичные протоколы измерений (давление на всасывании, давление на нагнетании, давление на счетчике расхода газа, температура на всасывании, температура на счетчике расхода газа, температура на нагнетании, температура ресивера, число оборотов ротора, ток якоря электродвигателя, напряжение якоря электродвигателя, ток возбуждения, напряжение возбуждения)
- Диапазон варьирования частоты вращения ротора 625 – 860 об/мин
- Диапазон давления на нагнетании 0.5 – 2 кгс/см²



Виртуальная лаборатория поршневого компрессора

Цифровая модель поршневого компрессора



Виртуальная лаборатория винтового компрессора

3D-модель станда включает в себя:

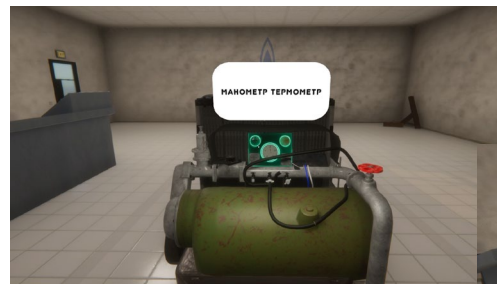
- Тренировочную задачу (сценарий) проведения газодинамических испытаний винтового компрессора при различных расходах и оборотах ротора
- Реализацию пуска и остановки компрессора, воздействие на органы управления частотой вращения ротора и органы задвижки, регулирующей расход газа через компрессор



Виртуальная лаборатория винтового компрессора

Исходные данные

- Первичные протоколы измерений (число оборотов ротора, температура на всасывании, давление на всасывании, давление на нагнетании, давление на счетчике расхода газа, температура на счетчике расхода газа, температура на нагнетании, ток якоря электродвигателя, напряжение якоря электродвигателя, ток возбуждения, напряжение возбуждения)
- Диапазон варьирования частоты вращения ротора 1473 – 976 об/мин
- Диапазон давления на нагнетании 3 – 6 кгс/см²



Виртуальная лаборатория винтового компрессора

Цифровая модель винтового компрессора



Виртуальная лаборатория винтового компрессора

Определение характеристик винтового компрессора

- Определение отношения давлений в компрессоре
- Определение действительной объемной производительности
- Плотность воздуха перед газовым счетчиком
- Плотность воздуха на всасывании
- Теоретическая объемная производительность компрессора
- Теоретическая массовая производительность компрессора
- Действительная массовая производительность компрессора
- Коэффициент производительности
- Расчет теоретической температуры
- Определение зависимости теоретической температуры от степени повышения давления в компрессоре
- Определение зависимости коэффициента производительности от степени повышения давления в компрессоре
- Определение зависимости затрачиваемой электрической мощности от степени повышения давления
- Определение зависимости коэффициента производительности от частоты вращения ведущего винта
- Определение зависимости рабочей мощности от частоты вращения ведущего винта
- Определение зависимости конечной температуры от частоты вращения ведущего винта

Виртуальная лаборатория ПАО Газпром

РЕЗУЛЬТАТЫ

- Разработан цифровой двойник существующего парка компрессорного оборудования
- Реализована возможность проведения лабораторных и практических работ на VR-оборудовании без задействования реального

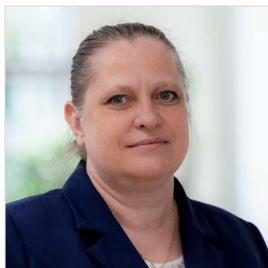
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

- Модель построена на базе 3D движка Unity
- Возможна реализация цифровой модели любого оборудования и техники

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ VR-ЛАБОРАТОРИИ

- Уменьшение рисков травматизма при проведении обучения
- Возможность дистанционного обучения
- Возможность интеграции с системами автоматизированной проверки знаний
- Обеспечение междисциплинарного обучения студентов Института компьютерных наук и технологий и Института энергетики
- Возможность расширения функциональности лаборатории в части разработки модуля обеспечения производственной безопасности и охраны труда

Контакты



**Марина Владимировна
Болсуновская, к.т.н., доцент СПбПУ**

Заведующий лабораторией

Тел.: +7(812) 980-11-31

E-mail: marina.bolsunovskaia@spbpu.com



**Дмитрий Владимирович
Казakov**

Ведущий инженер

E-mail: dmitriy.kazakov@spbpu.com