

**Некоммерческое акционерное общество
«Алматинский университет энергетики и связи»**

Кафедра «Информационные системы»
Специальность 6М070300 – «Информационные системы»

Допущен к защите
Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент

_____ Имангалиев Ш.И.
«___» _____ 2014 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
пояснительная записка**

Тема: «Проектирование учебно-исследовательского комплекса удаленного эксперимента для лаборатории нетрадиционных возобновляемых источников энергии»

Магистрант _____  _____ Комаров Н.А.
подпись (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации _____  _____ к.т.н., доцент, Сатимова Е.Г.
подпись (Ф.И.О.)

Рецензент _____ к.т.н., доцент, Жумагалиев Б.И.
подпись (Ф.И.О.)

Алматы, 2014 г.

**Некоммерческое акционерное общество
«Алматинский университет энергетики и связи»**

Факультет «Информационные технологии»
Специальность 6М070300 – «Информационные системы»
Кафедра «Информационные системы»

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту _____ Комарову Никите Андреевичу
(фамилия, имя, отчество)

Тема диссертации: «Проектирование учебно-исследовательского комплекса удаленного эксперимента для лаборатории нетрадиционных возобновляемых источников энергии»

утверждена Ученым советом университета № ____ от « ____ » _____
Срок сдачи законченной диссертации « ____ » _____

Цель исследования: Определение и разработка оптимальной модели построения систем дистанционного управления лабораторного оборудования, используемого для проведения научно- и учебно-исследовательских работ.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации:

Литературный обзор работ, посвященных задачам построения моделей удаленного эксперимента; Обзор используемого аппаратного обеспечения на котором производятся учебно- и научно-исследовательские работы; Обзор программных продуктов, применяемых в системах удаленного эксперимента; Изучение требований к системе удаленного эксперимента; Выявление требований к разрабатываемой системе.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Иллюстрации используемого аппаратного обеспечения; Принципиальные схемы работы оборудования; Иллюстрации к программному обеспечению; Блок-схемы работы системы.

Рекомендуемая основная литература:

Научные труды по данной тематике, интернет источники, ГОСТы, СНИПы и пр. нормативная документация, статистические материалы. Не менее 20% использованных источников должны быть изданы в последние 5-6 лет.

Г Р А Ф И К
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1) Литературный обзор работ, посвященных задачам удаленного эксперимента	30.12.2012	Литературный обзор
2) Изучение существующих систем удаленного эксперимента	25.02.2013	Обзор систем удаленного эксперимента
3) Анализ выбранной системы удаленного эксперимента	01.04.2013	Технический отчет
4) Обзор программных продуктов, применяемых в системах удаленного эксперимента	15.05.2013	Обзор программных продуктов
5) Изучение выбранных программных продуктов	15.06.2013	Отчет по программным продуктам
6) Изучение требований к системе	15.08.2013	Требования к системе
7) Предварительное проектирование модели удаленного эксперимента	30.10.2013	Функциональная схема модели
8) Разработка программных приложений	30.01.2014	Программные приложения
9) Выявление требований к разрабатываемой системе	30.03.2014	Требования к системе
10) Оформление конечного отчета по диссертации	30.05.2014	Распечатка магистерской диссертации

Дата выдачи задания _____

Заведующий кафедрой _____ к.т.н., доцент, Имангалиев Ш.И.
подпись (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации _____ к.т.н., доцент, Сатимова Е.Г.
подпись (Ф.И.О.)

Задание принял к выполнению магистрант _____ Комаров Н.А.
подпись (Ф.И.О.)

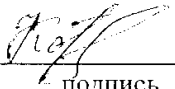
Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

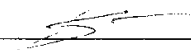
Кафедра «Информационные системы»
Специальность 6M070300 «Информационные системы»

Допущен к защите
Зав. кафедрой _____ Имангалиев Ш. И.
« _____ » _____ 2014 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
пояснительная записка

Тема: Анализ информационных потоков и разработка системы
автоматизации документооборота в транспортно-электросетевых компаниях
РК

Магистрант _____  _____ Косеменов Г.С.
подпись (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации _____  _____ к.т.н., доцент Табултаев С.С.
подпись (Ф.И.О.)

Рецензент _____ к.т.н., доцент Жумагалиев Б.И.
подпись (Ф.И.О.)

Нормоконтроль _____ к.т.н., доцент Ни А.Г.
подпись (Ф.И.О.)

Алматы, 2014 г.

**Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»**

Факультет «Информационные технологии»
Специальность 6М070300 «Информационные системы»
Кафедра «Информационные системы»

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту _____ Косеменову Галымжану Сандибековичу
(фамилия, имя, отчество)

Тема диссертации: Анализ информационных потоков и разработка системы автоматизации документооборота в транспортно-электросетевых компаниях РК

утверждена Ученым советом университета № _____ от « _____ » _____
Срок сдачи законченной диссертации « _____ » _____

Цель исследования а) дать чёткое определение дистанционного обучения, рассмотреть его теоретические основы для различных уровней; б) исследование и разработка обучающего комплекса с использованием имитационного моделирования;

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации: Данная диссертационная работа состоит из 4-х разделов. В первом разделе диссертационной работы показан анализ имитационного моделирования и дистанционного обучения.

Во втором разделе представлен анализ современного состояния вопроса.

В третьем разделе приведены подходы к решению задачи.

В четвертом разделе была представлена программа разработанная по результатам исследований.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) *Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка литературы, содержащего 31 наименование. Общий объем работы 53 страницы. Работа содержит 35 рисунка.*

Рекомендуемая основная литература

1. Зайченко Т.П. Основы дистанционного обучения: Теоретико-практический базис: Учебное пособие. - СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2004.

2. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В. Имитационное моделирование экономических процессов. М.: Финансы и статистики, 2002.

Г Р А Ф И К
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1) обзор традиционных обучающих комплексов	сентябрь 2012-декабрь 2012	обзор
2) общий обзор алгоритмов обучающих комплексов	декабрь 2012-март 2013	обзор
3) общий обзор имитационного моделирования	март 2013 – июнь 2013	обзор
4). Язык программирование	июнь 2013 – октябрь 2013	обзор
5) выбор алгоритма для реализации обучающего комплекса	октябрь 2013 – февраль 2014	выведен алгоритм
6) разработка программы обучающего комплекса с использованием имитационного моделирования	февраль 2014 – март 2014	разработка программы на Java
7) тестирование приложения	апрель 2014 – май 2014	найдена относительная погрешность приложения

Дата выдачи задания _____

Заведующий кафедрой _____ (к.т.н., доцент Имангалиев Ш.И.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации _____ (к.т.н., доцент Табултаев С.С.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению
магистрант _____ (Косеменов Г.С.)
(подпись) (Ф.И.О.)

Андатпа

Бұл диссертациялық жұмыста ғылыми және зерртеу мақсаттарында қолданылатын тәжірибені алыстан жүргізу жүйелері қаратырылады.

Бірінші бөлімде бейдәстүрлі жаңғыртылатын энергия көздері зерханасының аппаратты-программалық кешеніне шолу жүргізілді, соның ішінде эксперименталді қондырғылар, құралдар, стендтер сонымен бірге олармен жұмыс жасау әдістері.

Екінше бөлімде қазіргі кезде қолдалынатын тәжірибені алыстан жүргізу және алыстатырылған басқару модельдері қарастырылды. Келтірілген жүйелердің артықшылықтары мен кемшіліктеріне аналитикалық шолу жүргізілді.

Зерттеме бөлім (үшінші бөлім) тәжірибені алыстан жүргізу жүйесінің аппаратты басқару және жинаудың интерфейстері мен зерттеме құралдарын толығымен қарастыруға арналған.

Аннотация

Данная диссертационная работа посвящена системам удаленного эксперимента, применяемым к использованию в научно- и учебно-исследовательских целях.

Первая глава посвящена обзору аппаратно-программному обеспечению лаборатории нетрадиционных возобновляемых источников энергии, а именно экспериментальных установок, приборов, стендов, а также методы работы с ними.

Во второй главе приведен обзор существующих моделей удаленного доступа и эксперимента. Проведен аналитический обзор недостатков и достоинств данных систем.

Раздел разработки (третья глава) полностью посвящен средствам разработки и интерфейсам управления и сбором данных системы удаленного эксперимента. Приведены иллюстрации блок диаграмм и принципиальных схем.

Annotation

This thesis is devoted remote experiment system applicable for use in scientific, educational and research purposes.

The first chapter provides an overview of hardware and software laboratory of renewable energy sources, namely experimental facilities, instruments, lab stands, as well as methods of dealing with them.

The second chapter provides an overview of the existing models of remote access and experiment. Analytical review the advantages and disadvantages of these systems.

Development section (Third chapter) is entirely devoted to the development tools and control interfaces and data collection system for remote experiment. Have illustrations, which show a block diagrams and schematic diagrams.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. Функциональный состав лаборатории НВИЭ	9
1.1 Фотоэлектрическая станция (ФЭС). Гелионавигатор.	9
1.2 Солнечная теплогенерирующая установка	19
1.3 Тригенерационная установка	25
1.4 Автоматическая станция метеонаблюдений. Метеостанция	33
ГЛАВА 2. Аналитический обзор лабораторий удаленного доступа	35
2.1 АЛП с удаленным доступом в МГТУ им. Н.Э. Баумана	39
2.2 Сетевая лаборатория центров коллективного пользования с удаленным доступом Сибирского федерального округа	42
2.3 АЛП УД Российского университета дружбы народов	48
2.4 Всемирная студенческая лаборатория WWSL – World Wide Student Laboratory	50
2.5 Нанолaborатория РГРТУ	53
2.6 Сравнительный анализ ЛУД	57
ГЛАВА 3. Проектирование учебно-исследовательского комплекса удаленного эксперимента для лаборатории НВИЭ	59
3.1 Описание среды графического программирования LabVIEW	60
3.2 Разработка интерфейсов удаленного доступа для работы с экспериментальными установками	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
Список использованных источников	73
Приложение А	78
Приложение Б	81

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время перед Казахстаном, как и перед всем миром, остро стоят две взаимосвязанные проблемы в области энергетики и энергосбережения: экономия топливно-энергетических ресурсов и уменьшение загрязнения окружающей среды. В условиях истощения запасов органического топлива становится все более нерациональным сжигание угля, газа и нефтепродуктов в миллионах маломощных котельных и индивидуальных топочных агрегатах, обладающих довольно низким КПД и КИТ, вызывающее большое количество вредных выбросов в атмосферу и существенное ухудшение экологической обстановки во всем мире. Согласно отчету экспертной комиссии Института мировых ресурсов (ИМР) в Вашингтоне, запасы нефти и других энергоресурсов начали интенсивно истощаться с 2007 года. ИМР не разделяет оптимистическое мнение о том, что при сохранении современных темпов потребления нефти хватит еще на 50 лет.

Одним из эффективных путей экономии топливно-энергетических ресурсов является использование экологически чистых нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ), таких как:

- солнечная энергия (тепловая и электрическая часть);
- энергия ветра;
- энергия земли (аккумулируемая);
- энергия водотоков.

При использовании НВИЭ решается проблема ограниченности ресурсов энергии. В соответствии с таблицей 1, приведены значения потенциальной энергии таких источников. Ресурсы любого из этих источников энергии достаточны для удовлетворения потребностей человечества в настоящем и будущем. Их повсеместное использование позволит решать и глобальные проблемы экологии.

Таблица 1 – Потенциальная энергия НВИЭ

Вид источника	Потенциальная энергия, трлн. тонн/год
Солнечная энергия	131
Ветровая энергия	13
Гидроэнергия	7
Энергия биомассы	0,1
Уголь	11
Уран	8
Мировое потребление	0,01

В учебно-научной лаборатории «Нетрадиционные возобновляемые источники энергии» Алматинского университета энергетики и связи в течение

последних шести лет разрабатываются несколько автоматизированных лабораторных практикумов (АЛП) на базе автоматизированных систем экспериментальных исследований (АСЭИ) для исследования различных объектов и систем, таких как:

- фотоэлектрические станции (ФЭС);
- солнечные теплогенерирующие установки (СТУ);
- ветроустановки (ВУ);
- котельные установки (КУ);
- метеостанции;
- тригенерационные (ТГУ) и когенерационные установки (КГУ).

Основная цель работы данной диссертации состоит в анализе применения новейших информационных и компьютерных технологии, а именно применение системы удаленного эксперимента (СУЭ) в научно-исследовательском или учебно-исследовательском процессе при разработке АЛП для перечисленных выше установок, в частности для фотоэлектрических станций, метеостанций и солнечных теплогенерирующих установок (солнечных коллекторов).

Принцип, заложенный в основу концепции ЛУД и ЛУЭ, уже давно используется в различных областях человеческой деятельности, в особенности в науке и технике. Например, приборы и аппараты, предназначенные для изучения таких объектов, где прямой контакт человека с которыми, по ряду причин, невозможен или просто опасен. В таких случаях этими приборами управляли на расстоянии, причем задолго до появления персональных компьютеров и, соответственно, компьютерных сетей.

В этом случае дистанционное управление аппаратурой и проведение с ее помощью удаленных экспериментов осуществлялось с помощью специально создаваемых приспособлений, способных передавать команды оператора на нужное расстояние любыми доступными в то время способами, а именно – электрическими сигналами через кабели, посредством коротковолновой радиосвязи и т.п. Классической иллюстрацией подобного подхода являются:

- методы управления с Земли беспилотными летательными аппаратами и другими искусственными космическими объектами;
- управление роботами, контактирующими с вредными или взрывоопасными веществами;
- управление зондами для изучения верхних слоев атмосферы или проведения глубоководных либо подземных экспериментов и многое другое.

Появление и развитие сети Интернет, приведшее к значительному упрощению электронной связи и давшее возможность легко подключиться к любому персональному компьютеру (ПК) к другому ПК или серверу в любой точке планеты, позволило сформировать и воплотить в жизнь концепцию удаленного управления оборудованием реальных лабораторий. На начальном этапе своего развития данная концепция подразумевала только интеграцию в

обучающий процесс в технических университетах, в том числе в системе дистанционного образования. Студент, получающий образование заочно, теперь мог выполнять задачи университетского лабораторного практикума, не выходя из дома, при помощи своего персонального компьютера управляя учебной аппаратурой, расположенной в университетской лаборатории.

Однако позже были постепенно реализованы на практике во многих странах другие возможности лабораторий удаленного доступа:

- повышение эффективности обучения студентов при помощи коллективного удаленного доступа к одной и той же экспериментальной установке;

- экономия средств на дублирование одной и той же экспериментальной установки в студенческом практикуме, которое становится ненужным при организации к ней удаленного доступа;

- работа на дорогостоящем уникальном оборудовании, недоступном физическим пользователям;

- упрощение и удешевление проведения реальных научных экспериментов, не требующих теперь приобретения реального экспериментального оборудования или командировок в научные центры, этим оборудованием располагающие (что особенно актуально для нашей страны) и другие применения.

Следует подчеркнуть отличие понятия ЛУЭ не только от обычной, реальной лаборатории, эксперименты в которой проводятся традиционным способом и требуют физического присутствия человека, который проводит эксперимент на реальном оборудовании. Данное отличие очевидно, однако, ЛУЭ отличается и от так называемой виртуальной лаборатории (ВЛ) или виртуального лабораторного практикума (ВЛП). Доступ к ВЛ, как и к ЛУЭ, также осуществляется через компьютер или другое совместимое мобильное решение как при помощи локальной сети (LAN) и Интернет, так и обычным «локальным» способом.

В случаях, когда по причинам экономического характера доступ к аппаратуре ограничен или невозможен, и самым эффективным решением проблемы является создание виртуальных лабораторных работ. В ВЛ всё реальное оборудование полностью заменено симулирующей его работу компьютерной программой. Таким образом, вместо реального физического процесса виртуальная лаборатория позволяет изучить математическую модель физического явления.

Поэтому, виртуальная лаборатория используется исключительно для обучения. В противовес этому, ЛУЭ может использоваться не только для обучения, но и для проведения реальных исследований во многих областях науки и техники с использованием уникального дорогостоящего оборудования, установленного в крупнейших мировых научных центрах.

Целью данной работы является разработка СУЭ для лаборатории НВИЭ АУЭС. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- изучить функциональный состав лаборатории НВИЭ;

- изучить вопросы и способы построения СУЭ;
- провести аналитический обзор существующих СУЭ;
- оптимизировать программное обеспечение (ПО), работающее с установками лаборатории НВИЭ для поддержки СУЭ;

ГЛАВА 1. Функциональный состав лаборатории НВИЭ

1.1 Фотоэлектрическая станция (ФЭС). Гелионавигатор.

В настоящее время фотоэлектрические станции (ФЭС) имеют большое применение для выработки электроэнергии. В больших объемах выпускаются фотоэлектрические станции различной установленной мощности, для работы автономно и в энергосистемах. Совершенствованием систем преобразования солнечной энергии в электрическую успешно занимаются в США, Китае, Индии, Германии, Польше и других странах Европы. В мире параллельно с разработкой новых фотопанелей идет и разработка новых схем и блоков управления по автоматическому управлению локальной энергосистемой, включающей фотоэлектрическую панель, контроллер, аккумуляторную батарею, инвертор[6].

В Республике Казахстан имеются коллективы, занимающиеся разработкой фотоэлектрических систем и входящего в их состав электрооборудования, однако работы не доведены до публикуемых результатов, поэтому сведений о показателях работоспособности этих систем мы не имеем.

Солнечные фотопанели являются вполне реальной техникой и экономически выгодной альтернативой ископаемому топливу в ряде применений. Солнечный элемент (фотопанель) может напрямую превращать солнечное излучение в электричество без применения каких-либо движущихся механизмов. Благодаря этому, срок службы солнечных генераторов довольно продолжителен. Фотоэлектрические системы хорошо зарекомендовали себя с самого начала промышленного применения фотоэлементов. К примеру, фотоэлементы служат основным источником питания для спутников на околоземной орбите с 1960-х годов. В отдаленных районах фотоэлементы обслуживают автономные энергоустановки с 1970-х [6].

В 1980-х годах производители серийных потребительских товаров начали встраивать фотоэлементы во многие устройства: от часов и калькуляторов до музыкальной аппаратуры [6].

Модули солнечной батареи наземного применения, как правило, конструируются для зарядки свинцово-кислотных аккумуляторных батарей с номинальным напряжением 12В. При этом последовательно соединяются 36 солнечных элементов, и далее собираются в модуль. Полученный пакет, как правило, обрамляют в алюминиевую раму, облегчающую крепление к несущей (опорной) конструкции. Мощность модулей солнечной батареи может достигать 10-300Вт. Электрические параметры таких модулей отражаются в вольтамперной характеристике, определенной при стандартных условиях.

Фотоэлектрические установки качают воду, обеспечивают ночное освещение, заряжают аккумуляторы, подают электричество в общую

энергосистему и многое другое. Они работают в любую погоду. При переменной облачности они достигают 80% своей потенциальной производительности; в туманную погоду – около 50%, и даже при сплошной облачности они вырабатывают до 30% энергии [6].

Насосные установки, работающие на солнечных фотоэлементах, эффективны и экономически выгодны в условиях практически любого применения водных насосов. Энергетические компании США обнаружили, что экономичнее использовать водяные насосы на солнечной батарее, чем обслуживать распределительные электрические линии, ведущие к удаленным насосам. Некоторые коммунальные предприятия предлагают насосные установки на фотоэлементах для выполнения заявок клиентов.

В сельских районах находится и другое применение фотоэлектрическим системам – зарядка и освещение электрических изгородей; обеспечение циркуляции воды, вентиляции, света и кондиционирования воздуха в теплицах и гидропонных сооружениях.

В лаборатории НВИЭ Алматинского университета энергетики и связи разработана лабораторная установка «Фотоэлектрическая станция» (ФЭС). Данная ФЭС разработана для научно и учебно-исследовательских испытаний, а также для проведения лабораторных работ по возобновляемым источникам энергии. (ВИЭ). Упрощенная структурная схема ФЭС показана на рисунке 1.1.

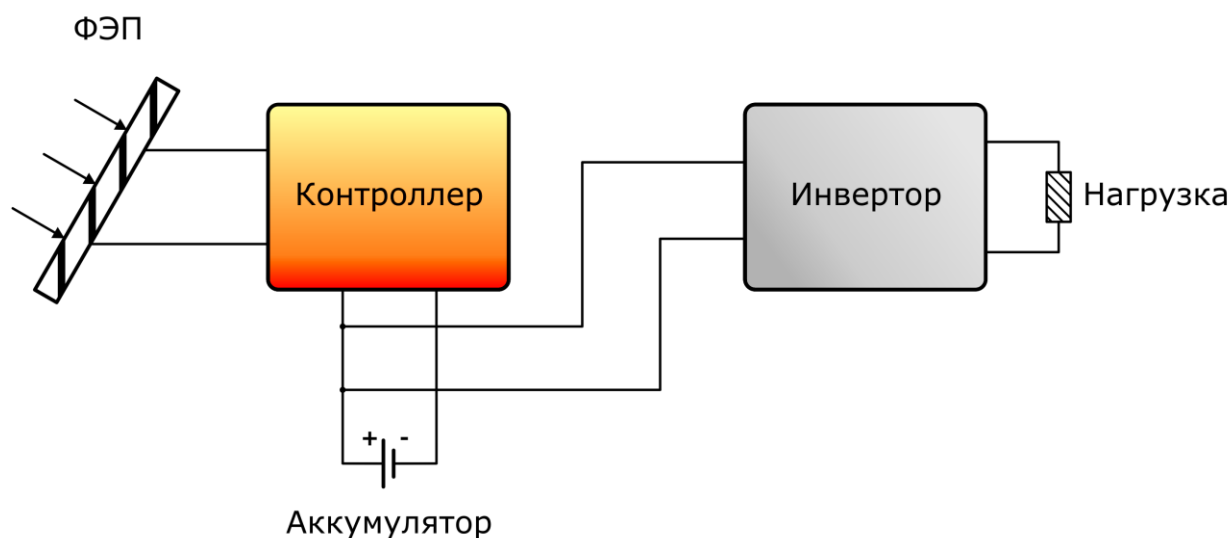


Рисунок 1.1 – Упрощенная схема ФЭС

Лабораторная установка ФЭС включает в себя солнечные фотопанели, аккумулятор, инвертор, контроллер Compact Field Point (cFP), компьютер. В аккумуляторе или аккумуляторной батарее (АКБ) накапливается энергия,

выработанная солнечным модулем. Контроллер cFP выполняет функцию системы сбора данных и управления режимами заряда-разряда АКБ. Инвертор предназначен для преобразования постоянного напряжения 12В в переменное 220В.

Разработанная установка для экспериментальных исследований параметров ФЭС включает в себя солнечную батарею, аккумулятор, инвертор, систему сбора данных (Compact Field Point), гелиостат и компьютер.

В разрабатываемой лабораторной установке, рассматриваемой в данной дипломной работе, используются две солнечные батареи мощностью 100Вт и размерами 1х0,7м, так как для лабораторных работ вырабатываемой электроэнергии в 20В достаточно и использование более мощных панелей не имеет смысла. Панели собраны на кафедре промышленной теплоэнергетики (ПТЭ) АУЭС.

В рассматриваемой лабораторной установке используются более дешевые контроллеры заряда – разряда, так как основным контроллером является контроллер компании «National Instruments» Compact Field Point, в его задачи так же входит управление заряда-разряда АКБ.

В нашей лаборатории используется Compact Field Point 2020 (cFP 2020) с Flash модулем памяти, для ведения наблюдений и записи этих наблюдений в не зависимости от того включен ли компьютер или нет, так как данная модель контроллера позволяет вести запись на сменный носитель.

В нашей установке мы используем порядка десяти аккумуляторов с напряжением 12В и емкостью 150Ач (рисунок 1.2). Они способны выдерживать высокую пиковую нагрузку в отличие от солнечных аккумуляторов.



Рисунок 1.2 – Аккумулятор

Структурная схема ФЭС и общий вид фотоэлектрической установки показаны на рисунках 1.3 и 1.4.

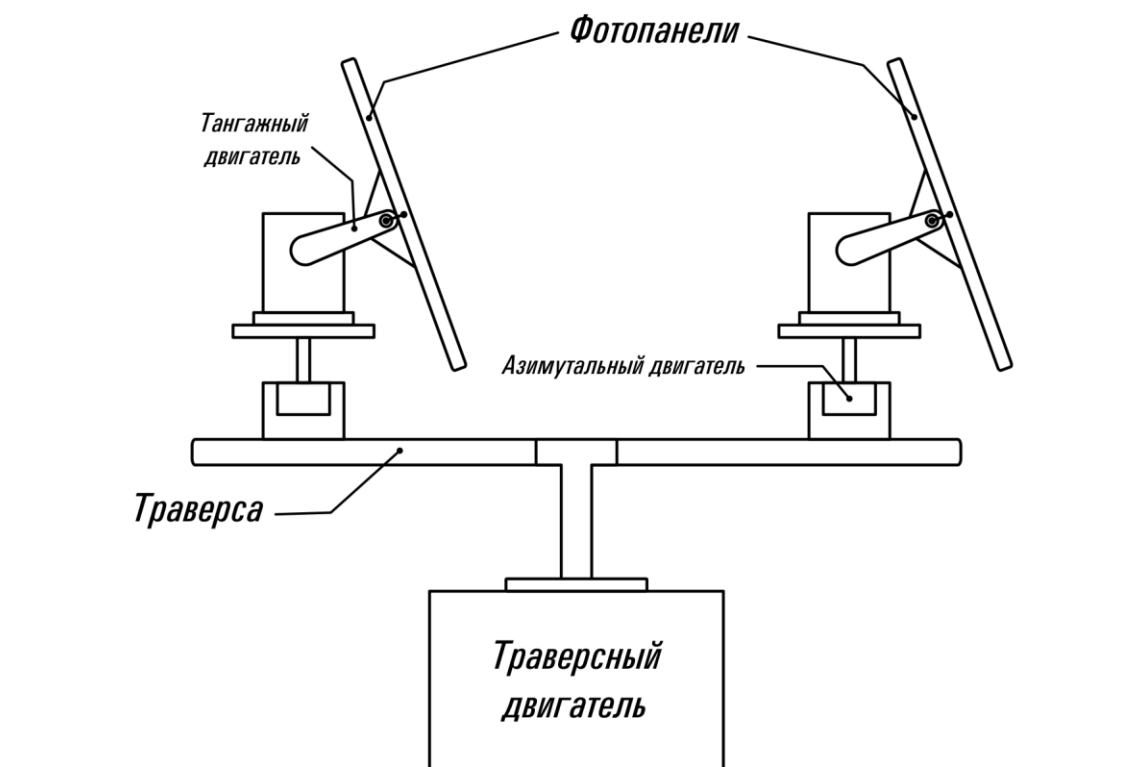


Рисунок 1.3 – Структурная схема ФЭС



Рисунок 1.4 – Общий вид фотоэлектрической станции

В рассматриваемой лабораторной установке используется инвертор синусоидального тока мощностью 300Вт. (рисунок 1.5) Так как инверторы прямоугольной формы не предназначены для всех видов электрооборудования.



Рисунок 1.5 – Инвертор мощностью 300 Вт

На рисунках 1.6, 1.7 изображены разработанные экспериментальные стенды регулирования нагрузок и сопротивлений ФЭС. На лицевой панели установлены ручки регуляторов тока ФЭС, аккумулятора и нагрузки (электрическая лампа накаливания). Справа на стенде закреплен контроллер Compact Field Point – система сбора данных с подключенными к нему модулями.



Рисунок 1.6 – Экспериментальный стенд ФЭС



Рисунок 1.7 – Экспериментальный стенд ФЭС

В соответствии с рисунками 1.8, 1.9 показан аппаратный состав данных экспериментальных стендов.

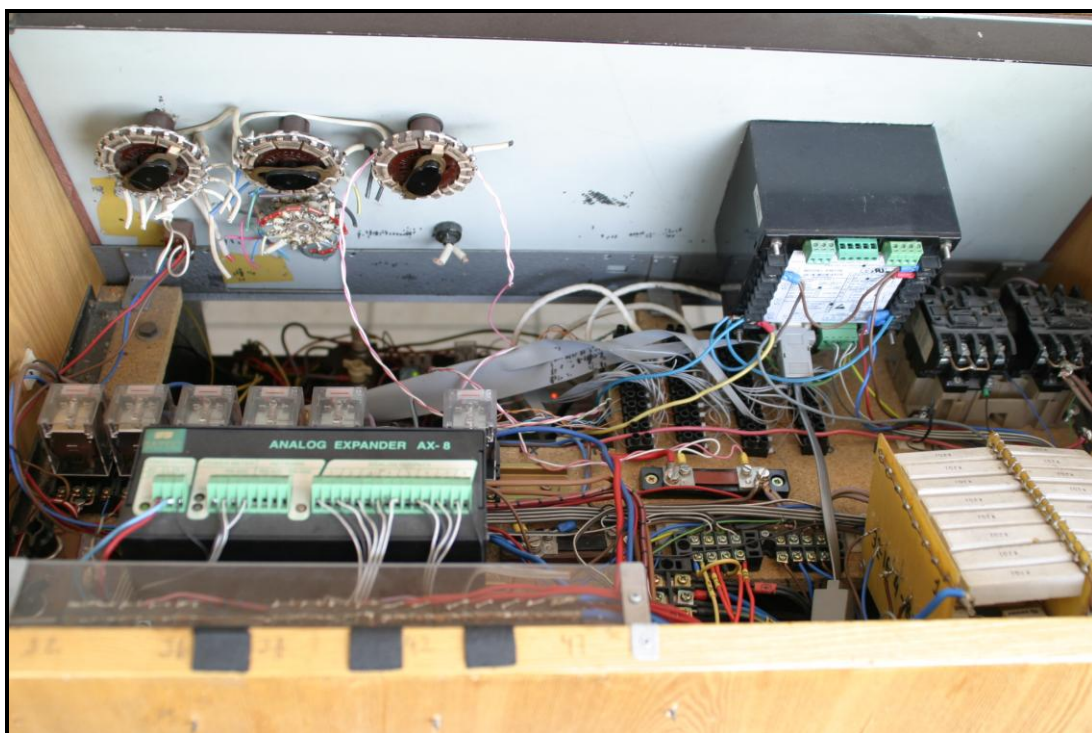


Рисунок 1.8 – Аппаратный состав стенда ФЭС

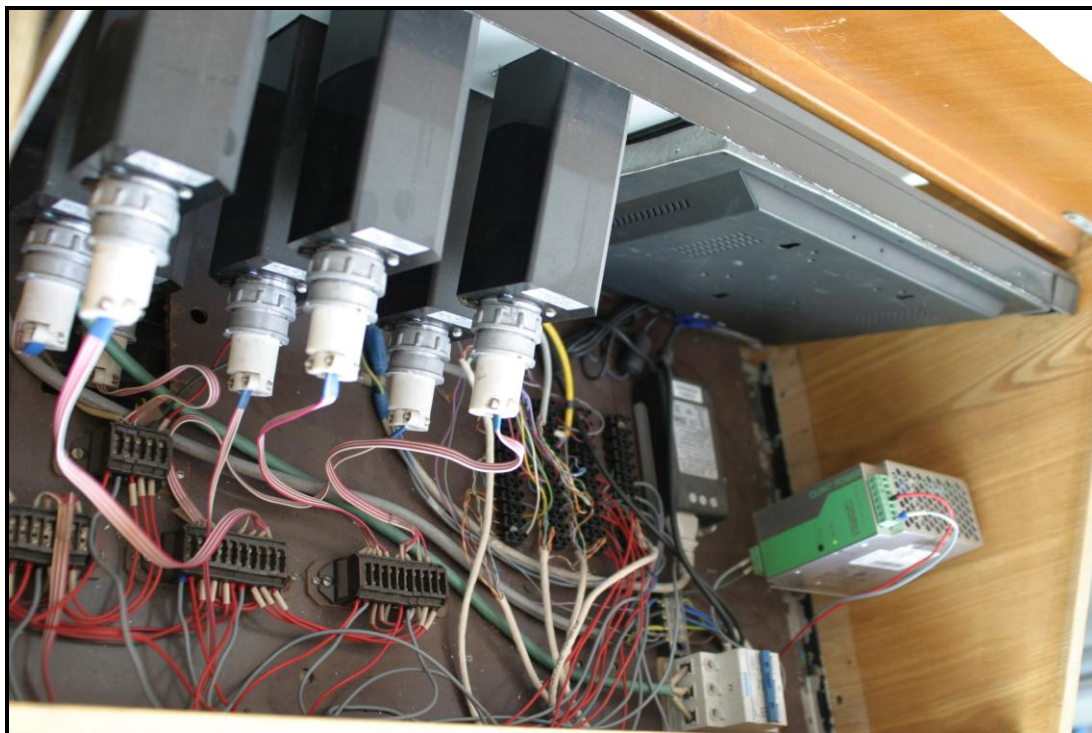


Рисунок 1.9 – Аппаратный состав стенда ФЭС

Контроллер компании National Instruments (NI) Compact Field Point (cFP-2020) представляет собой программируемый контроллер автоматизации (РАС), разработанный для решения задач автономного промышленного управления, сбора данных и их передачи по сети. Данная система обладает надежностью и возможностями, присущими ПЛК, дополненными функциональностью, гибкостью настройки и простотой программирования, свойственными обычным персональным компьютерам.

Благодаря LabVIEW Real-Time, cFP-2020 нашли применение в приложениях, требующих промышленного уровня надежности и комбинации аналогового и цифрового управления, например регистраторы, аналоговые регуляторы, взаимодействие с внешними последовательными устройствами, анализ в реальном времени, статистическое управление процессами и моделирование. Подобные системы «жесткого» реального времени распространены в нефтегазовой, полупроводниковой, целлюлозно-бумажной промышленности, в водном хозяйстве и промышленном производстве.

В соответствии с рисунками 1.10, 1.11 показан контроллер Compact Field Point с подключенными к нему модулями. Среди подключенных модулей имеются модули с цифровыми входами-выходами, аналоговыми входами-выходами, релейными модулями, АЦП и ЦАП модули.



Рисунок 1.10 – Контроллер cFP-2020



Рисунок 1.11 – Контроллер cFP-2020 с модулями

Принцип работы ФЭС: на крыше здания АУЭС установлено две солнечные батареи на общей турели, которые передают сигналы по напряжению и току непосредственно в контроллер, а контроллер в свою очередь преобразует эти данные посредством АЦП и отправляет в компьютер через интерфейс RS-232 или по локальной сети через коммутатор. Необходимо отметить, что присутствие коммутатора в данной цепочке обработки данных не обязательно, но он позволяет считывать эти данные через всю локальную сеть. На компьютере данные сигналы проходят обработку и масштабирование, после чего выводятся на операторский пункт. Также на стенде есть регуляторы сопротивления для солнечной батареи, аккумуляторов и нагрузки. С помощью данных регуляторов мы строим ВАХ и считаем мощность при различных нагрузках, тем самым выявляя технические данные двух солнечных батарей. Это может использоваться для сертификации и калибровки солнечных коллекторов кустарного производства или ввозимых в нашу страну неизвестных солнечных батарей.

Одной из частей ФЭС является гелиостат. Гелиостат – устройство для поворота солнечных панелей к солнцу под определенным углом по тангажу (вертикаль) и азимуту (горизонталь). Схемы поворотов гелиостата показаны на рисунках 1.12 и 1.13.

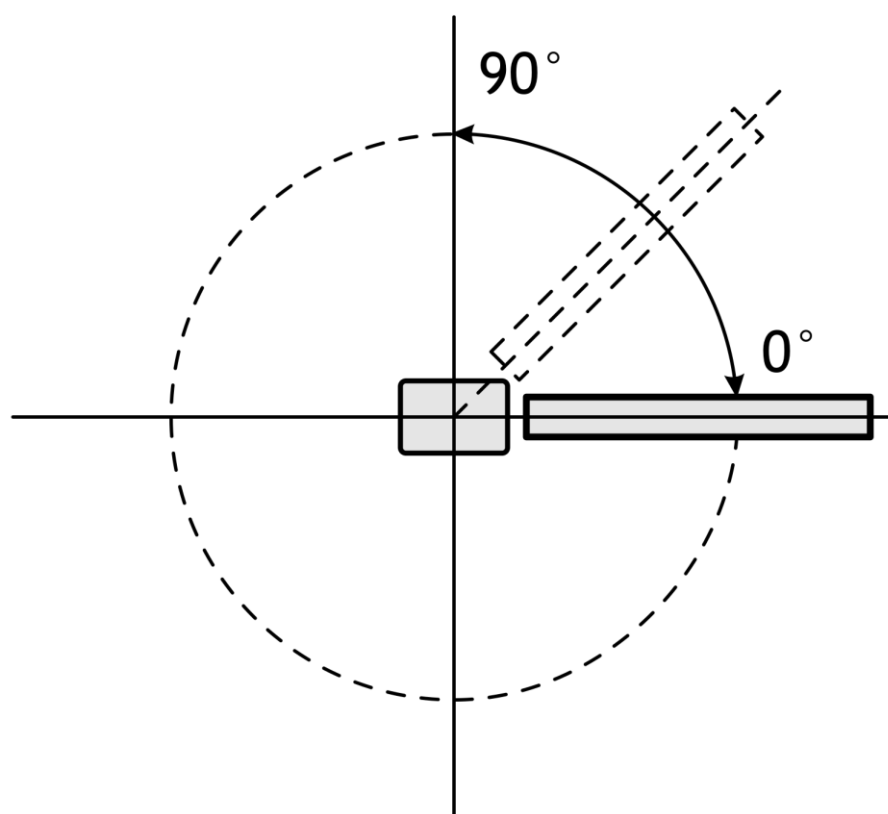


Рисунок 1.12 – Схема поворота гелиостата по тангажу

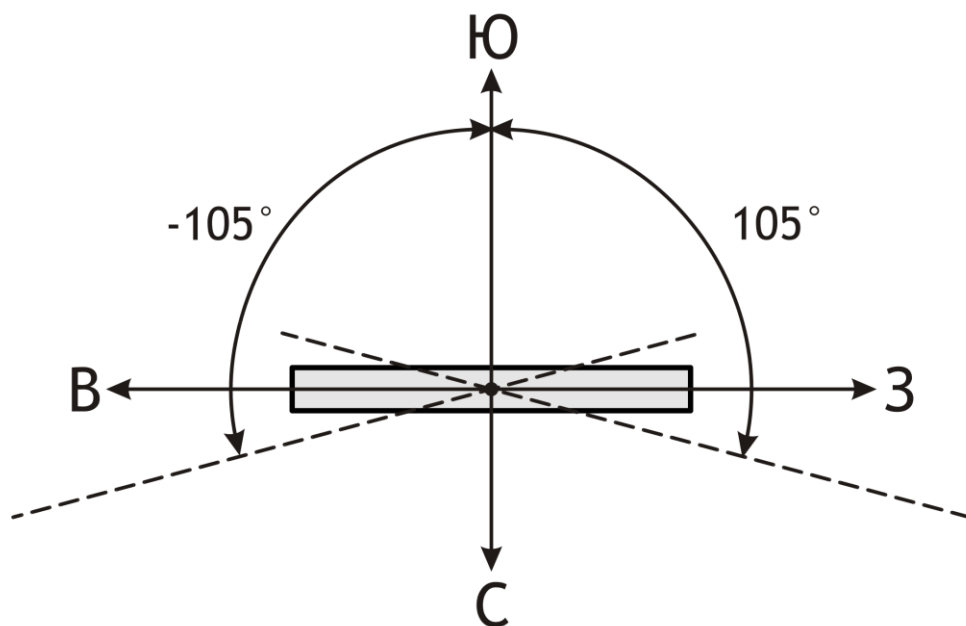


Рисунок 1.13 – Схема поворота гелиостата по азимуту

Согласно схеме поворота гелиостата по азимуту (рисунок 1.13) не только солнечные панели ФЭС могут вращаться по азимуту, но траверса (основная конструкция), которая была показана на рисунке 1.3.

Согласно данным схемам можно увидеть, что полный обзор по азимуту составляет 210° , причем как и отдельных фотопанелей, так и траверсы. Предельный угол наклона по тангажу оставляет 90° . С учетом расположения данной установки такого обзора достаточно для подбора положения панелей, при котором можно получить максимальный КПД данной установки.

Таким образом, рассмотрев техническую оснащенность лаборатории, можно составить принципиальную схему работы фотоэлектрической станции. В соответствии с рисунком 1.14, показано, что принятая электрической панелью солнечная энергия, накапливается в аккумуляторной станции, проходя при этом через пару контроллеров. Первый контроллер в данной цепочке (сFP) – собирает данные по напряжению, току, а также положение солнечных панелей, второй – контролирует уровень заряда-разряда аккумуляторной станции. После этого накопленную энергию можно пустить через инвертор в сеть. Конечно, работа данной установки может быть обеспечена только самой фотоэлектрической станцией, подключенной напрямую к аккумулятору, но в этом случае, ни о каком сборе и анализе данных не может быть и речи.

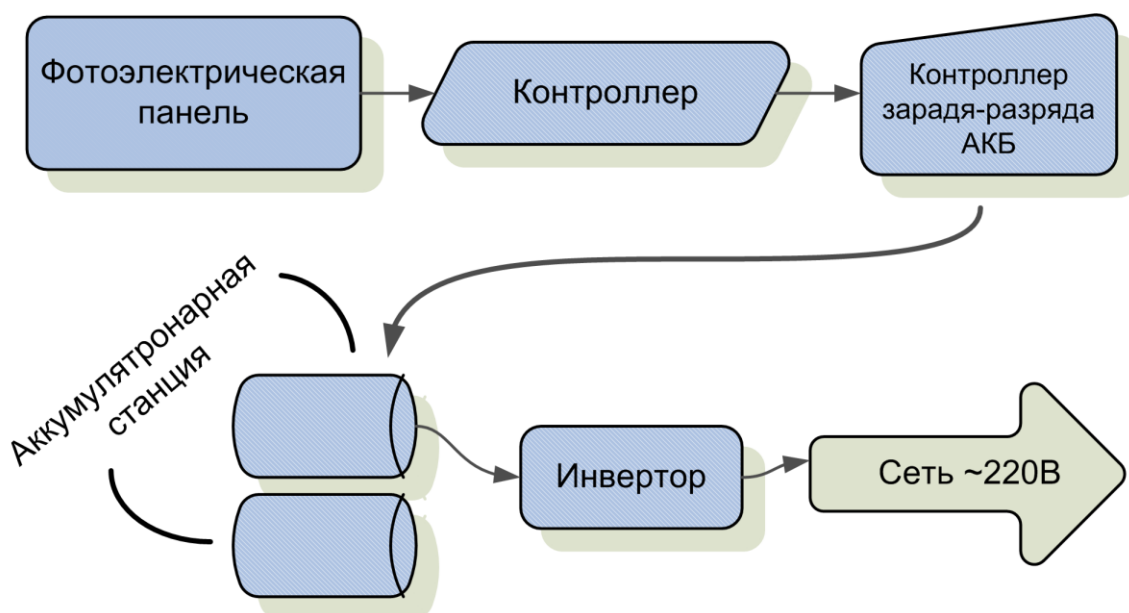


Рисунок 1.14 – Функциональная схема работы фотозлектрической станции.

Общий вид лабораторных и экспериментальных стендов приведен в Приложении А.

1.2 Солнечная теплогенерирующая установка

Теплогенерирующей установкой называют комплекс устройств и механизмов, предназначенных для производства тепловой энергии в виде водяного пара или горячей воды. Водяной пар используют для получения электроэнергии на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) или теплоэлектростанциях (ТЭС), технологических нужд промышленных предприятий и сельского хозяйства, а также для нагрева в паровых подогревателях воды, направляемой в системы теплоснабжения. Горячую воду используют для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных зданий и сооружений, а также для коммунально-бытовых нужд населения. Для отопления и вентиляции также используют и нагретый воздух[1].

В теплогенерирующей установке создают термодинамические условия с максимально возможной полнотой (коэффициентом полезного действия), при которых происходит преобразование различных видов энергии (химической, излучения, электрической) в тепловую энергию. Тепловую энергию требуемых параметров получают путем преобразования химической энергии органического топлива, энергии, выделяемой при расщеплении ядерного топлива, электрической энергии, энергии солнечного излучения, геотермальной и тепловой энергии низкого потенциала. В теплогенерирующих установках образуется рабочее тело или носитель тепловой энергии, с помощью которого тепловая энергия транспортируется к потребителю и реализуется в виде теплоты заданного потенциала. Как

правило, рабочим телом для переноса тепловой энергии (теплоносителем) служат жидкости или газы[1].

Системой теплоснабжения называют комплекс устройств, производящих тепловую энергию и доставляющих ее в виде водяного пара, горячей воды и нагретого воздуха потребителю.

Основные тенденции развития теплогенерирующих установок включают применение централизованного теплоснабжения и автоматизированных систем управления (АСУ), использование альтернативных источников энергии (водородной, солнечной, геотермальной, ветровой, приливов и отливов), местных и вторичных энергоресурсов, отходов промышленности, сельского и городского хозяйства, обеспечение минимальных выбросов вредных веществ в атмосферу [1]. Основные виды теплогенерирующих установок показаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Виды теплогенерирующих установок

Наименование	Источник энергии	Процесс получения энергии
Котельные агрегаты	Органическое топливо	В результате экзотермических химических реакций горения органического топлива в окислительной среде образуются газообразные продукты с высокой температурой (топочные газы) теплота от которых передается другому теплоносителю (воде или водяному пару).
Атомные реакторы	Ядерная энергия	Проходит цепная ядерная реакция деления тяжелых ядер трансурановых элементов под действием нейтронов. В результате ядерная энергия преобразуется в тепловую энергию теплоносителя (воды, в перспективе гелия), вводимого в активную зону атомного реактора, теплота от которого затем в атомном парогенераторе передается воде или пару.
Электродные котлы	Электрическая энергия	Преобразование электрической энергии в тепловую энергию путем разогрева нагревателя с высоким электрическим сопротивлением и последующей передачей теплоты от этого нагревателя рабочему телу.
Гелиоустановки	Солнечная энергия	Солнечная (световая) энергия преобразуется в тепловую энергию инфракрасного излучения. В гелиоприемнике или солнечном коллекторе энергия Солнца трансформируется в тепловую энергию с последующей передачей теплоты рабочему телу – воде или воздуху.
Геотермальные установки	Геотермальные воды	Проходит передача теплоты от геотермальных вод к рабочему телу, нагреваемому за счет тепловой энергии этих вод до заданных параметров.

Солнечная теплогенерирующая установка или же гелиосистема представляет собой устройство, способное преобразовывать солнечное излучение в иные, пригодные для эксплуатации, разновидности энергии (электрическую, тепловую). Наибольшее распространение оно получило в системах горячего водоснабжения и отопления загородных домов и коттеджей, а также в технологических процессах в различных отраслях промышленности. Гелиосистема предоставляет возможность полностью покрыть потребности теплого водоснабжения летом и разгрузить установки, отвечающие за обогрев дома зимой [3].

Устанавливая гелиосистемы, пользователи получают экологически чистый источник альтернативной (возобновляемой) энергии. Это современное оборудование способствует значительной экономии бюджета. Кроме того, активное внедрение гелиоустановок объясняется не просто желанием экономить, но и заботой о природе, поскольку применение солнечной энергии не сопровождается выбросами в окружающую среду опасных веществ, чего нельзя сказать о традиционных разновидностях топлива. Одна гелиосистема может на протяжении года без какого-либо вреда для человека производить до 1350 кВт часов энергии. Следует заметить, что подобная выработка в случае применения ископаемого топлива характеризовалась бы выбросом 450 килограммов углекислого газа.

Это оборудование поможет решить проблемы:

- нагрева воды в бассейнах;
- горячего автономного водоснабжения;
- применения в технологических целях горячей воды;
- полного или частичного отопления.

Любая гелиосистема предусматривает наличие следующих составляющих:

- 1 Солнечная станция, включающая:
 - расширительный бак;
 - циркуляционный насос;
 - регулирующий блок, оснащенный датчиком.
- 2 Солнечный коллектор;
- 3 Теплообменный бак, объемом от ста до пятисот литров.

Солнечный коллектор выступает в качестве основы гелиосистемы. Солнечные лучи проникают сквозь солярное безопасное стекло, отличающееся высокой пропускной способностью, и поступают на покрытие абсорбера (селективное). Тепло, благодаря незамерзающему теплоносителю, отдается теплоприемнику или баку-накопителю.

Современные гелиосистемы классифицируются на следующие типы:

- одноконтурные;
- двухконтурные.

В одноконтурных установках осуществляется циркуляция воды, которая в дальнейшем используется из бака аккумулятора. Что касается

двухконтурных систем, то в них в качестве теплоносителя выступает нетоксичная незамерзающая жидкость, которая, после нагрева, отправляется в теплообменник бака, где отдает воде полученное тепло (тепловую энергию).

Гелиосистема могут монтироваться на площадке неподалеку от дома, на горизонтальной или наклонной крыше, а также устанавливаться непосредственно в неё.

Солнечный коллектор (гелиоколлектор) - основной элемент любой установки, в котором солнечное излучение преобразуется в тепловую энергию. Гелиоколлектор улавливает солнечную радиацию (прямую, отраженную и диффузную), поглощает и преобразует ее в тепловую энергию и передачи последней теплоносителю. Гелиоколлектор в общем случае включает в себя следующие элементы:

- светопрозрачное покрытие;
- энергопоглощающую поверхность – абсорбер;
- котел-плоские трубчатые каналы для теплоносителя;
- корпус с теплоизоляцией.

Все солнечные коллекторы условно делятся на плоские, или плоскопанельные коллекторы, и вакуумные коллекторы (на вакуумных трубках)[1].

Плоскопанельные солнечные коллекторы представляют собой абсорбер, элемент, поглощающий солнечную радиацию и связанный с теплопроводной системой. С внешней стороны элемент закрыт слоем прозрачного материала, прозрачного покрытия. Чаще всего это покрытие выполняется из специального закаленного стекла, в котором максимально снижено содержание металлов. Обратная сторона, для уменьшения тепловых потерь закрыта теплоизолятором. Если тепло не передается на внешние потребители, то такой плоский коллектор в состоянии нагревать промежуточный теплоноситель до ста сорока градусов. Пример плоского солнечного коллектора показан на рисунке 1.15.

В настоящее время разрабатываются и применяются специальные оптические оболочки. Поскольку из всех используемых материалов наиболее высокая теплопроводность у меди, то она стала основным сырьем для производства абсорбера.



Рисунок 1.15 – Плоский солнечный коллектор

У вакуумных коллекторов (рисунок 1.16) главная часть – это специальная вакуумная трубка, покрытая чернением для нагревания, в которой находится вода или антифриз. Вся конструкция сделана по принципу устройства термоса. Вокруг полости заполненной жидкостью для уменьшения непродуктивных потерь тепла создается своеобразная вакуумная камера. Используя такой элемент можно нагреть воду даже в том случае, если температура окружающей среды минусовая. С целью повышения эффективности приборов, внутренние вакуумные трубки делаются граненой формы или в форме буквы «U». Внешняя оболочка трубок изготавливается из боросиликатного стекла, имеющего повышенную прочность и длительное время не теряющего своих оптических свойств [5].

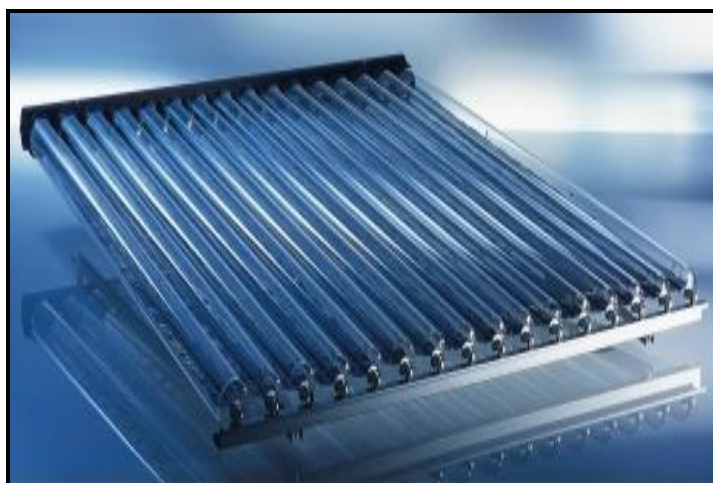


Рисунок 1.16 – Вакуумный солнечный коллектор

Вакуумная колба имеет одинарную стенку и большой диаметр (70 мм) и соответственно большую площадь поглощающей поверхности. Внутри вакуумной колбы помещена плоская поглощающая пластина, соединяющаяся с теплопроводящим стержнем. Данная трубка устойчива к замораживанию и работоспособна без повреждений до -50°C . Внутри стержня находится небольшое количество антифриза при малом давлении, поэтому испарение жидкости начинается при достижении температуры внутри трубки $+30^{\circ}\text{C}$. При меньшей температуре трубка "запирается" и дополнительно сохраняет тепло. Из-за большей площади поглощения время перехода в режим выделения тепла может быть всего 2 минуты.

Тепловой насос – устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Термодинамически, тепловой насос аналогичен холодильной машине. Однако если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель – теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии [4].

В зависимости от принципа работы тепловые насосы подразделяются на компрессионные и абсорбционные. Компрессионные тепловые насосы всегда приводятся в действие с помощью механической энергии (электроэнергии), в то время как абсорбционные тепловые насосы могут также использовать тепло в качестве источника энергии (с помощью электроэнергии или топлива). На рисунке 1.17 показан общий вид теплового насоса.

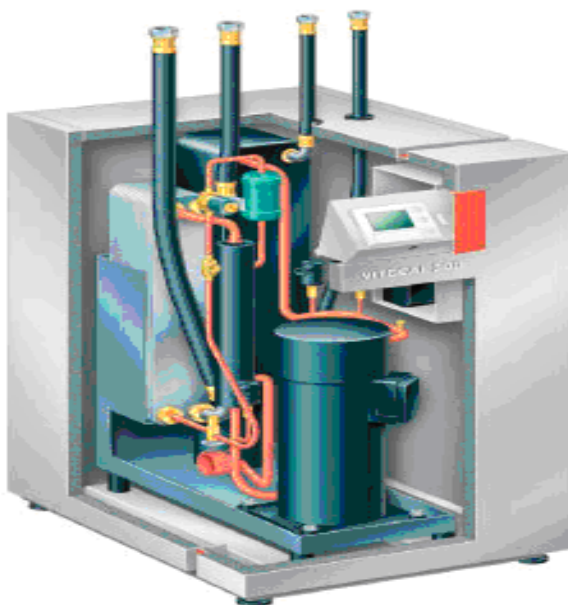


Рисунок 1.17 – Общий вид теплового насоса

Характеристики промышленных тепловых насосов и бытовых тепловых насосов позволяют по многим параметрам превосходить другие системы отопления. Это свойственно как промышленным тепловым насосам, так и бытовым тепловым насосам. По способу получения тепла выделяют несколько типов. Так, по виду источника тепла и используемого теплоносителя существующие промышленные тепловые насосы можно разделить на следующие виды: «грунт-вода», «вода-вода», «воздух-вода», «грунт-воздух», «вода-воздух», «воздух-воздух».

Классические геотермальные тепловые насосы используют тепло грунта и передают его воде. Преимущества геотермального отопления: доступность источника тепла в любое время года и при любых погодных условиях, природная возобновляемость источника тепла. Использование их полностью безопасно, при их работе отсутствуют выбросы в окружающую среду и негативное воздействие на человека. Преимущество геотермального отопления и в том, что оно экономически выгодно: применение грунтового теплового насоса в четыре раза превосходит другие системы отопления по эффективности.

Похожий на работу геотермального отопления принцип имеет тип «вода-вода», с той разницей, что используется тепло воды (реки, озёра, сбросные и сточные воды).

«Воздух-вода» забирают тепло из окружающего воздуха. При этом воздушные тепловые насосы могут работать и при отрицательных температурах (до минус 20 градусов Цельсия). Преимуществом систем геотермального отопления является большая универсальность и значительно меньшие расходы на установку. Но при плюсах в характеристиках тепловых насосов есть свои недостатки. Например, это необходимость иметь резервный источник отопления и немного меньшая эффективность.

При выборе и установке воздушного теплового насоса необходимо подбирать оборудование в зависимости от климатической зоны и допустимых минимальных температур.

Насосы группы «грунт-воздух», «вода-воздух», «воздух-воздух» имеют другое устройство. В них (например – геотермальных) конечному потребителю поступает нагретый воздух. Такие насосы менее распространены [6].

1.3 Тригенерационная установка

По мере развития газотурбостроения и поршневых ДВС появились многочисленные схемы и конструкции установок, работающих по когенерационному и тригенерационному циклу. Помимо электроэнергии утилизируется теплота отработавших газов и охлаждения цилиндров двигателей путем надстройки силовых агрегатов всевозможными

теплообменными устройствами – парогенераторами, водо- и воздухоподогревателями, теплоаккумуляторами и т.д. Охлаждение может быть двух конструкций: компрессорное или абсорбционное.

Главной особенностью большинства из предлагаемых схем является то, что в их основе лежит выработка электрической энергии, т.е. электроэнергия является базовым продуктом, а тепловая и холод – вспомогательным, и производство вторичных энергоносителей улучшает эффективность установок. Указанных недостатков лишен подход в организации тригенерационных схем по принципу сложной когенерации, который предлагается и реализуется в данной диссертационной работе. Новизна предлагаемого подхода заключается не в комбинировании выработки холода, тепловой и электрической энергии, а в независимой генерации каждого вида энергии. Указанный подход реализуется путем дооснащения существующей когенерационной установки, сжигающей органическое топливо, теплонасосной установкой, имеющей привод от силового агрегата и работающей как в режиме нагревания, так и охлаждения.

С повышением экологической культуры и необходимостью сокращения потребления ископаемых видов топлива появляется необходимость в высокоэффективных способах преобразования и выработки энергии. Традиционное раздельное производство электроэнергии конденсационными электростанциями и тепла котлами – малоэффективная технология, ведущая к потере энергии с теплом отходящих газов. Автономные установки комбинированного производства тепловой и электрической энергии – когенераторы и тригенераторы – оказались успешным технологическим решением проблемы.

Автономные тригенерационные мини ТЭС на базе дизельных и газопоршневых установок позволяют кардинально решить указанные проблемы. При этом владельцы или потребители энергии мини-ТЭС имеют следующие преимущества:

- автономность (отсутствие организационной и технической зависимости от централизованных сетей);
- пониженная в разы стоимость выработки тепла, холода и электроэнергии;
- малые потери при транспортировке энергии;
- высокое качество электроэнергии, теплоснабжения и холодоснабжения;
- возможность продажи излишков энергии сторонним потребителям и получение дополнительной прибыли.

В полной мере все вышеперечисленные качества проявляются при возрождении и создании новых производств в сельской местности нашей страны.

Тригенерация – это технология комбинированной выработки энергии, позволяющая резко увеличить экономическую эффективность использования топлива, так как при этом в одном процессе производятся три вида энергии –

электрическая, тепловая и холод. В этом случае бросовая энергия (тепло выхлопных газов и систем охлаждения агрегатов) используется по прямому назначению. Стремление утилизировать эту энергию, получаемую при сжигании топлива, но не используемую при выработке основного продукта (электроэнергии), привело к созданию конструкций, в которых вторичные продукты: тепловая энергия (горячая вода, пар) и холод (лед-вода, охлажденный воздух) производятся за счет тепла выхлопных газов приводного двигателя. В составе таких систем работает абсорбционная холодильная машина (АХМ), которая для выработки холода использует часть утилизированного тепла. Поток теплоты, получаемый тепловым модулем при генерации электричества, находится в определенной пропорции к потоку выработанной электроэнергии. В то же время графики потребляемой электроэнергии, теплоты и холода, как правило, не согласуются между собой. Использование тригенерационных установок с абсорбционными холодильными машинами неэффективно, так как может возникнуть ситуация, когда из-за колебаний потребляемой электроэнергии, потребители теплоты или холода могут недополучать, или иметь их избыток. Применение систем с принципом сложной когенерации позволяет кардинально решать такие проблемы, обеспечивая наиболее высокий коэффициент использования первичного топлива. При этом в составе тригенерационной установки вместо АХМ работают тепловые насосы, которые могут быть в режиме источника тепла, в режиме кондиционера или быть реверсивными.

Основными элементами тригенерационной установки, работающей по принципу сложной когенерации, являются:

- блок генерации электроэнергии в составе теплового двигателя, электрогенератора;
- блок утилизации теплоты в составе котла-утилизатора, утилизационного жидкостного теплообменника, гидравлической и газовой системы трубопроводов с арматурой, электроприводами, датчиками и предохранительными устройствами;
- контур тепловых насосов в составе компрессоров, теплообменников, системы трубопроводов с арматурой;
- модуль автоматического контроля и управления в составе блок-панели, управляющей электроприводами, трубопроводной арматурой и т.д.

Блоки генерации электроэнергии и утилизации теплоты монтируются на своих фундаментных рамах и поставляются, как правило, в виде, подготовленном к монтажу на рабочем месте. Элементы установки могут монтироваться в капитальных зданиях без специальных фундаментов под оборудование, в легких быстровозводимых конструкциях на основе теплоизолированных плит, в контейнерах стандартного исполнения, либо специально спроектированных и т.п. Высокая степень готовности поступающих на монтаж элементов позволяет возводить как единичные установки малой мощности, так и мини-ТЭС мощностью до нескольких десятков мегаватт в очень сжатые сроки – от 2 до 10 месяцев.

Электрическая нагрузка – коммунальная, электроснабжение жилого фонда и инфраструктуры производственного объекта. Тепловая нагрузка – сезонная отопительная жилых и производственных помещений. Холод – кондиционирование производственных помещений в летний период. Топливо – биогаз.

Главным, самым дорогим, самым ответственным и самым капризным является блок генерации электроэнергии, а в нем – двигатель. Стоимость двигателя составляет до половины стоимости всей установки.

В ДВС процесс сгорания топлива с выделением теплоты и превращением ее в механическую работу происходит непосредственно в цилиндрах. Наиболее экономичными являются поршневые и комбинированные двигатели внутреннего сгорания. Они имеют достаточно большой срок службы, сравнительно небольшие габаритные размеры и массу. Основным недостатком этих двигателей следует считать возвратно-поступательное движение поршня, связанное с наличием кривошатунного механизма, усложняющего конструкцию и ограничивающего возможность повышения частоты вращения, особенно при значительных размерах двигателя. Осуществление рабочего цикла ДВС в одном цилиндре с малыми потерями и значительным перепадом температур между источником теплоты и холодильником обеспечивает высокую экономичность этих двигателей. Высокая экономичность – одно из положительных качеств ДВС.

Среди ДВС дизель в настоящее время является таким двигателем, который преобразует химическую энергию топлива в механическую работу с наиболее высоким КПД в широком диапазоне изменения мощности. Это качество дизелей особенно важно, если учесть, что запасы нефтяных топлив ограничены.

К положительным особенностям ДВС стоит отнести также то, что они могут быть соединены практически с любым потребителем энергии. Это определяется широкими возможностями получения соответствующих характеристик изменения мощности и крутящего момента этих двигателей.

Важным положительным качеством ДВС является возможность их быстрого пуска в обычных условиях. Двигатели, работающие при низких температурах, снабжаются специальными устройствами для облегчения и ускорения пуска. После пуска двигатели сравнительно быстро могут принимать полную нагрузку. ДВС обладают значительным тормозным моментом, что очень важно при использовании их в тригенерационных установках.

На практике применяют два типа поршневых двигателей:

- 1 С воспламенением от сжатия (аналог автомобильного или судового дизеля), которые могут работать на дизельном топливе или природном газе (с добавлением 5% дизельного топлива для обеспечения воспламенения топливной смеси). Несмотря на повсеместную тенденцию использовать газ (в основном по экологическим причинам), в некоторых случаях (отсутствие

газопровода, цена строительства, время работы) экономически оправданно использовать дизельное топливо.

2 С искровым зажиганием (аналог автомобильного бензинового двигателя). Электрическая выходная мощность двигателей этого типа, как правило, на 15 – 20% ниже, чем у дизелей (ограничивается специально для предотвращения детонации). Тепловая мощность у них также ниже, чем у дизелей. Двигатели с искровым зажиганием могут работать на чистом газе (природный газ, био и другие условно бесплатные газы).

Теплоутилизатор является основной компонентой любой тригенерационной системы. Принцип его работы основан на использовании энергии отходящих горячих газов двигателя электрогенератора (турбины или поршневого двигателя). При достигнутых к настоящему времени параметрах циклов ДВС в полезную работу превращается $38 \div 46\%$ теплоты, полученной от сжигания топлива. Далее механическая энергия расходуется либо на производство электрической энергии, либо на привод ТНУ

С охлаждающей жидкостью от двигателя уходит $25 \div 30\%$ теплоты. Меньшее значение относится к быстроходным двигателям, большее к машинам пониженной быстроходности.

Системой смазывания отбирается от двигателя $5 \div 8\%$ теплоты. До 5% тепла отбирается в охладителе наддувочного воздуха (ОНВ). Несколько процентов тепла отдает двигатель в окружающую среду со своей поверхности.

Самая ценная часть вторичной теплоты ($22 \div 27\%$) – та, которая отбирается от отработавших газов, имеющих температуру в интервале $400 \div 600^\circ\text{C}$. Она может быть направлена на различные нужды, в том числе на выработку пара. Менее ценные с позиций возможности использования (эксергетическая ценность) тепловые потоки охлаждающей жидкости и масла с температурой $90 \div 95^\circ\text{C}$.

Простейшая схема работы теплоутилизатора состоит в следующем: отходящие газы проходят через теплообменник, где производится перенос тепловой энергии жидкостному теплоносителю (вода, гликоль). После этого охлажденные отходящие газы выбрасываются в атмосферу, при этом их химический и количественный состав не меняется.

На рисунке 1.18 показан принцип действия теплового модуля. Система утилизации тепла функционирует по общей схеме работы тригенерационной установки по выработке тепловой энергии: отбор и передача тепла потребителю от систем (контуров) двигателя установки с наибольшим температурным потенциалом.

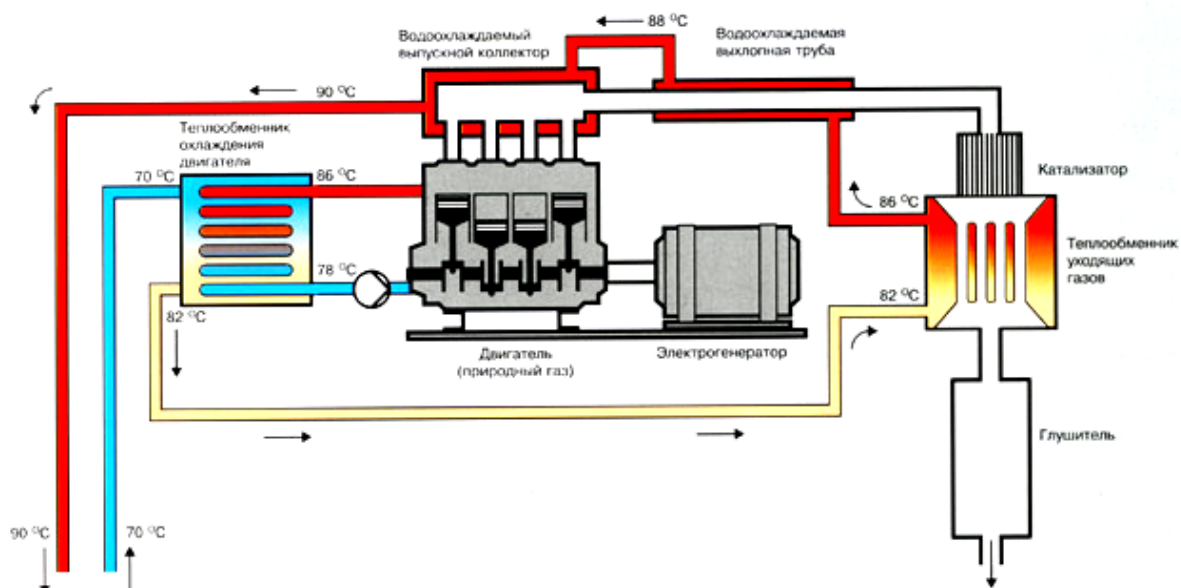


Рисунок 1.18 – Схема работы теплового модуля тригенерационной установки

В когенерационных установках имеющаяся в составе двигателей система охлаждения топливо - воздушной смеси с низким температурным потенциалом (максимальная рабочая температура от 32 до 47°С) в схеме утилизации не используется в связи со сложностью с технической стороны и большими материальными затратами, однако, в тригенерационных установках использование этого потенциала дает выгодные преимущества, так как представляет собой источник тепла для теплонасосной установки.

В составе лаборатории НВИЭ также имеется и модульная тригенерационная установка, предназначенная для научных и учебно-исследовательских работ. На данной установке производятся эксперименты, нацеленные на получение максимального КПД выработки холода, тепла и электроэнергии при определенных режимах работы и выбранного топлива.

В соответствии с рисунками 1.19, 1.20 показаны модульная тригенерационная установка (МТГУ) и общий вид лаборатории.

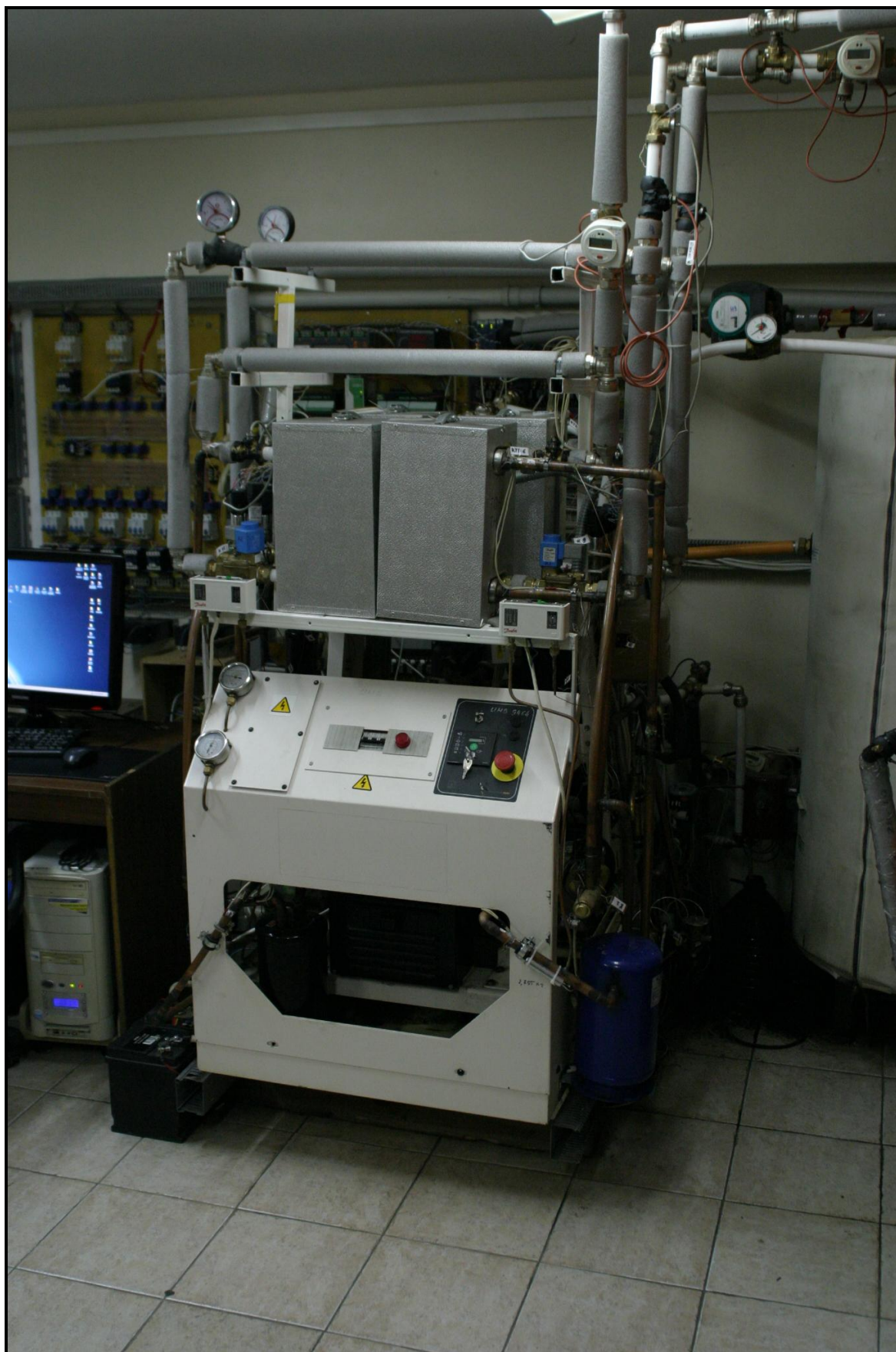


Рисунок 1.19 – Модульная тригенерационная установка лаборатории
НВИЭ АУЭС



Рисунок 1.20 – Общий вид лаборатории с МТГУ

Данная установка полностью автоматизирована и управляется двумя контроллерами Compact Field Point, которые также, в свою очередь и осуществляют сбор данных с датчиков температуры, давления, напряжения и др. Из-за очень сложной системы тригенерации и огромного количества датчиков, необходимо множество каналов управления и получения информации, в следствии чего, было и установлено два контроллера. Также имеется и прибор контроля качества получаемой электроэнергии (PM-175). В соответствии с рисунком 1.21, показан общий вид панели управления.

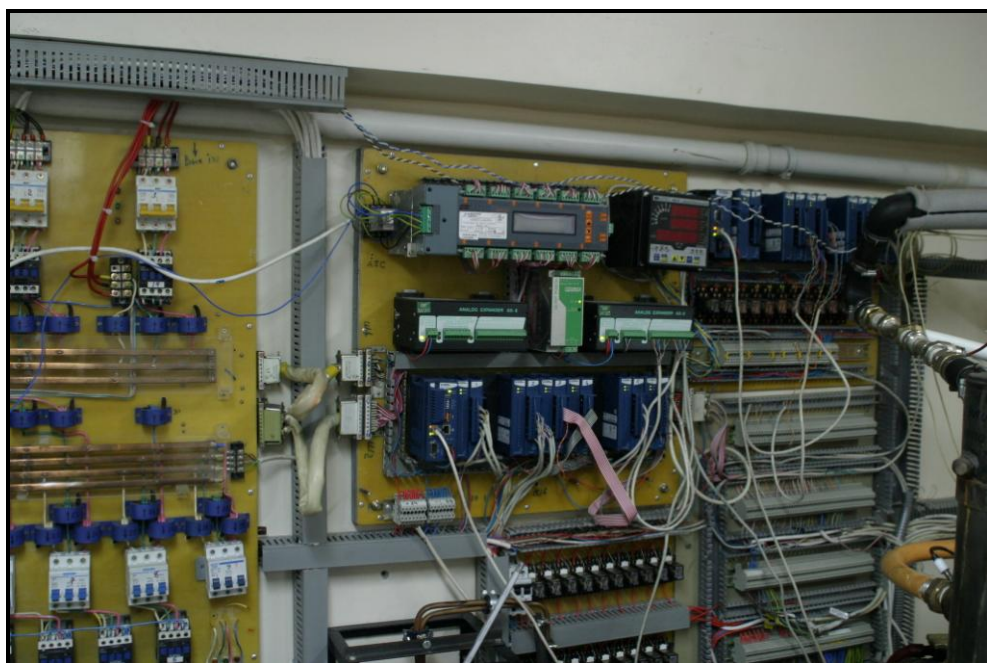


Рисунок 1.21 – Общий вид панели управления МТГУ

Данная установка при работе «сбрасывает» электрическую энергию в аккумуляторную станцию, а тепловую в бак-аккумулятор.

1.4 Автоматическая станция метеонаблюдений. Метеостанция

Метеостанция – это совокупность различных приборов для метеорологических измерений (наблюдения за погодой). Различают аналоговые и цифровые метеорологические станции [7].

На классической (аналоговой) метеостанции имеется:

- термометр для измерения температуры воздуха и почвы;
- барометр для измерения давления;
- гигрометр для измерения влажности воздуха;
- анеморумбометр (или флюгер) для измерения скорости и направления ветра;
- осадкомер для измерения осадков;
- плувиограф для непрерывной регистрации осадков на период жидких осадков;
- термограф для непрерывной регистрации температуры воздуха;
- гигрограф для непрерывной регистрации влажности воздуха;
- психрометр для измерения температуры и влажности воздуха;
- гололедный станок для измерения гололедно-изморосевых отложений;
- ледоскоп для определения измороси и инея;
- барограф для определения барометрической тенденции давления;
- При больших объемах работы метеостанций используют;
- испаромер ГГИ-3000 для измерения величины испарения с земной поверхности;
- гелиограф для непрерывной регистрации солнечного сияния;

В лаборатории НВИЭ Алматинского университета энергетики и связи имеется автоматическая станция метеонаблюдений Vaisala WXT510.

Автоматическая метеостанция Vaisala WXT510 – это небольшой легкий прибор, который выдает информацию о шести важных метеорологических параметрах и представлен в компактном корпусе (рисунок 1.22). Vaisala WXT510 измеряет скорость и направление ветра, осадки, атмосферное давление, температуру, относительную влажность воздуха.

Автоматическая метеостанция Vaisala WXT510 использует питание от 5 до 30В постоянного тока и выдает последовательно данные согласно выбранному протоколу связи SDI-12, ASCII автоматически. Прибор подключен через последовательный порт RS-232 (COM).



Рисунок 1.22 – Автоматическая метеостанция Vaisala WXT510

При измерении параметров ветра используется технология WINDCAP фирмы Vaisala. Датчик ветра имеет три равноудаленных друг от друга ультразвуковых измерительных преобразователей и расположенных в горизонтальной плоскости. Скорость и направление ветра определяются по времени, за которое ультразвук проходит от одного преобразователя до двух других. Датчик ветра измеряет время прохождения сигнала по трем сторонам треугольника из преобразователей.

Принцип измерения давления, температуры и влажности воздуха. В модуле PTU находятся датчики для измерения давления, температуры и влажности воздуха. Принцип измерения давления, температуры и влажности основан на новом РС-генераторе и двух эталонных конденсаторах, по которым непрерывно измеряется емкость датчиков. Микроконтроллер преобразователя производит компенсацию температурной зависимости датчиков влажности и давления.

В модуль PTU входят:

- емкостной кремниевый датчик BAROCAP для измерения давления;
- емкостной кремниевый датчик THERMOCAP для измерения температуры воздуха;
- емкостной пленочный датчик HUMICAP для измерения влажности.

Принцип измерения осадков. Для измерения осадков в WXT510 используется технология датчика RAINCAP. Датчик осадков состоит из стальной крышки и пьезоэлектрического датчика, установленного на поверхности под крышкой.

Датчик осадков распознает удар каждой капли дождя. Сигнал, образующийся при ударе капли о поверхность сенсора, пропорционален объему капли. Таким образом, с помощью преобразования сигналов в объем капель может быть рассчитано накопленное количество осадков [23].

ГЛАВА 2. Аналитический обзор лабораторий удаленного доступа

Принцип, заложенный в основу концепции лабораторий удаленного доступа, уже давно используется в различных областях человеческой деятельности, в особенности в науке и технике. Например, приборы и аппараты, предназначенные для изучения таких объектов, прямой контакт человека с которыми по ряду причин невозможен, всегда управлялись человеком на расстоянии, в том числе и задолго до появления персональных компьютеров и компьютерных сетей[8].

В этом случае дистанционное управление аппаратурой и проведение с ее помощью удаленных экспериментов осуществлялось с помощью специально создаваемых приспособлений, способных передавать команды оператора на нужное расстояние любым доступным в то время способом – посредством электрических сигналов через соединительные кабели, радиосвязи и т.п. Классической иллюстрацией подобного подхода являются:

- методы управления с Земли беспилотными летательными аппаратами и другими искусственными космическими объектами;
- управление роботизированной техникой, контактирующей с вредными, взрывными, и прочими опасными веществами;
- управление зондами для изучения верхних слоев атмосферы или проведения глубоководных либо подземных экспериментов;
- и многое другое.

Появление и развитие локальной вычислительной сети и сети Интернет, приведшее к значительному упрощению электронной связи и давшее возможность легко подключиться с любого персонального компьютера к другому персональному компьютеру или высокопроизводительному серверу в любой точке планеты, позволило сформировать и воплотить в жизнь концепцию удаленного управления оборудованием реальных лабораторий. На начальном этапе своего развития данная концепция подразумевала только интеграцию в обучающий процесс в технических университетах, в том числе в системе дистанционного образования. Студент, получающий образование заочно, теперь мог выполнять задачи университетского лабораторного практикума, не выходя из дома, при помощи своего персонального компьютера управляя учебной аппаратурой, расположенной в университетской лаборатории. Однако позже были постепенно реализованы на практике во многих странах другие возможности лабораторий удаленного доступа:

- повышение эффективности обучения студентов при помощи коллективного удаленного доступа к одной и той же экспериментальной установке;
- экономия средств на дублирование одной и той же экспериментальной установки в студенческом практикуме, которое становится ненужным при организации к ней удаленного доступа;

- работа на дорогостоящем уникальном оборудовании, недоступном физическим пользователям;
- проведение экспериментов с радиоактивными и другими опасными веществами;
- упрощение и удешевление проведения реальных научных экспериментов, не требующих теперь приобретения реального экспериментального оборудования или командировок в научные центры, этим оборудованием располагающие;
- организация непрерывного круглосуточного доступа к оборудованию в автоматическом режиме;
- и другие применения, прежде всего коммерческой направленности.

Лаборатория удаленного эксперимента (ЛУЭ) – комплекс технических, программных и методических средств, обеспечивающих автоматизированное проведение учебно- и научно-исследовательских работ непосредственно на физических объектах и (или) математических моделях с использованием удаленного компьютерного доступа через всемирную глобальную или локальную сеть.

Удаленный компьютерный доступ – режим функционирования ЛУЭ, при котором управление физическим объектом осуществляется с компьютера, удаленного на сколь угодно большое расстояние от места размещения самого объекта.

Таким образом, для создания ЛУЭ требуются, во-первых, применение специальных технических средств, как для автоматизации экспериментального стенда, так и для связи управляющего компьютера с удаленным пользователем, проводящим эксперимент в режиме сетевого управления, во-вторых, разработка прикладного программного обеспечения (ПО) или использование в отдельных случаях специализированных пакетов программ и, в-третьих, методическая поддержка лабораторных учебно-научных экспериментов.

Одной из важнейших составляющих подготовки студентов в университетах естественнонаучного и технического профиля, способствующих выработке у обучаемых практических навыков, является лабораторный практикум, проводимый в соответствии с учебным планом, как по общим, так и по специальным дисциплинам.

Исходя из того, что лабораторные установки, особенно дорогостоящие, располагаются в главном корпусе вуза, то подход к проведению лабораторных работ с удаленным компьютерным доступом дает возможность использования этих же установок и многочисленным филиалам вуза. Кроме того, этот способ способствует приобщению студентов к новым компьютерным технологиям, при этом сама лабораторная работа выполняется на реальной установке. В этом случае подсистема телекоммуникаций размещается на Web-сервере и работа с удаленным пользователем осуществляется в сети Internet / Intranet по протоколу TCP/IP. Web-сервер связан с управляющим компьютером локальной сетью, а обмен здесь осуществляется с использованием другого

протокола. Все операции обмена со стендом происходят через специальную резидентную программу. При случайном разрыве связи удаленного клиента с сервером управляющий компьютер продолжает выполнение эксперимента по условиям, заданным пользователем, и режим работы стенда не нарушается[10].

Задача создания и последующего коллективного использования практикума ЛУЭ является весьма актуальной также при разработке концепции исследовательского университета и формировании его информационного пространства. Целевое использование ресурсов глобальной сети Интернет существенно расширяет кругозор и исследовательские навыки специалистов в процессе обучения. При подготовке специалистов для ключевых наукоемких отраслей последнее обстоятельство является особенно важным, т.к. крупные уникальные установки требуют весьма больших капиталовложений и создаются только в единичных экземплярах.

Проведем классификацию лабораторного практикума технического вуза, подразделив его на традиционные лабораторные работы, виртуальные и лабораторные работы с удаленным доступом. Традиционные лабораторные работы представляют собой практическое занятие, проводимое в реальных условиях с функционирующей лабораторной установкой. Виртуальные лабораторные работы, иначе тренажеры, представляют собой имитационную компьютерную модель реальной лабораторной установки, заменяющей натурный эксперимент. Лабораторные работы с удаленным компьютерным доступом к реальным объектам представляют собой такой режим функционирования системы автоматизированного лабораторного практикума, при котором работа с объектом осуществляется с компьютера, удаленного на сколь угодно большое расстояние от места размещения самого объекта. Анализ описанных выше типов лабораторных работ представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Анализ типов лабораторных работ

Тип лабораторной работы	Краткая характеристика и возможности
Традиционные	Включают: методическое пособие на бумажном или электронном носителе по проведению работы, перечень контрольных вопросов и физический доступ к «реальной» лабораторной установке. Студент имеет возможность получить полную информацию о способах технической реализации той или иной лабораторной установки. Проводить эксперименты и выполнять лабораторные работы.

Продолжение таблицы 2.1

Виртуальные	<p>Включают: персональный компьютер или специализированный виртуальный стенд. Позволяют с минимальными затратами на аппаратное обеспечение смоделировать практически любой лабораторный эксперимент с помощью специализированного программного обеспечения.</p> <p>Может даже оказаться, что компьютерная реализация исследуемого на лабораторном стенде процесса в методическом смысле будет наиболее удачной и полной. Однако при всем богатстве возможностей имитационного моделирования, кроме психологического ощущения нереальности происходящего, остаются эксперименты, которые невозможно заменить моделями просто потому, что их результаты принципиально не просчитываются заранее.</p>
Удаленный доступ	<p>Включают: персональный компьютер и реальную лабораторную установку. В данном варианте лабораторная работа проводится обычным (очным) образом, а все изменения, происходящие в процессе выполнения работы реальной установкой, задаются и отображаются на компьютере студента. Требуется: применения специальных технических средств, как для автоматизации экспериментального стенда, так и для связи управляющего компьютера с удаленным пользователем; разработки специализированного программного обеспечения; методической поддержки лабораторного практикума.</p>
Смешанные	<p>Включают: персональный компьютер с доступом в интернет или локальную сеть и специализированный виртуальный стенд. По сути, является смесью виртуального и удаленного типа лабораторных работ, а также есть вариант и смешение традиционного и виртуального типа.</p>

В целом ряде направлений науки и техники (физика частиц высоких энергий, ядерная техника, физика плазмы и др.) с учетом особых условий работы на уникальных стендах и наличием ряда опасных для человека факторов (высокие напряжения, СВЧ и рентгеновское излучение, нейтронные потоки и т.п.) пультовая, оснащенная сложными дистанционными системами управления и диагностики, вынесена на достаточно большое расстояние от

установки и отгорожена от нее различными защитными сооружениями. Методы измерения большинства параметров в таких системах являются бесконтактными[10].

В этих условиях сбор информации о протекающих процессах и управление таким сложным устройством производятся практически всегда дистанционно. Поэтому в подготовке специалистов для различных отраслей, и прежде всего, для энергетики, в учебно-исследовательском процессе должно большое внимание уделяться методам дистанционного управления экспериментом. Они, безусловно, должны применяться в сочетании с лабораторными и учебно-исследовательскими работами, проводимыми традиционным способом, но желательно, чтобы освоение новых информационных технологий в этом направлении не было какой-то кампанией, а шло целенаправленно, начиная с общих и общетехнических (или общефизических) дисциплин. Именно на это и направлено применение автоматизированного лабораторного практикума с удаленным доступом.

На рисунке 2.1 изображается схема лаборатории удаленного доступа и взаимодействие участников процесса обучения

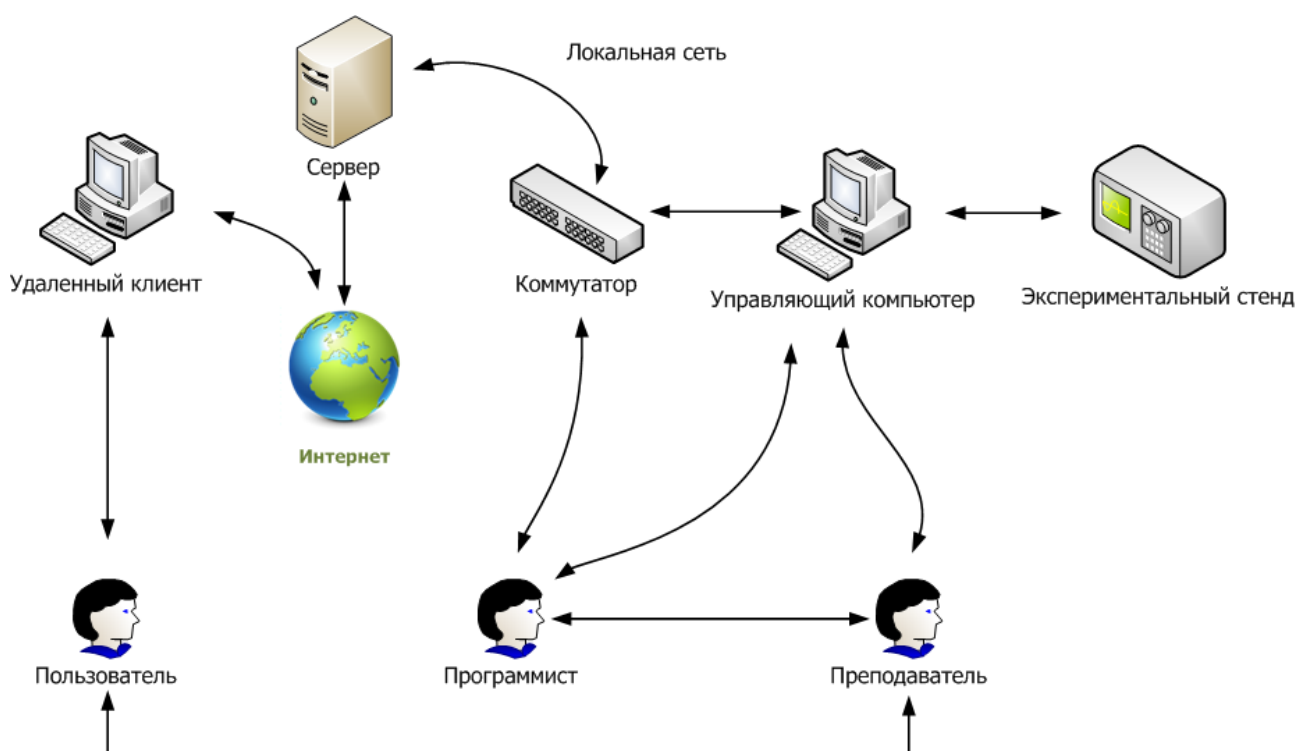


Рисунок 2.1 – Схема лаборатории удаленного эксперимента и взаимодействие участников процесса обучения

2.1 АЛП с удаленным доступом в МГТУ им. Н.Э. Баумана

Создание ЛУЭ, позволяющих использовать через сеть Интернет использовать уникальные научно-учебные экспериментальные стенды МГТУ им. Н.Э. Баумана, проводилось, начиная с 2000г. На сайте <http://lud.bmstu.ru/> (рисунок 2.2) содержится информация по четырем практикумам по различным

разделам курса физики (механика, электромагнетизм, квантовая физика), разработанных на кафедре «Физика» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Начал опытную эксплуатацию автоматизированный стенд по механике деформируемого твердого тела с удаленным доступом, на котором возможна сложная нагрузка образцов не только продольными усилиями, но и крутящими моментами. Вместе с практикумом этот стенд образует Интернет-лабораторию ИЛИМ по испытанию материалов.

Кроме того, на данном сервере размещена информация об Интернет – лаборатории на основе уникального объекта – одного из крупнейших в Европе радиотелескопа МГТУ им. Н.Э. Баумана (рисунок 2.3) миллиметрового диапазона длин волн, к которому в соответствии с несколькими проектами по федеральным целевым программам организован удаленный доступ через сеть Интернет. Ввод в опытную эксплуатацию этого автоматизированного объекта состоялся в 2004 г. В 2005 г. преимущественно используется оборудование National Instruments.



Рисунок 2.2 – Главная страница сайта АЛП УД в МГТУ им. Н.Э. Баумана

Здесь проводятся практикумы по изучению аппаратуры и методов исследования радио- и астрофизических объектов через сеть Интернет посредством специально организованной радиорелейной линии связи. Масса управляемой с помощью сетевых технологий антенны радиотелескопа более 20 тонн. Структура программного комплекса для поддержки удаленного

управления радиотелескопом МГТУ им. Н.Э. Баумана ДИОРАМА изображена на рисунке 2.4



Рисунок 2.3 – Радиотелескоп МГТУ им. Н.Э. Баумана

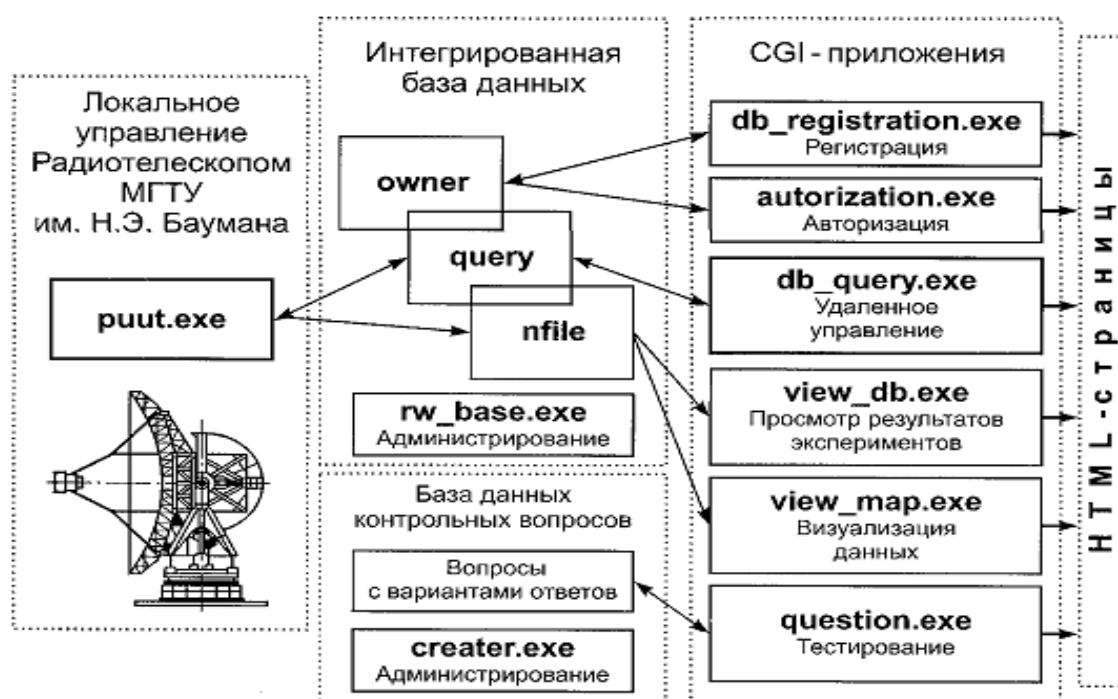


Рисунок 2.4 – Структура программного комплекса ДИОРАМА для поддержки удаленного доступа МГТУ им. Н.Э. Баумана

В 2005 г. по заданию Федерального агентства по образованию МГТУ

им. Н.Э. Баумана и МЭИ (ТУ) создали специализированный сервер АЛП УД <http://www.alpud.ru>, на котором размещены описания и демо-версии более чем 50 автоматизированных практикумов, созданных различными университетами РФ. Там же размещены и методические материалы, призванные помочь разработчикам и пользователям в применении сетевых практикумов удаленного доступа в учебном процессе.

Проведенный анализ разработанных АЛП УД обуславливает ряд весьма высоких требований к профессорско-преподавательскому и вспомогательному персоналу высших учебных заведений, где разрабатываются и будут внедряться автоматизированные практикумы с удаленным доступом.

Эксплуатация АЛП УД в системе ИНДУС студентами как МГТУ им. Баумана, так и других университетов, продемонстрировала в течение пяти лет заметный интерес студентов к данной форме проведения лабораторного практикума, индивидуализацию условий проводимого эксперимента и повышение его эффективности. Кроме того, ряд обучающихся принял активное участие и в разработке новых лабораторных практикумов с удаленным доступом.

Опыт работы студентов, преподавателей и научных работников технического университета на автоматизированных комплексах в режиме удаленного компьютерного доступа уверенно демонстрирует практическую пользу данной технологии для обеспечения эффективности учебного процесса и научных исследований.

2.2 Сетевая лаборатория центров коллективного пользования с удаленным доступом Сибирского федерального округа

В рамках реализации проекта «Развитие системы центров коллективного пользования с удаленным доступом» вопрос о форме организации сетевого доступа к системе лабораторного практикума и его информационно-методической поддержки однозначно решился в виде Интернет-ресурса (портала). Такой портал (www.alpsib.ru) получил название «Сетевая лаборатория центров коллективного пользования с удаленным доступом Сибирского федерального округа». Опыт показал, что наиболее эффективной организацией контента лаборатории является обеспечение его доступности для всех пользователей с одновременным использованием авторизации для доступа к специализированным интерфейсам. Фактически это комплекс интерфейсов, интерактивных форм и инструментов управления учебным процессом, связанных между собой на основе системы управления базами данных посредством телекоммуникаций и позволяющий получить доступ к лабораторным практикумам по сети Internet / Intranet.

В ходе разработки сетевой лаборатории был реализован следующий перечень сервисов:

- получение актуальной информации по вопросам работы системы лабораторных практикумов;

- непосредственное выполнение доступных для каждого студента лабораторных работ;
- получение общей информации о доступных для выполнения лабораторных работах в зависимости от выбранной специальности и дисциплины;
- получение доступа к мультимедийным электронным образовательным ресурсам;
- осуществление виртуального общения преподавателей, студентов и административного персонала;
- организация централизованной технической и методической поддержки преподавателей, студентов и администраторов по вопросам работы лабораторного практикума.

Структура сетевой лаборатории в соответствии с проектируемыми возможностями по организации учебного процесса состоит из открытых интерфейсов (групп ресурсов), доступных для всех пользователей (посетителей), и закрытых интерфейсов (групп ресурсов), доступных только для авторизованных пользователей определенных категорий (рисунок 2.5).

Основная сложность состоит в определении баланса между открытыми и закрытыми ресурсами. На выбор влияет ряд факторов: строгость регистрации участников и особенности организации образовательного процесса, организация учета Интернет трафика, наличие и организация работы административного персонала, а также ряд других факторов.

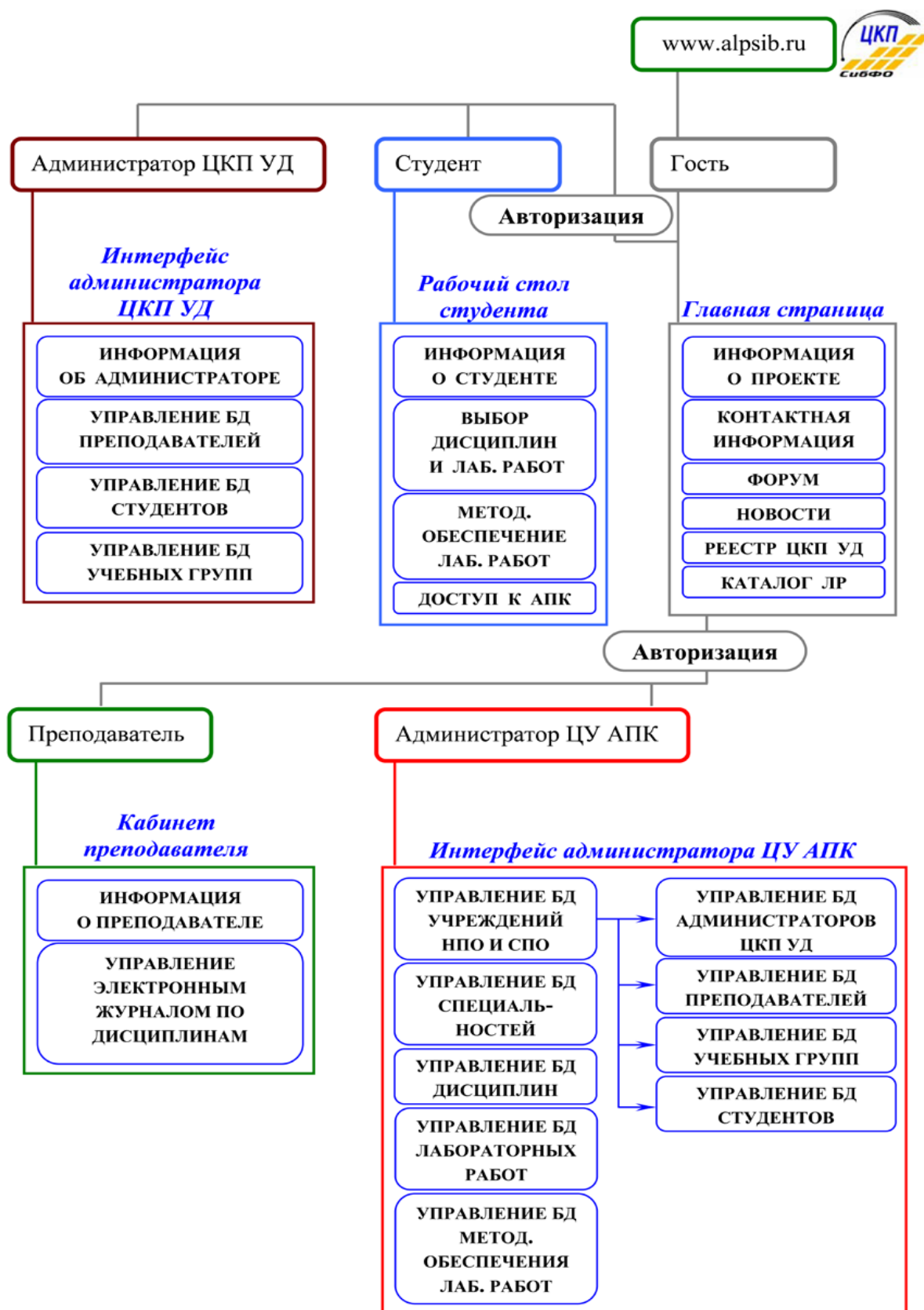


Рисунок 2.4 – Структура сетевой лаборатории

Таблица 2.1. – Распределение основных ресурсов сетевой лаборатории

Открытая группа ресурсов сетевой лаборатории (общие ресурсы)	Закрытая группа ресурсов сетевой лаборатории (персонифицированные ресурсы)
Лента новостей	Учебно-методическое обеспечение лабораторного практикума
Общая информация об участвующих в проекте центрах коллективного пользования с удаленным доступом	Интерфейс администратора центрального узла аппаратно-программных комплексов
Каталог доступных для выполнения лабораторных работ	Интерфейс администратора центра коллективного пользования
Информация о сетевой лаборатории и о проекте в целом	Кабинет преподавателя
Контактная информация	Рабочий стол студента
Форум (открытые разделы)	Форум (закрытые разделы)
Расписание работы АПК	Мультимедийные электронные образовательные ресурсы по дисциплинам и модулям учебных курсов
Интерфейс авторизации пользователей	Учебно-методические материалы по тематике развития информационных технологий и их применения в образовании

Представленное в таблице 2.1 распределение ресурсов созданной сетевой лаборатории, позволяет оперативно управлять учебным процессом, строго регламентировать возможности пользователей каждого учебного заведения, разграничить Интернет трафик, административные и образовательные ресурсы, сделать их персонифицированными.

Формирование персонифицированных групп ресурсов сетевой лаборатории наложало определенные требования к выбору ее технологической платформы. Возникла необходимость обеспечить высокую функциональность и гибкость программных средств, а также простую модернизацию уже написанного программного кода. Было принято решение использовать платформу ASP.NET фирмы Microsoft, которая является единой платформой для разработки web-приложений и содержит службы, необходимые для построения web-приложений, отвечающие поставленным задачам. Технология ASP.NET упрощает техническую реализацию доступа к базам данных и содержит простую модель для написания логической структуры программы, запускаемой на уровне приложения. При создании сетевой лаборатории были использованы Web Forms и веб-службы XML, а также их комбинации. Каждая из форм или служб поддерживается одной и той же инфраструктурой, что позволяет использовать схемы проверки

подлинности, кэшировать часто используемые данные или настраивать конфигурацию приложения. Общие элементы интерфейса сетевой лаборатории, расположенной по адресу www.alpsib.ru, показаны в соответствии с рисунком 2.6.

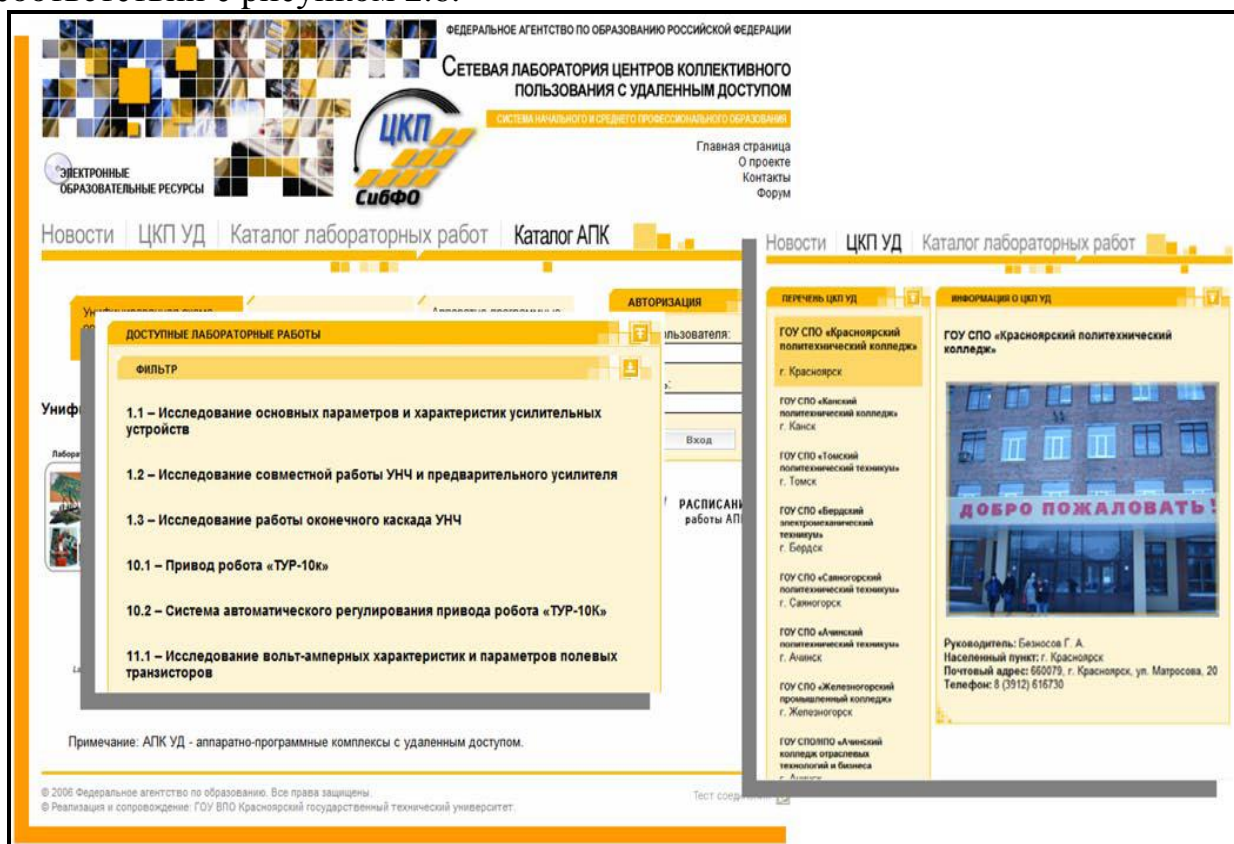


Рисунок 2.6 – Общие элементы интерфейса сетевой лаборатории

Фактически, каждый зарегистрированный в сетевой лаборатории центр коллективного пользования получает возможность доступа к лабораторному практикуму в соответствии со своими направлениями подготовки специалистов и изучаемыми дисциплинами. Реализация сервисов сетевой лаборатории дает возможность организовать индивидуальную работу студентов, которая заключается в независимом выполнении лабораторных работ с удаленным доступом.

Открытая группа ресурсов сетевой лаборатории обеспечивает общее информационное сопровождение пользователей, находится в режиме «только для чтения» и, решает частные задачи: освещение наиболее значимых событий и изменений в работе сетевой лаборатории и системы лабораторных практикумов, публикация перечня доступных лабораторных работ, обеспечение обратной связи, организация расписания работы, а также авторизация пользователей.

Закрытая группа ресурсов сетевой лаборатории распределяется между следующими категориями пользователей: администратор центрального узла (ЦУ) аппаратно-программных комплексов с удаленным доступом, администратор центра коллективного пользования с удаленным доступом,

преподаватель, студент. Каждая категория пользователей получает доступ к персонифицированным управляемым укрупненным группам ресурсов в виде специализированных интерфейсов.

В сетевой лаборатории реализованы следующие специализированные интерфейсы (рисунок 2.7):

- 1 Рабочий стол студента.
- 2 Кабинет преподавателя.
- 3 Интерфейс администратора ЦКП УД.
- 4 Интерфейс администратора ЦУ АПК УД.

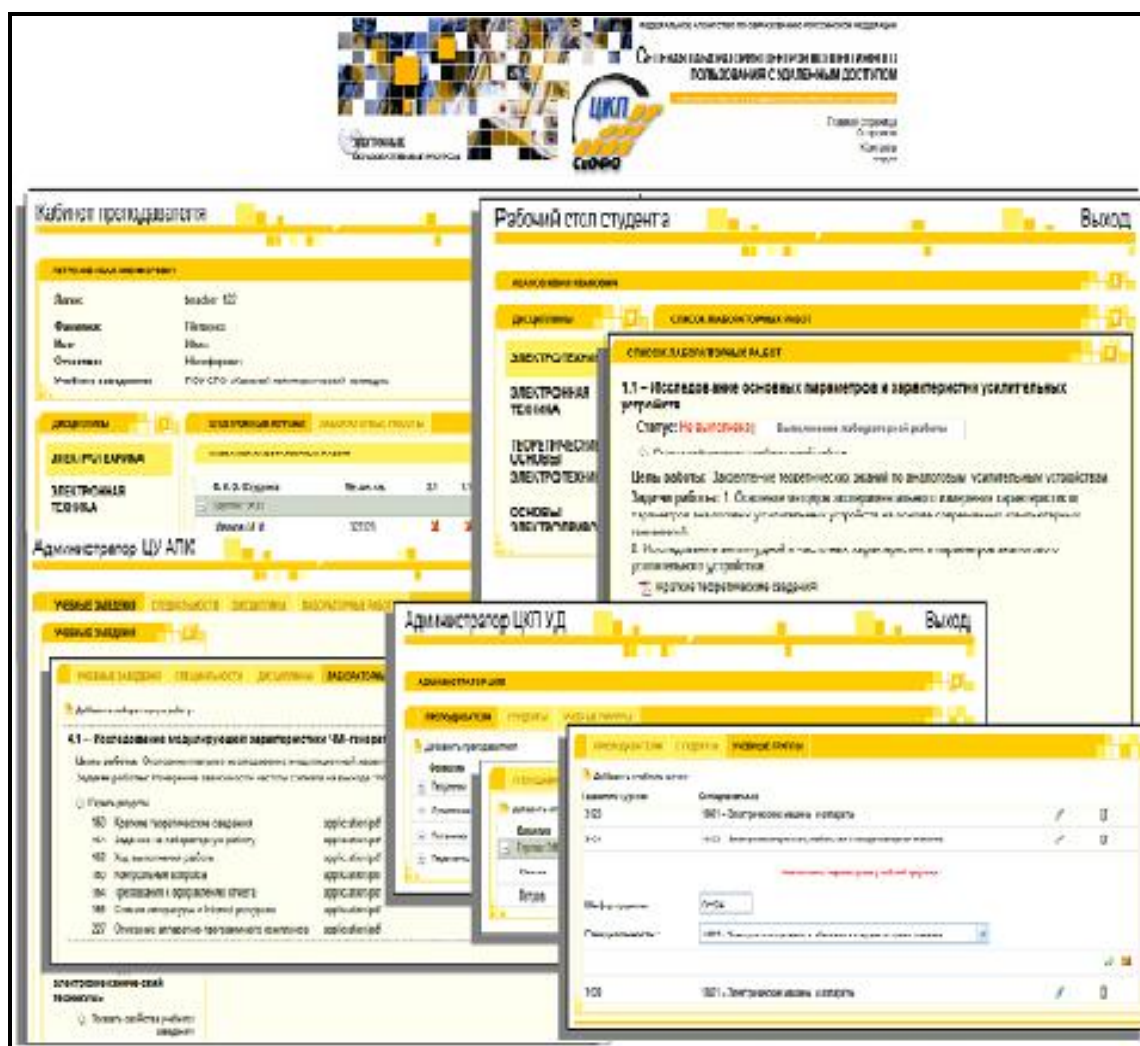


Рисунок 2.7 – Специализированные интерфейсы сетевой лаборатории

Авторизовавшись как «Студент», пользователь получает доступ к виртуальному рабочему столу студента. Основная работа студента в сетевой лаборатории заключается в изучении методических материалов и выполнении лабораторного практикума по своей специальности в составе учебной группы. Для всех лабораторных работ, размещенных в сетевой лаборатории, разработано методическое обеспечение в соответствии со следующей структурой: «Название лабораторной работы»; «Цель, задачи лабораторной работы»; «Краткие теоретические сведения»; «Описание аппаратно-

программного комплекса»; «Задание на лабораторную работу»; «Требования к оформлению отчета»; «Контрольные вопросы»; «Ход выполнения работы»; «Список литературы и Internet-ресурсов». Все разделы структуры методического обеспечения каждой лабораторной работы представлены в сетевой лаборатории в виде гипертекстовых документов, адаптированных для использования внутри сетевого пространства.

Авторизовавшись как преподаватель, пользователь получает доступ к кабинету преподавателя. Кабинет преподавателя является специализированным интерфейсом, позволяющим осуществлять мониторинг и установку статуса выполнения лабораторных работ студентами в составе учебных групп с помощью электронного журнала. Электронный журнал в табличной форме содержит Ф.И.О. студентов, номер зачетной книжки в составе учебных групп. В этой же области приведены номера лабораторных работ и показан статус их выполнения.

Студент, выполнив лабораторную работу, оформляет отчет о проведенных измерениях и полученных результатах. Отчет рецензируется преподавателем и при достигнутых положительных результатах лабораторная работа переводится в статус «зачтена».

Авторизовавшись как «Администратор», пользователь получает доступ к специализированному интерфейсу администратора ЦКП УД. Интерфейс позволяет управлять списками преподавателей, студентов и учебных групп.

Администратор центрального узла АПК УД сетевой лаборатории имеет возможность управлять любыми модулями сетевой лаборатории для всей сети ЦКП.

Таким образом, в сетевой лаборатории реализованы полностью функциональные интерфейсы на современной технологической платформе, позволяющие обеспечить в полной мере организацию учебного процесса на базе центров коллективного пользования с удаленным доступом. В качестве основных направлений развития сетевой лаборатории является развитие в ней модуля электронного тестирования в сетевом режиме и блока моделирования, позволяющего сравнить работу реальных лабораторных макетов с их математическими моделями.

2.3 АЛП УД Российского университета дружбы народов.

Назначение и состав автоматизированного лабораторного практикума удаленного доступа (АЛП УД).

Современная тенденция в сфере автоматизации и визуализации измерений заключается в использовании виртуальных измерительных технологий (виртуальных приборов – ВП) взамен традиционных, часто архаичных и малофункциональных приборов и систем. Структурной единицей АЛПУД, разрабатываемых в РУДН, является автоматизированный лабораторный стенд.

В состав автоматизированного лабораторного стенда входят

исследуемый объект, устройства ввода/вывода аналоговых и цифровых сигналов, подключенные к персональному компьютеру, программное обеспечение, задающее алгоритм работы ВП и его пользовательский интерфейс (лицевая панель ВП). При таком подходе технические характеристики измерительного оборудования определяются многофункциональными устройствами ввода/вывода, а функциональные и пользовательские особенности могут быть настроены программно в зависимости от конкретной задачи, поставленной в работе. Таким образом, реализуется принцип открытой архитектуры, позволяющий расширять функциональные возможности создаваемых приложений не разрушая, а лишь надстраивая их. Кроме того, использование виртуальных измерительных технологий (ВИТ) позволяет повысить степень автоматизации и гибкость измерительной системы, а также организовать дистанционный доступ к измерительным ресурсам через современные телекоммуникационные сети.

При разработке и построении АЛП УД на основе ВИТ выбор устройств ввода/вывода осуществляется с учетом следующих факторов:

- функциональное назначение устройства (тип подключаемых источников сигналов; измерение аналоговых сигналов; генерация аналоговых сигналов; ввод/вывод дискретных сигналов и т.д.);
- технические характеристики (количество каналов; максимальная частота дискретизации и обновления; разрядность АЦП и ЦАП и т.д.);
- функциональные возможности (возможность одновременного ввода/вывода данных, возможность синхронизации измерительных процессов по сигналам внешних устройств и т.д.);
- совместимость с существующими средами программирования;
- фирма производитель (стоимость; сроки поставок; гарантия; техническая поддержка и т.д.).

При создании систем дистанционного управления (СДУ), как правило, решаются следующие основные задачи:

- автоматизация и проведение измерений на локальном уровне;
- первичная математическая обработка измерительной информации средствами автоматизированного стенда;
- создание архива измеренных данных и организация работы с базами данных;
- создание гибкого, эргономичного и интуитивно понятного интерфейса пользователя;
- организация передачи данных по телекоммуникационным сетям (запросов на измерения, ответов на эти запросы и результатов измерений в виде лабораторных отчетов).

В качестве средства для разработки ПО в РУДН была выбрана среда LabVIEW, являющаяся де-факто международным стандартом при создании систем автоматизации измерений. Предпочтение при выборе фирмы-

производителя было отдано National Instruments (NI) в силу функциональных возможностей и надежности измерительного оборудования, а также вследствие его гармоничной интеграции с другими программными платформами.

2.4 Всемирная студенческая лаборатория WWSL – World Wide Student Laboratory

Рассмотренные схема проведения АЛП УД и типовая методика относятся к практикумам, разработанным в образовательных учреждениях Российской Федерации. Однако можно представить себе и значительно более глобальное обобщение автоматизированных лабораторных ресурсов при международной кооперации в этой области. Идея Всемирной студенческой лаборатории (WWSL – World Wide Student Laboratory) была впервые предложена А.А. Ародзеро. Она в большей мере ориентирована на открытое образование, хотя может использоваться для расширения учебно-научных экспериментальных ресурсов и при традиционных технологиях обучения. Главные цели WWSL сформулированы следующим образом: увеличить эффективность практической подготовки студентов на современной базе экспериментальных исследований, стимулировать интерес студентов к науке и обеспечить расширение лабораторных ресурсов преподавателям.

На рисунке 2.8 показана главная страница проекта WWSL.



World Wide Student Laboratory Topical Group Center	
	
About WWSL and DiscoverLab	Subject Areas
Laboratory Topics Physics, Optics, Material Science <ul style="list-style-type: none"> • Cosmic Ray • Optics • Plasma Diagnostics • Tensile Strength of Materials • Radiophysics and Radioastronomy 	Non-WWSL Remote Access Labs <ul style="list-style-type: none"> • Dynamics and Control Lab at the UT at Chattanooga, TN • Wind Tunnel Laboratory at NASA Glenn Research Center, Cleveland, OH • Real Laboratory at the Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne, Switzerland • Semiconductor AIM-Lab at Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY • The Real-Time Remote-Access Control Engineering Laboratory at the Polytechnic University, Brooklyn, NY • The Cosmic Ray Observatory Project at the University of Nebraska, Lincoln, NE • Virtual Laboratory for Electronics Packaging Technology, University of Technology and Economics, Budapest, Hungary
Biology, Chemistry <ul style="list-style-type: none"> • Oscillating Chemical Reactions • Study of Self-organization in Chemical and Biological systems • Study of Noise-induced Transitions • Correlations Between the Processes in Different Biological Systems 	
Statistics <ul style="list-style-type: none"> • Study of Exponential and Poisson Distributions • Stochastic Processes • Study of Correlations in Stochastic Processes 	

Рисунок 2.8 – Главная страница проекта WWSL

На начальном этапе World Wide Web (WWW – всемирная паутина) прежде всего, использовалась в образовательных целях тремя основными способами:

- для обеспечения студентов более широким доступом к информации;
- как инструмент связи при традиционных формах образования, с целью роста эффективности взаимодействия между преподавателями и студентами;
- как «виртуальная классная комната», «виртуальная лаборатория», как обобщенный интерфейс для обучения на расстоянии.

В основу проекта WWSL положены новые образовательные технологии, который дополняют традиционные методы и поднимают стандарт учебного экспериментального исследования на качественно новый уровень. Эти технологии существенно расширяют пределы лабораторной техники, доступной для практической подготовки студентов во всем мире. WWSL – это динамичное международное сотрудничество, основанное на совместном использовании через сеть Интернет экспериментальных ресурсов университетов, учреждений, исследовательских центров и компаний.

В соответствии с концепцией WWSL можно отметить следующие основные преимущества такого подхода:

- возможность исследования явлений, ненаблюдаемых в традиционных условиях лаборатории. В качестве примеров можно привести исследования, которые требуют проведения одновременных опытов в различных географических точках мира, в различных окружающих средах, в течение длительных интервалов времени и т.д.;
- в результате обобщения экспериментальных данных, полученных на целом ряде стендов, возможно, изучить "тонкие" процессы и/или процессы, которые требуют очень большого объема данных;
- появляется возможность управлять экспериментальными проектами параллельно с математическим моделированием, что способствует более глобальному пониманию явлений;
- любой студент, имеющий доступ к Интернету, независимо от местоположения может участвовать в WWSL, что делает WWSL совершенным образовательным инструментом на любом расстоянии;
- студенты имеют круглосуточный доступ к экспериментальным установкам (24 часа в сутки, 7 дней в неделю, 365 дней в году) и возможность работать на них в соответствии с собственным графиком;
- преподаватели имеют возможность использовать данные экспериментов, проводимых в режиме on-line, для чтения лекций;
- используя WWSL, студенты могут иметь доступ к данным «профессиональных» научных экспериментов, а преподаватели могут использовать эти данные для учебного процесса;

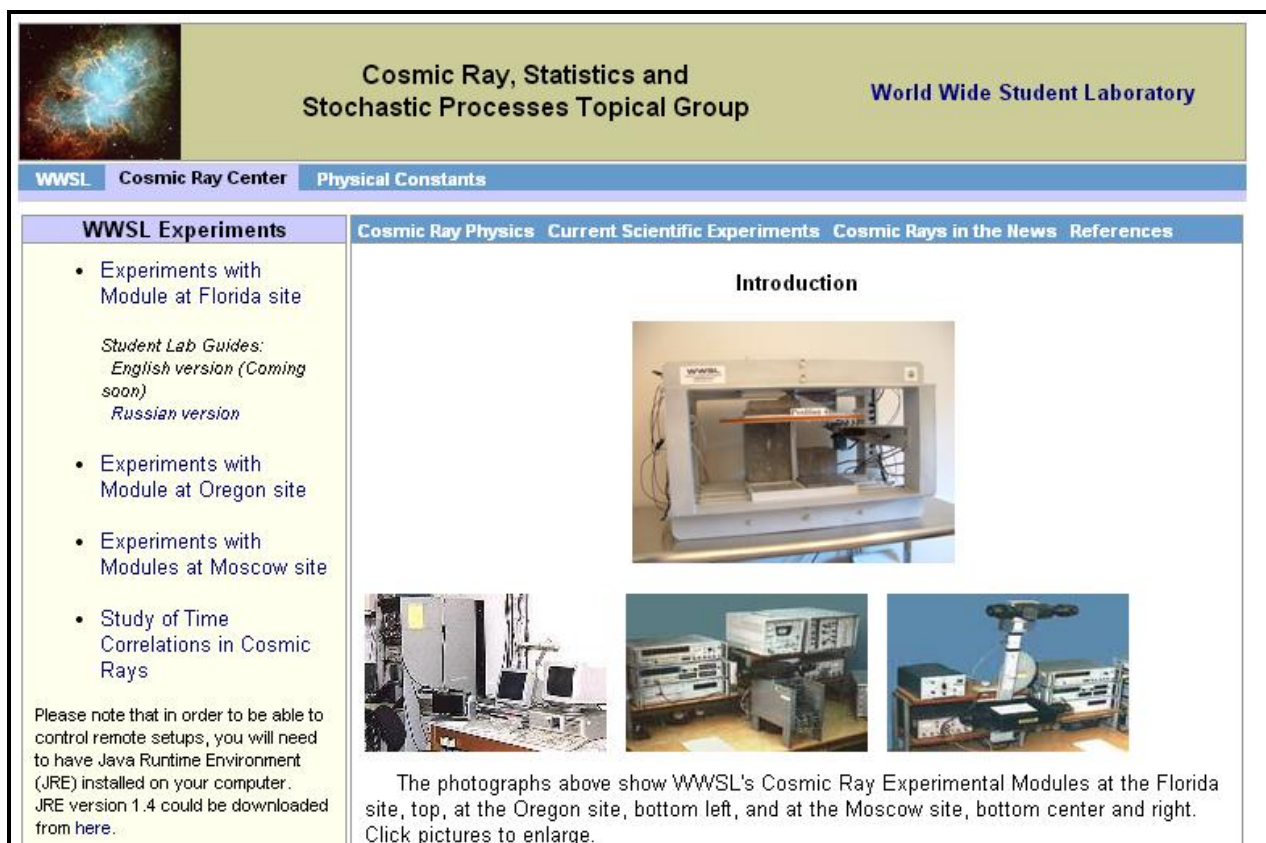


Рисунок 2.9 – Web-страница проекта WWSL с примером портала центра по изучению космических лучей

– отдельные студенческие проекты могут быть объединены в виде заключительного доклада по исследовательским работам - участие в создании такого доклада научит студентов этике совместных исследований, повысит мотивацию и значимость их работ;

– разработка и реализация новых WWSL-блоков программного обеспечения может хорошо быть хорошим стимулом для студентов при изучении информатики;

– элементы WWSL могут быть доступны не только студентам университетов, но также и обучающимся в колледжах и средних школах.

Для реализации проекта WWSL в США организована компания DiscoverLab Corporation, президентом которой является А.А. Ародзеро. Результатом первой ее разработки явилось «объединение» через сеть Интернет двух лабораторий по изучению космических лучей, одна из которых расположена в РФ (МГТУ им. Н.Э. Баумана), а другая – в США (Университет штата Орегон). На рисунке 2.9 приведена одна из страниц проекта WWSL (<http://wwsl.net>).

Разработана соответствующая инфраструктура WWSL (рисунок 2.10).

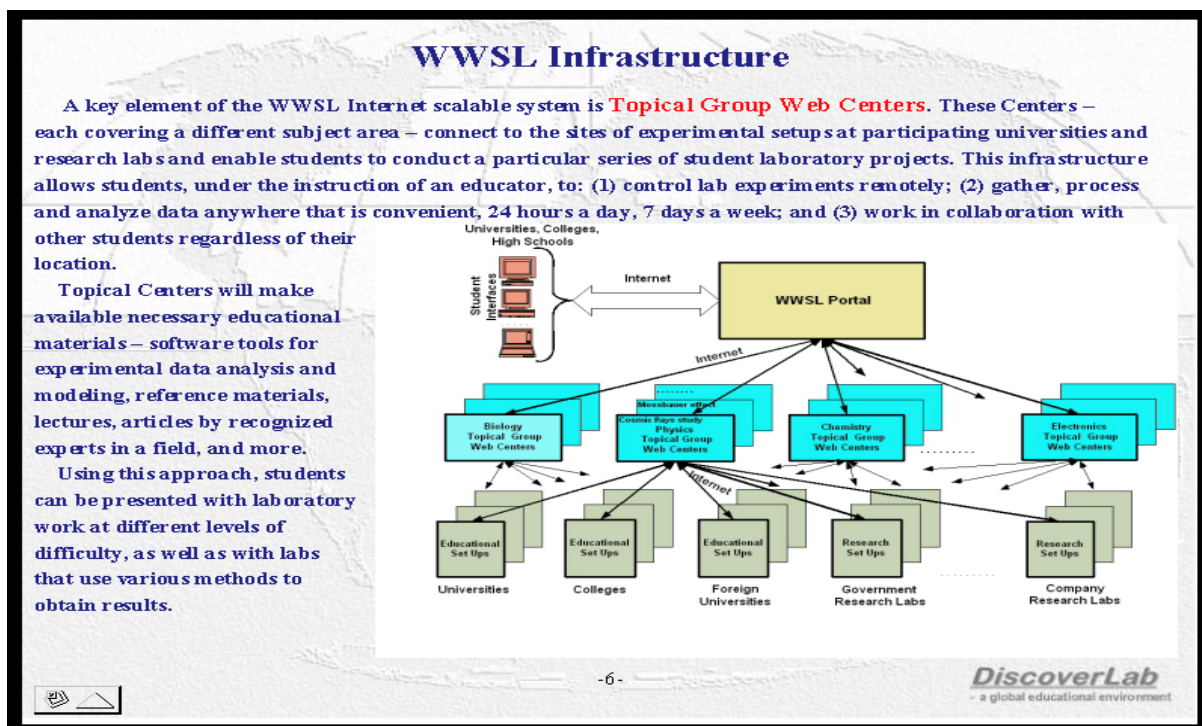


Рисунок 2.10 – Инфраструктура проекта WWSL

2.5 Нанолaborатория РГРТУ

Портал «Нанолaborатория РГРТУ с дистанционным доступом через сеть Internet к комплексу нанотехнологического исследовательского оборудования» (рисунок 2.11) создан в рамках ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008 – 2010 годы». Портал является инструментарием для удаленного доступа студентов, исследователей, разработчиков к комплексу зондовых, атомносиловых и электронных микроскопов для диагностики и комплексных испытаний наночастиц, наноструктурированных и наномодифицированных материалов. На оборудовании нанолaborатории осуществляется дистанционное обучение сотрудников образовательных, научных и промышленных организаций, а также выполнение научных исследований в области нанотехнологий.



Рисунок 2.11 – Главная страница сайта нанолаборатории РГРТУ

Состав комплекса оборудования

В базовый состав оборудования нанолаборатории входят сканирующие зондовые микроскопы, расположенные в Региональном Центре Зондовой Микроскопии коллективного пользования (РЦЗМкп) при РГРТУ:

- Solver Pro, (ОАО «НТ-МДТ», Россия);
- Ntegra Aura, (ОАО «НТ-МДТ», Россия);
- научно-учебный комплекс Nanoeducator (ОАО «НТ-МДТ», Россия).

И оборудование, расположенное в Региональном Центре коллективного пользования «Материаловедение и диагностика в передовых технологиях» ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, (г. Санкт-Петербург);

- Просвечивающий электронный микроскоп JEM 2100-F (JEOL, Япония), оборудованный энергодисперсионным спектрометром фирмы «Oxford Instruments» и анализатором потерь энергии электронов фирмы «Gatan»;
- Растровый электронный аналитический микроскоп JSM 7001F (JEOL, Япония);
- Рентгеновский дифрактометр Discover D8 (фирма Bruker, Германия).

Данный комплекс аппаратуры включает основную номенклатуру современных приборов для анализа свойств и структуры наночастиц и наноматериалов [11].

В результате выполнения работ на первом этапе были разработаны:

- концепция дистанционного проведения эксперимента;
- методология удаленного реального эксперимента;
- архитектура информационно-образовательного ресурса;

- прототип информационно-образовательного ресурса;
- алгоритм выполнения дистанционного эксперимента.

В рамках разработанной концепции дистанционный эксперимент должен реализовывать следующие базовые элементы:

- 1) доступ пользователя к программному интерфейсу управления устройством;
- 2) многоракурсное удаленное видеонаблюдение за экспериментом;
- 3) аудиосвязь между оператором и удаленными пользователями;
- 4) сохранение данных выполненного эксперимента на компьютере удаленного пользователя.

Представленные элементы создают «эффект присутствия» удаленного пользователя в лаборатории в которой расположены исследовательское оборудование. Для регламентации последовательности действий и взаимодействия оператора и пользователя при выполнении дистанционного эксперимента необходима разработка методологии удаленного эксперимента.

В соответствии с разработанной методологией при выполнении дистанционного эксперимента используется следующая последовательность действий:

- 1) процедуры регистрации и авторизации на информационно-образовательном ресурсе;
- 2) запрос на использование оборудования и заключение договора;
- 3) доставка образцов для исследования;
- 4) подготовка клиентского компьютера для выполнения удаленного эксперимента;
- 5) согласование времени выполнения эксперимента;
- 6) подготовка исследовательского оборудования к эксперименту, запуск серверно-коммуникационной и информационной систем обеспечения дистанционного выполнения эксперимента;
- 7) выполнение дистанционного эксперимента;
- 8) сохранение данных в базе данных;
- 9) завершение соединения, протоколирование, формирование отчета о выполнении работы.

Выполнение дистанционного эксперимента осуществляется посредством сети Internet или ННС с помощью специализированного портала являющегося частью информационно-образовательного ресурса. Портал содержит окна доступа к программному интерфейсу управления устройством, окна многоракурсного видеодоступа к лаборатории и аудиоканал связи с оператором, что создает «эффект присутствия» и обеспечивает полноценное участие в выполнении эксперимента. Портал также обеспечивает доступ к базе данных выполненных экспериментов и содержит информационно-образовательные ресурсы.

В ходе выполнения работ были разработаны структура и наполнение портала. Доступ к комплексу оборудования для нанодиагностики осуществляется в соответствии с разработанной методологией и алгоритмом

выполнения дистанционного эксперимента. Алгоритм выполнения работ регламентирует последовательность выполнения дистанционного эксперимента в образовательных и научных целях.

Особенностью реализации проекта является создание универсального подхода к обеспечению удаленного доступа к комплексу аппаратно-программных средств минимально зависящего от типа оборудования нанотехнологической лаборатории.

Другой особенностью является распределенный характер учебно-исследовательской лаборатории комплексных исследований с удаленным доступом. Распределенность подразумевает то, что оборудование физически находится в разных организациях, но доступ к нему осуществляется через единый информационный ресурс. Такой подход обеспечивает охват максимально широкого спектра оборудования для исследования наноструктур, предоставляемого в режиме удаленного доступа и позволяет дальнейшее малозатратное расширение возможностей элемента научно-образовательной инфраструктуры путем подключения к информационному ресурсу оборудования других организаций [10].

Представленные особенности позволят в дальнейшем при минимальных затратах средств расширить состав оборудования и создать распределенную учебно-исследовательскую лабораторию комплексных исследований с удаленным доступом.

В результате выполнения работ по второму этапу были получены следующие результаты:

- 1) разработаны структура и состав локальной базы данных экспериментов;
- 2) создана и протестирована база экспериментальных данных, размещенная на информационно-образовательном ресурсе РГРТУ (в электронном виде);
- 3) разработаны учебно-методические материалы с использованием возможностей созданного комплекса удаленного доступа к оборудованию, включающие в себя 14 лабораторных работ по изучению методов сканирующей зондовой микроскопии, растровой электронной микроскопии и рентгенодифракционного анализа вещества;
- 4) проведена опытная эксплуатация системы удаленного доступа с участием двух организаций входящих в ННС РФ;
- 5) выполнено анонсирование результатов работ для участников ННС.

Новизна созданной базы данных экспериментов заключается в тесной интеграции с информационно-образовательным порталом, с помощью которого осуществляется удаленный доступ и возможность осуществления гибкого поиска размещенных данных. Особенность реализации удаленного доступа к оборудованию заключается в широком спектре подключенного оборудования нанодиагностики, охватывающем основную номенклатуру современных приборов для анализа свойств и структуры наночастиц и наноматериалов, легкой масштабируемости удаленного доступа,

информативности и эргономичность удаленного доступа, что создает «эффект присутствия» удаленного пользователя в лаборатории, в которой расположены исследовательское оборудование и распределенный характер учебно-исследовательской лаборатории комплексных исследований с удаленным доступом.

Система удаленного доступа успешно используется в Рязанском государственном радиотехническом университете при выполнении лабораторных работ по методам сканирующей зондовой микроскопии.

Удалённый доступ к уникальному оборудованию позволяет географически расширить круг его потенциальных пользователей, как для целей образования и науки, так и для привлечения субъектов бизнеса к результатам научно-исследовательской деятельности, способствовать координации исследований и разработок в сфере нанотехнологий, а также ускорению внедрения результатов выполняемых исследований в производство.

2.6 Сравнительный анализ ЛУД

Сравнительный анализ технических характеристик достоинств и недостатков, вышеописанных ЛУЭ приведен в соответствии с таблицей 2.3.

Исходя из табличных данных можно сделать вывод о том, что используемая технология ASP.NET предназначена для лабораторий преимущественно виртуальных без использования оборудования. Этот факт показывает невозможность использования данной технологии для разработки ЛУЭ АУЭС.

В АЛП УД Российского университета дружбы народов отсутствует возможность использования реального оборудования, что исключает возможность использования их опыта в создании ЛУЭ АУЭС.

Технология DiscoverLab Corporation используемая во Всемирной студенческой лаборатории WWSL – World Wide Student Laboratory представляет экономические и технические затруднения для ее использования как основной при создании ЛУЭ АУЭС.

На основании проведенного сравнительного анализа для разрабатываемой ЛУЭ ТГУ АУЭС в качестве аналога используют автоматизированный лабораторный практикум удаленного доступа МГТУ м.Н.Э. Баумана [11], так как используется наиболее доступная технология National Instruments, совместимая с используемым оборудованием в лаборатории «Энергосбережение и возобновляемые нетрадиционные источники энергии».

Таблица 2.3 – Сравнительный анализ ЛУД

ЛУД	Применяемая технология	Кол-во лабораторных практикумов	Наличие уникального оборудования	Достоинства	Недостатки
АЛП с удаленным доступом в МГТУ им. Н.Э. Баумана	Преимущественно National Instruments	50	Да	Наличие большого количества уникального оборудования	Сложности при регистрации пользователя
Сетевая лаборатория центров коллективного пользования с удаленным доступом Сибирского федерального округа	ASP.NET (Microsoft)	15	Да (преимущественно виртуальные стенды)	Удобство использования, дружелюбный интерфейс	Малая распространенность
АЛП УД Российского университета дружбы народов	National Instruments	24	Нет	Удобство использования, доступность	Отсутствие реального экспериментального оборудования
Всемирная студенческая лаборатория WWSL – World Wide Student Laboratory	DiscoverLab Corporation	38	Да	Наличие уникального оборудования, международный проект, широкий спектр возможностей	Сложности при регистрации пользователя, языковой барьер
Портал «Нанолaborатория РГРТУ с дистанционным доступом к комплексу нанотехнологического исследовательского оборудования»	Moodle	6 научных экспериментов и большое количество лабораторных работ	Да	Наличие широкого спектра уникального оборудования, а также возможность дистанционного обучения	Проект находится в стадии тестирования

ГЛАВА 3. Проектирование учебно-исследовательского комплекса удаленного эксперимента для лаборатории НВИЭ

В Алматинском университете энергетики и связи в учебно-научной лаборатории НВИЭ разрабатываются несколько автоматизированных лабораторных практикумов (АЛП) на базе автоматизированных систем экспериментальных исследований (АСЭИ) для исследования различных объектов: фотоэлектрической станции, ветроустановки, котельной установки, станции метеонаблюдений, солнечной теплогенерирующей установки, тригенерационной установки. Все эти АЛП были разработаны при помощи среды графического программирования LabVIEW, разработанного компанией National Instruments.

Всеобщая компьютеризация и широкое распространение сетевых технологий в большой степени влияет на структуры разрабатываемых информационных и управляющих систем. Сегодня уже недостаточно просто вывести результаты измерений или хода технологического процесса на экран монитора локального ПК. Требуется также обеспечить удаленный мониторинг и супервизорное управление, используя локальные вычислительные сети или Интернет.

Целью данной работы является разработка системы удаленного эксперимента для автоматизированных лабораторных практикумов лаборатории НВИЭ с применением самых последних информационных и компьютерных технологий.

Главное различие технологии удалённого эксперимента от технологии удалённого доступа в том, что во втором случае пользователь запускает уже заранее запрограммированную лабораторную работу с конкретными данными и может только наблюдать за процессом и анализировать полученные данные, а в первом случае, с удалённым экспериментом, пользователь, будь то студент или научный работник, может собрать свою индивидуальную схему и задать необходимые для себя параметры.

АСЭИ позволяет проводить различные виды экспериментальных исследований: выявление наиболее лучших вариантов организации тепло и электроснабжения и ГВС, сбор и обработка измерительной информации станции метеонаблюдений и измерения солнечной радиации, а также оценка качества выхлопных газов и др.

В результате выполнения данной работы были выполнены следующие действия:

- исследован функциональный состав лаборатории НВИЭ – солнечная теплогенерирующая установка (СТУ), фотоэлектрическая станция (ФЭС), станция метеонаблюдений, модульная тригенерационная установка (МТГУ);
- исследованы способы и методы организации удаленного доступа к лабораторным экспериментальным установкам;

Основу АСЭИ составляет лабораторный сервер, подключение лабораторных установок к которому осуществляется посредством устройства

ввода-вывода, либо устанавливаемых на его системных шинах, либо подключаемых посредством соответствующих интерфейсов (RS-232, USB). Под лабораторным сервером понимается обычный персональный компьютер (ПК), который в сочетании с устройством ввода-вывода и соответствующим программным обеспечением (ПО) реализует функции различных измерительных приборов и позволяет автоматизировать процессы измерения и управления.

В рамках разработанной системы дистанционный эксперимент должен реализовывать следующие базовые элементы:

- 1) Доступ пользователя посредством клиент-серверной архитектуры к лабораторной установке (стенду);
- 2) Передача управления контроллером National Instruments Compact Field Point от сервера к пользователю;
- 3) Осуществление обратной связи между пользователем и лабораторным стендом.

Функционирование АСЭИ в режиме удаленного доступа осуществляется по принципу клиент-сервер. Доступ удаленных пользователей (студент или преподаватель) к лабораторным ресурсам осуществляется через глобальную сеть интернет. Задействованные в системе лабораторные ресурсы носят распределенный характер, так как не требуют локализации в рамках одного помещения, а могут являться отдельными лабораториями, расположенными как в одном, так и в разных учебных заведениях ВУЗа, соединенными локальной сетью. Таким образом, необходимо реализовать передачу данных между удаленным пользователем и лабораторной установкой. Передача данных должна быть обеспечена по двум участкам:

- 1) Глобальная сеть интернет (удаленный пользователь – глобальный сервер системы),
- 2) Локальная сеть ВУЗа (сервер системы – лабораторные ресурсы).

3.1 Описание среды графического программирования LabVIEW

Среда графического программирования Lab VIEW фирмы National Instruments предназначена для создания прикладного программного обеспечения информационно-измерительных систем, а также различных компьютерных систем сбора и обработки экспериментальных данных[9].

National Instruments LabVIEW – признанный лидер среди промышленных программных средств разработки систем моделирования, управления и тестирования. С момента появления в 1986 г. инженеры и ученые во всем мире стали применять LabVIEW на всех стадиях разработки изделий, добиваясь при этом более высокого качества, сокращая время выхода продукции на рынок, повышая эффективность проектирования и производства[9].

Графическое программирование и использование принципа потока данных LabVIEW естественным образом привлекает ученых и инженеров,

поскольку открывает интуитивно понятный подход к созданию автоматизированных измерительных и управляющих систем. Сочетание языка потокового программирования со встроенными функциями ввода-вывода, элементами управления и индикаторами интерактивного пользовательского интерфейса делает выбор LabVIEW идеальным для ученых и инженеров.

Система LabVIEW включает в себя:

- ядро, обеспечивающее работоспособность программных процессов, разделение аппаратных ресурсов между процессами;
- компилятор графического языка программирования "G";
- интегрированную графическую среду разработки, выполнения и отладки программ;
- набор библиотек элементов программирования в LabVIEW, в том числе библиотеки графических элементов пользовательского интерфейса, библиотеки функций и подпрограмм, библиотеки драйверов, библиотеки программ для организации взаимодействия с измерительно-управляющими аппаратными средствами и т.п.;
- развитую справочную систему;
- обширный набор программ-примеров с возможностью как тематического, так и алфавитного поиска.

Программирование в системе LabVIEW максимально приближено к понятию алгоритм. После того, как вы продумаете алгоритм работы своей будущей программы, вам останется лишь нарисовать блок-схему этого алгоритма с использованием графического языка программирования "G". Не потребуется думать о ячейках памяти, адресах, портах ввода-вывода, прерываниях и иных атрибутах системного программирования. Данные будут передаваться от блока к блоку по "проводам", обрабатываться, отображаться, сохраняться в соответствии с вашим алгоритмом. Мало того, сам поток данных будет управлять ходом выполнения вашей программы. Ядро LabVIEW может автоматически использовать эффективные современные вычислительные возможности, такие как многозадачность, многопоточность и т.п. Процесс программирования в LabVIEW похож на сборку какой-либо модели из конструктора. Программист формирует пользовательский интерфейс программы - "мышкой" выбирает из наглядных палитр-меню нужные элементы (кнопки, регуляторы, графики и т.д.) и помещает их на рабочее поле программы. Аналогично "рисуются" алгоритм - из палитр-меню выбираются нужные подпрограммы, функции, конструкции программирования (циклы, условные конструкции и прочее). Затем также мышкой устанавливаются связи между элементами – создаются виртуальные провода, по которым данные будут следовать от источника к приемнику. Если при программировании случайно будет сделана ошибка, например какой-то провод будет подключен "не туда", то в большинстве случаев LabVIEW сразу обратит на это внимание программиста. После того, как алгоритм – блок-схема нарисован, программа готова к работе. Помимо библиотек, входящих в

состав комплекта поставки системы LabVIEW, существует множество дополнительно разработанных программ. Многие из них свободно доступны через Internet. Собственные разработки пользователей, накопленные в процессе работы, могут размещаться в новых библиотеках и могут быть многократно использованы в дальнейшем.

Система программирования LabVIEW имеет встроенный механизм отладки приложений. В процессе отладки разработчик может назначать точки остановки программы, выполнять программу "по шагам", визуализировать процесс исполнения программы и контролировать любые данные в любом месте программы. Система LabVIEW позволяет защитить программы от несанкционированного изменения или просмотра их исходного кода. При этом разработчик может либо использовать пароли на доступ к приложениям, либо вовсе удалить исходный код из работающего приложения [9].

Созданную в среде LabVIEW прикладную программу принято называть Виртуальным прибором (ВП).

В состав прикладной программы на LabVIEW входят две основные составляющие:

- лицевая панель виртуального прибора (Front Panel);
- функциональная панель или блок-диаграмма (Diagram).

Лицевой панелью называется окно, через которое пользователь взаимодействует с программой. Пример лицевой панели и блок диаграммы показаны на рисунках 3.1 и 3.2 соответственно.

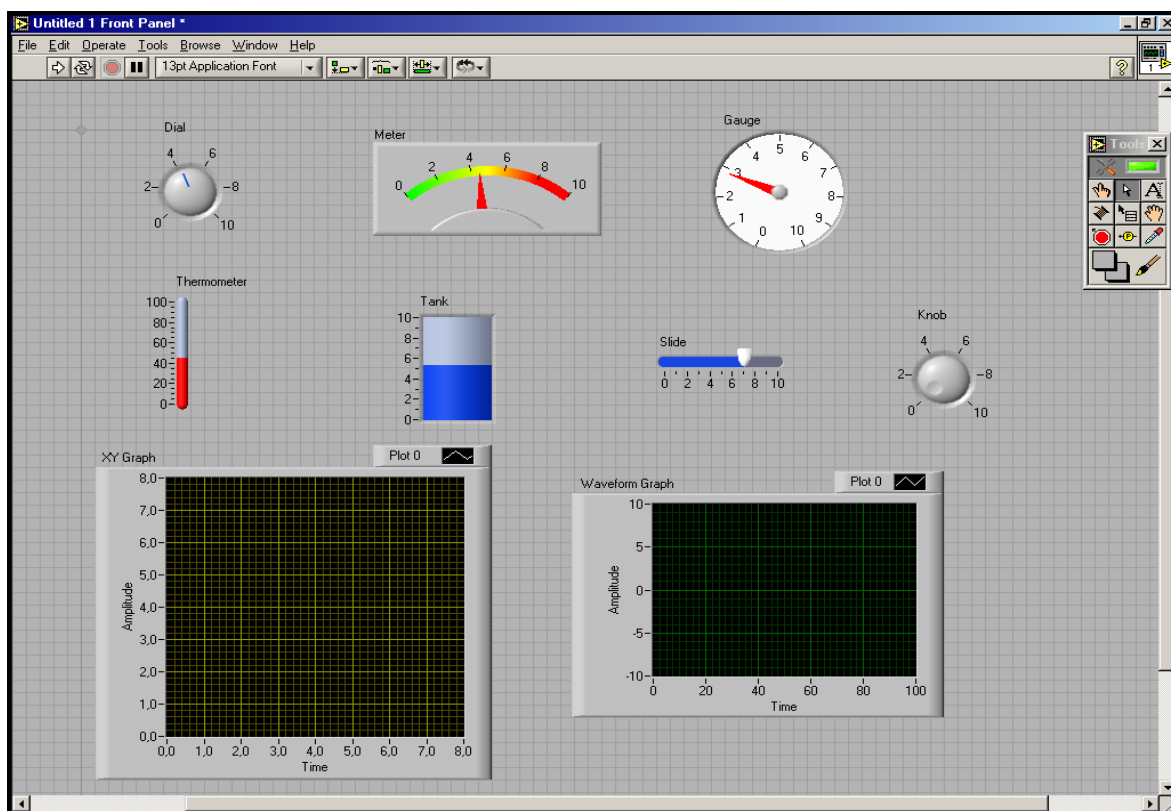


Рисунок 3.1 –Лицевая панель LabVIEW

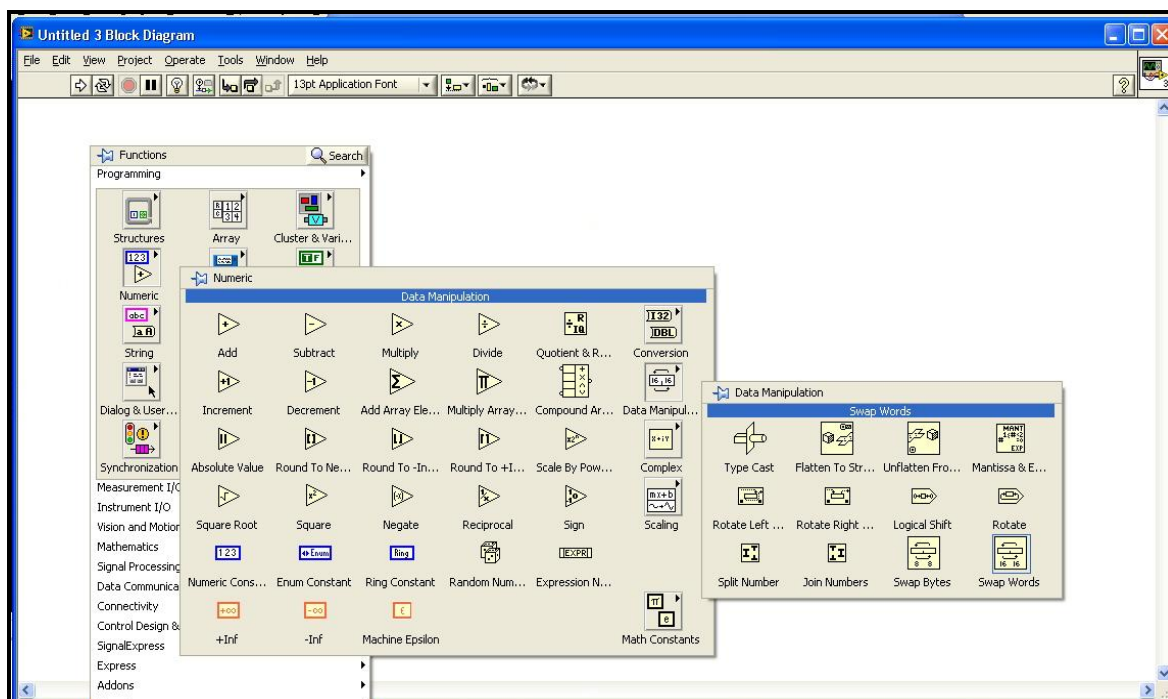


Рисунок 3.2 – Блок-диаграмма

Лицевая панель (Front Panel) представляет собой интерактивный пользовательский интерфейс виртуального прибора, имитирующий лицевую панель традиционного прибора. На ней могут находиться ручки управления, кнопки, графические индикаторы и другие элементы управления (controls), которые являются средствами ввода данных со стороны пользователя, и элементы индикации (indicators) – средства вывода данных из программы. Лицевая панель в основном состоит из совокупности элементов управления (controls) и индикаторов (рисунок 3.1). Элементы управления позволяют пользователю ввести данные: они передают данные в блок-диаграмму виртуального прибора. Индикаторы отображают выходные данные, являющиеся результатами выполнения программы[9].

Блок-диаграмма (Block Diagram) является исходным программным кодом ВП, созданным на языке графического программирования LabVIEW. Блок-диаграмма представляет собой реально исполняемое приложение. Компонентами блок-диаграммы являются: виртуальные подприборы, встроенные функции LabVIEW, константы и структуры управления. Объекты лицевой панели представлены на блок-диаграмме в виде соответствующих терминалов (terminals), через которые данные могут поступать от пользователя в программу и обратно[9].

Блок-диаграмма LabVIEW соответствует строкам текста в обычных языках программирования, вроде C или Basic – это такой же реально исполняемый код.

3.2 Разработка интерфейсов удаленного доступа для работы с экспериментальными установками

Для каждой из экспериментальных установок лаборатории НВИЭ были написаны интерфейсы управления и сбора данных, позволяющие студенту или сотруднику осуществлять контроль над показаниями экспериментальной установки как локально, так и удаленно.

На рисунках 3.3 и 3.4 изображен один из модулей интерфейса ФЭС, в частности – электрическая схема ФЭС. На данном модуле в нижней части окна присутствует панель индикаторов (датчиков). С ее помощью можно замерить солнечную радиацию на горизонтальную и плоскую поверхность, напряжение на фотоэлектрических панелях, ток заряда аккумулятора, ток разряда аккумулятора. Кроме этого можно собирать электрическую схему ФЭС, на основании которой можно получать различные результаты. На электрической схеме можно включать на заряд аккумуляторы как от одной панели, так и обеих, включать и изменять активную и реактивную нагрузку на панелях и аккумуляторе (рисунок 3.4).

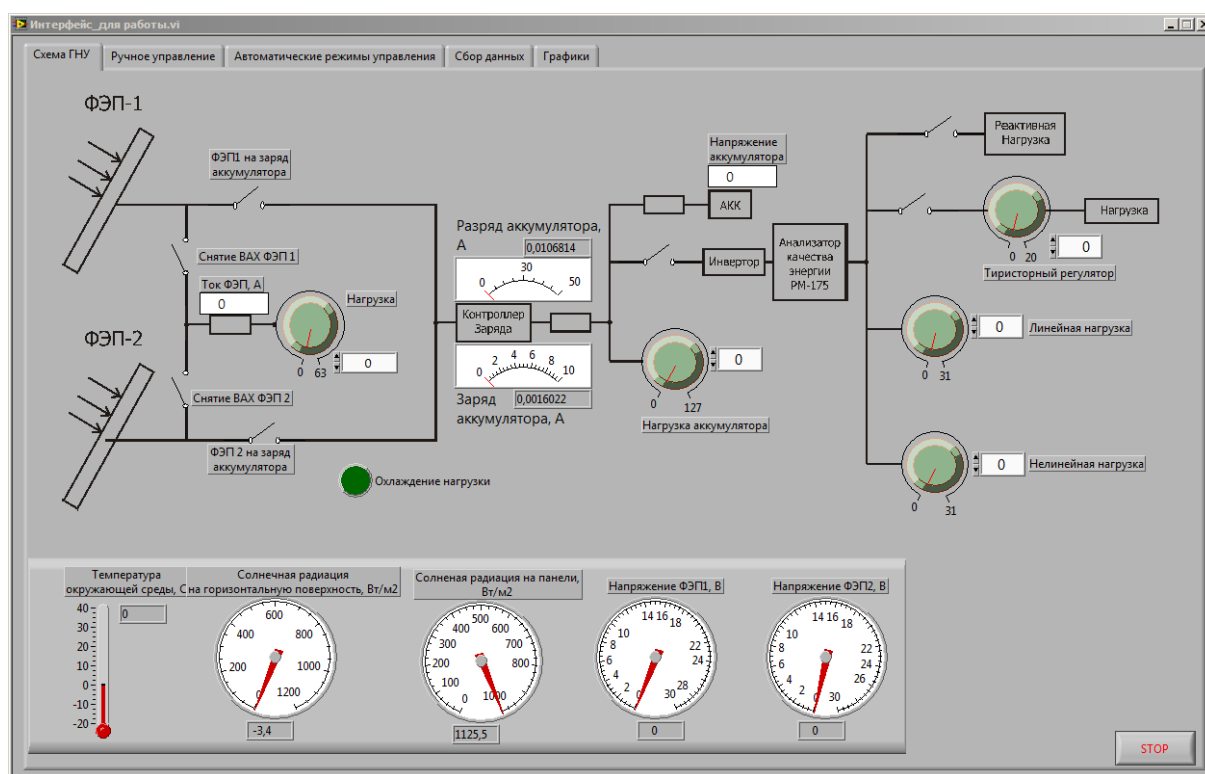


Рисунок 3.3 – Интерфейс управления ФЭС. Схема ГНУ

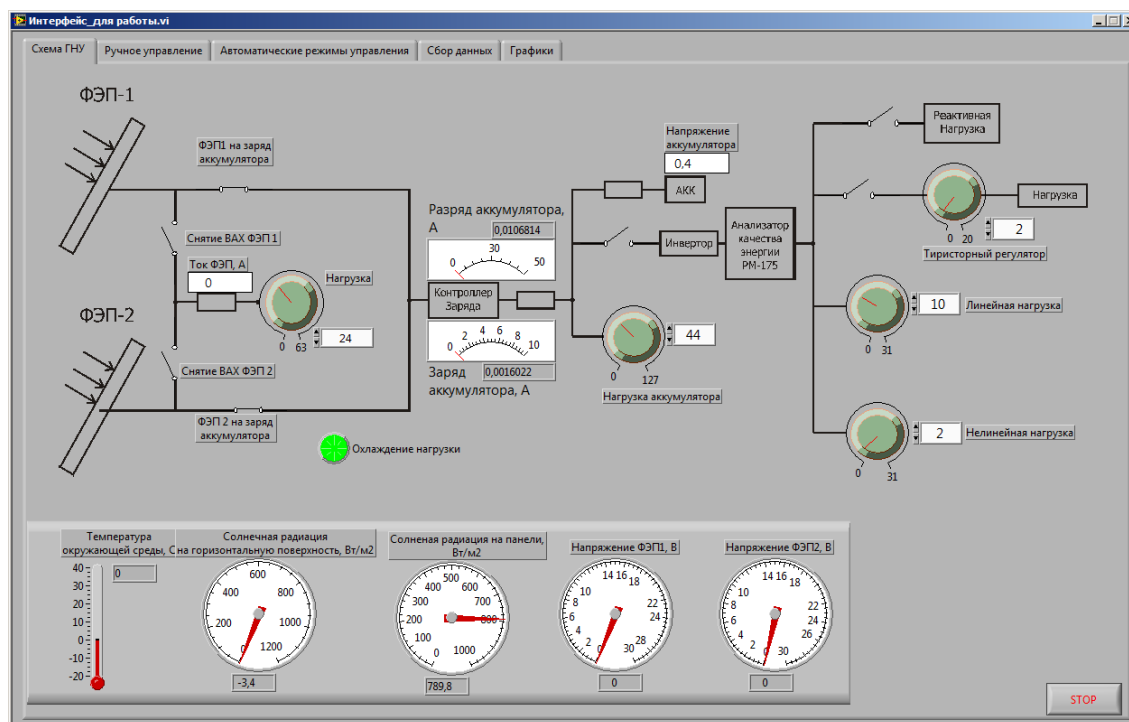


Рисунок 3.4 – Интерфейс управления ФЭС. Схема ГНУ

Пользователь может удаленно управлять отдельными элементами на данной схеме, в частности: включить заряд аккумуляторов, установить нагрузку, замерить ток и напряжение и др.

В модуле «Ручное управление», который показан на рисунке 3.5, можно изменять положение фотопанелей и солнечных коллекторов. На индикаторах положения присутствуют две стрелки – синяя отмечает фактическое положение панелей по азимуту и тангажу, а белая отмечает рекомендуемое положение панелей для получения максимального КПД установки. Используя кнопки управления положения траверсы и панелей («восток» и «запад»), а также кнопки управления по панелей по тангажу («вверх» и «вниз») можно добиться максимального показателя КПД для ФЭС.

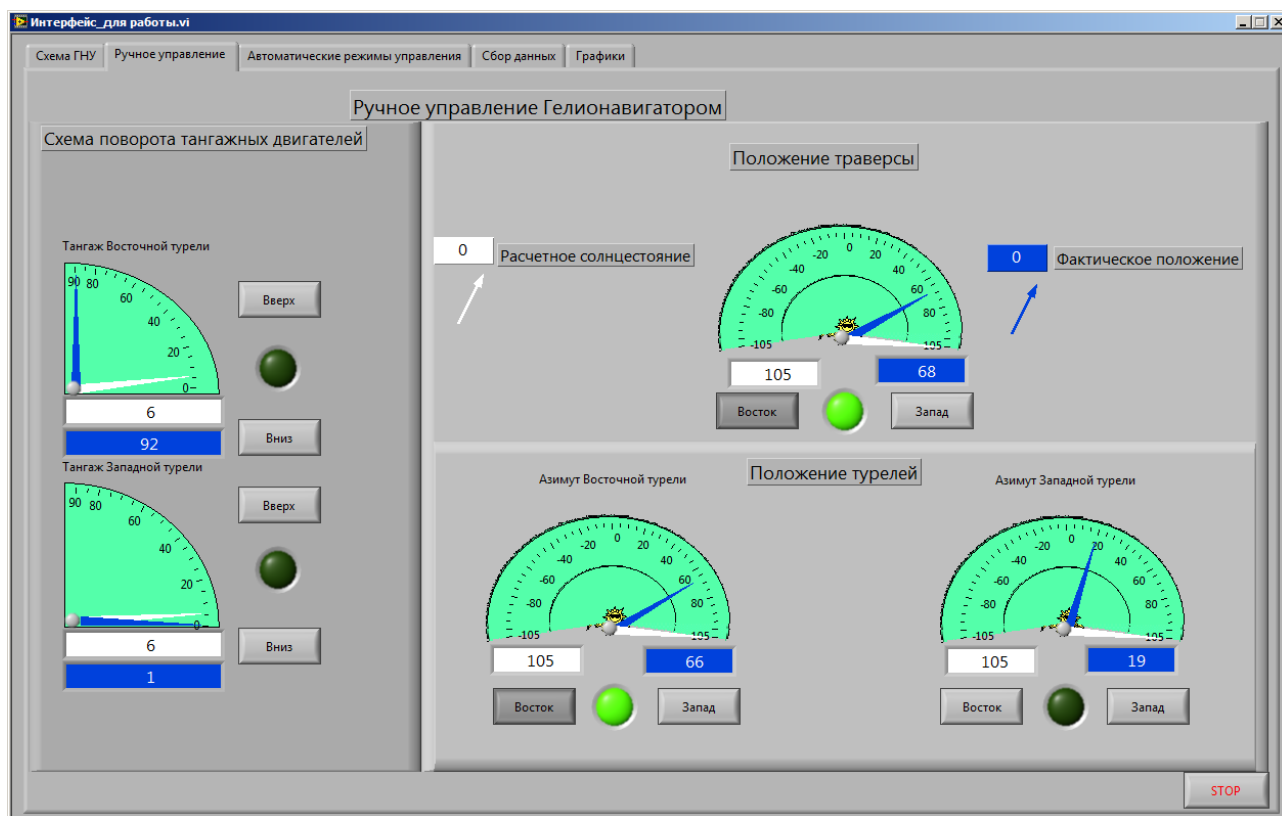


Рисунок 3.5 – Интерфейс управления ФЭС. Блок ручного управления

На вкладке «Автоматическое управление» интерфейса ФЭС (рисунок 3.6) можно включить «автопилот». В этом случае установка сама будет искать идеальное положение фотопанелей для получения максимального КПД в зависимости от положения солнца, а пользователь может наблюдать за данным процессом и следить за показателями.

На вкладке «Сбор данных» (рисунок 3.7) интерфейса ФЭС записываются показания напряжения, тока, солнечной радиации и др. в зависимости от нагрузки, на основании которых можно построить графики зависимостей мощности фотопанели от тока и ВАХ (напряжение от тока). Это процедуру можно выполнять, как и для каждой из двух фотопанелей, так и для совместной их работы.

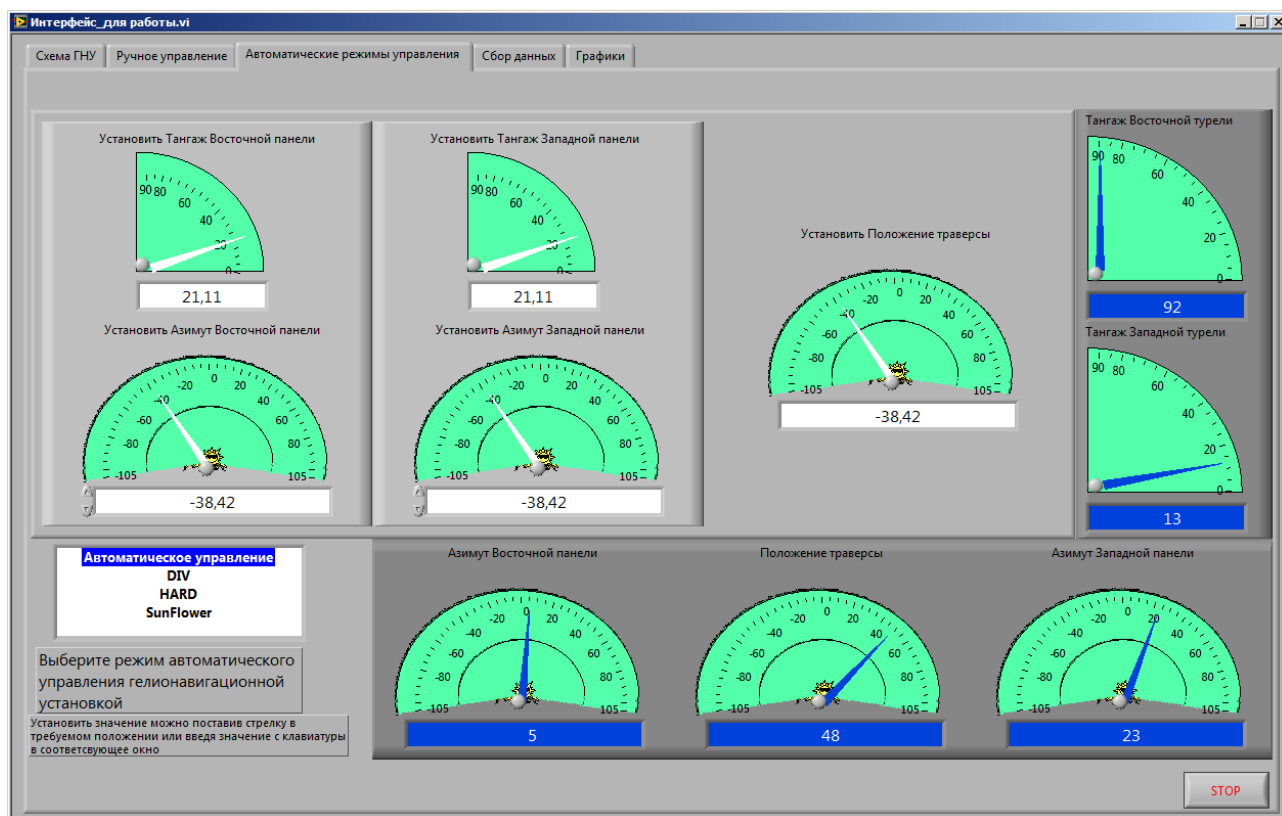


Рисунок 3.6 – Интерфейс управления ФЭС. Модуль автоматического управления.

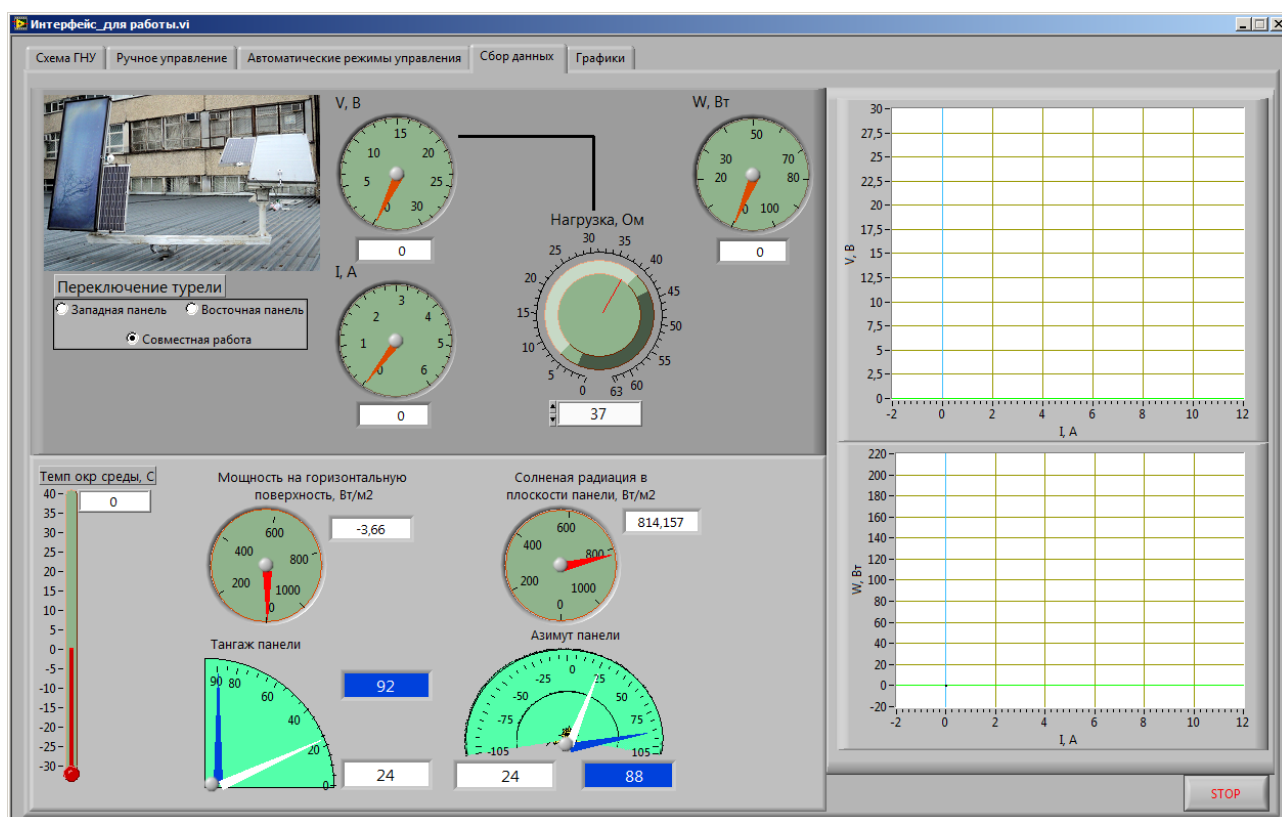


Рисунок 3.7 – Интерфейс управления ФЭС. Модуль сбора данных.

На последней вкладке (Графики), показанной на рисунке 3.8,

интерфейса записываются показания тока, напряжения, мощности фотопанели в зависимости от угла положения определенной панели (восточной или западной), на основании которых можно построить графики зависимостей КПД фотопанели от положения относительно солнца. По умолчанию эта функция отключена, так как необходимо включить нагрузку. Фотопанель при этом можно вращать одновременно и по азимуту, и по тангажу. Вследствие этого будет строиться два графика.

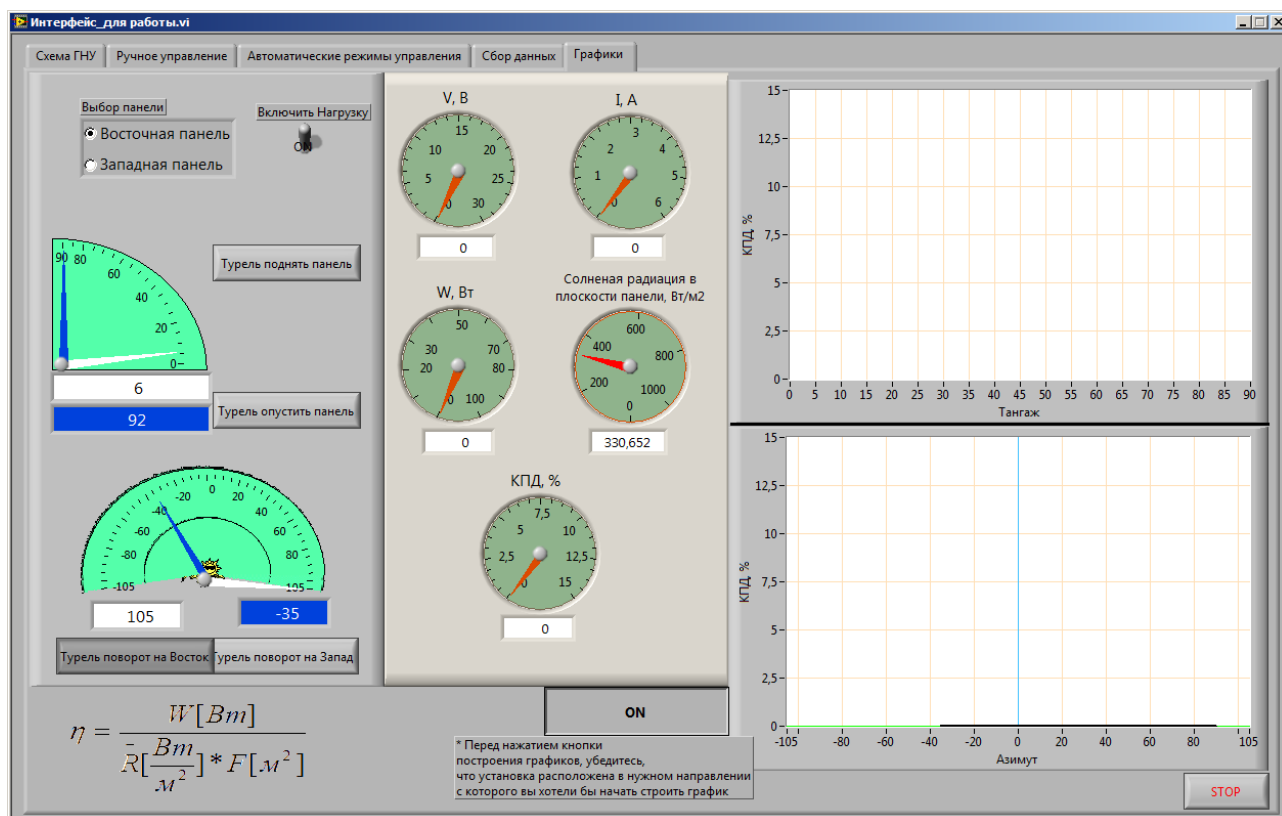


Рисунок 3.8 – Интерфейс управления ФЭС. Модуль построения графиков.

На рисунке 3.9 показан интерфейс станции метеонаблюдений WXT510. Данный интерфейс осуществляет сбор метеоданных данных, таких как температура воздуха, солнечная радиация, относительная влажность, атмосферное давление, направление ветра и информацию об осадках. Данная установка не нуждается в управлении и может подключаться непосредственно к компьютеру через интерфейс RS-232, минуя контроллер.

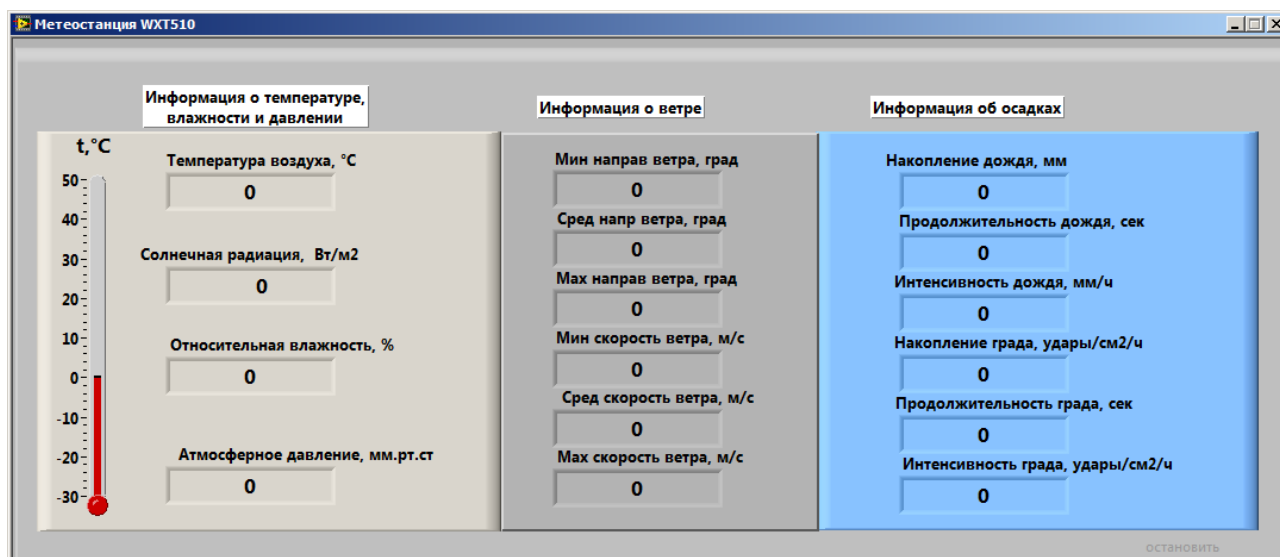


Рисунок 3.9 – Интерфейс сбора данных со станции метеонаблюдений WXT510

Особенностью реализации данного проекта является создание модульного подхода к обеспечению удаленного доступа и управления комплексом аппаратно-программных средств минимально зависящего от типа оборудования лаборатории «Нетрадиционные возобновляемые источники энергии»:

- модуль процесса регистрации пользователей;
- модуль сбора и обработки данных;
- модуль системы удаленного эксперимента;
- модуль системы удаленной разработки приложений.

Доступ к комплексу оборудования для управления фотоэлектрической панелью осуществляется в соответствии с разработанной методологией и алгоритмом выполнения дистанционного эксперимента. Схема процесса регистрации пользователей представлена на рисунке 3.10.

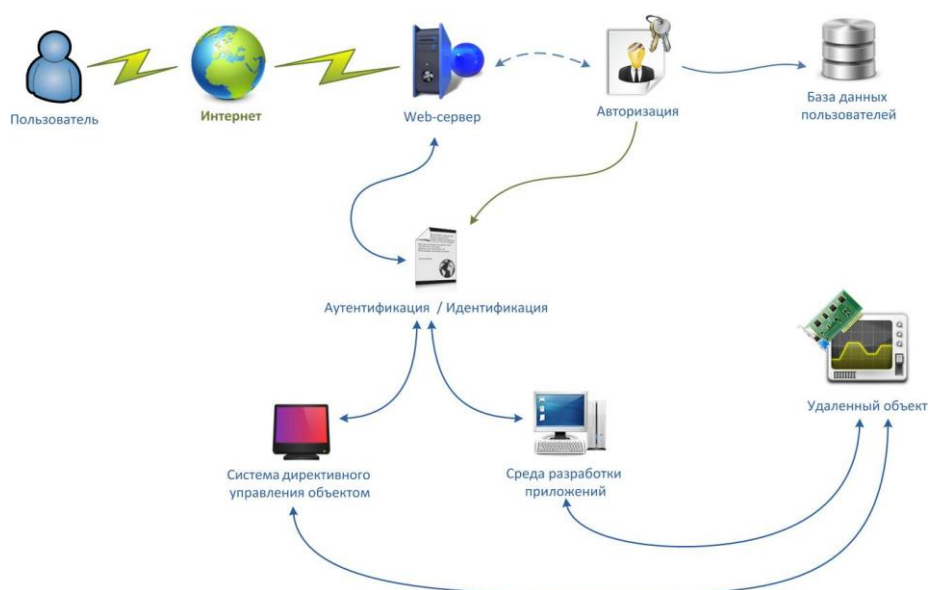


Рисунок 3.10 – Схема процесса регистрации пользователей

Функционирование АСЭИ СТУ и СЭУ в режиме удаленного доступа осуществляется по принципу клиент-сервер. Доступ удаленных пользователей (студент или преподаватель) к лабораторным ресурсам осуществляется через глобальную сеть интернет. Задействованные в системе лабораторные ресурсы носят распределенный характер, так как не требуют локализации в рамках одного помещения, а могут являться отдельными лабораториями, расположенными как в одном, так и в разных учебных заведениях ВУЗа, соединенными локальной сетью. Схема системы удаленного эксперимента показана на рисунке 3.11.

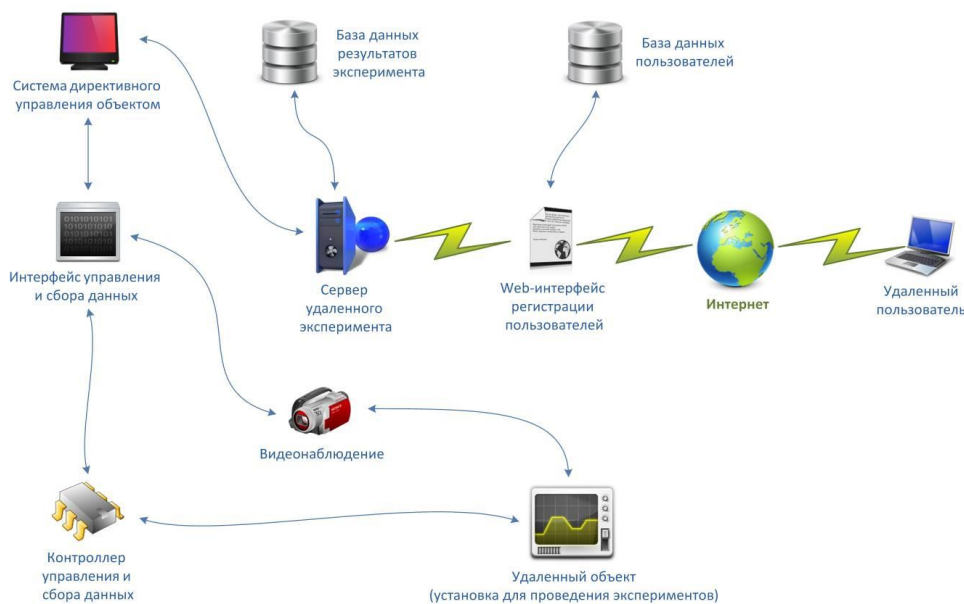


Рисунок 3.11 – Схема системы удаленного эксперимента

Блок-диаграммы данных интерфейсов для работы с экспериментальным стендом приведены в Приложении Б.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди большого перечня возобновляемых к использованию и вновь используемых энергий наиболее освоенными на сегодняшний день являются:

- неисчерпаемые энергии (НИЭ) – энергия ветра, Солнца, тепла Земли, энергия водотоков. Они являются постоянными, вне зависимости от воли человека, потоками механической, световой и тепловой энергий;

- возобновляемые энергетические ресурсы (ВЭР) – появляющаяся и используемая в промышленности биомасса, бытовые и сельскохозяйственные отходы.

При использовании возобновляемых источников решается проблема ограниченности ресурсов энергии. Ресурсы любого из этих источников энергии достаточны для удовлетворения потребностей человечества в настоящем и будущем. Их повсеместное использование позволит решать и проблемы экологии.

В то же время, всеобщая компьютеризация и широкое распространение сетевых технологий в большой степени влияет на структуры разрабатываемых информационных и управляющих систем. Сегодня уже недостаточно просто вывести результаты измерений или хода технологического процесса на экран монитора локального ПК. Требуется также обеспечить удаленный мониторинг и супервизорное управление, используя локальные сети или Интернет. Для пользователя также важно, чтобы такое расширение не приводило к значительному увеличению объема работ по программированию и/или стоимости системы. Реализовать такую функцию можно, используя клиент-серверную архитектуру. В этом случае компьютер, подключенный к аппаратуре ввода/вывода, становится сервером данных, а удаленные ПК играют роль клиентов.

В связи с актуальностью использования и изучения возобновляемых источников энергии, а также организация удаленного доступа к физическим установкам, была выбрана тема данной диссертации «Проектирование учебно-исследовательского комплекса удаленного эксперимента для лаборатории нетрадиционных возобновляемых источников энергии». Разработанная система позволяет удаленно управлять экспериментом, предоставляется возможность исследовать характеристики ФЭС, станции метеонаблюдений, обрабатывать данные, получаемые от установки.

В данной работе достигнута поставленная цель: разработка программных средств, обеспечивающих дистанционное управление экспериментом на учебно-научном оборудовании фотоэлектрической станции в учебно-научной лаборатории АУЭС «Энергосбережение и нетрадиционные возобновляемые источники энергии» с применением технологий National Instruments, и решены следующие задачи:

- Изучены технологии удаленного доступа при построении автоматизированного лабораторного практикума;

- Проведен аналитический обзор ЛУД;

- Разработана лаборатория удаленного доступа ФЭС АУЭС;
- Изучен функциональный состав лаборатории НВИЭ;
- Изучены интерфейсы управления экспериментальными установками.

Список использованных источников

- 1) Фокин В.М. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения. М: «Издательство Машиностроение - 1, 2006. 240 с.
- 2) Интернет-ресурс: <http://12-Geliosistemy.htm>
- 3) Интернет-ресурс: <http://teplovye-nasosy.com.ua>
- 4) Интернет-ресурс: <http://www.domteplo.ru>
- 5) Интернет-ресурс: http://Тепловой_насос.htm
- 6) Н.В. Харченко “Индивидуальные солнечные установки”—М. Энергоатомиздат 1991 г.
- 7) Дж. Твайделл, А. Уэйр. Возобновляемые источники энергии (Пер. с англ.). - М., Энергоатомиздат, 1990.
- 8) Зимин А.М. «Лаборатории удаленного доступа в практической подготовке инженеров XXI века». - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. - 64с.
- 9) National Instruments. Учебный курс Lab View основы 1.- Май 2003г.
- 10) В.С. Гуров, С.П. Вихров, Д.В. Суворов, Н.В. Вишняков, А.М. Гостин. Реализация дистанционного доступа к комплексу исследовательского нанотехнологического оборудования.
- 11) Lab VIEW для всех / Джеффри Тревис: Пер. с англ. Клушин Н.А. – М.: ДМК Пресс; Прибор Комплект, 2005. – 544с.
- 12) Суранов А. Я. LabVIEW 7: справочник по функциям. - М.: ДМК Пресс, 2005. - 512 с;
- 13) LabVIEW Database Connectivity Toolkit.
- 14) Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем: Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Финансы и статистика, 2005. - 544 с: ил.
- 15) Аксенов К.А., Клебанов Б.И. Работа с CASE-средствами BPwin, ERwin. – Е.: ГОУ ВПО Уральский государственный технический университет УГТУ-УПИ, 2004. – 50 с.
- 16) Ешпанова М.Д., Ибраева Л.К., Сябина Н.В. Проектирование баз данных. Методические указания к выполнению расчетно-графических работ для студентов всех форм обучения. – Алматы: АУЭС, 2010 – 27 с.
- 17) Д. Артемов, Г. Погульский, М. Альперович Microsoft SQL Server 7.0: установка, управление, оптимизация;

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7.32 – 2001 «Отчет о научно-исследовательской работе»

ГОСТ 7.1 – 2003 «Библиографическая запись»

ГОСТ 34.321 – 96 «Эталонная модель управления данными»

ГОСТ 34.320 – 96 «Концепции и терминология для концептуальной схемы и информационной базы»

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

LAN (Local Area Network) – компьютерная сеть, покрывающая обычно относительно небольшую территорию или небольшую группу зданий (дом, офис, фирму, институт).

Transmission Control Protocol (TCP) (протокол управления передачей) – один из основных протоколов передачи данных Интернета, предназначенный для управления передачей данных в сетях и подсетях TCP/IP.

WAN (Wide Area Network) – компьютерная сеть, охватывающая большие территории и включающая в себя большое число компьютеров.

XML (англ. eXtensible Markup Language – расширяемый язык разметки; произносится [экс-эм-эль]) – рекомендованный Консорциумом Всемирной паутины (W3C) язык разметки. Спецификация XML описывает XML-документы и частично описывает поведение XML-процессоров (программ, читающих XML-документы и обеспечивающих доступ к их содержимому).

Аккумулятор (лат. accumulator собиратель, от лат. accumulo собираю, накапливаю) – устройство для накопления энергии с целью её последующего использования.

Всемирная паутина (англ. World Wide Web) – распределённая система, предоставляющая доступ к связанным между собой документам, расположенным на различных компьютерах, подключенных к Интернету. Для обозначения Всемирной паутины также используют слово веб (англ. web «паутина») и аббревиатуру WWW.

Гелиостат – прибор способный поворачивать зеркало так, чтобы направлять солнечные лучи постоянно в одном направлении, несмотря на видимое суточное движение Солнца. Изначально использовались в солнечных телескопах, но были вытеснены более простым целостатом.

Интернет (англ. Internet) – всемирная система объединённых компьютерных сетей. Часто упоминается как Всемирная сеть и Глобальная сеть, а также просто Сеть. Построена на базе стека протоколов TCP/IP. На основе Интернета работает Всемирная паутина (World Wide Web, WWW) и множество других систем передачи данных.

Интранет (англ. Intranet, также употребляется термин интрасеть) – в отличие от сети Интернет, это внутренняя частная сеть организации. Как правило, интранет – это Интернет в миниатюре, который построен на использовании протокола IP для обмена и совместного использования некоторой части информации внутри этой организации. Это могут быть списки сотрудников, списки телефонов партнёров и заказчиков. Чаще всего под этим термином имеют в виду только видимую часть интранет – внутренний веб-сайт организации.

Когенерация – (название образовано от слов КОмбинированная ГЕНЕРАЦИЯ электроэнергии и тепла) процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии.

Контроллер (англ. controller – регулятор, управляющее устройство) – устройство управления в электронике и вычислительной технике.

Программы удалённого администрирования – программы или функции операционных систем, позволяющие получить удалённый доступ к компьютеру через Интернет или ЛВС и производить управление и администрирование удалённого компьютера в реальном времени. Программы удалённого администрирования предоставляют почти полный контроль над удалённым компьютером: они дают возможность удалённо управлять рабочим столом компьютера, возможность копирования или удаления файлов, запуска приложений и т.д.

Стек протоколов TCP/IP – набор сетевых протоколов передачи данных, используемых в сетях, включая сеть интернет. Название TCP/IP происходит из двух наиболее важных протоколов семейства – Transmission Control Protocol (TCP) и Internet Protocol (IP), которые были разработаны и описаны первыми в данном стандарте. Также изредка упоминается как модель DOD в связи с историческим происхождением от сети ARPANET из 1970 годов (под управлением DARPA, Министерства обороны США).

Тригенерация – это организация сразу трех энергий: электричества, тепла и холода.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

CFP или cFP – Compact Field Point
LAN – Local Area Network
NI – National Instruments
PAC – Программируемый контроллер автоматизации
WAN – Wide Area Network
АКБ – Аккумуляторная батарея
АЛП – Автоматизированный лабораторный практикум
АСУ – Автоматизированная система управления
АСЭИ – Автоматизированная система экспериментальных исследований
АХМ – Абсорбционная холодильная машина
ВАХ – Вольт–амперная характеристика
ВИЭ – Возобновляемые источники энергии
ВЛ – Виртуальная лаборатория
ВЛП – Виртуальный лабораторный практикум
ВУ – ветроустановки
ДВС – Двигатель внутреннего сгорания
КГУ – Когенерационная установка
КИТ – Коэффициент использования топлива
КПД – Коэффициент полезного действия
КУ – Котельные установки
ЛУД – Лаборатория удаленного доступа
ЛУЭ – Лаборатория удаленного эксперимента
НВИЭ – Нетрадиционные возобновляемые источники энергии
ОНВ – Охладитель наддувочного воздуха
ПК – Персональный компьютер
ПО – Программное обеспечение
СТУ – Солнечная теплогенерирующая установка
СУД – Система удаленного доступа
СУЭ – Система удаленного эксперимента
ТГУ – Тригенерационная установка
ТЭС – Тепловая электростанция
ФЭС – Фотоэлектрическая станция

Приложение А

Общий вид лаборатории НВИЭ







Приложение Б

Блок-диаграммы интерфейсов для работы с экспериментальными установками

