

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический


Кафедра Автоматизации производственных процессов и электротехники

Направление подготовки 15.03.04 - Автоматизация технологических  
процессов и производств

Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация  
технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

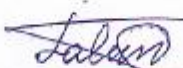
И.о.зав. кафедрой

 О.В. Скрипко  
« 12 » 06 2021 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

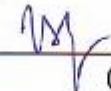
на тему: Автоматизированная система управления фотозлектрической  
установкой

Исполнитель  
студент группы 741об

 11.06.2021  
(подпись, дата)

Р.Д. Калита

Руководитель  
доцент, канд.техн.наук

 11.06.21  
(подпись, дата)

В.И. Усенко

Консультант по безопасности  
и экологичности  
доцент, канд.физ.-мат.наук

 11.06.2021  
(подпись, дата)

В.Н. Аверьянов

Нормоконтроль  
профессор, д-р техн.наук

 22.06.2021  
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Благовещенск 2021



Лист 1: Объект автоматизации

Лист 2: Система электроснабжения

Лист 3: Функциональная схема и система измерений

Лист 4: Вольт-амперная характеристика и уровень инсоляции

Лист 5: Приборы и принципиальные схемы измерений

Лист 6: Программа LabView

6. Дата выдачи задания: 02.11.2020

Руководитель выпускной квалификационной работы: Усенко Валентин Иванович, доцент, канд. техн. наук

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 02.11.20 Усенко

---



## РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит: 89 с., 101 рисунка, 3 таблицы, 21 источник.

КОНТРОЛЛЕР ЗАРЯДА, АККУМУЛЯТОР, СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ, ИНВЕРТОР, ЗАРЯД, НАПРЯЖЕНИЕ, МОЩНОСТЬ, РАЗРАБОТКА, ПЛАТА, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ, LABVIEW.

Объект автоматизации – система, управляющая фотоэлектрической установкой.

Новизной предлагаемых в проекте решений является применение фотоэлектрической установки как для выработки электроэнергии, так и для измерения напряжений с фотопанели с контроля заряда и напряжения.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные характеристики накопителя электроэнергии: солнечный контроллер, фотоэлектрическая установка с аккумуляторами, преобразователь напряжения, платы PCI-6023E, и согласующее устройство.

Созданная установка будет использоваться в следующих областях:

- робототехнике;
- малой или альтернативной электроэнергетике энергетике в качестве устройства, которое накапливает избыток электроэнергии, вырабатываемый источником с непостоянной генерацией;
- качестве автономного источника питания отдельных устройств;
- системах охранной и пожарной сигнализации в качестве источников аварийного питания.
- для энергоснабжения отдельных домов;
- качестве аварийного питания в любой из сфер.



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Исследование технологии производства электроэнергии на солнечных электростанциях	9
1.1 Не фотоэлектрические солнечные электростанции	9
1.1.1 Солнечная электростанция башенного типа	9
1.1.2 Солнечная электростанция тарельчатого типа	10
1.1.3 Солнечная электростанция с использованием параболических концентраторов	10
1.1.4 Солнечные электростанции, использующие двигатель Стирлинга	11
1.1.5 Аэростатные солнечные электростанции	12
1.1.6 Комбинированные солнечные электростанции	13
1.1.7 Солнечно-вакуумные электростанции	13
1.2 Фотоэлектрические электростанции	14
1.2.1 Составляющие солнечной электростанции	14
1.2.2 Примеры СЭС в России	15
1.3 Современные фото панели	18
1.3.1 Монокристаллические батареи	18
1.3.2 Поликристаллические батареи	18
1.3.3 Аморфные батареи	19
1.3.4 Плёночные батареи на основе теллурида кадмия	19
1.3.5 Плёночные батареи на основе селенида меди-индия	19
1.3.6 Полимерные солнечные батареи	19
1.3.7 Гибкие солнечные батареи	19
1.4 Солнечные контроллеры	20
1.4.1 Контроллер MPPT	20
1.4.2 Контроллер PWM	21
1.5 Накопители электроэнергии	23
1.5.1 Свинцово – кислотный аккумулятор	23
1.5.2 Литий-ионный аккумулятор	25

1.5.3 Ионисторы	26
2 Расчёт системы	28
2.1 Изучение инсоляции в регионе и расчёт годовой энерговыработки	28
3 Разработка	30
3.1 Снятие вольт-амперных характеристик	30
3.1.1 Замеры токов и напряжений	31
3.2 Выбор оборудования	35
3.2.1 Фотопанель	35
3.2.2 Солнечный контроллер	35
3.2.3 Аккумулятор	37
3.2.4 Инвертор	38
3.2.5 Двухполюсный выключатель	39
3.2.6 Автоматический выключатель	40
4 Монтаж фотоэлектрической установки	42
4.1 Монтаж системы для снятия вольт-амперной характеристики	42
4.1.1 Сборка и подбор оборудования	42
5 Разработка схем автоматизации	46
5.1 Структурно – функциональная схема	46
6 Настройки LabView и платы PCI-6023E	48
6.1 Настройка канала	48
6.2 Принципиальная схема	49
6.3 Блок-диаграмма в LabView и виртуальный прибор управления	52
7 Настройка канала обмена данными между коннектором ТОЭ-1-СК и платой PCI6023E	53
7.1 Создание и настройка шкалы измерений	53
7.2 Создание и настройка канала	56
8 Руководство по монтажу платы PCI-6023Eи установке программного обеспечения	60
8.1 Установка платы	60
8.2 Установка драйвера	60

9 Руководство по Установке программы LabVIEW 8.5	66
10 Безопасность и экологичность	80
10.1 Техника безопасности при эксплуатации фотоустановки	80
10.1.1 Расчёт автоматического выключателя	80
10.1.2 Заземление	82
10.2 Экологичность	83
10.2.1 Отчуждение земель и недостаток солнечной радиации	83
10.2.2 Солнечный мусор	83
10.2.3 Фотоэлектрическая установка	84
10.3 Чрезвычайные ситуации	85
10.3.1 Ураган	85
10.3.2 Град	85
10.3.3 Пожар	85
Заключение	87
Библиографический список	88



## ВВЕДЕНИЕ

Вопрос об использовании возобновляемых источников энергии в наше время рассматривается долгое время. На ряду с ветряными станциями, используются и полноценные солнечные электростанции. Солнечные фотопанели получают энергию напрямую от солнечного света. Несмотря на низкий КПД, нельзя недооценивать фотопанели как источник энергии.

Рынок фотоэлектрических систем сейчас очень широк. Существует много фирм, предлагающих свои системы. Главный минус, предлагаемых ими систем, их цена. Цены на такие установки варьируются от 10 тыс. руб. до 2 млн. руб. С ростом цены, увеличивается и мощность фотоэлектрической установки, и её габариты. Конечно, и сегодня ведутся разработки, которые позволят удешевить создание таких установок.

Занимаясь созданием и монтажом как отдельных фотопанелей, так и полноценных солнечных электростанций, следует учитывать много факторов, как например, количество света в данной местности. Количество вырабатываемой электроэнергии зависит от таких факторов, поэтому перед монтажом полноценной системы, следует проверить, будет ли выгодной такая система. Для решения этого вопроса мы и создадим автоматическую систему, позволяющую в автоматическом режиме собирать информацию об энерговыработке с фотопанели, фиксировать её. На основе этих данных будут сделаны расчёты и выводы об эффективности.

Также соберём полноценную систему, которая будет в автоматическом режиме следить за зарядом и разрядом аккумуляторов, а также адаптироваться под нагрузку в сети. Для решения этой задачи необходимо провести некоторые расчёты и разобраться в работе самой фотопанели.

# 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Получение электроэнергии от солнца стало неотъемлемой частью современного общества. Способы получения электроэнергии постоянно развиваются и на сегодняшний день, существующие солнечные электростанции можно разделить на две группы: фотоэлектрические и не фотоэлектрические. Рассмотрим примеры таких СЭС [1].

## 1.1 Не фотоэлектрические солнечные электростанции

К не фотоэлектрическим солнечным электростанциям относятся те, на которых энергия солнца используется не для непосредственной выработки энергии, а для нагрева рабочего тела (вода, масло). Рассмотрим виды не фотоэлектрических солнечных электростанций.

### 1.1.1 Солнечная электростанция башенного типа

Электростанции данного типа на принципе получения водяного пара используя солнечную радиацию. В центре станции стоит башня высотой от 18 до 24 метров, на вершине которой находится резервуар с водой. Для поглощения теплового и видимого излучения, данный резервуар покрашен в чёрный цвет. Турбогенератор находится вне башни, вода от турбогенератора в резервуар подаётся посредством насосной группы, установленной в башне. По кругу от башни на некотором расстоянии располагаются зеркала (гелиостаты), направляющие отражённый свет на резервуар (рисунок 1.1).

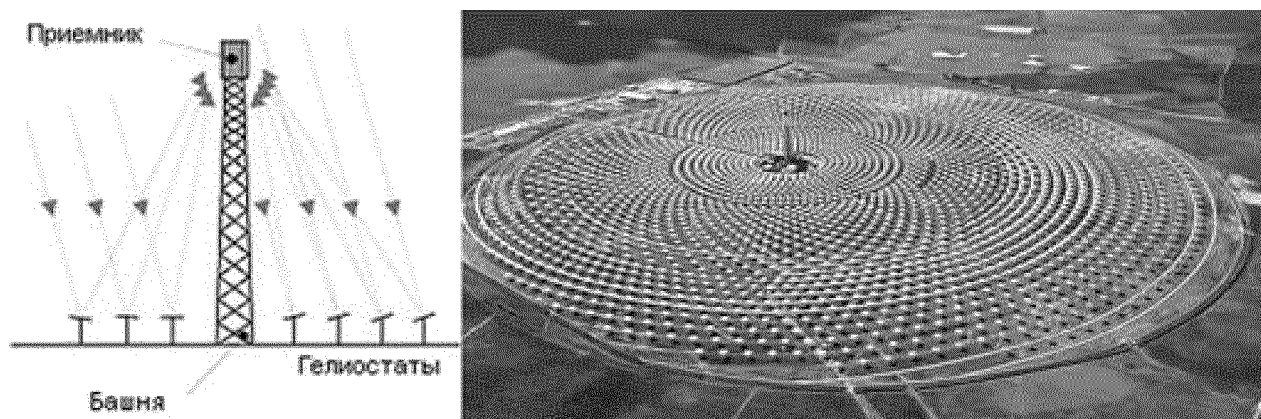


Рисунок 1.1 – СЭС башенного типа

### 1.1.2 Солнечная электростанция тарельчатого типа

Этот тип СЭС, по принципу получения электроэнергии, схож с принципом получения электроэнергии, а башенных СЭС, но есть отличия в конструкции самой станции. Станция состоит из отдельных модулей. Модуль состоит из опоры, на которую крепится ферменная конструкция приемника и отражателя. Приемник располагается в области концентрации отражённого солнечного света. Отражатель из зеркал выполнен в форме, по виду, напоминающему тарелки. Диаметры этих зеркал достигают 2 метров, а количество зеркал, в зависимости от мощности модуля, несколько десятков (рисунок 1.2). Такие станции могут состоять как из одного модуля (автономные), так и из нескольких десятков (работа параллельно с сетью).

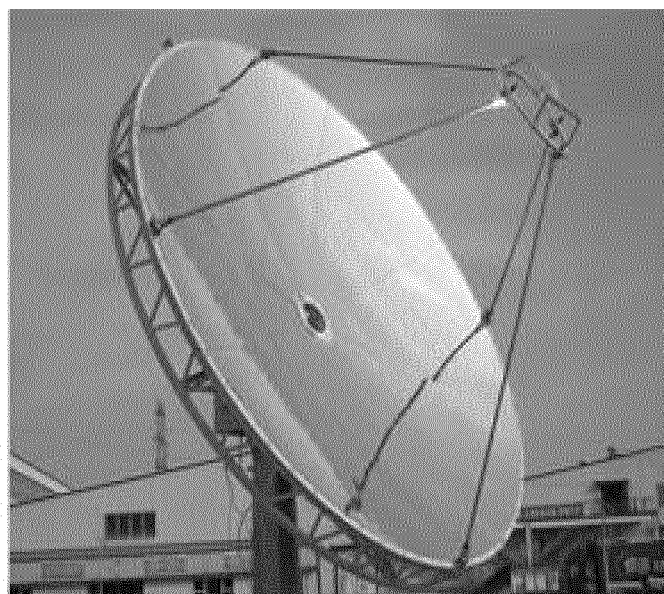
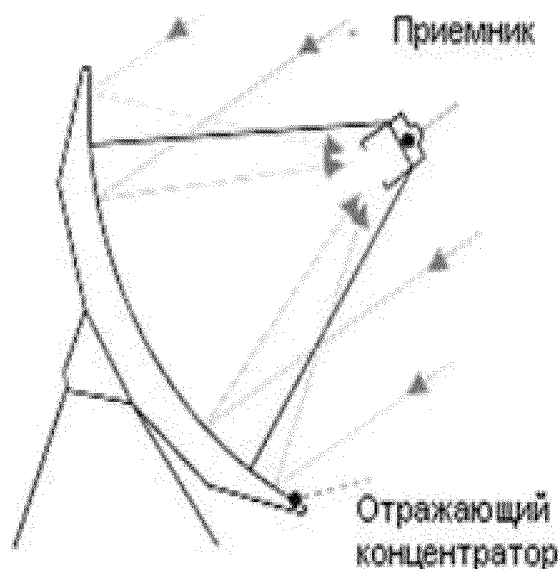


Рисунок 1.2 – СЭС тарельчатого типа

### 1.1.3 Солнечная электростанция с использованием параболических концентраторов

Данный вид СЭС работает по принципу нагревания теплоносителя до параметров, пригодных к использованию в турбогенераторе (рисунок 1.3).

Конструкция СЭС выглядит следующим образом: на ферменной конструкции устанавливается длинное параболоцилиндрическое зеркало, а в фокусе параболы устанавливается трубка, по которой течет теплоноситель (чаще всего масло). Затем, теплоноситель разогревается и в теплообменных аппаратах



отдаёт теплоту воде, которая превращается в пар и поступает на турбогенератор.

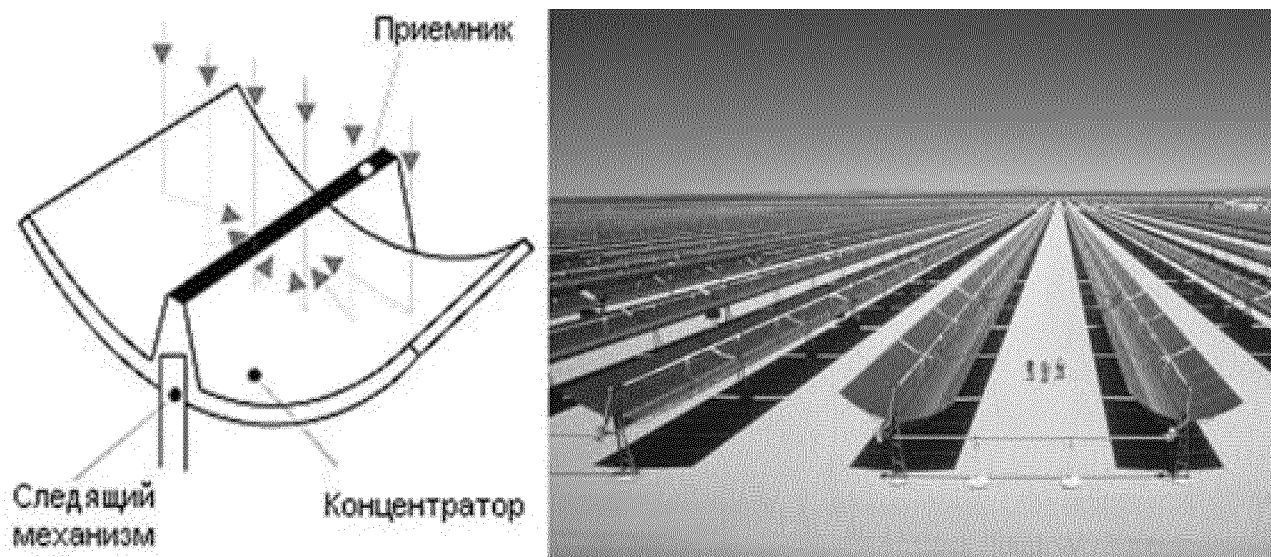


Рисунок 1.3 – СЭС, использующие параболоцилиндрические концентраторы

#### 1.1.4 Солнечные электростанции, использующие двигатель Стирлинга

Общий вид данной СЭС похож на СЭС с параболическими концентраторами, у которых в фокусе установлен двигатель Стирлинга. Существуют конструкции двигателей Стирлинга, которые непосредственно преобразуют колебания поршня в электрическую энергию, без использования кривошипно-шатунного механизма (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – СЭС, использующие двигатель Стирлинга

Данное инженерное решение позволяет достичь высокой эффективности преобразования энергии. В качестве рабочего тела, чаще используется водород или гелий, а эффективность таких СЭС достигает 31,25 %.

#### 1.1.5 Аэростатные солнечные электростанции

Аэростатные СЭС бывают двух типов, а именно, когда солнечные элементы располагаются на поверхности аэростата, при этом КПД не превышает КПД солнечных батарей составляя около 15 % (на пределе работы может достигать 40 %), и когда в качестве рефлектора используется параболическая, вогнутая давлением газа, металлизированная плёнка, служащая для концентрации солнечной энергии (рисунок 1.5). Стоимость квадратного метра, которой мала в сравнении с солнечными батареями и любыми отражающими поверхностями. Располагается аэростат на высоте более 20 км где можно не переживать за затенения при облачной погоде, а двигаясь с воздушными потоками, аэростат не испытывает ветровых нагрузок. Верхняя часть выполнена из прозрачной армированной плёнкой, посередине парабола пленочного концентратора из армированной металлизированной плёнки, а в фокусе располагается термопреобразователь, охлаждаемый легким газом-водород, для системы с разложением воды, либо гелий, если есть система дистанционной передачи энергии, например, радио- или СВЧ излучением. Ориентировка шара на солнце осуществляется за счёт перекачки балластной жидкости(вода для водородного цикла), а точная ориентировка осуществляется гироскопами.

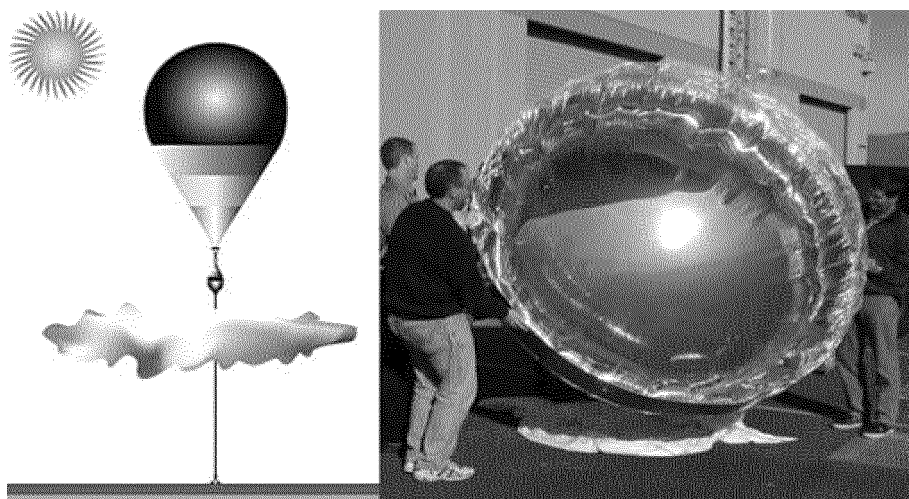


Рисунок 1.5 – Аэростатные СЭС

### 1.1.6 Комбинированные солнечные электростанции

Часто на СЭС различных типов дополнительно могут быть установлены теплообменные аппараты для получения горячей воды, используемой для технических нужд или для горячего водоснабжения и отопления. Суть комбинированных СЭС состоит именно в этом. Также на одной территории возможна параллельная установка и применение нескольких технологий производства электроэнергии, например, концентраторов и фото батарей, что тоже считается комбинированной СЭС.

### 1.1.7 Солнечно-вакуумные электростанции

СЭС данного типа используют энергию воздушного потока, искусственно создаваемого путём использования разности температур воздуха (рисунок 1.6). Состоят из накрытого стеклянной крышей участка земли и высокой башни, у основания которой расположена воздушная турбина с электрогенератором. С высотой башни увеличивается разность температур, а, следовательно, растёт вырабатываемая мощность. Используя энергию нагретой почвы, данные СЭС способны работать почти круглые сутки, а это является их наибольшим преимуществом.

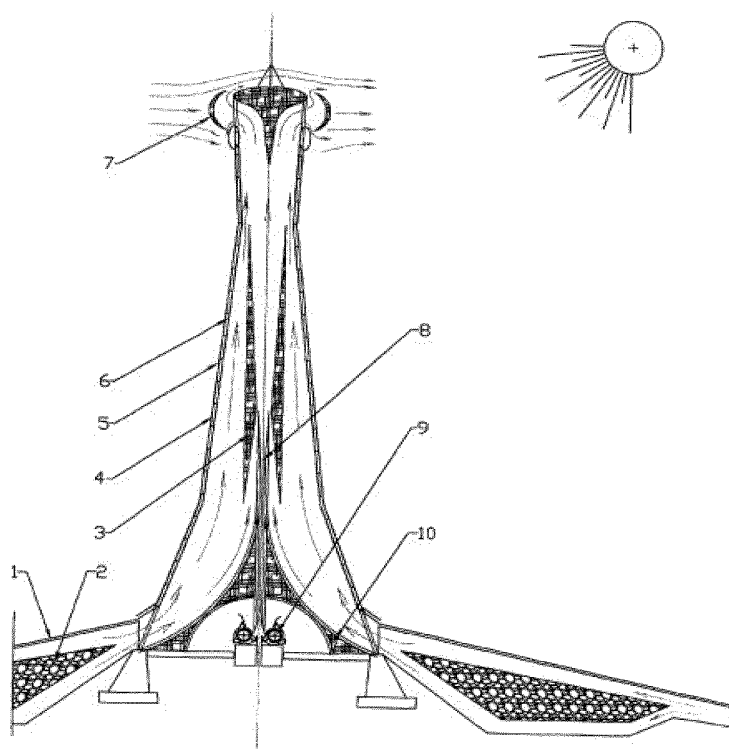


Рисунок 1.6 – Солнечно-вакуумные электростанции



## 1.2 Фотоэлектрические электростанции

Такие СЭС сегодня очень распространены, в общем случае СЭС состоит из большого числа отдельных модулей фотобатарей, которые имеют различную мощность и выходные параметры (рисунок 1.7). Фотоэлектрические СЭС широко применяются для энергообеспечения малых и крупных объектов, например, частные дома или целые промышленные здания.

Фотоэлектрические модули и массивы производят электричество постоянного тока. Подключаются как в последовательно, так и параллельно к инвертору, для получения любой требуемой комбинации напряжения и тока. Фотобатарей устанавливаются почти на любой поверхности, например, крыша дома или на отведённой территории. Мощности установок колеблются от снабжения отдельного фонаря на шоссе, до электроснабжения города.



Рисунок 1.7 – СЭС, использующие фотоэлектрические модули

### 1.2.1 Составляющие солнечной электростанции

Система электроснабжения может включать в себя:

– источники электроэнергии (солнечная батарея, ветрогенератор);

- систему эксплуатации (график нагрузки, график тех. обслуживания);
- систему преобразования электроэнергии (трансформатор);
- систему распределения электроэнергии (открытое или закрытое распределительное устройство);
- систему передачи электроэнергии (электропроводка, линии электропередачи);
- систему собственных нужд (освещения, вентиляция, обогрев);
- систему сигнализации и управления;
- систему автоматики и релейной защиты;
- систему надёжного электроснабжения (источник бесперебойного питания, автоматический ввод резерва).

### 1.2.2 Примеры СЭС в России

СЭС «Перово» - солнечная электростанция (рисунок 1.8), расположенная возле села Ключи Перовского сельского совета в Крыму [2]. На рассматриваемых фотоэлектрических станциях, выделим некоторые характеристики, а именно мощность, занимаемое пространство, количество фотопанелей. Начнём со станции «Перово» [3].

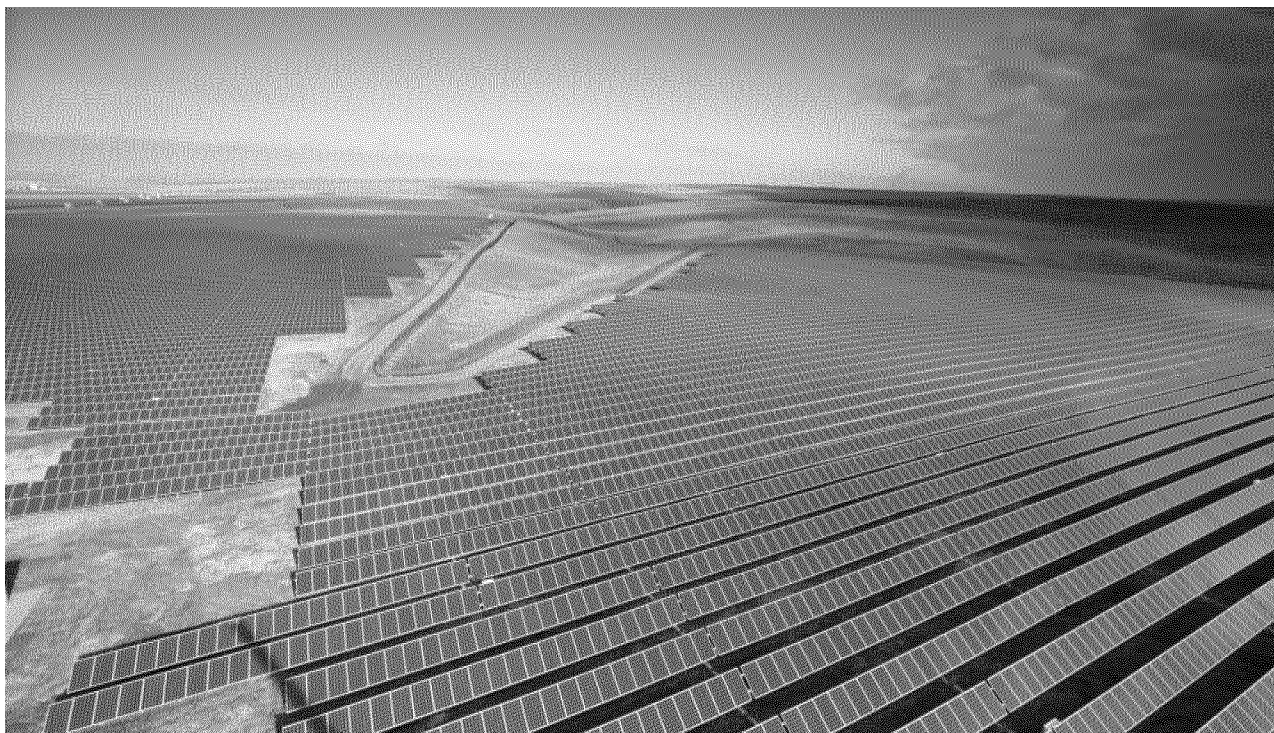


Рисунок 1.8 – Солнечная электростанция «Перово»

Характеристики станции:

- установленная мощность 105,56 МВт;
- состоит из 440 000 кристаллических фотоэлектрических модулей;
- занимаемая площадь 200 га площади.

Самарская СЭС - российская солнечная электростанция (рисунок 1.9), возле города Новокуйбышевска в Самарской области, в посёлке Маяк [4].



Рисунок 1.9 – Самарская солнечная электростанция

Рассмотрим характеристики станции [5]. Из характеристик станции можно выделить:

- установленная мощность 75 МВт;
- солнечных батарей 265 800 м<sup>2</sup>;
- общая площадь 2 160 000 м<sup>2</sup>;
- автоматический режим функционирования;
- работает параллельно с существующей электросетью;
- обслуживающий персонал 16 человек, по 3 человека в смене.

СЭС «Охотниково» - солнечная электростанция (рисунок 1.10), расположенная возле села Охотниково в Крыму [6].





Рисунок 1.10 – Солнечная электростанция «Охотниково»

Выделим некоторые характеристики [7]. Характеристики станции:

- общая мощность 80 МВт;
- солнечных модулей 356 000;
- занимаемая площадь 160 га.

Фотоэлектрические солнечные электростанции похожи по своей структуре [8]. Структурная схема, в общем виде, выглядит следующим образом (рисунок 1.11).

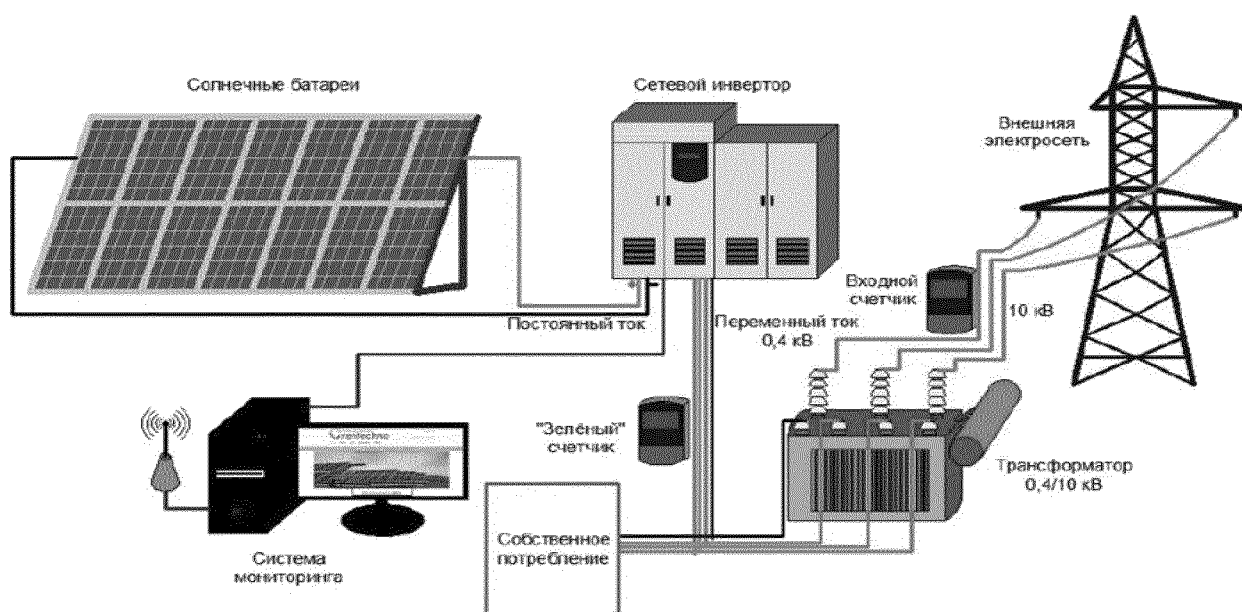


Рисунок 1.11 – Структурная схема СЭС

### 1.3 Современные фото панели

Основные виды солнечных батарей изготовленные на основе кремния [9].

Данный вид подразделяется на:

- поликристаллические панели;
- монокристаллические панели;
- аморфные панели.

Изготовленные на основе пленочных материалов. Данный вид подразделяется на:

- изготовленные на основе теллурида кадмия;
- изготовленные на основе селенида меди-индия;
- полимерные панели;
- аморфные панели.

Для изготовления солнечных батарей используется кремний, который является непосредственно основой. Кремний является распространённым материалом, для добычи которого используется минимум затрат. Более того, кремний обладает хорошими физическими свойствами [10].

#### 1.3.1 Монокристаллические батареи

Для изготовления батарей данного вида используется очищенный кремний, без присутствия примесей. На вид, монокристаллические панели напоминают пчелиные соты, объединенные между собой в единую конструкцию. При изготовлении отдельных сот, используют монокристаллы, после затвердения которых, их делят на тонкие пластины (до 300 мкм), которые в дальнейшем соединяются электродной сеткой. Такие солнечные батареи достаточно дорого стоят, но имея высокий КПД (до 20%), но несмотря на это, пользуются спросом у потребителей.

#### 1.3.2 Поликристаллические батареи

Для изготовления таких батарей и получения поликристаллов, кремниевый состав, после его подготовки, продолжительное время охлаждают. На изготовление панелей данного вида, затраты меньше чем при изготовлении монокристаллических солнечных батарей. Поликристаллические панели стоят де-

шевле, но обладают меньшим КПД – до 18%.

### 1.3.3 Аморфные батареи

Данный вид солнечных батарей можно отнести и к кремниевому типу, и к пленочному, по причине того, что оба способа изготовления, присутствуют при создании таких солнечных батарейного.

Основа данных солнечных батарей изготавливается из кремневодорода (силана), который наносится на подложку батареи. Данный вид солнечных панелей имеет значительно низкий КПД (до 5,0 %), но такие панели обладают лучшей способностью поглощения и могут вырабатывать электрический ток при отсутствии прямых солнечных лучей. Являются очень востребованными на рынке.

### 1.3.4 Плёночные батареи на основе теллурида кадмия

В данных солнечных батарея используется способность кадмия, а именно его высокая световая поглощаемость. КПД таких панелей составляет порядка 10 %, стоимость панелей меньше, если сравнивать с аналогами. Но кадмий является ядовитым [11].

### 1.3.5 Плёночные батареи на основе селенида меди-индия

В процессе изготовления этих солнечных батарей используют медь, селен и индий. КПД таких панелей составляет около 20%.

### 1.3.6 Полимерные солнечные батареи

В данных солнечных батареях, основу изготавливают из фуриллеов, полифенила и фталоцианина меди. Толщина плёнки около 100 нм. Из плюсов можно выделить низкую стоимость, отсутствие вредных выбросов, а также доступность комплектующих. Также такие панели обладают эластичностью. КПД таких солнечных батарей составляет около 5%.

### 1.3.7 Гибкие солнечные батареи

Такие солнечные батареи изготавливаются из тонкопленочных полупроводниковых материалов. Эти материалы наносятся на гибкие подложки, например, полимеры или бумагу. КПД таких панелей составляет порядка 15%, а благодаря своей гибкости, могут быть сложены, как лист бумаги, пополам до



10 тысяч раз.

## 1.4 Солнечные контроллеры

Контроллер является неотъемлемой и главной частью всей системы. Он позволяет работать солнечным батареям в режиме максимальной мощности. Применяют два основных вида контроллеров, которые используют в солнечных или ветровых установках по получению электроэнергии: MPPT (рисунок 1.12) и PWM (ШИМ) (рисунок 1.13). Рассмотрим плюсы и минусы каждого, для выбора оптимального [12].

### 1.4.1 Контроллер MPPT



Рисунок 1.12 – Стандартный MPPT контроллер

Рассмотрим сравнительные характеристики данных контроллеров.

Достоинства MPPT:

- создание оптимальных условий работы для аккумуляторных батарей позволяет продлить сроки их эксплуатации;
- возможность использования в различных системах, различающихся по источнику получения энергии (солнечные, ветровые, комбинированные системы);

– высокое напряжение на входе позволяет уменьшить сечение кабелей и проводов, используемых для соединения элементов системы или увеличить расстояние от источника энергии до контроллера;

– использование устройств данного типа позволяют увеличить эффективность использования солнечных батарей, что обусловлено возможностью заряда аккумуляторов при низкой освещённости;

– высокий КПД.

Недостатки MPPT:

– более сложная технология, в равнении с аналогами;

– высокая стоимость.

#### 1.4.2 Контроллер PWM



Рисунок 1.13 – Стандартный PWM контроллер

Достоинства ШИМ (ШИМ контроллеры делятся на шунтовые и последовательные):

– шунтовые модели: незначительные потери мощности в процессе работы, слабые электромагнитные помехи и низкий уровень падения напряжения в ключах;

– последовательные модели: позволяют использовать одновременно раз-

личные источники энергии и создают низкий нагрев во время регулирования;

– низкая стоимость.

Недостатки ШИМ:

– шунтовые модели: значительный нагрев во время работы, невозможность использования с иными источниками энергии, кроме солнечных панелей;

– последовательные модели: при полном заряде источник энергии отключается, значительные потери в последовательных ключах, электромагнитные помехи.

Несмотря на одно достаточно весомое преимущество ШИМ контроллера низкая цена, для солнечной установки лучше выбрать контроллер с MPPT режимом, так как он будет работать более эффективно (рисунок 1.14).

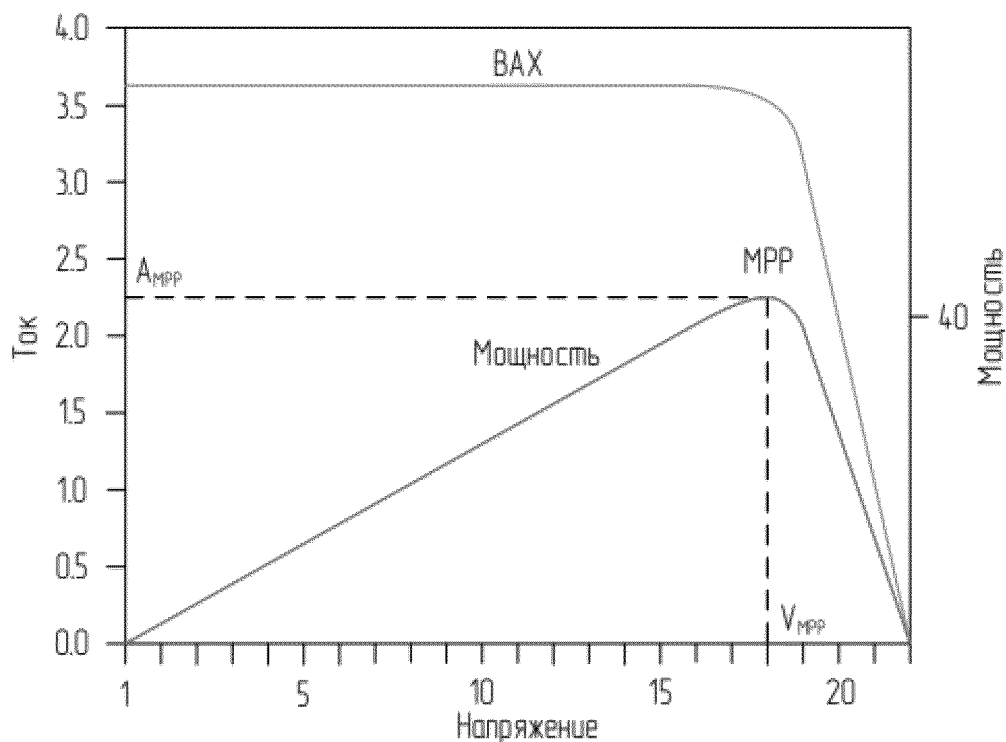


Рисунок 1.14 – Точка максимальной мощности и вольтамперная характеристика

Контроллер постоянно снимает значения напряжения и тока с солнечных батарей и с заданной периодичностью перемножает их, получая значение мощности. Затем, контроллер подстраивает значение тока определённым образом, в зависимости от того, куда перемещается точка максимальной мощности. В современные контроллеры MPPT самостоятельно «следят» за стадией заряжения

аккумуляторов (наполнение, насыщение, выравнивание, поддержка), и подбирает подходящие режимы заряда. Это позволяет продлить срок службы аккумуляторов. Более того, существуют контроллеры, которые управляют нагрузкой, отключая и подключая ее, учитывая уровень заряда в аккумуляторах.

## 1.5 Накопители электроэнергии

Рассмотрим некоторые варианты накопителей электроэнергии, которые могут быть использованы в фотоэлектрических установках.

### 1.5.1 Свинцово – кислотный аккумулятор



Рисунок 1.15 – Свинцово-кислотный аккумулятор

Подобные аккумуляторы работают на реакции диоксида свинца и свинца (рисунок 1.15), которая происходит в растворе серной кислоты. Когда аккумулятор начинает разряжаться оксид свинца вступает в реакцию с серной кислотой, а свинец начинает окисляться. В аккумуляторе происходит много реакций, но важных две: восстановление диоксида свинца на катоде, и окисление свинца на аноде. Когда аккумулятор заряжают, происходит обратная реакция [13].

При заряде аккумулятора кислород и водород могут выделяться из электролита в виде пузырьков, что называют «кипением». Вместе с этим:

- вода расходуется, плотность электролита повышается;
- существует определенный риск взрыва газов.

Потерянную воду можно возместить доливкой дистиллированной воды, а при заряде снизить зарядный ток.

Рассмотрим основные элементы, присутствующие в устройстве таких аккумуляторов:

- разделительные пластины (которые не вступают в реакцию с кислотой);
- электроды: решетки из свинца, в ячейках которых диоксид свинца;
- корпус;
- электролит, в который погружены решетки.

Среди таких аккумуляторов есть и различия в устройстве, но представленные выше элементы, являются основными.

Рассмотрим плюсы и минусы таких аккумуляторов.

Минусы:

- экологически опасны (из-за соединений свинца);
- чувствительность к отрицательным температурам;
- не должны храниться в разряженном состоянии;
- ограниченное количество циклов разряда;
- большой вес и размер;
- энергоемкость низкая (если брать соотношение с весом);
- ограниченное количество циклов разряда.

Плюсы:

- нет эффекта памяти;
- старая технология, которая проверена временем. Даже и сегодня здесь придумывают некоторые улучшения;
- требуют минимального обслуживания;
- очень низкий саморазряд, в этом смысле свинцовые аккумуляторы относятся к лидерам;
- просты в производстве и, как следствие, дешевые;
- могут производить большую токоотдачу в случае необходимости.

## 1.5.2 Литий-ионный аккумулятор

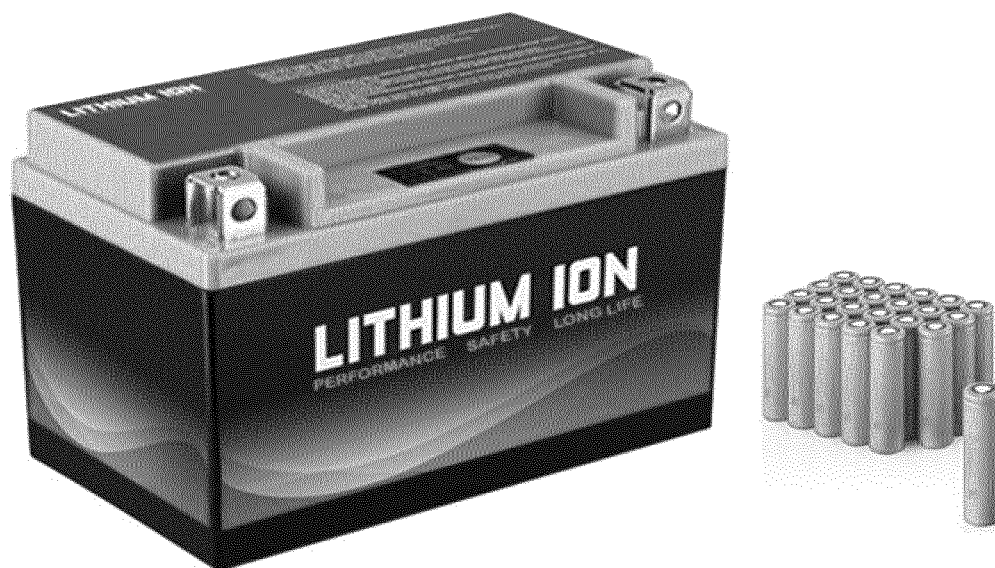


Рисунок 1.16 – Литий-ионный аккумулятор

Литий-ионный аккумулятор (рисунок 1.16) состоит из двух «листочков», из графита и оксида лития с кобальтом ( $\text{LiCoO}_2$ ), смоченных электролитом и между ними перфорированная плёнка.

При зарядке аккумулятора, положительные ионы молекул оксида лития переходят на углеродную пластинку, а при разрядке переходят обратно на оксид лития. В батарее, графитовая пластинка является минусом, а оксид лития является плюсом [14].

Плюсы таких аккумуляторов:

- компактность;
- нет эффекта памяти;
- лёгкие;
- обладают большой ёмкостью.

Из минусов можно выделить:

- может загореться при сильном нагреве;
- при крайней границе разряда, аккумулятор зарядить уже будет невозможно.

Для нормальной работы такого аккумулятора, используются встроенная



электроника. Она следит за температурой и режимами зарядки каждого отдельного аккумулятора.

### 1.5.3 Ионисторы

Ионисторы имеют ряд стандартных напряжений, основными из которых являются 2,5 В, 2,7 В (рисунок 1.17). Важным параметром является также и габариты ионисторов (рисунок 1.18). При большой ёмкости, ионисторы могут иметь достаточно большой вес.



Рисунок 1.17 – Батарея из ионисторов

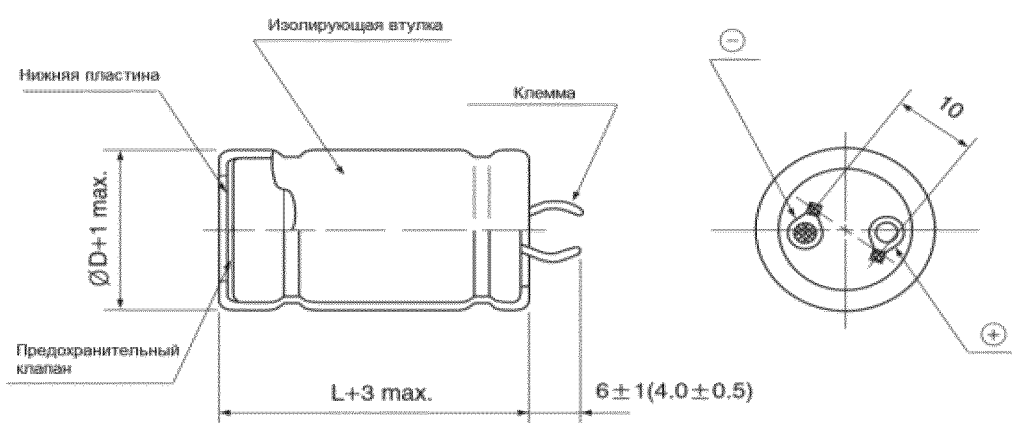


Рисунок 1.18 – Габаритные размеры ионистора

Из плюсов можно выделить:

- не требуют обслуживания;
- небольшой вес и габариты;
- малое время заряда и разряда. Благодаря этому ионистор можно быстро

зарядить и использовать, тогда, как на заряд аккумуляторных батарей уходит значительное время;

- работает в широком диапазоне температур (от -40 0С до +70 0С). При температуре больше +70 0С ионистор, как правило, разрушается;

- длительный срок службы: более 20 лет;

- количество циклов заряд/разряд: более 300000 (без потерь емкости);

- большие токи разряда, что обеспечивает эффективную разрядку на нагрузку.

Минусы ионистора:

- небольшая плотность энергии;

- большие токи саморазряда;

- высока цена;

- низкое рабочее напряжение.

Современные литий-ионные аккумуляторы могут отдавать только 60 % электроэнергии, израсходованной на их зарядку. У суперконденсаторов данный показатель превышает 90 %.

Сравнивая характеристики аккумуляторов и ионисторов, можно сделать вывод, что использовать ионисторы в качестве накопителей заряда в фотоэлектрических системах удобнее, но главным минусом ионисторов остаётся их цена.

## 2 РАСЧЁТ СИСТЕМЫ

Для работы системы и подбора оборудования, необходимо изучить и рассчитать «возможности системы». Для того чтобы рассчитать количество энергии, которое может выработать фотопанель, необходимо изучить уровень инсоляции в нашем регионе.

### 2.1 Изучение инсоляции в регионе и расчёт годовой энерговыработки

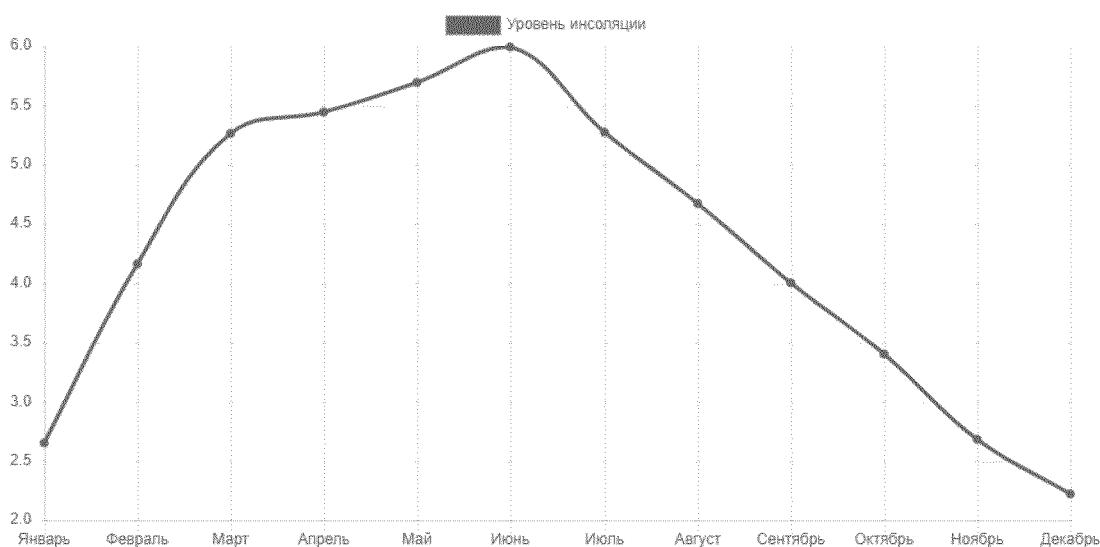


Рисунок 2.1 – Уровень годовой инсоляции в амурской области

Зная инсоляцию за каждый месяц, можно рассчитать месячную энерговыработку фотопанели, а также количество энергии за год.

Рассчитаем количество энергии за каждый месяц с начала года (с января):

$$0,1 \cdot 2,65 \cdot 31 = 8,215 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.1)$$

$$0,1 \cdot 4,16 \cdot 28 = 11,648 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.2)$$

$$0,1 \cdot 5,26 \cdot 31 = 16,306 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.3)$$

$$0,1 \cdot 5,44 \cdot 30 = 16,32 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.4)$$

$$0,1 \cdot 5,69 \cdot 31 = 17,639 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.5)$$

$$0,1 \cdot 5,99 \cdot 30 = 17,97 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.6)$$

$$0,1 \cdot 5,27 \cdot 31 = 16,337 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.7)$$

$$0,1 \cdot 4,67 \cdot 31 = 14,477 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.8)$$

$$0,1 \cdot 4 \cdot 30 = 12 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.9)$$

$$0,1 \cdot 3,4 \cdot 31 = 10,54 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.10)$$

$$0,1 \cdot 2,68 \cdot 30 = 8,04 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.11)$$

$$0,1 \cdot 2,22 \cdot 31 = 6,882 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2.12)$$

Из расчётов видно, что в сезон зимы, энерговыработка наименьшая, а летом, когда солнце ближе всего к земле, количество электроэнергии наибольшее. Из графика инсоляции (рисунок 2.1) видно, что наибольший коэффициент инсоляции приходится на июнь. В среднем за год, фотопанель мощностью 100 Вт, может выработать 156, 374 кВт.ч

### 3 РАЗРАБОТКА

Прежде чем проводить какие-либо эксперименты и замеры, необходимо разобраться в работе самой фотопанели, её вольт-амперных характеристиках и вырабатываемой мощности при различной освещённости.

#### 3.1 Снятие вольт-амперных характеристик

Для необходимых замеров соберём систему (монтаж и подбор оборудования разберём в следующем разделе).

Номинальные параметры фотопанели при освещённости в 100 кЛ:

- $P=100$  Вт;
- $U_H = 18,5$  В;
- $I_H = 5,41$  А;
- $R_H = 3,42$  Ом;
- $U_X = 22,7$  В;
- $I_X = 0$  А;
- $U_{кз} = 0$  В;
- $I_{кз} = 5,74$  А.

Вольт-амперная характеристика фотопанели при номинальных значениях выглядит следующим образом (рисунок 3.1)

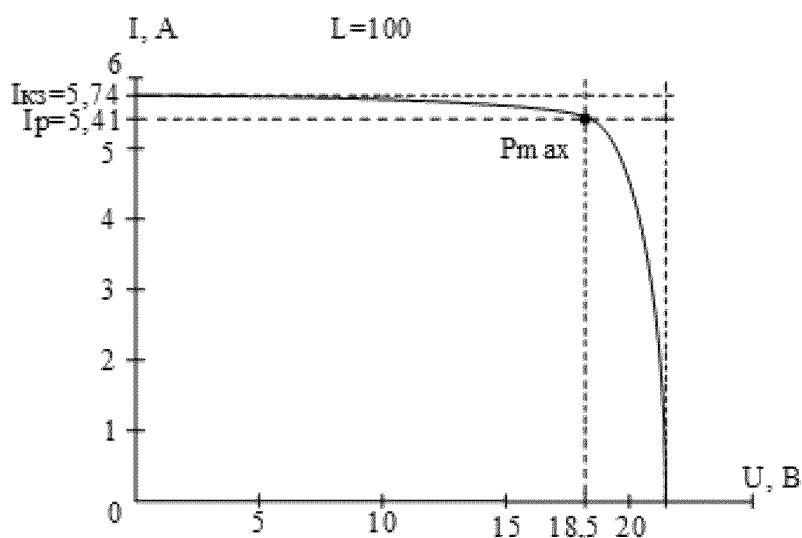


Рисунок 3.1 – Вольт-амперная характеристика фотопанели

### 3.1.1 Замеры токов и напряжений

При замерах менялось значение сопротивления (уменьшалось или повышалось), это позволило наглядно понаблюдать за энерговыработкой фотопанели под различной нагрузкой при разном освещении. В ходе эксперимента, как и ожидалось, было выявлено, что фотопанель держит напряжение более стабильно при освещении от 100 кЛ. Замеры проводились с 11 до 15 часов дня, когда угол падения лучей на фотопанель максимально приближен к 90 градусам.

При измерении напряжения и тока было, необходимо было учитывать не только значения тока короткого замыкания (рисунок 3.2), но и напряжение холостого хода (рисунок 3.3), и напряжение и ток под нагрузкой (рисунок 3.4). Последние измерялись, очевидно, без нагрузки. Схемы измерений представлены ниже.

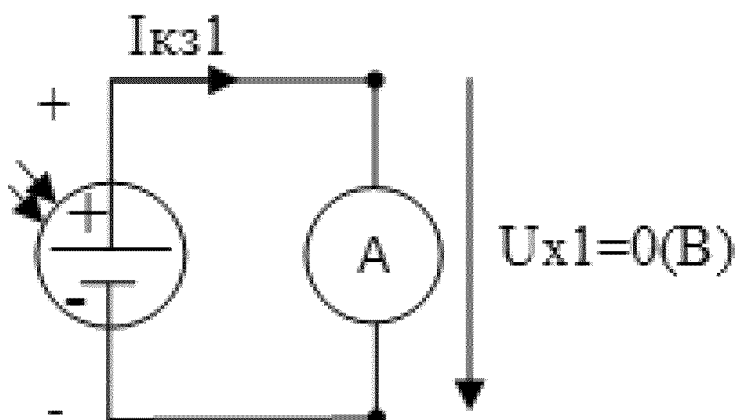


Рисунок 3.2 – Схема измерения тока короткого замыкания

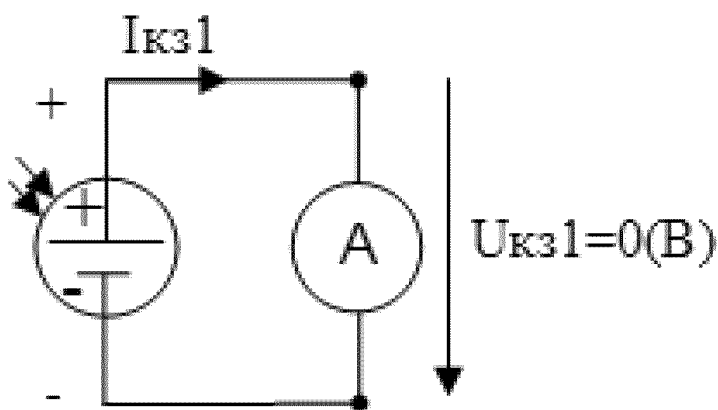


Рисунок 3.3 – Схема измерения напряжения холостого хода



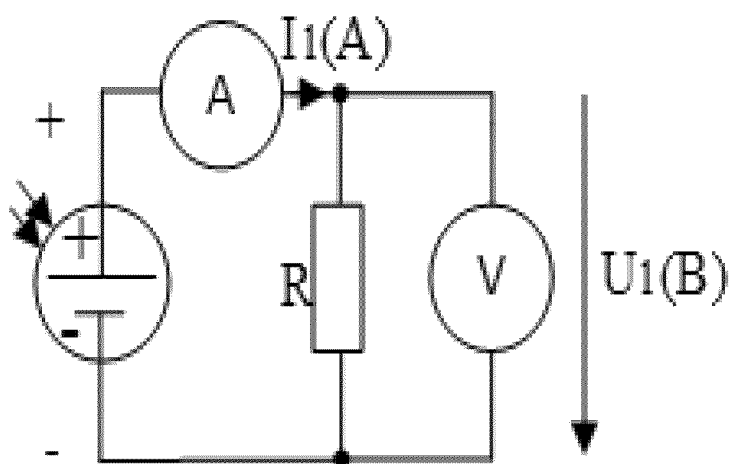


Рисунок 3.4 – Схема измерения напряжения и тока под нагрузкой

Замерим ток короткого замыкания и напряжение холостого хода, также замерим токи и напряжения под нагрузкой при различной освещённости, это позволит нам построить более точную вольт-амперную характеристику работы фотопанели. Сделаем замеры тока и напряжения под различной нагрузкой (таблица 3.1) и построим по этим значениям вольт-амперную характеристику (рисунок 3.5)

Таблица 3.1 – Напряжения и токи фотопанели при освещённости 129 кЛ

	U, В	I, А	R, Ом	L, кЛ
1	0	2,69	0	128,3
2	4	2,64	1,515152	128,3
3	10	2,63	3,802281	128,3
4	13	2,58	5,03876	128,3
5	15	2,41	6,224066	128,3
6	18,5	1,6	11,5625	128,3
7	19,1	1,37	13,94161	129,1
8	19,5	1,25	15,6	129,1
9	19,9	1,11	17,92793	129,1
10	20	0,94	21,2766	129,1
11	20,1	0,75	26,8	129,1
12	20,4	0	–	128,3

Также сделаем замерим значения напряжения холостого хода и тока короткого замыкания:

- $U_{кз1} = 0 \text{ В}$ ;
- $I_{кз1} = 0,7 \text{ А}$ ;
- $U_{х1} = 20 \text{ В}$ ;
- $I_{х1} = 0 \text{ А}$ .

Построив характеристику при высокой освещённости, можно заметить, что вырабатываемая мощность фотопанели держится достаточно стабильно. На характеристике не наблюдается резких скачков или просадок в вырабатываемой мощности.

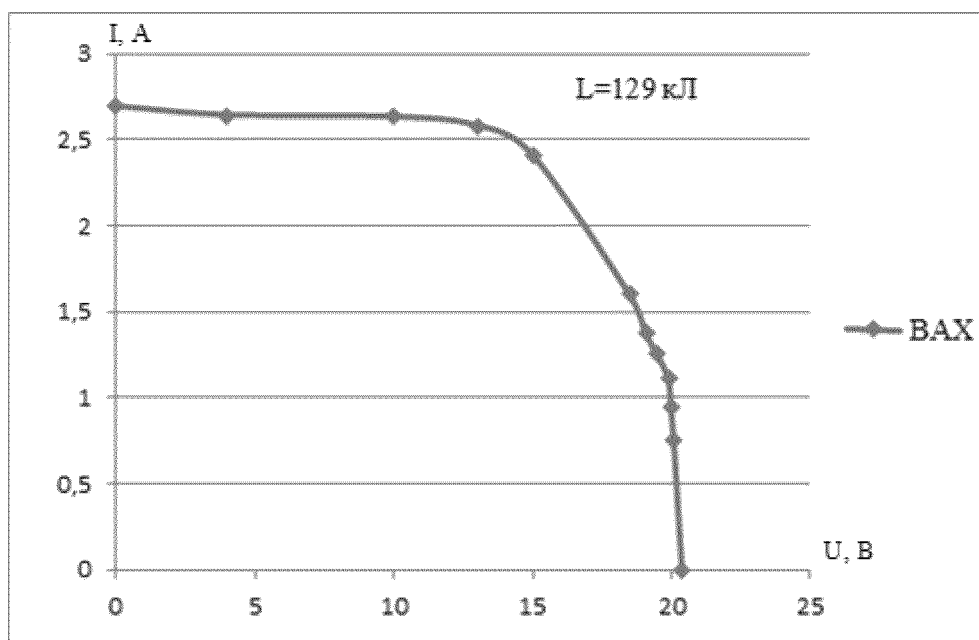


Рисунок 3.5 –Вольт-амперная характеристика при освещённости 129кЛ

Работа фотопанели, а именно её энерговыработка, напрямую зависит от освещённости. При хорошей освещённости работу фотопанели мы рассмотрели, теперь, следует проверить её работу при освещённости ниже. Для этого, сделаем замеры напряжений и тока при освещённости 110 кЛ (таблица 3.2) и построим по полученным значениям вольт-амперную характеристику (рисунок 3.6). Сравнив с характеристикой, полученной ранее при освещённости в 129 кЛ, можно будет сделать выводы о стабильности работы фотопанели при различной освещённости.

Таблица 3.2 – Вольт-амперная характеристика при освещённости 110 кЛ

	U, В	I, А	R, Ом	L, кЛ
1	0	2,59	0	110
2	7	2,58	2,713178	115,8
3	8	2,53	3,162055	113
4	10	2,52	3,968254	113
5	11	2,4	4,583333	110
6	12	2,51	4,780876	113
7	13	2,41	5,394191	110
8	14	2,44	5,737705	113
9	15	2,5	6	116,7
10	15,8	2,37	6,666667	114,2
11	18,2	1,41	12,9078	116,7
12	20	0	–	110

Построив характеристику для низкой освещённости, можно заметить изменение в выработке энергии. На графике видны просадки и более резкие скачки.

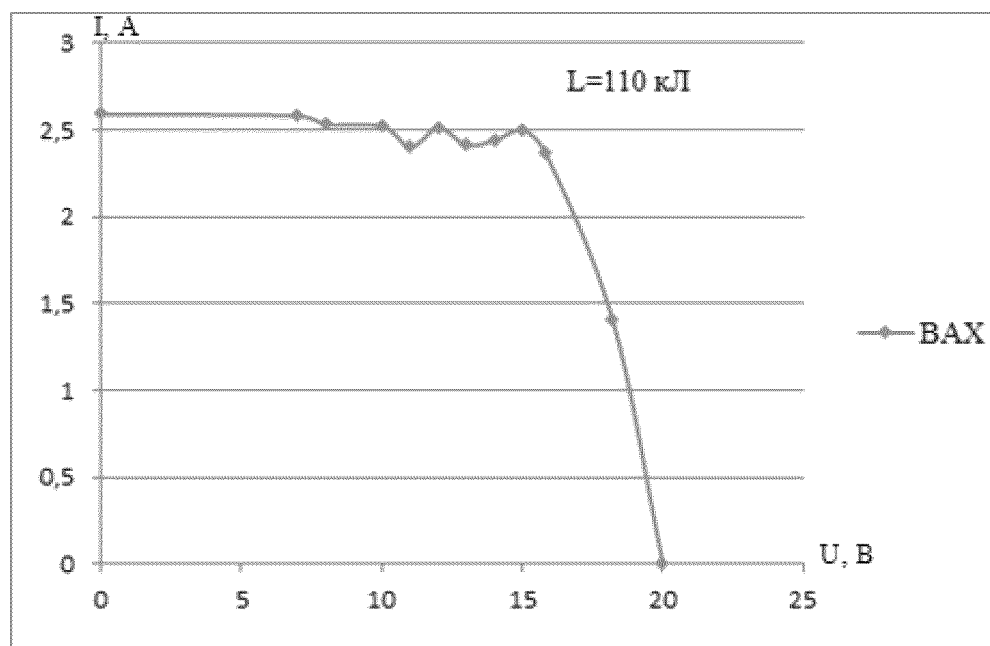


Рисунок 3.6 – Вольт-амперная характеристика при освещённости 110 кЛ

## 3.2 Выбор оборудования

Для монтажа полноценной системы, требуется подобрать подходящее оборудование. Подобранные мной в работе варианты, необходимы и достаточны для тестовой системы, в других системах оборудование может быть другим.

### 3.2.1 Фотопанель

Солнечная батарея (панель) – это устройство, в котором под воздействием солнечных лучей, вырабатывается электрический ток. В общем виде солнечная панель является объединением некоторого количества фотоэлементов, которые подключены последовательно относительно друг друга и являются полупроводниками (рисунок 3.7).

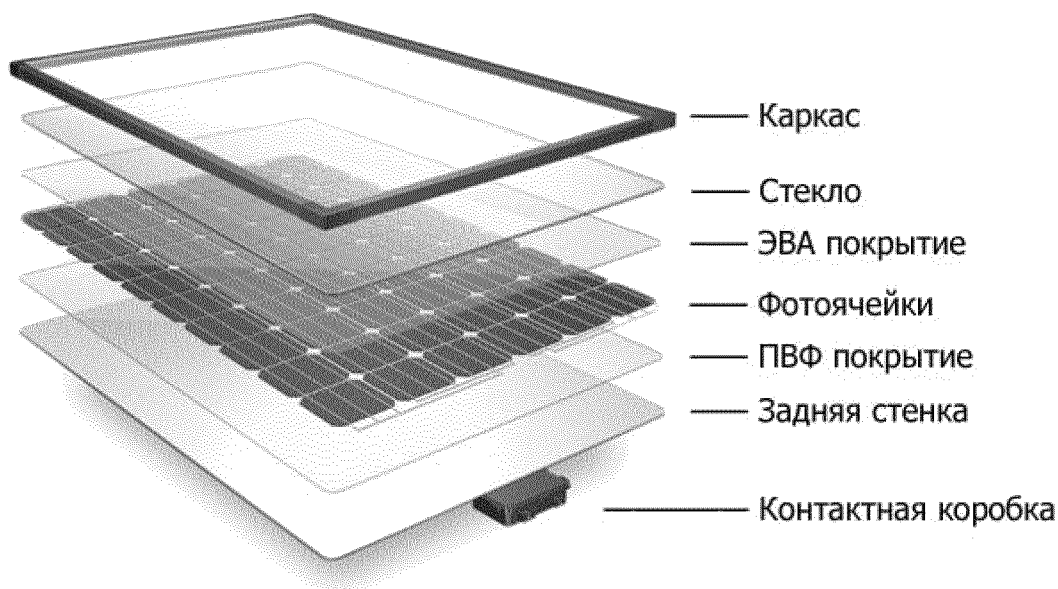


Рисунок 3.7 – Устройство фотопанели

В настоящее время, благодаря развитию технологий и постоянно растущему интересу к возобновляемым источникам энергии, промышленностью выпускается большое количество разнообразных видов солнечных панелей, которые различаются по конструкции, используемым материалам, техническим характеристикам и цене.

### 3.2.2 Солнечный контроллер

В нашей экспериментальной установке мы будем использовать солнечный контроллер типа PWM (рисунок 3.8), по причине его простоты и дешевизны.



Рисунок 3.8 –PWM контроллер

Контроллер имеет следующие характеристики:

- номинальное напряжение 12В и 24В;
- номинальный ток 20А;
- максимальная входная мощность 260W(12В) и 520W(24В).

Солнечный контроллер является устройством, через которое подключены солнечная батарея и аккумуляторная батарея. Не смотря на возможность подключить нагрузку напрямую к аккумулятору, в нашей установке мы нагрузку будем подключать от аккумулятора. Задача солнечного контроллера состоит в регулировке и управлении режимами заряда и разряда аккумуляторов. Схема подключения аккумулятора выглядит следующим образом (рисунок 3.9).

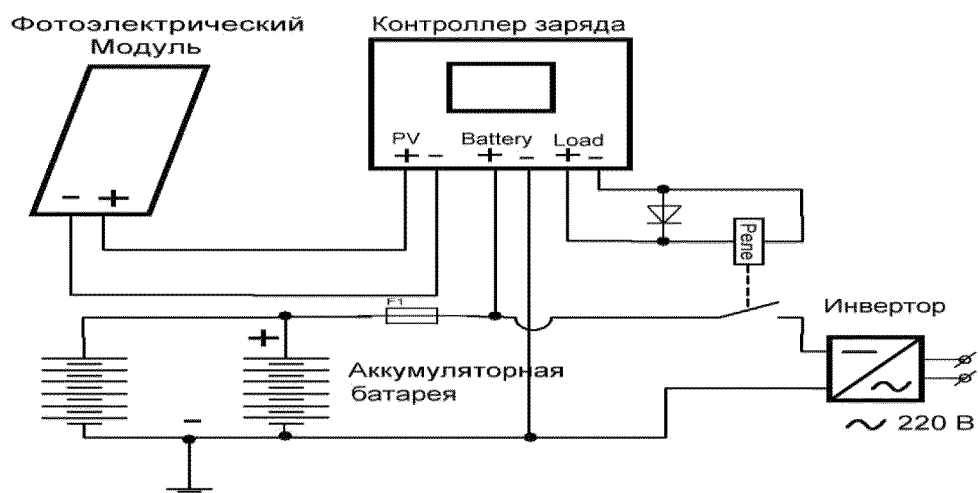


Рисунок 3.9 – Схема подключения контроллера заряда

### 3.2.3 Аккумулятор

В качестве накопителя был выбран обычный свинцово – кислотный аккумулятор HR 1234WF2 (рисунок 3.10). Для нашей системы его будет достаточно [15].



Рисунок 3.10 – Свинцово-кислотный аккумулятор.

Характеристики:

- ёмкость 9 Ач;
- максимальный входной ток 3,4 А;
- максимальный выходной ток 100 А;
- напряжение без нагрузки 13,5-13,8 В;
- напряжение под нагрузкой 14,4-15 В.

Таблица 3.3 – Зависимость выдаваемого напряжения от заряда

Напряжение	Заряд
12,70 В	100 %
12,46 В	80 %
12,24 В	55 %
12,00 В	25 %
11,90 В	0 %

Зависимость саморазряда аккумулятора от температуры показана на



рисунке (рисунок 3.11). В опыте аккумуляторы 1, 2, 3 и 4 хранились при температуре 40, 20, 10 и 0 °С соответственно.

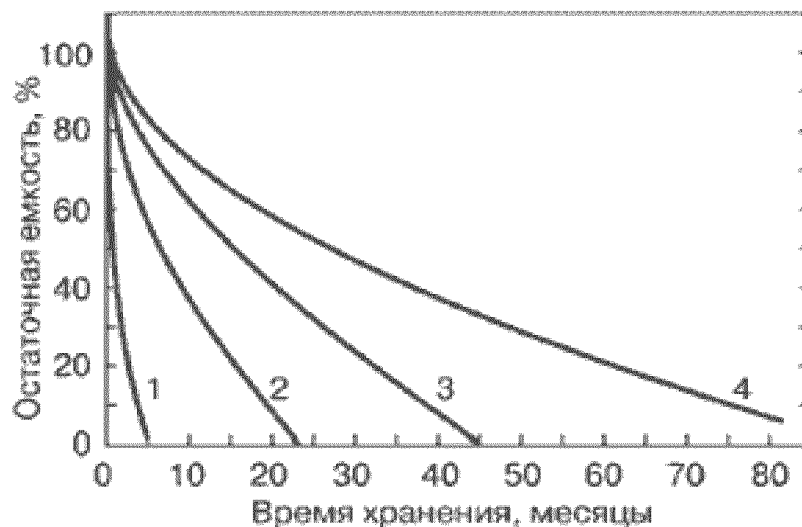


Рисунок 3.11 – Действие температуры на саморазряд.

#### 3.2.4 Инвертор

Инвертор используется для преобразования постоянного тока в переменный изменяя напряжение с 12В до 220В (рисунок 3.12). Работа инвертора основана на переключении источника постоянного напряжения с целью периодического изменения полярности напряжения на зажимах нагрузки. Частота переключения задается сигналами управления, формируемыми управляющей схемой (контроллером).

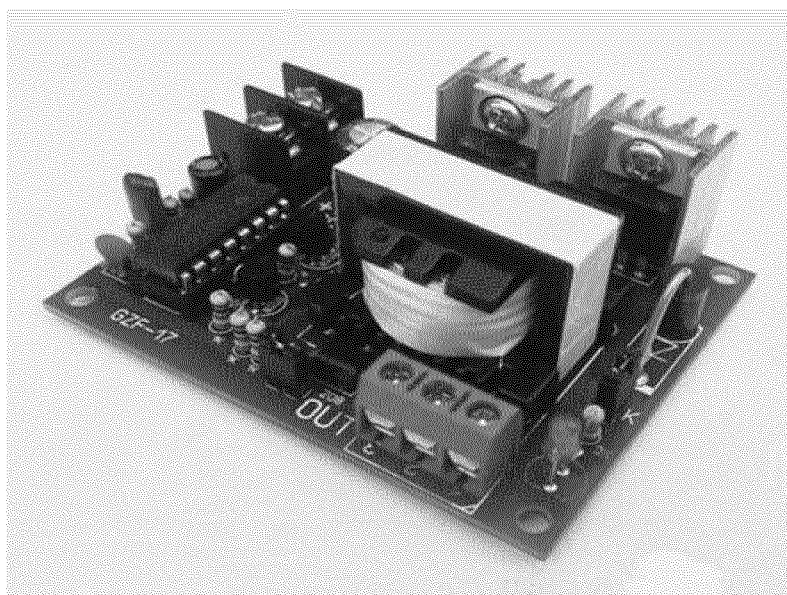


Рисунок 3.12 – Инвертор

Технические характеристики:

- номинальное значение входного напряжения (постоянное): 12 В, 16 В;
- выходное напряжение (переменное): 18 В, 220 В, 380 В;
- статический ток нагрузки:  $\sim 0,35$  А;
- выходная частота:  $\sim 20$  кГц;
- номинальная выходная мощность: 500 Вт;
- вход DC12В;
- производительность 0-110-220В;
- статический ток холостого тока 0.1А.

### 3.2.5 Двухполюсный выключатель

Для удобства и безопасности отключения установки, фотопанель к установке будет подключаться через двухполюсный выключатель (рисунок 3.13), который является обычным разъединителем. Также, для контроля за значениями напряжения и тока, в цепь включены амперметр и вольтметр.

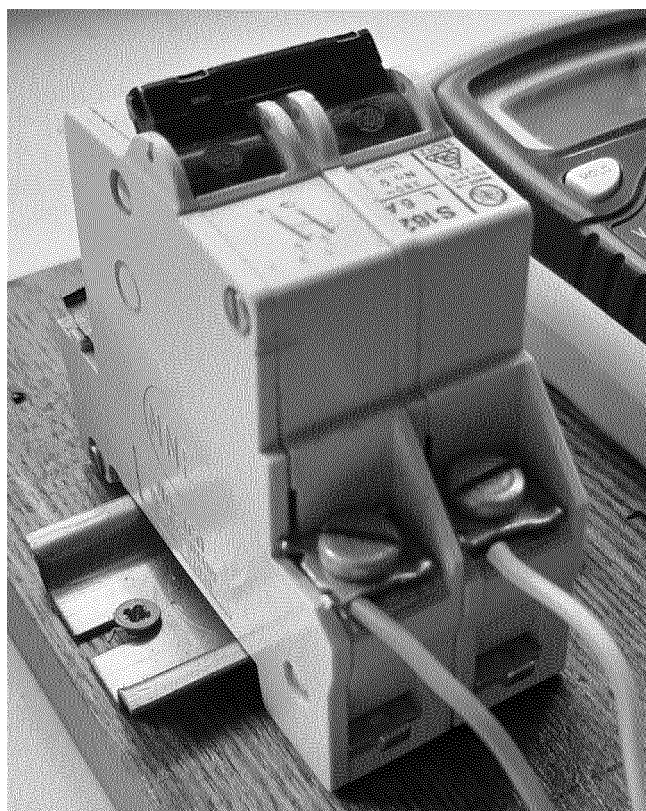


Рисунок 3.13 – Двухполюсный выключатель

Схема подключения оборудования выглядит следующим образом (рисунок 3.14).

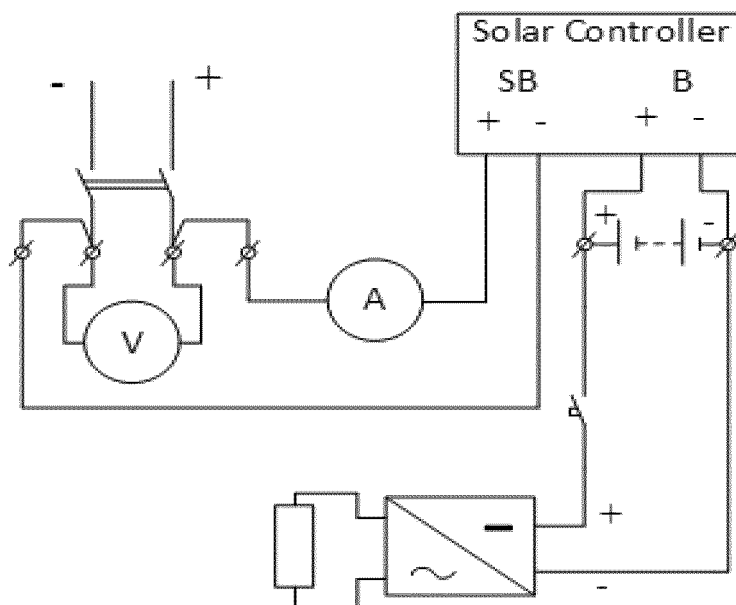


Рисунок 3.14 – Двухполюсный выключатель

### 3.2.6 Автоматический выключатель

Для защиты от короткого замыкания, на линии от аккумулятора к инвертору, необходимо установить автоматический выключатель. Его необходимо подбирать из расчётов на работу именно в нашей установке. Важные для нас параметры при выборе автоматического выключателя:

- класс (A, B, C, D);
- номинальное напряжение работы ( $U_n$ );
- номинальный ток работы ( $I_n$ );
- ток расцепления ( $I_p$ ).

Из этих параметров знаем номинальное напряжение и ток, а именно:

$$U_n = 12 \text{ В};$$

$$I_n = 10 \text{ А}.$$

Ток расцепления можно рассчитать по формуле 3.1:

$$I_p = I_n \cdot 1,3 = 10 \cdot 1,3 = 13 \tag{3.1}$$

Из расчёта ток расцепления равен 13 А, округлим до 16, так как это подходящий возможный номинал автоматического выключателя.

Для определения необходимого нам класса автоматического выключате-

ля, следует обратиться к время-токовой характеристике (рисунок 3.15). Она отображает зависимость времени срабатывания выключателя от кратности тока, относительно разных классов выключателей [16].

Кратность тока можно рассчитать по формуле 3.2:

$$k = \frac{I_a}{I_p} \tag{3.2}$$

где,  $I_a$  – ток, прошедший через автоматический выключатель;

$I_p$  – ток расцепления.

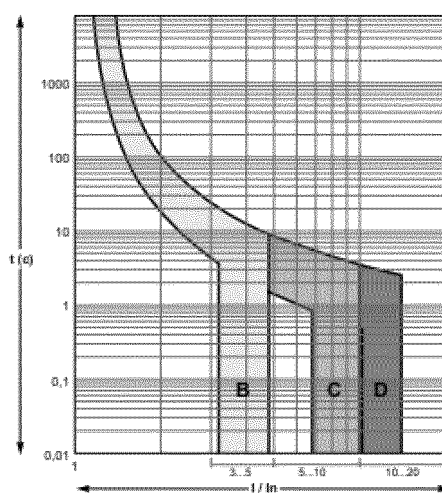


Рисунок 3.15 – Кривые отключения

По рассчитанным характеристикам был выбран Автоматический выключатель EASY 9 1П 10А В 4,5кА 230В (рисунок 3.16).

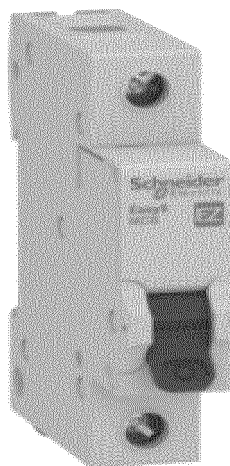


Рисунок 3.16 – Автоматический выключатель

## 4 МОНТАЖ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Монтаж системы является неотъемлемой частью практической работы с установкой. В данном разделе приведены этапы сборки и подключения оборудования.

### 4.1 Монтаж системы для снятия вольт-амперной характеристики

Для снятия и составления характеристики нагрузки фотопанели, а также снятие значений напряжения и тока, была собрана тестовая система с использованием фотопанели, цифрового мультиметра в режиме измерения тока, реостата, аналогового вольтметра и цифрового люксметра (рисунок 4.1).

#### 4.1.1 Сборка и подбор оборудования



Рисунок 4.1 – Тестовая система, реостат подключён последовательно.

#### Реостат

Реостат РСПС (рисунок 4.2), используется в качестве нагрузки. Наличие поворотной ручки, позволяет менять положение пластин на реостате, тем самым изменяя его сопротивление. Из важных характеристик следует выделить:

- ток до 5 А (при последовательном соединении);
- сопротивление 25 Ом  $\pm$ 10% (при последовательном соединении);
- ток до 10 А (при параллельном соединении);

– сопротивление  $6,2 \text{ Ом} \pm 10\%$  (при параллельном соединении).

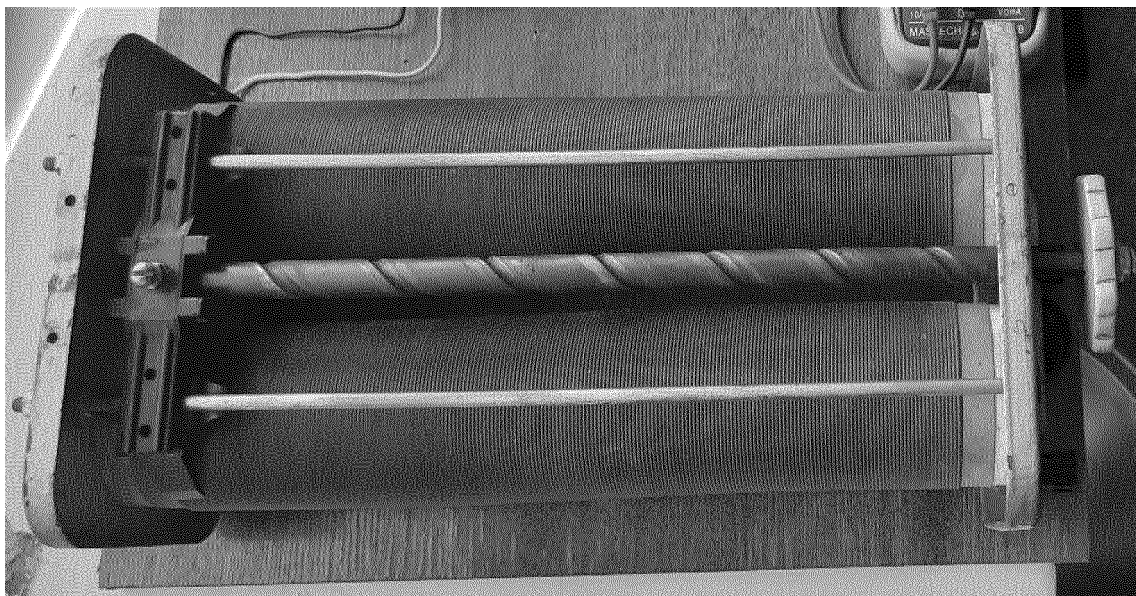


Рисунок 4.2 – Реостат

### Цифровой мультиметр

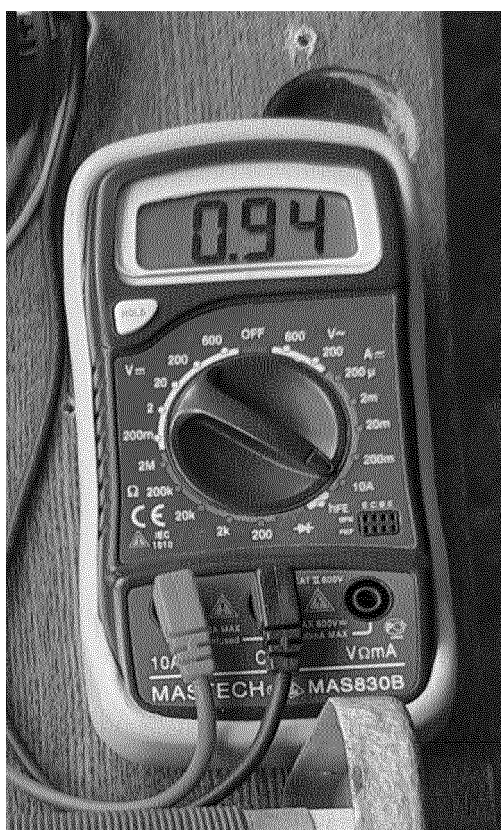


Рисунок 4.3 – Цифровой мультиметр

В сборке мультиметр (рисунок 4.3) используется для измерения постоянного тока, вырабатываемого фотопанелью [17].

Из важных характеристик следует отметить:

- количество измерений (2-3 в секунду);
- постоянное напряжение (от 0,1мВ до 600В);
- переменное напряжение (от 100мВ до 600В);
- постоянный ток (от 0,1мкА до 10А);
- сопротивление до 2Мом.

### **Аналоговый вольтметр**

Для измерения напряжения, используется аналоговый вольтметр (рисунок 4.4).

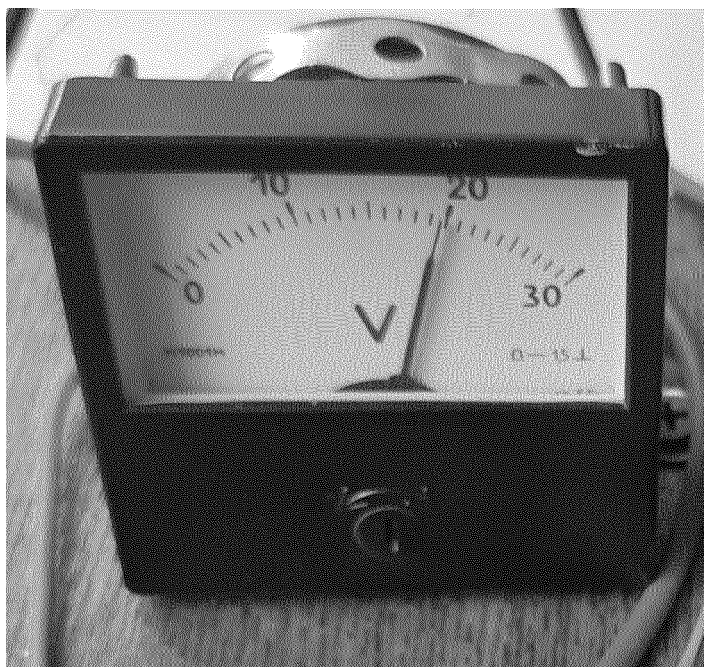


Рисунок 4.4 – Аналоговый вольтметр

Для измерения напряжения в сборке использовался аналоговый вольтметр на 30В. При выработке фотопанели в диапазоне до 23В, этого вольтметра вполне хватает.

### **Цифровой люксметр**

Освещение на улице не постоянное, на него влияет как облачность, так и время суток (угол падения солнечных лучей). В ходе снятия показаний, замерялась и освещённость с помощью цифрового люксметра (рисунок 4.5)



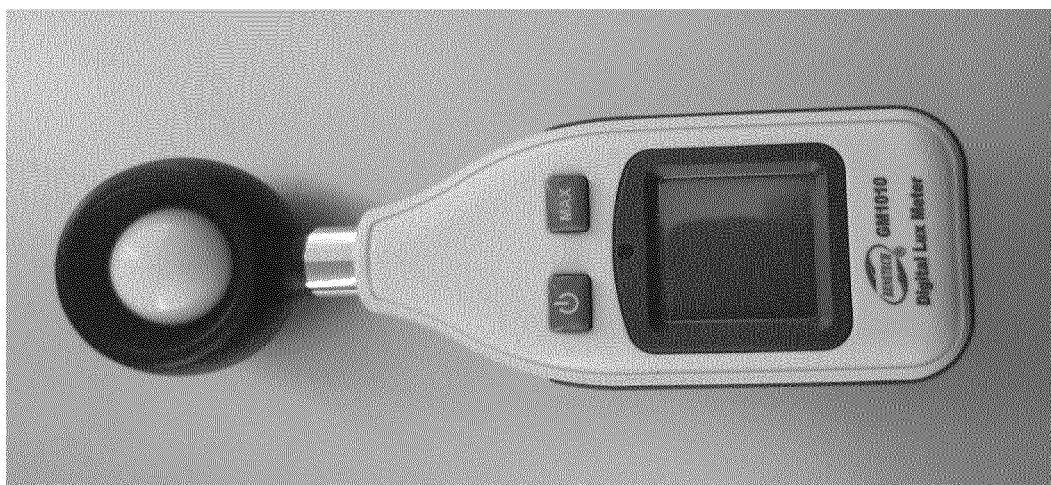


Рисунок 4.5 –Цифровой люксметр

Из характеристик люксметра можно отметить такие характеристики как:

- светочувствительность до 200000 Lux;
- измерений 2 в секунду;
- точность ( $\pm 4\%$  при  $>10000\text{Lux}$ ).

В собранном виде, установка выглядит следующим образом (рисунок 4.6).

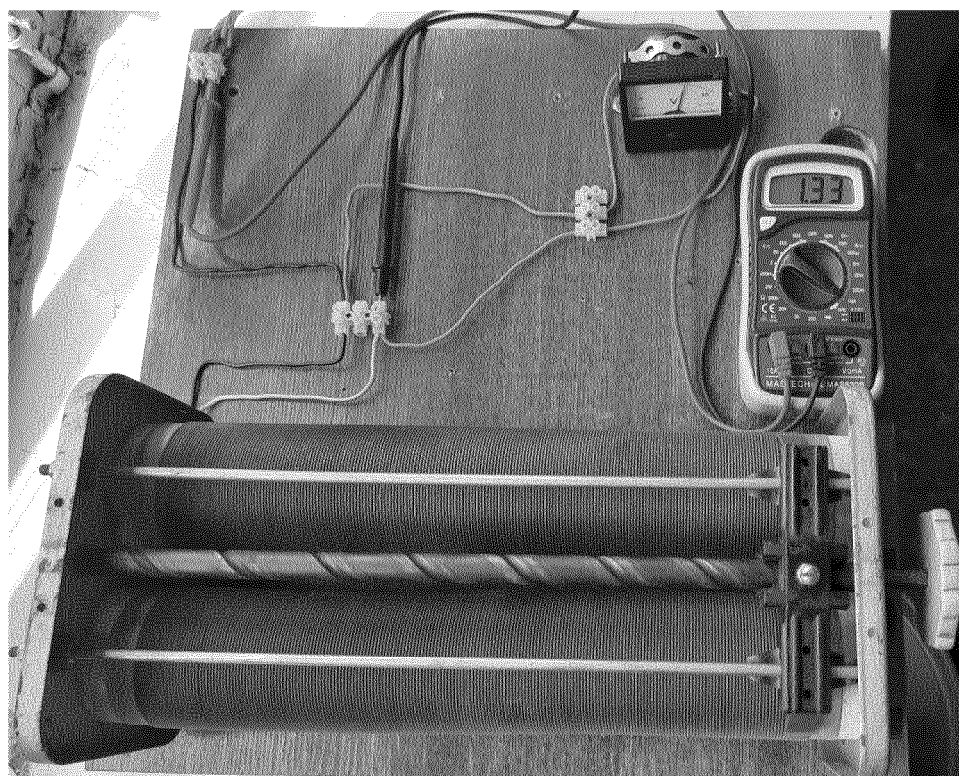


Рисунок 4.6 –Подключённая установка в сборе



## 5 РАЗРАБОТКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

В рамках данного раздела мы разработаем и составим необходимые схемы автоматизации, такие как структурно - функциональная схема, схема соединений, принципиальная схема. Данные схемы нам пригодятся для дальнейшего монтажа системы и работы с ней.

### 5.1 Структурно – функциональная схема

С фотопанели (FP), под действием солнечного света, вырабатывается электроэнергия напряжением около 22В и силой тока около 8А. Для сбора данных об энерговыработке мы используем плату PCI-6023E. Максимальное входное напряжение платы не выше 10В. Для безопасной работы платы мы используем коннектор (порт V0) для преобразования напряжения посредством делителя напряжения (DN1). После преобразования получим напряжение 0...10В. Так как плата работает только с напряжениями, ток необходимо преобразовать в напряжение, для этого используем преобразователь ACS712 (СТ) на 20А. На выходе получим напряжение пропорциональное входному току, и также направляем его через коннектор (порт V1), для преобразования делителем напряжения (DN2), на плату.

Плата в установке используется в дифференциальном режиме, благодаря этому, источник напряжения не нужно заземлять, а на плату, на вход через шлейф, подаётся плюс и минус. Плата установлена в персональный компьютер (PC), также на компьютере установлены драйверы NI-DAQ. Весь обмен данными между платой, компьютером и LabView, происходит через драйверы NI-DAQ, в виде TTLсигналов (тактирующих сигналов) представляющих собой цифровой код содержащем информацию об измеряемом напряжении. Канал, через который происходит обмен, настраивается в программном обеспечении MAX, идущим вместе с драйверами NI-DAQ.

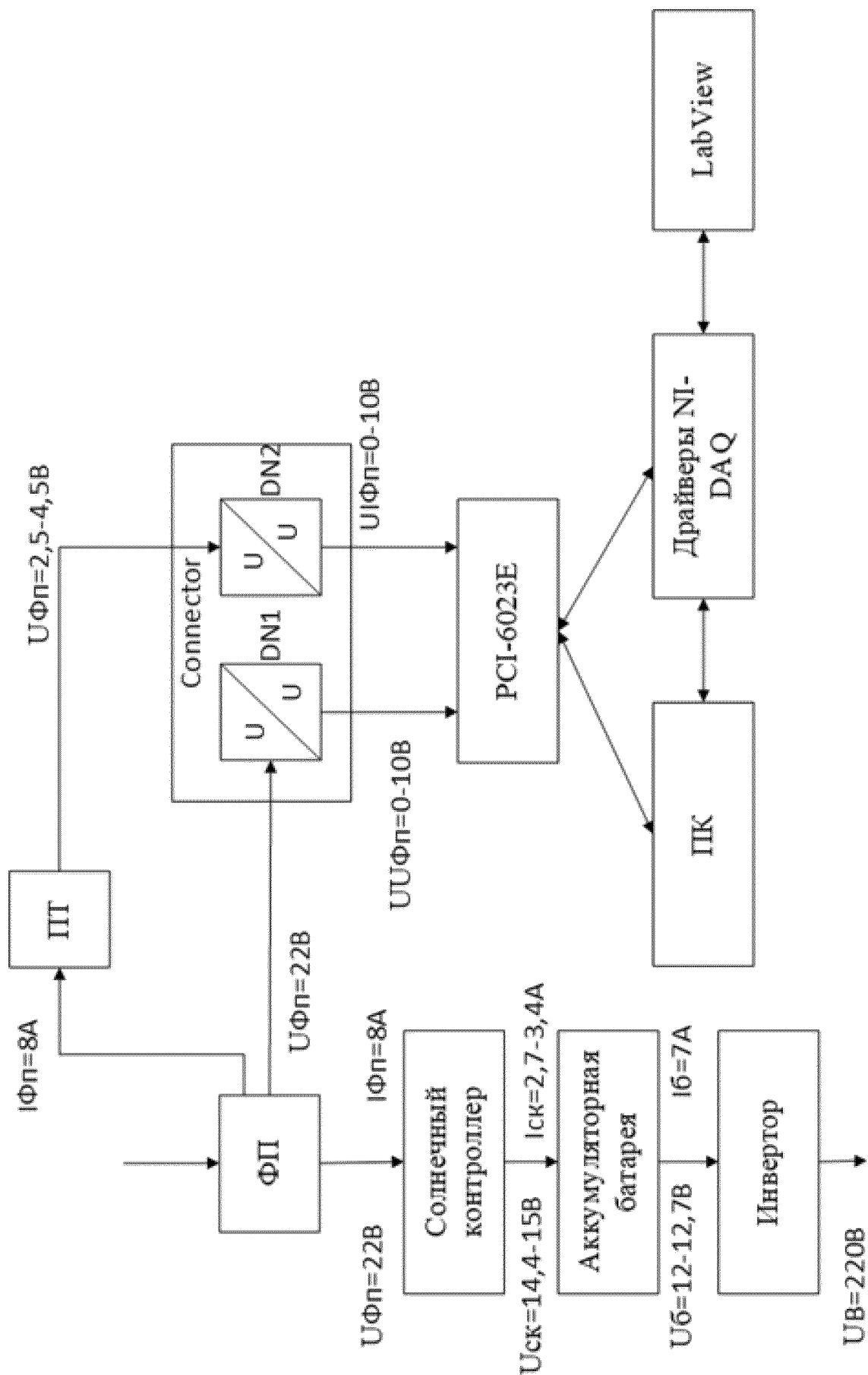


Рисунок 5.1 – Структурно-функциональная схема

## 6 НАСТРОЙКИ LABVIEW И ПЛАТЫ PCI-6023E

Обмен данными между платой и компьютером, а, следовательно, и LabView происходит с помощью драйвер NI-DAQ. Данный драйвер позволяет создать канал обмена данными и настроить его так, как нам необходимо. Проведём необходимые настройки [18].

### 6.1 Настройка канала

Настройка канала обмена, требуется для получения реальных значений напряжений с фотоэлектрической панели, так как после делителей напряжений реальные значения занижаются до требуемых, для безопасной работы платы.

После создания канала требуется настроить уравнение измерения для канала.

Уравнение измерения имеет вид:

$$y = km + b \tag{6.1}$$

Для вычисления коэффициентов составим систему уравнений, для этого было сделано несколько опытных измерений одной, двух и трёх последовательно соединённых батареек, из которых  $U_1$  - реальное напряжение батарейки  $U_2$  - напряжение батарейки через коннектор:

$$U_1=1,53\text{В } U_2=0,365\text{В};$$

$$U_1=3,11\text{В } U_2=0,737\text{В};$$

$$U_1=4,69\text{В } U_2=1,1098\text{В}.$$

Составим систему уравнений, состоящую из двух уравнений, опытного измерения одной батарейки и трёх последовательно соединённых:

$$\begin{cases} 0,365 = k \cdot 1,53 + b \\ 1,1098 = k \cdot 4,69 + b \end{cases} \tag{6.2}$$

Из системы уравнений выведем уравнение коэффициента  $b$ :

$$b = 1,1098 - k \cdot 4,69 \tag{6.3}$$

Также из системы уравнений выведем уравнение коэффициента  $m$ :

$$0,363 = k \cdot 1,53 + 1,1098 - k \cdot 4,69 \quad (6.4)$$

$$0,363 = 1,1098 - 3,16 \cdot k \quad (6.5)$$

$$k = (0,363 - 1,1098) / (-3,16) = (-0,7468) / (-3,16) = 0,236 \quad (6.6)$$

Коэффициент  $b$  очень мал и им можно пренебречь, коэффициент  $k$  будет равен:

$$k = 1 / 0,236 = 4,237 \quad (6.7)$$

Корректируем уравнение измерения в соответствии с полученными коэффициентами.

## 6.2 Принципиальная схема

Составим принципиальную схему, на которой видны все элементы нашей фотоэлектрической установки (рисунок 6.1). Принципиальная схема платы РСІ-6023Е, в зависимости от режима работы различна. В нашей установке плата работает в DIFF режиме, принципиальная схема для этого режима также представлена на схеме.

Рассматривая работу платы и передачу сигнала к плате через шлейф, можно модернизировать нашу принципиальную схему, с учётом именно тех контактов (портов) шлейфа, которые нами используются (рисунок 6.2). С точки зрения использования нами платы, этой информации нам будет достаточно. Поэтому, после контактов, укажем, что сигнал поступает далее на аналогово-цифровой преобразователь.

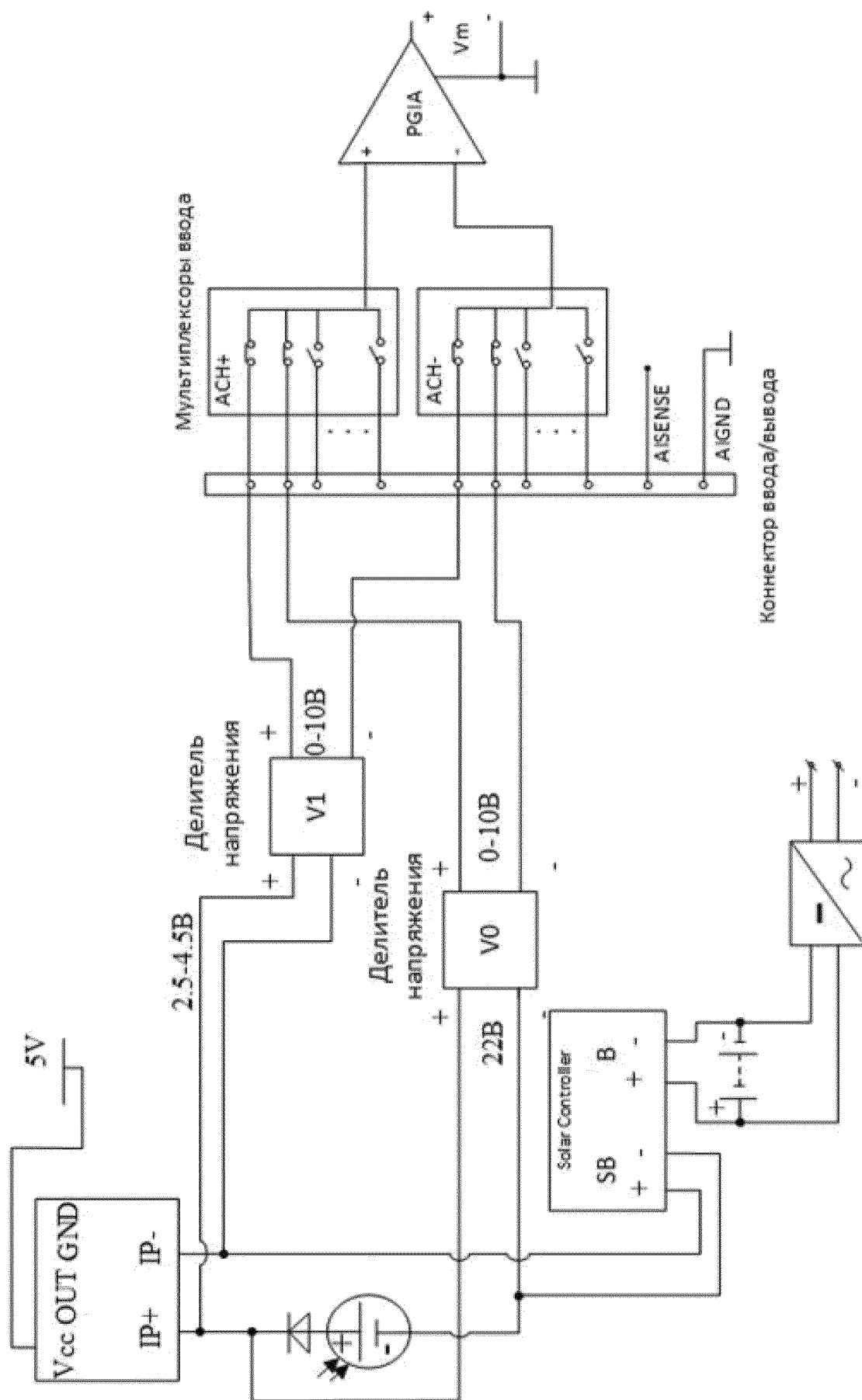


Рисунок 6.1 –Принципиальная схема

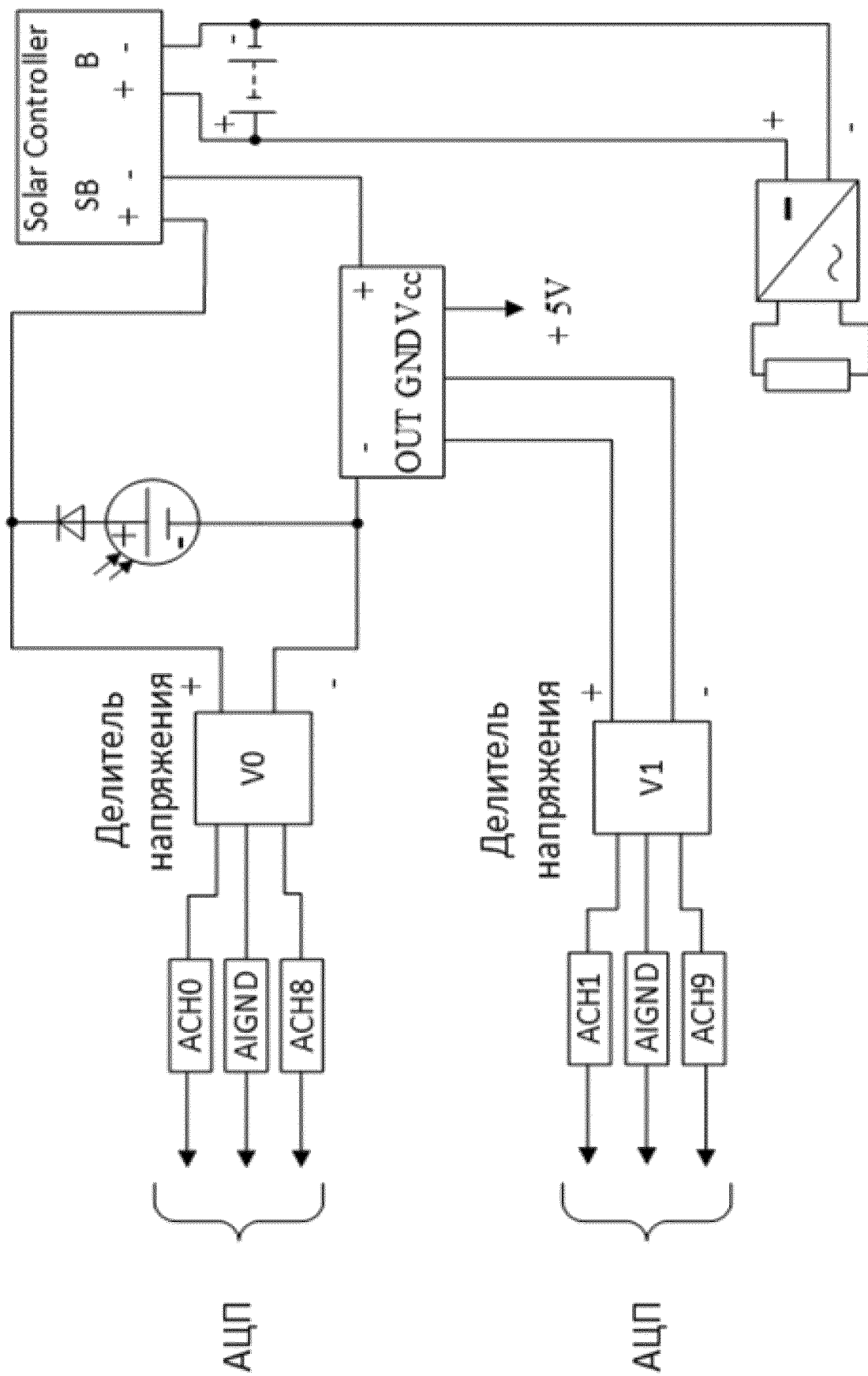


Рисунок 6.2 – Принципиальная схема



## 7 НАСТРОЙКА КАНАЛА ОБМЕНА ДАННЫМИ МЕЖДУ КОННЕКТОРОМ ТОЭ-1-СК И ПЛАТОЙ PCI6023E

### 7.1 Создание и настройка шкалы измерений

После монтажа платы PCI-6023E в компьютер и установки драйвера на компьютер, на рабочем столе появится окно работы с драйвером Data Neighborhood – Measurement & Automation Explorer (рисунок 7.1). Дальнейшие настройки будут проводиться в этом приложении.

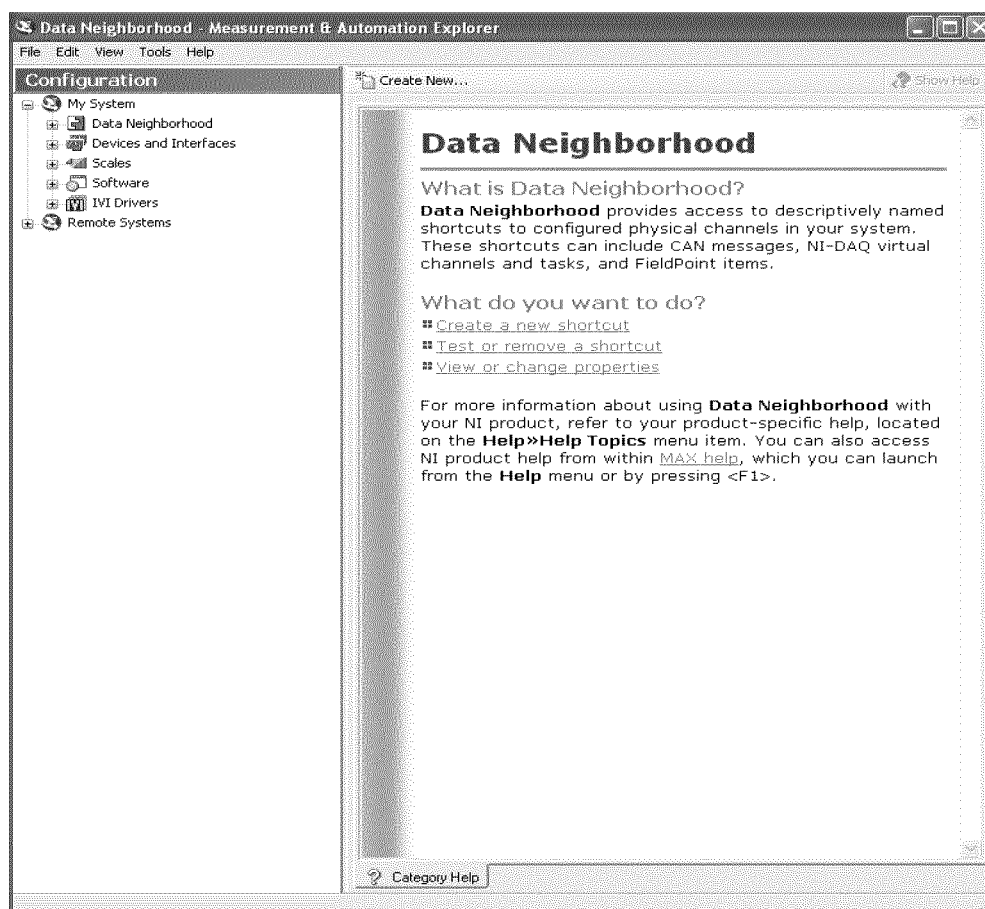


Рисунок 7.1 – Окно приложения Data Neighborhood – Measurement & Automation Explorer

В открытом приложении выберем в пункте Scales создадим новую шкалу. Выбираем подпункт Traditional NI-DAQ Custom Scale (рисунок 7.2).



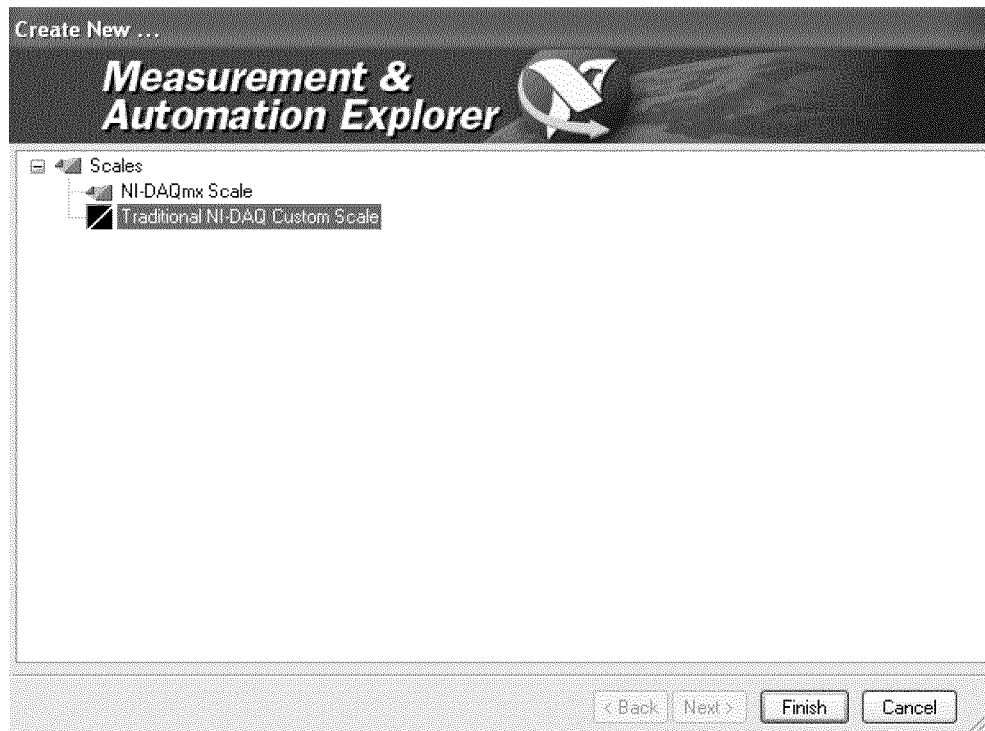


Рисунок 7.2 – Создание новой шкалы

Затем, в подпункте Traditional NI-DAQ Custom Scale добавляем новые настройки шкалы. И даём ей название (Volt) и обозначаем тип Linear Scale (рисунок 7.3).



Рисунок 7.3 – Настройки названия шкалы

Далее, задаём коэффициенты прямой. Эти коэффициенты мы уже рассчитали ранее. Заполняем поля в окне в соответствии с рассчитанными нами коэффициентами, которые были нами, получены при расчёте (рисунок 7.4).

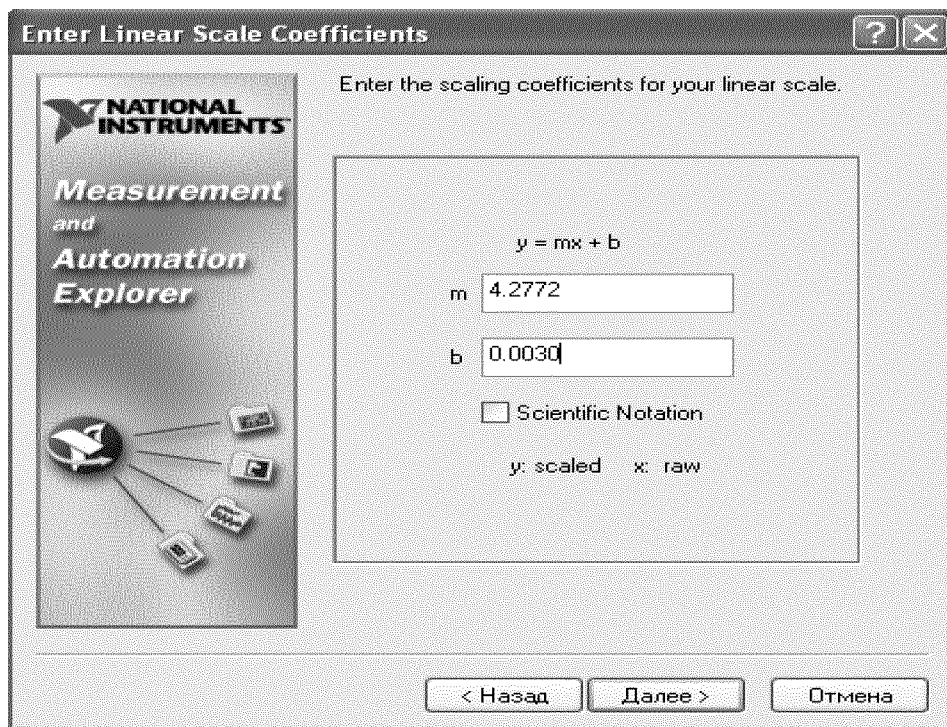


Рисунок 7.4 – Задание коэффициентов

На следующем шаге ничего не меняем и нажимаем готово (рисунок 7.5).

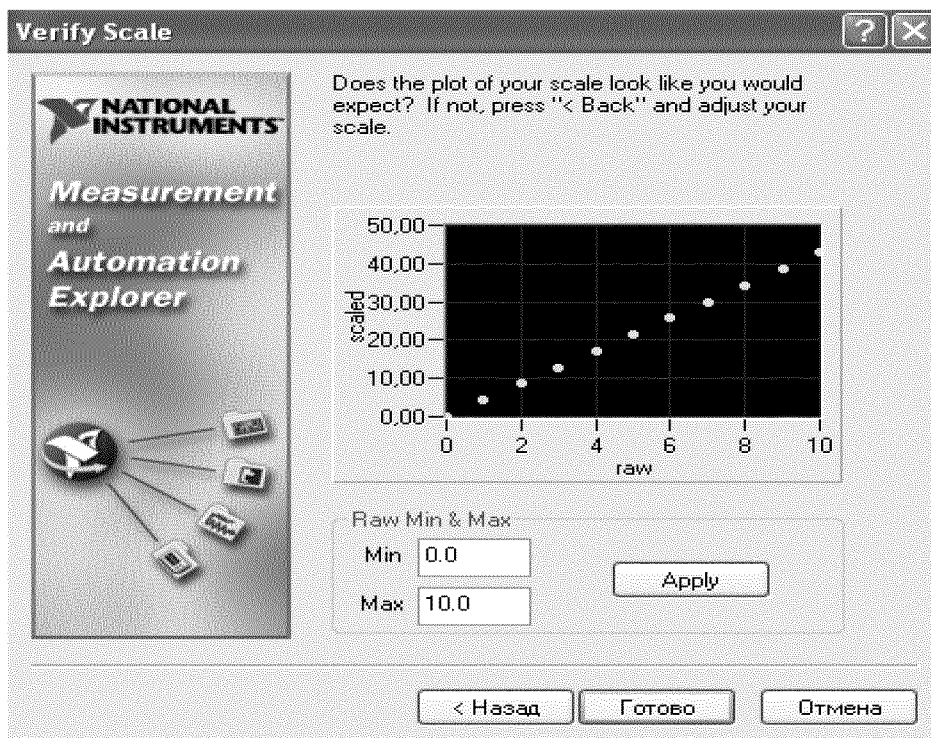


Рисунок 7.5 – Настройки изображения шкалы

## 7.2 Создание и настройка канала

Откроем приложение Data Neighborhood – Measurement & Automation Explorer (рисунок 7.6).

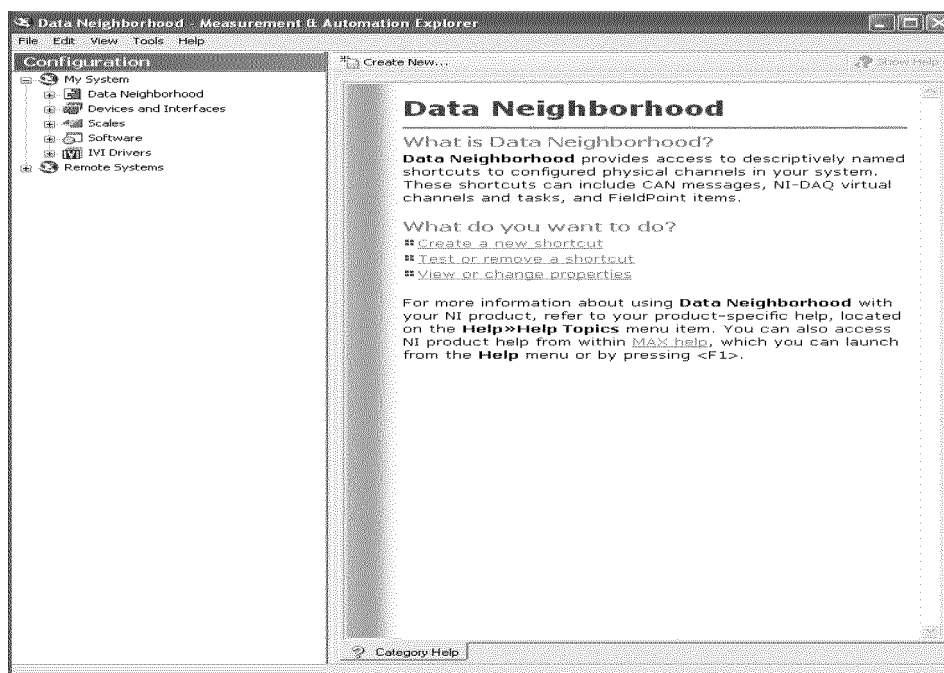


Рисунок 7.6 – Окно приложения Data Neighborhood – Measurement & Automation Explorer

В приложении, в пункте Data Neighborhood создаём новый канал Traditional NI-DAQ Virtual Channel (рисунок 7.7).

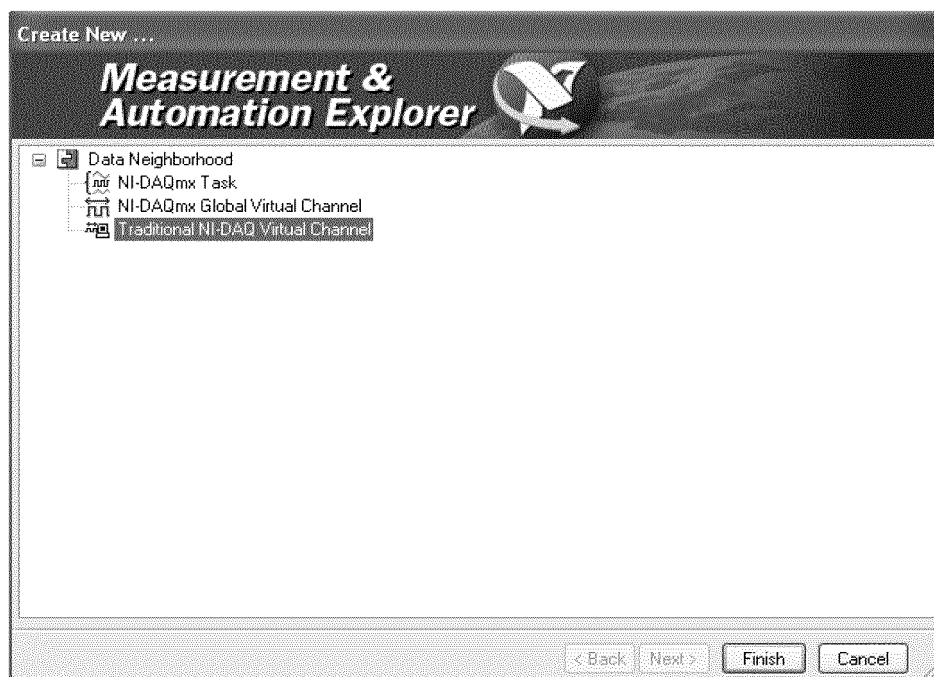


Рисунок 7.7 – Создание канала

В открывшемся окне добавляем настройки нового канала, тип канал обозначаем как Analog Input (рисунок 7.8).

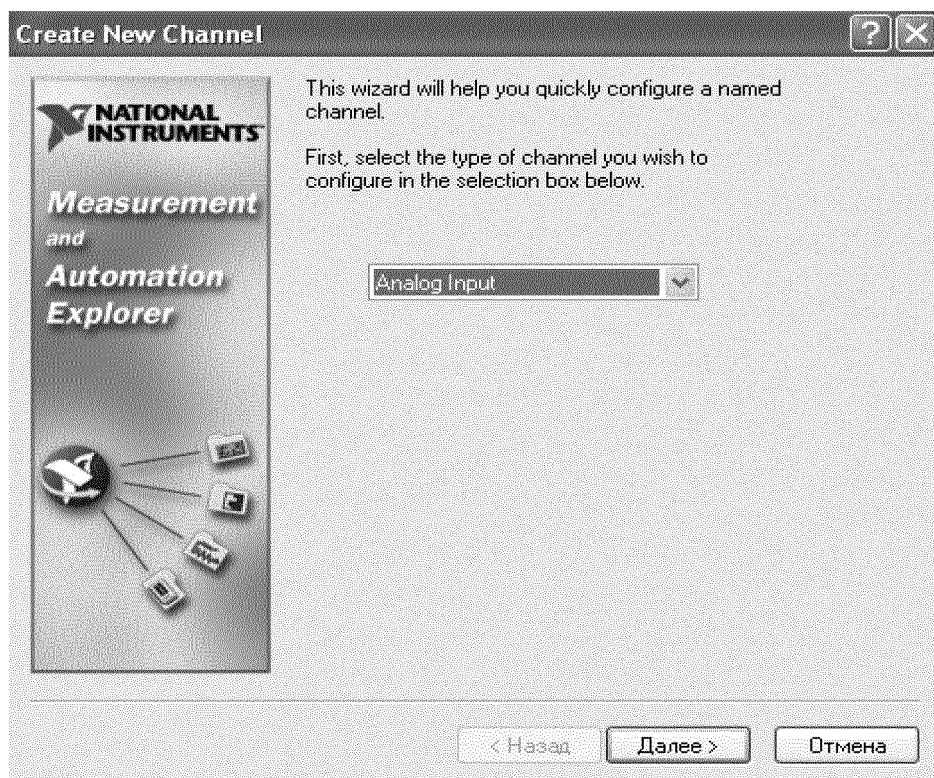


Рисунок 7.8 – Настройка канала

Далее называем канал как нам удобнее (рисунок 7.9).

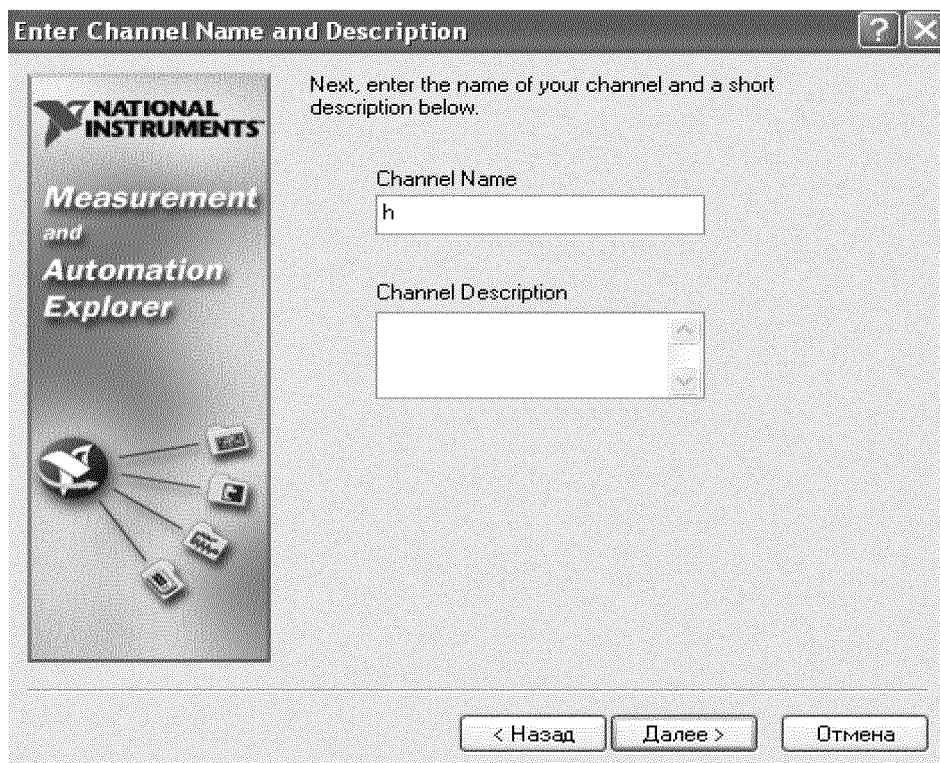


Рисунок 7.9 – Настройка названия канала



Тип измеряемой величины указываем Voltage (рисунок 7.10).

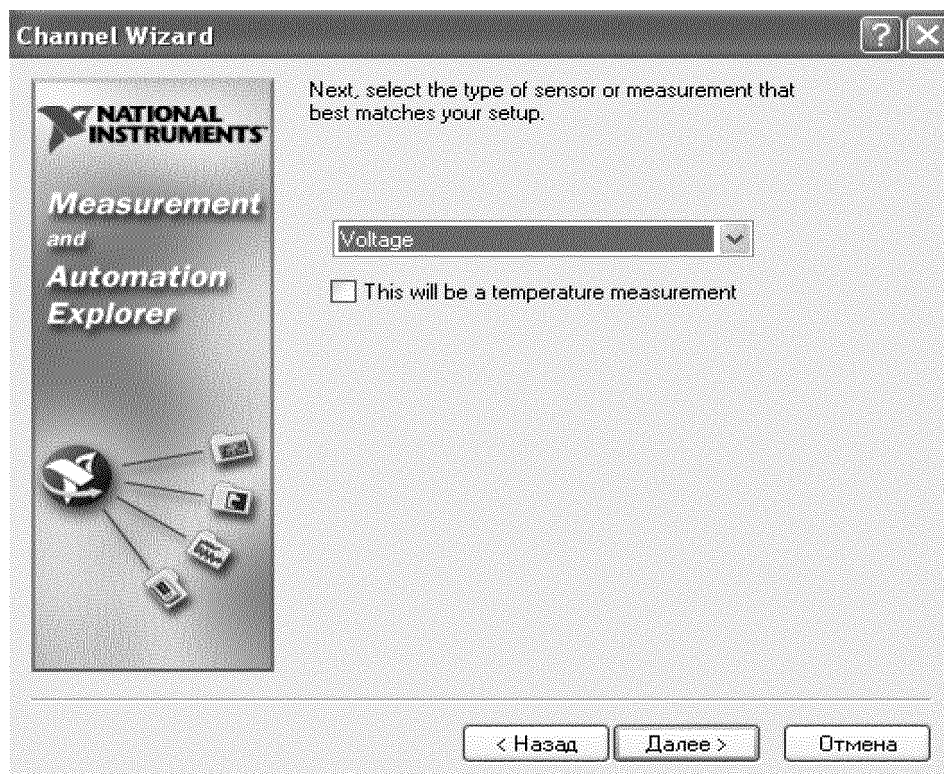


Рисунок 7.10 – Настройка измеряемой величины

Называем единицу измерения и задаём пределы измерения  $\pm 10$  (рисунок 7.11).

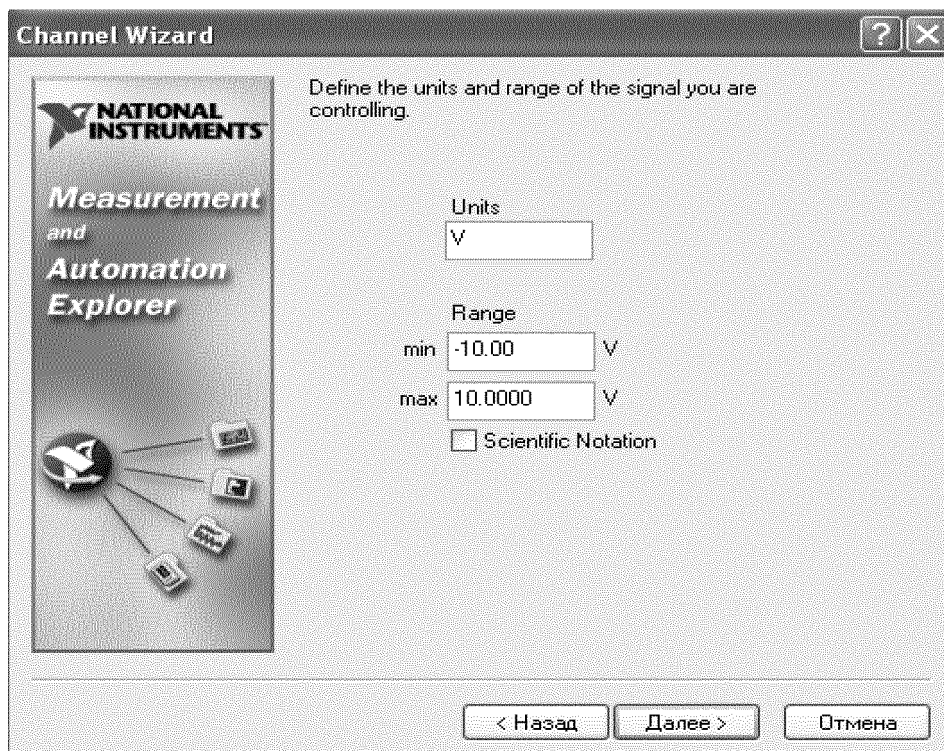


Рисунок 7.11 – Настройка единицы измерения и пределов

Далее, в окне следует выбрать шкалу измерений Volt, которую мы настроили ранее (рисунок 7.12).

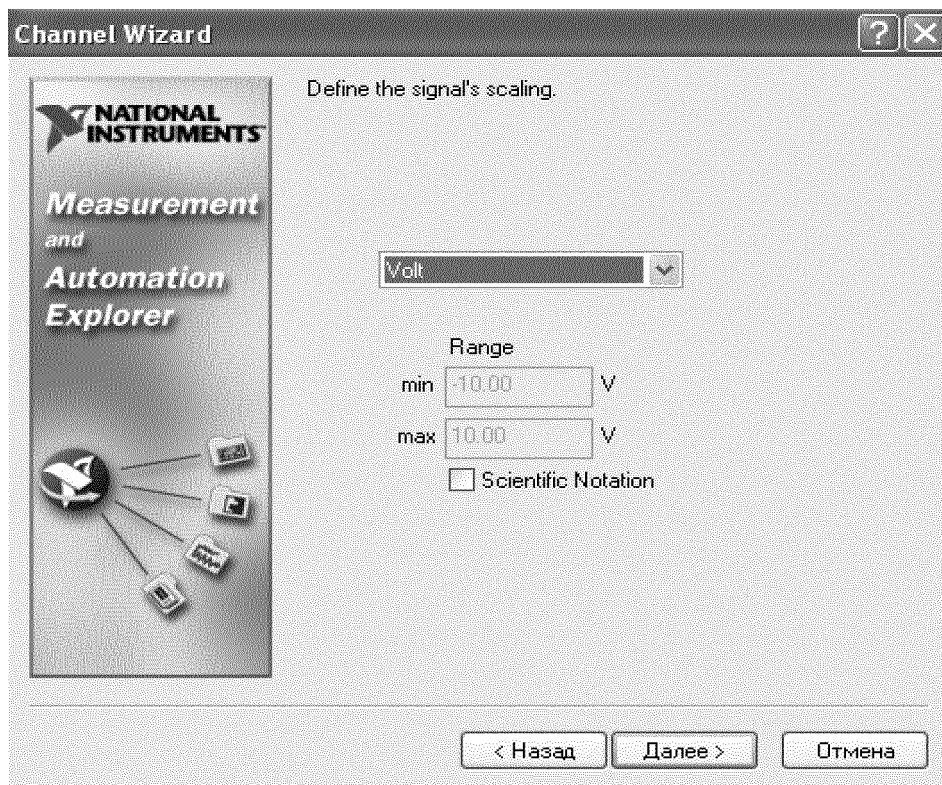


Рисунок 7.12 – Выбор шкалы

И выбираем плату PCI-6023Ес которой будем работать и аналоговый вход, который будет использоваться Differential. Нажимаем готов (рисунок 7.13).

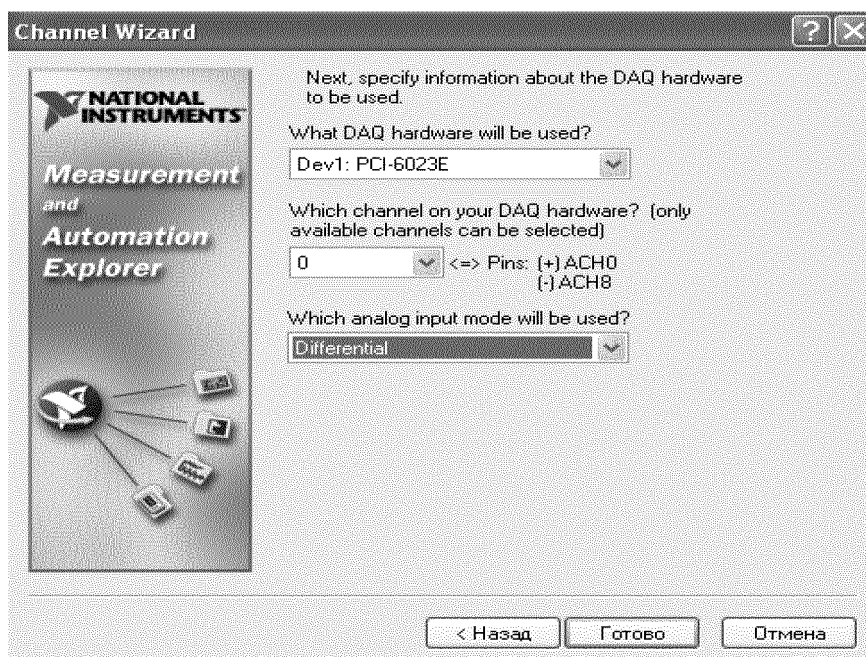


Рисунок 7.13 – Выбор платы

## 8 РУКОВОДСТВО ПО МОНТАЖУ ПЛАТЫ PCI-6023ЕИ УСТАНОВКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

### 8.1 Установка платы

В начале исследовательской работы, произведём установку платы PCI - 6023Ев компьютер, путём подключения её к материнской плате компьютера.

### 8.2 Установка драйвера

Далее, для работы с этой платой, установим драйвер на компьютер и программное обеспечение NI-DAQ 7.0.

1) Запустим установщик NI-DAQ 7.0 (рисунок 8.1).



Рисунок 8.1 – Окно установщика NI-DAQ 7.0

2) Выбираем пункт Install NI-DAQ 7.0 / NI-SWITCH 2.0 и ожидаем окончания подготовки к установке (рисунок 8.2).

## Welcome to the NI-DAQ 7.0.1 distribution

It is strongly recommended that you exit all programs before running this Setup. For important device, operating system, and application software support information, refer to the readme.html file in this installer's folder.

# NI-DAQ™

## Data Acquisition Driver Software

Please wait while the installer initializes.

[ni.com/daq](http://ni.com/daq)

© 2003 National Instruments. All rights reserved.

<< Back

Next >>

Cancel

Рисунок 8.2 – Подготовка к установке NIDAQ 7.0

- 3) В окне License Agreement ставим галочку I accept the License Agreement(s) и нажимаем Next (рисунок 8.3).

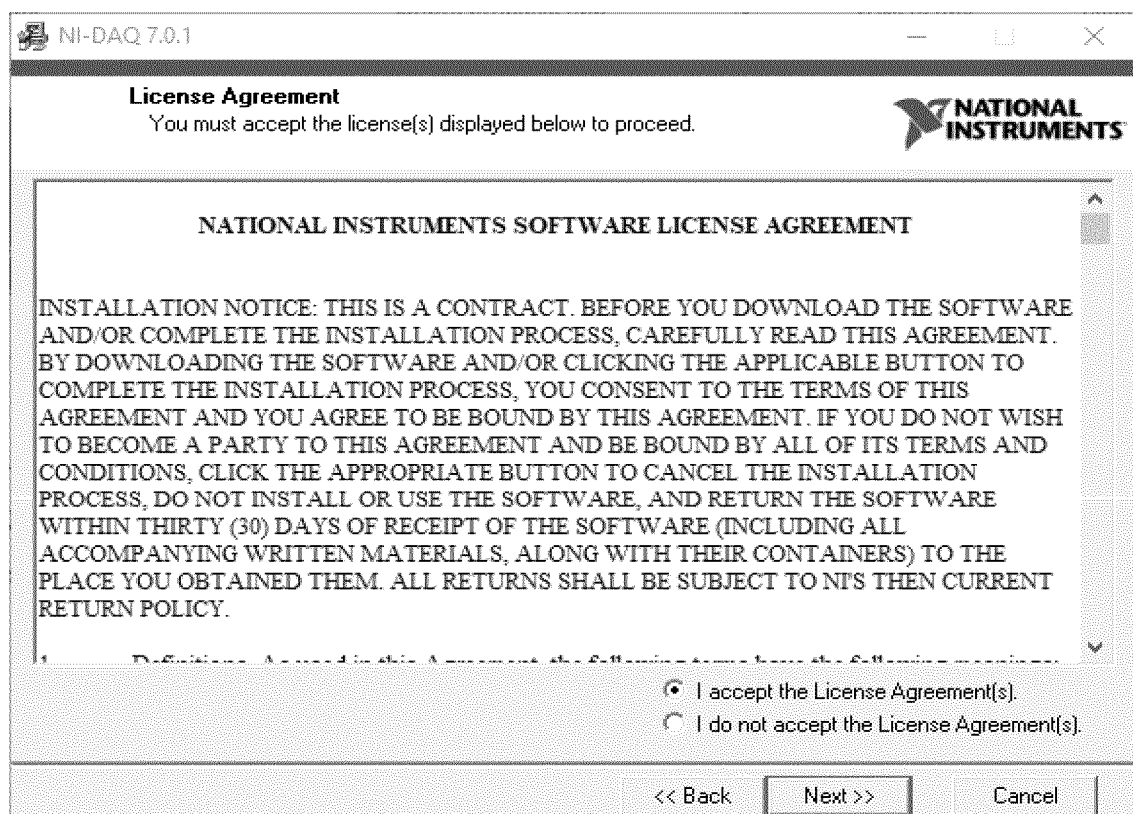


Рисунок 8.3 – Окно License Agreement



- 4) В следующем окне также ставим галочку I accept the License Agreement(s) и нажимаем Next (рисунок 8.4).

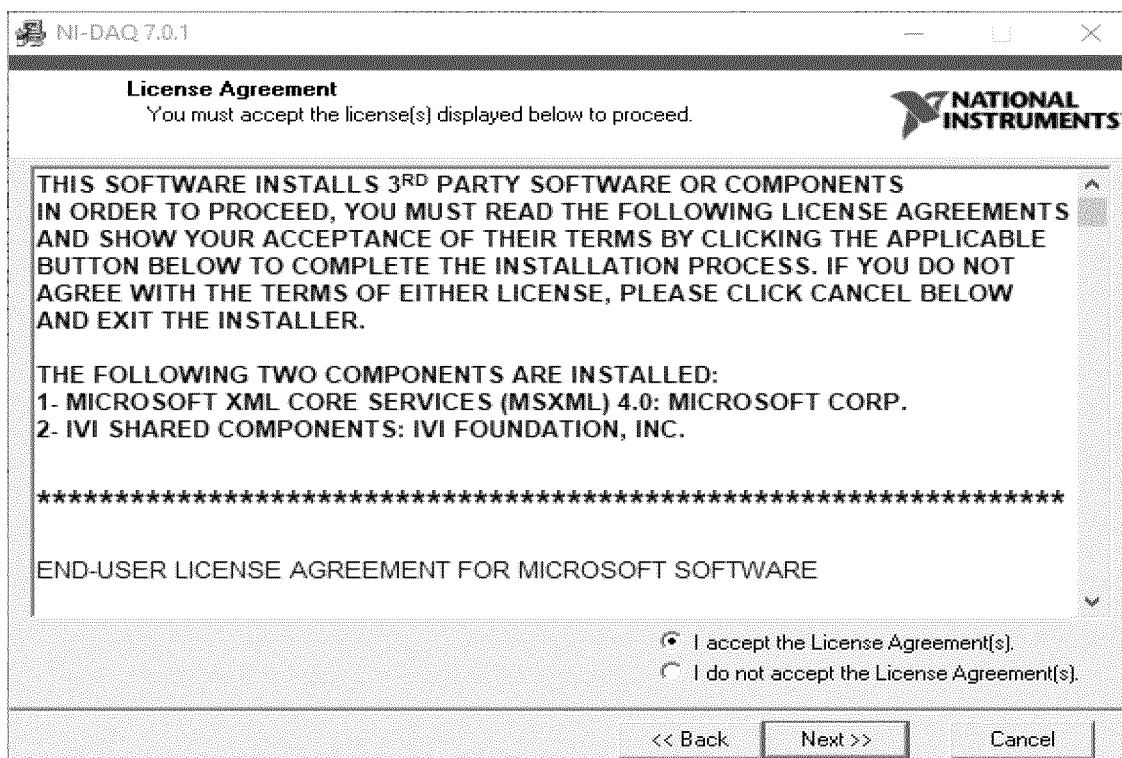


Рисунок 8.4 – Окно License Agreement

- 5) В окне Product Information жмём Next (рисунок 8.5).

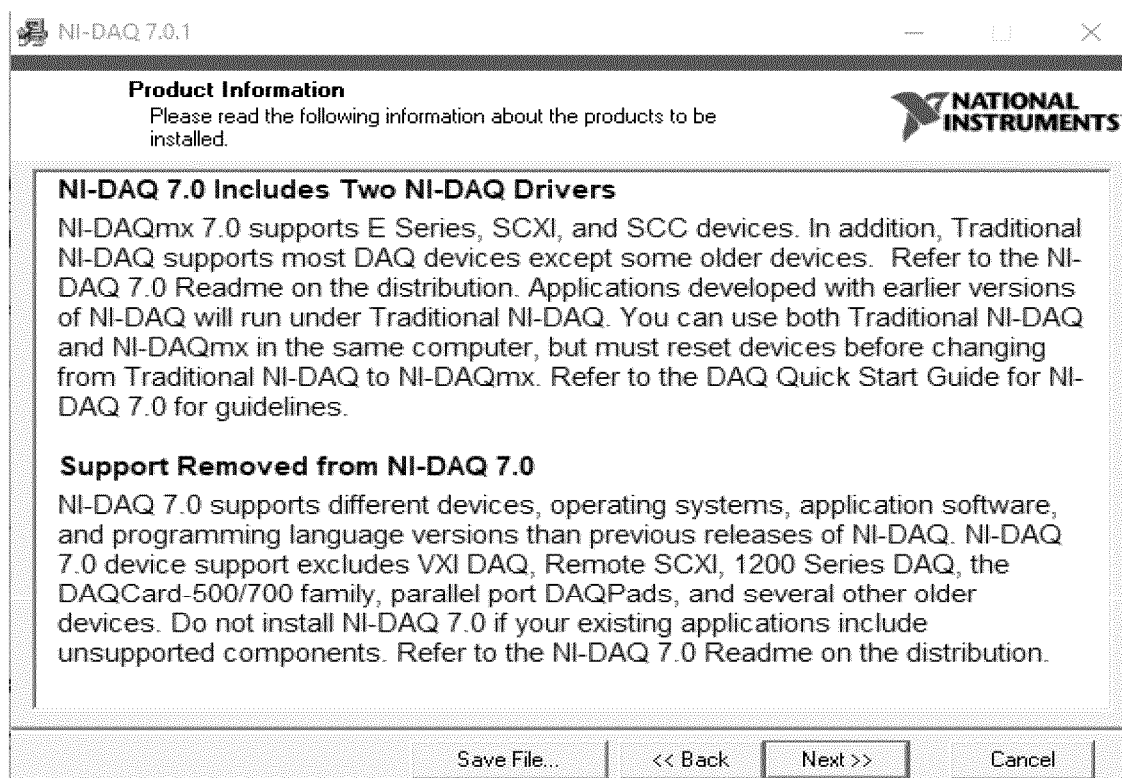


Рисунок 8.5 –Окно Product Information

6) В окне Destination Directory ничего не меняем и нажимаем Next (рисунок 8.6).

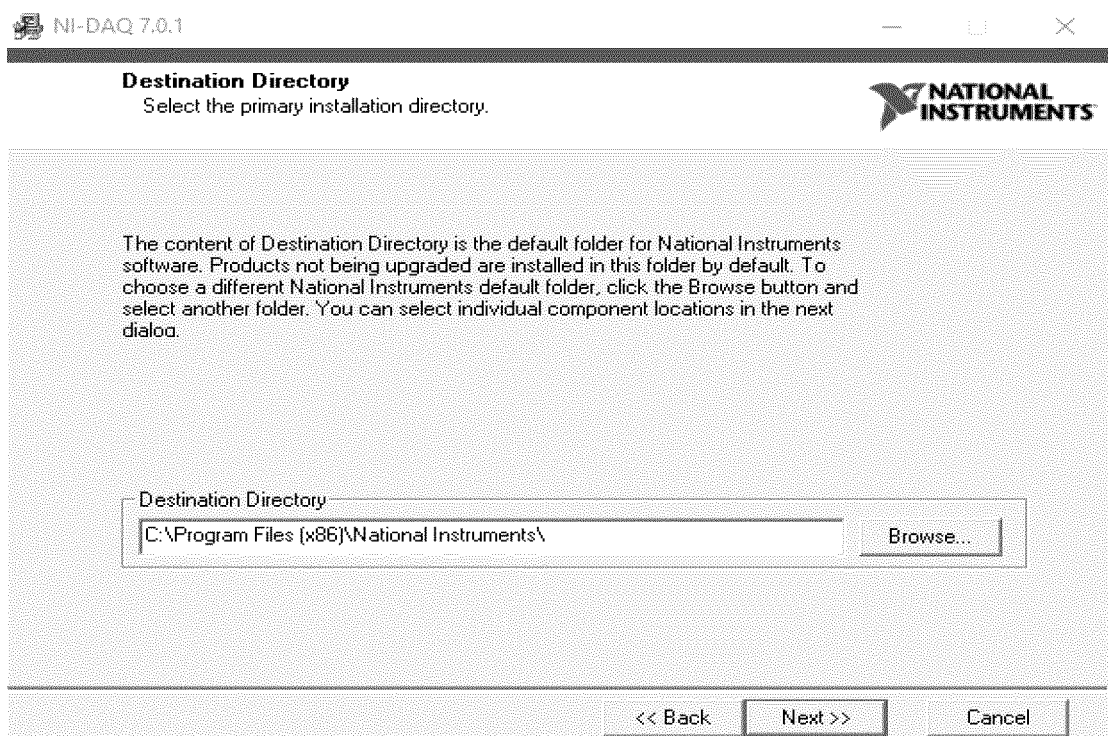


Рисунок 8.6 – Окно Destination Directory

7) В окне Features нажимаем Next (рисунок 8.7).

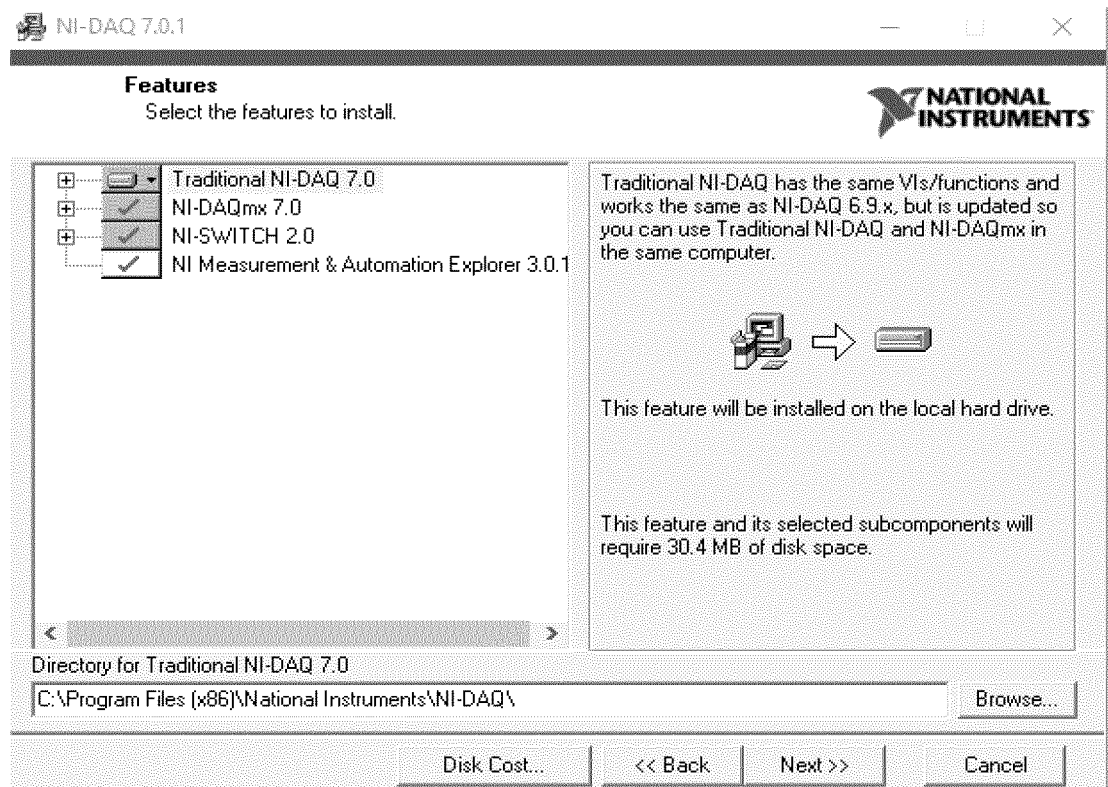


Рисунок 8.7 – Окно Features

8) В окне Start Installation нажимаем Next (рисунок 8.8).

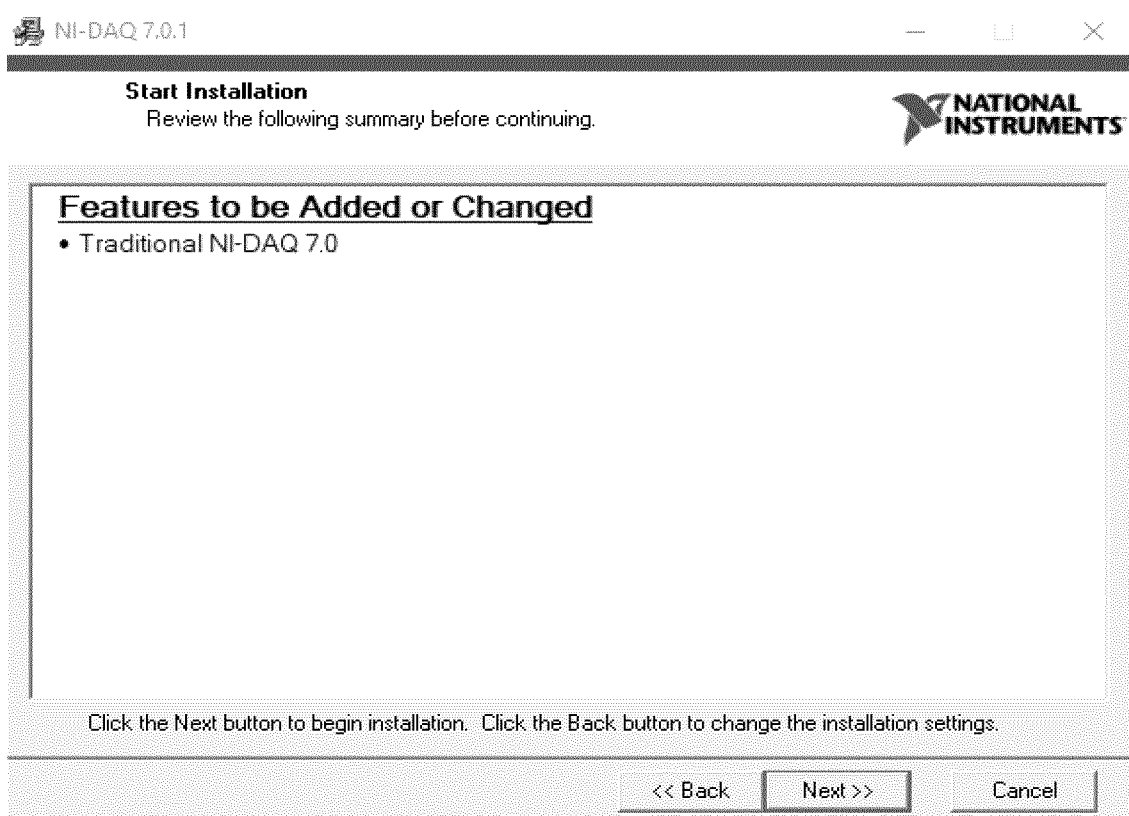


Рисунок 8.8 – Окно Start Installation

9) Ждём окончания установки (рисунок 8.9).

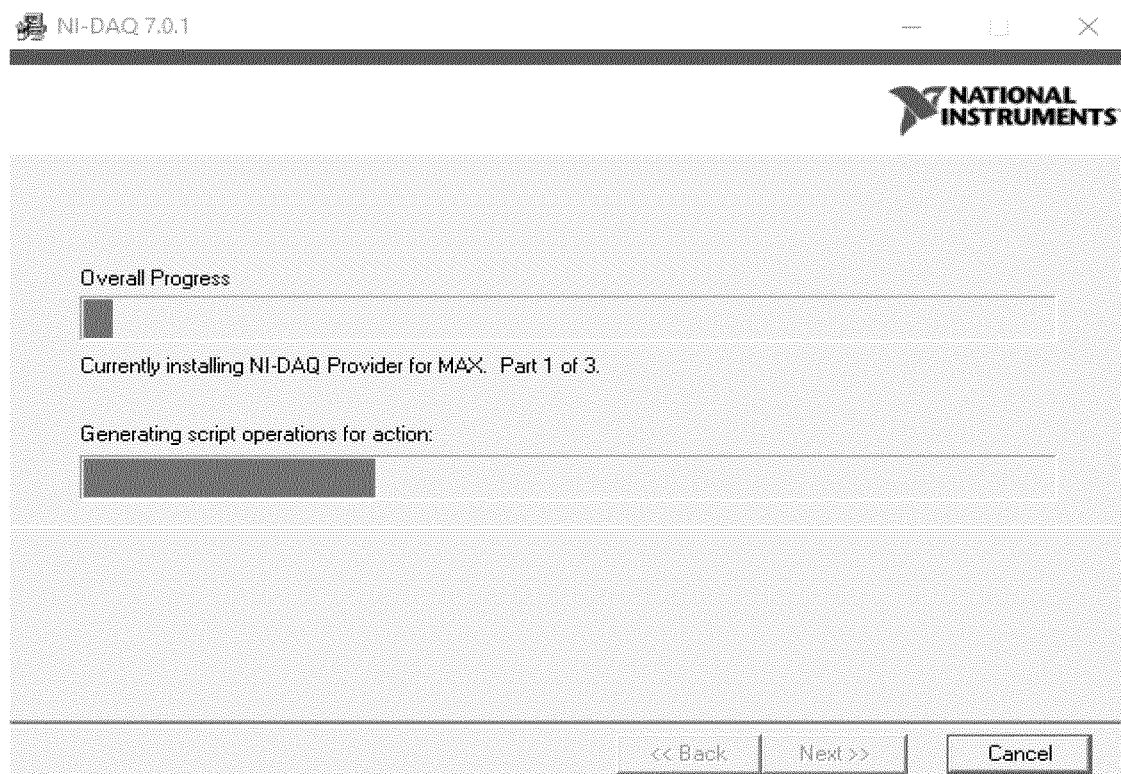


Рисунок 8.9 – Окно прогресса установки

10) В окне Installation Complete нажимаем Finish (рисунок 8.10).

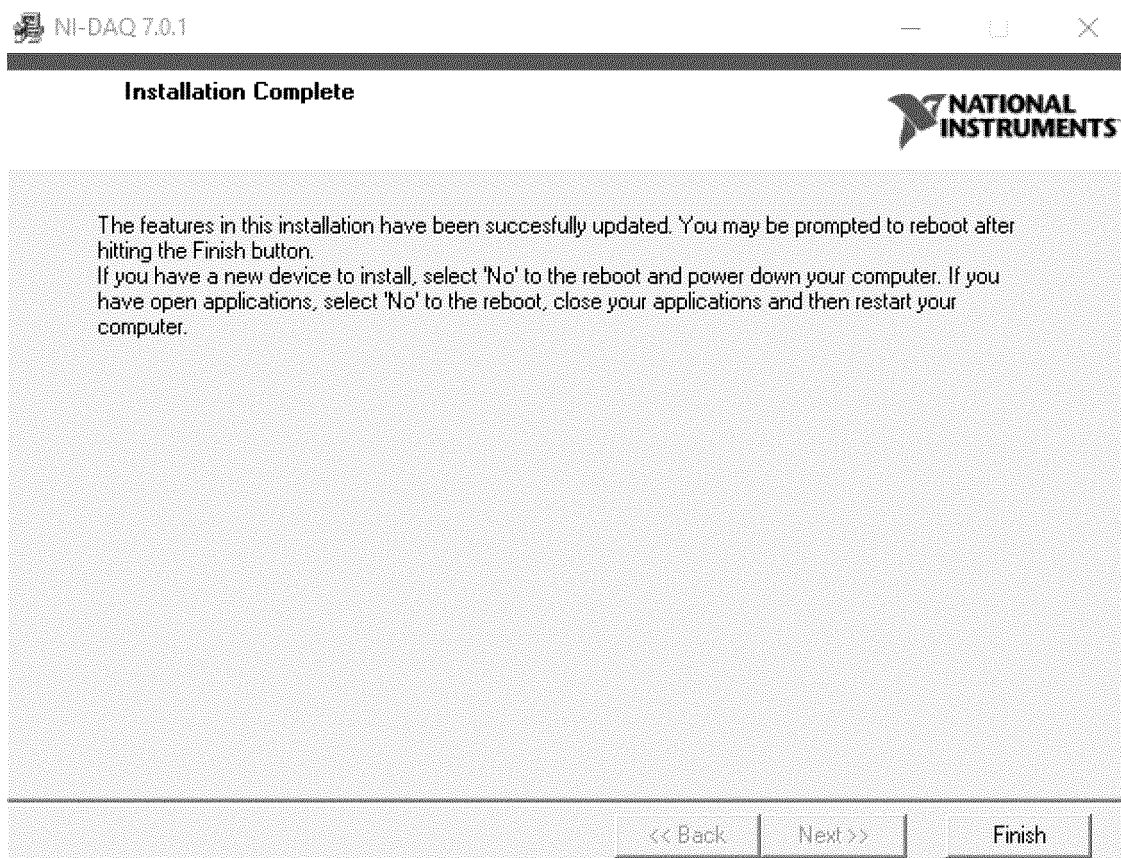


Рисунок 8.10 – Окно Installation Complete

11) И далее Restart (рисунок 8.11).

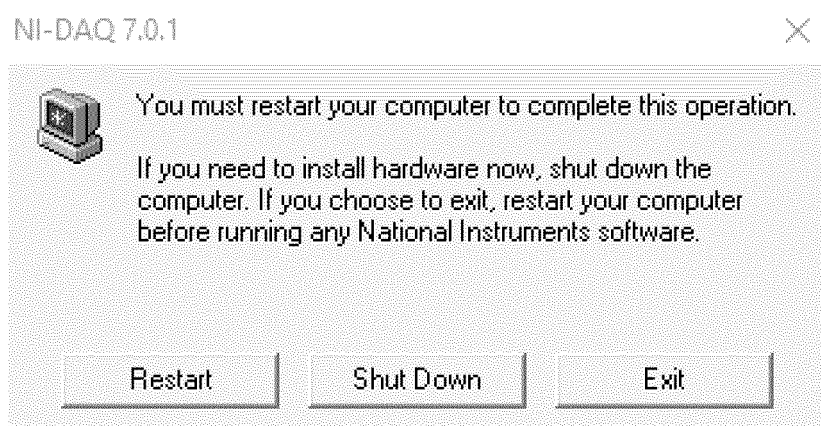


Рисунок 8.11 – Окно совет о перезагрузке компьютера

## 9 РУКОВОДСТВО ПО УСТАНОВКЕ ПРОГРАММЫ LABVIEW 8.5

Для работы с этой платой, устанавливаем программу LabView 8.5.

1) Запускаем установщик (рисунок 9.1).

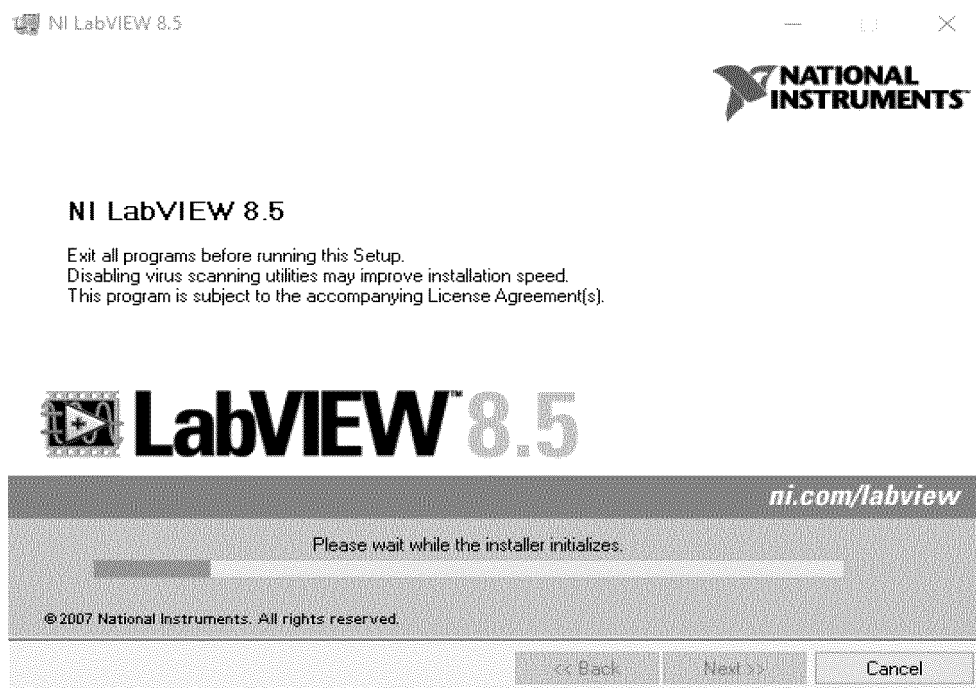


Рисунок 9.1 – Окно подготовки установщика LabVIEW 8.5

2) Дождавшись окончания подготовки установщика, нажимаем «Next» (рисунок 9.2).

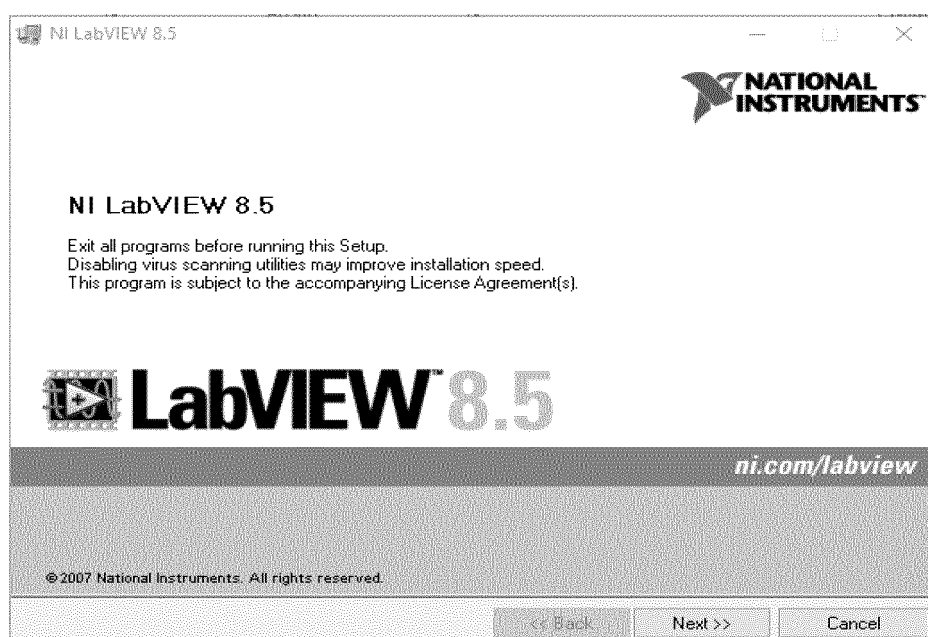


Рисунок 9.2 – Начало установки

3) Запускаем keugen для LabVIEW 8.5, нажимаем Generate, чтобы сгенерировать ключ. Keugen не закрываем (рисунок 9.3).

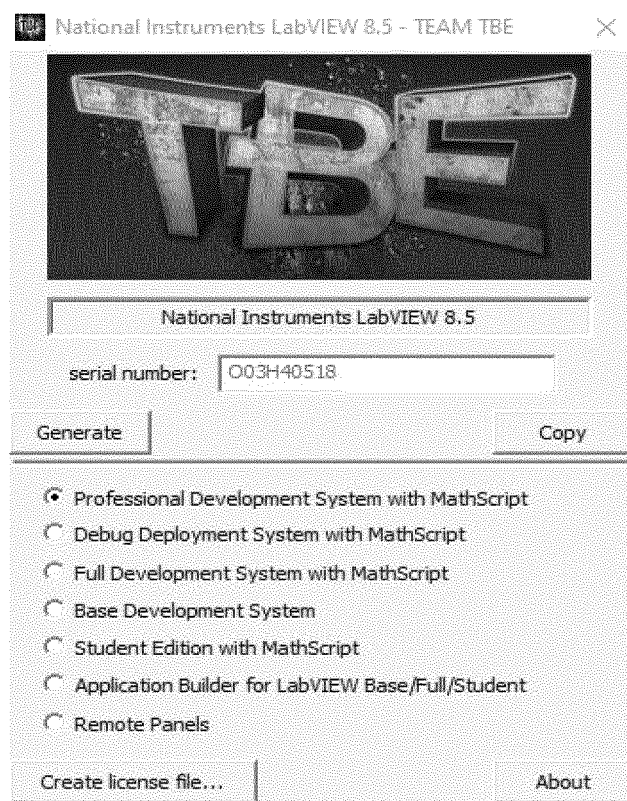


Рисунок 9.3 – Окно keugen

4) Сгенерированный ключ вводим в поле Serial Number в окне User Information установщика LabVIEW 8.5. Нажимаем Next (рисунок 9.4).

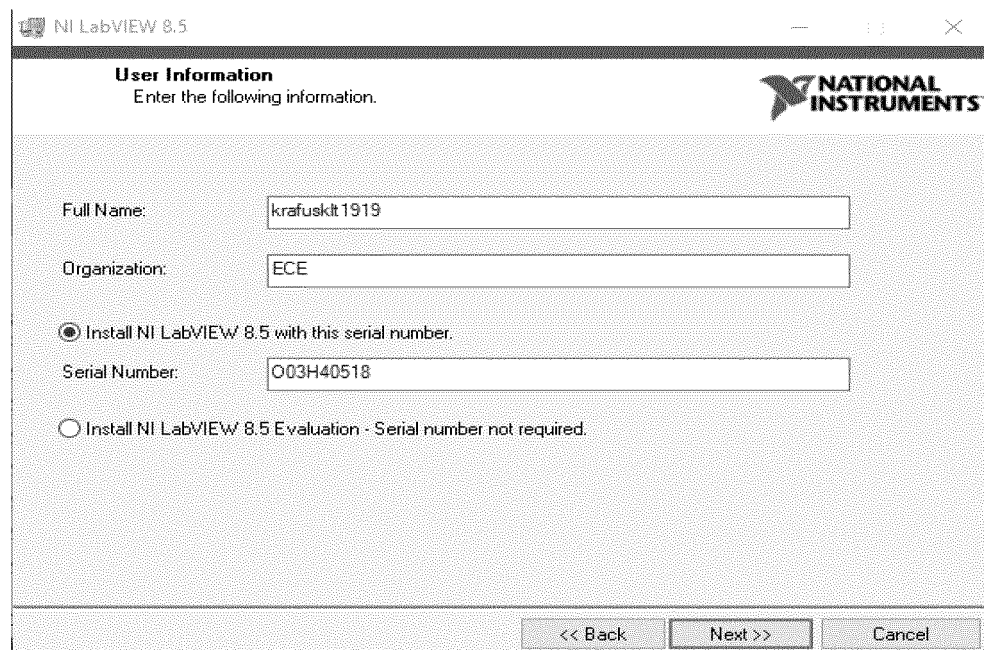


Рисунок 9.4 – Окно User Information

- 5) В окне Destination Directory выбираем место, куда установится программа. Но лучше оставим без изменений. Нажимаем Next (рисунок 9.5).

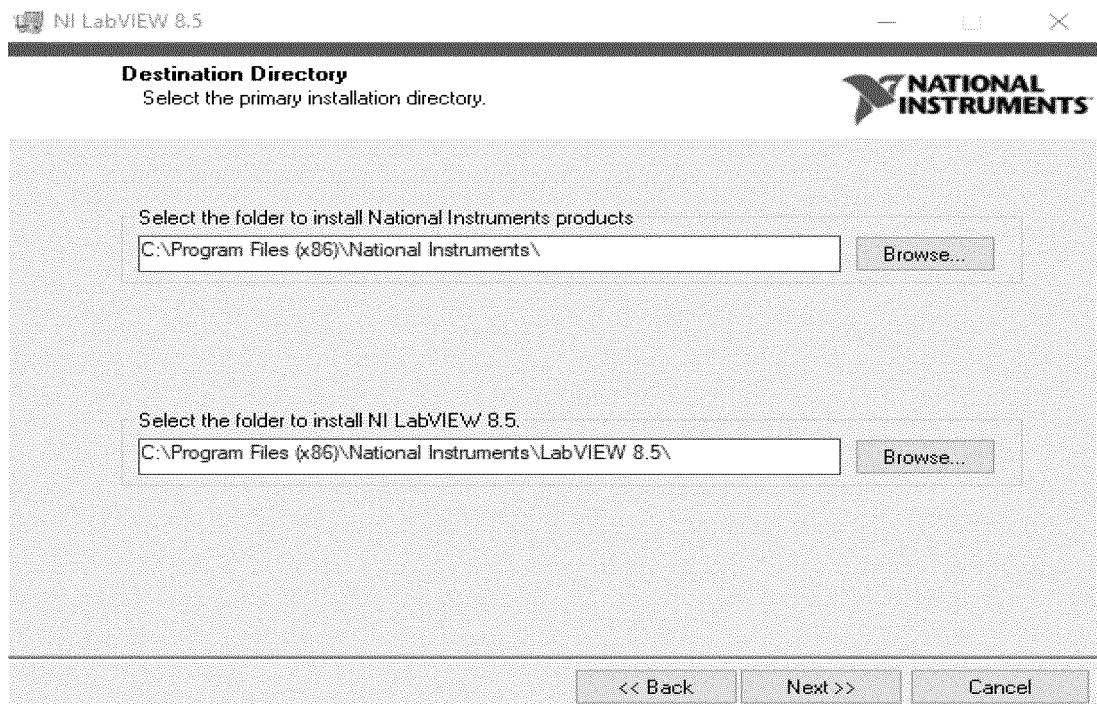


Рисунок 9.5 – Окно Destination Directory

- 6) В окне Features выбираем элементы, которые установятся. Ничего не меняем. Нажимаем Next (рисунок 9.6).

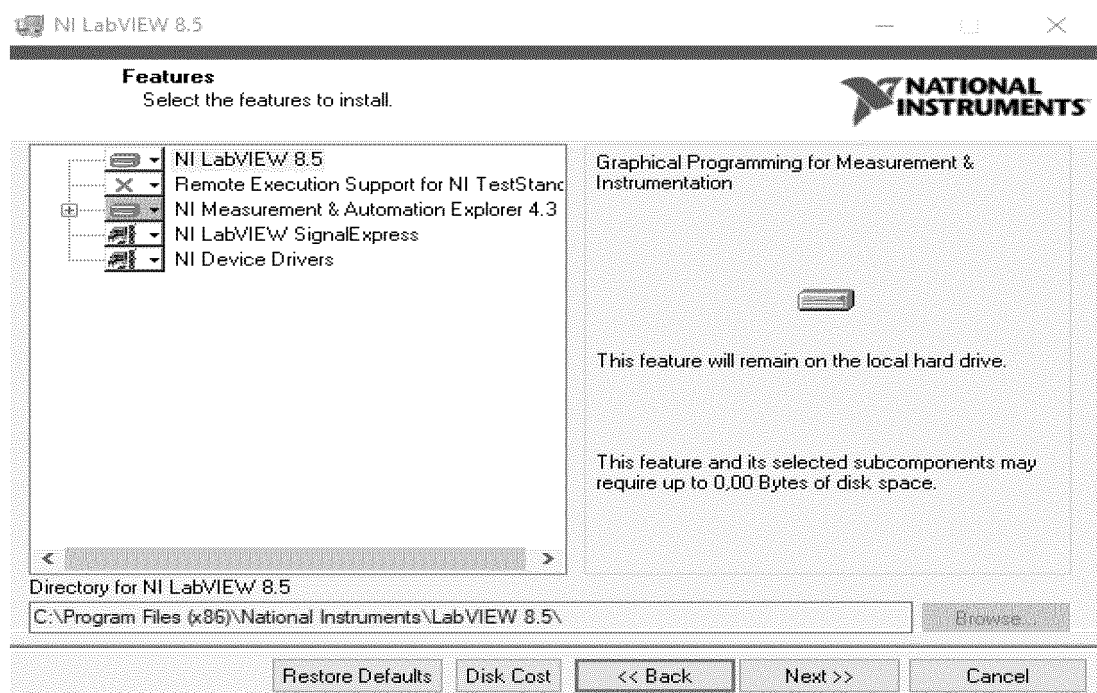


Рисунок 9.6 – Окно Features



7) В окне Product Information жмём Next (рисунок 9.7).

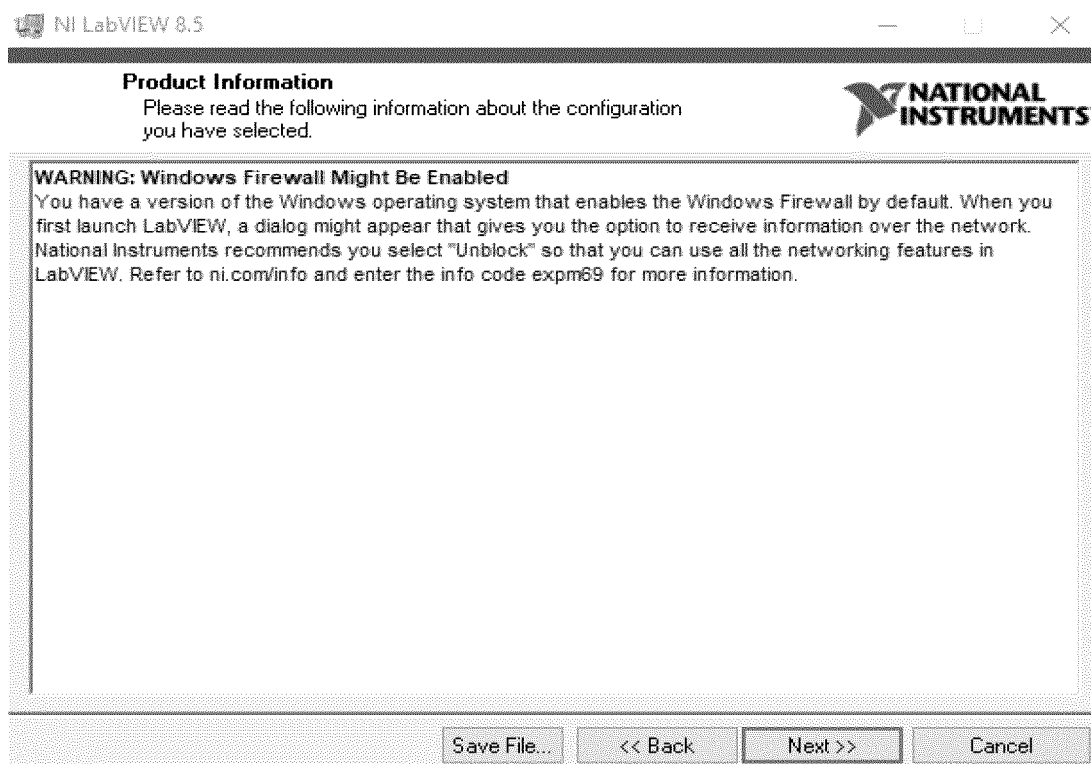


Рисунок 9.7 – Окно Product Information

8) В окне License Agreement ставим галочку I accept the License Agreement(s) и нажимаем Next (рисунок 9.8).

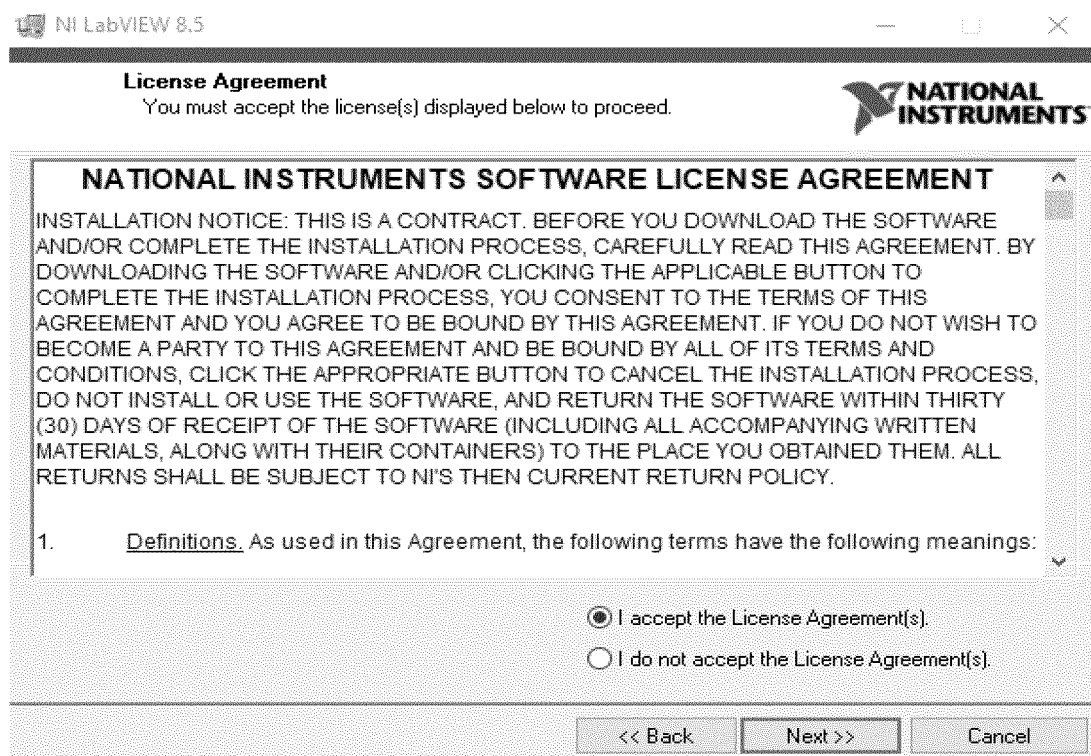


Рисунок 9.8 – Окно License Agreement



9) В окне Start Installation нажимаем Next (рисунок 9.9).

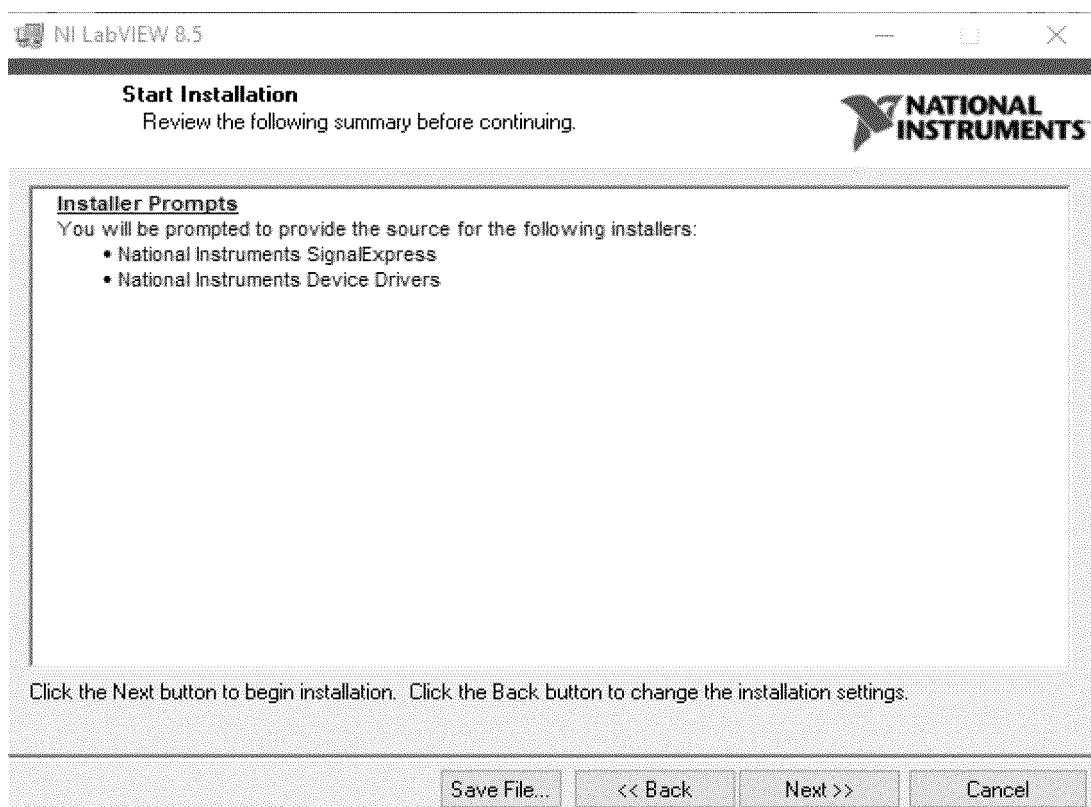


Рисунок 9.9 – Окно Start Installation

10) Ждём завершения подготовки к установке (рисунок 9.10).

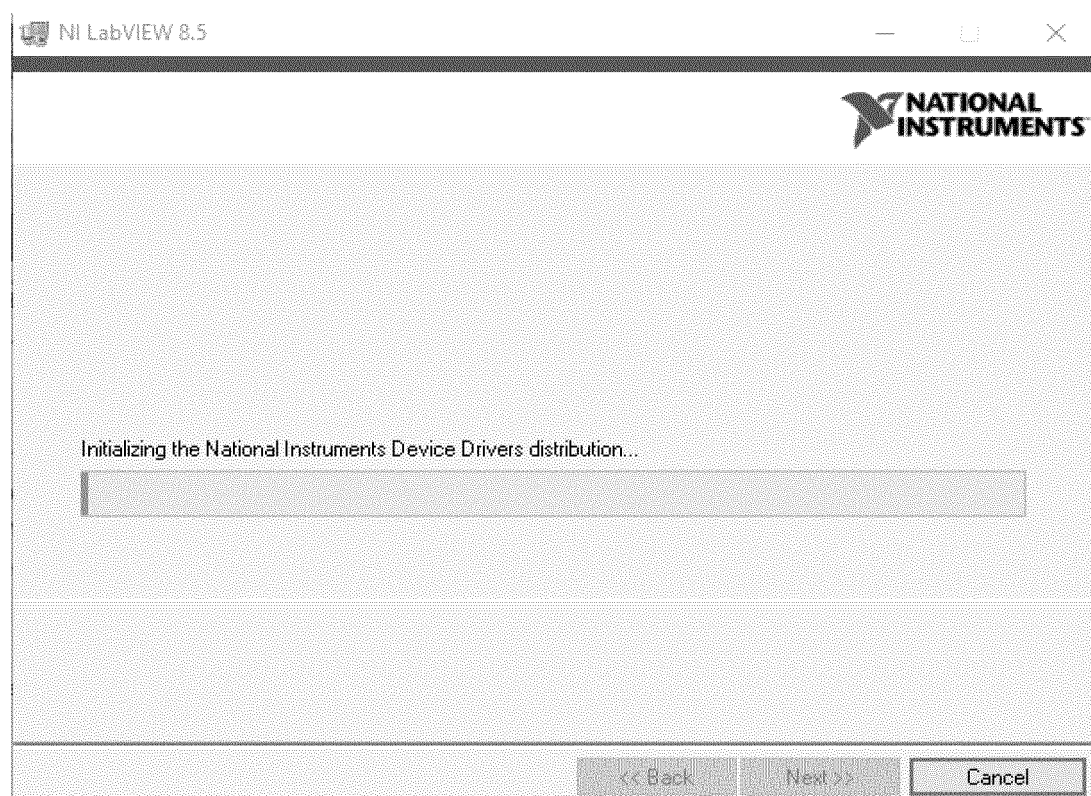


Рисунок 9.10 – Окно подготовки установщика

- 11) В появившемся окне Features выбираем элементы, которые установятся. Ничего не меняем и нажимаем Next (рисунок 9.11).

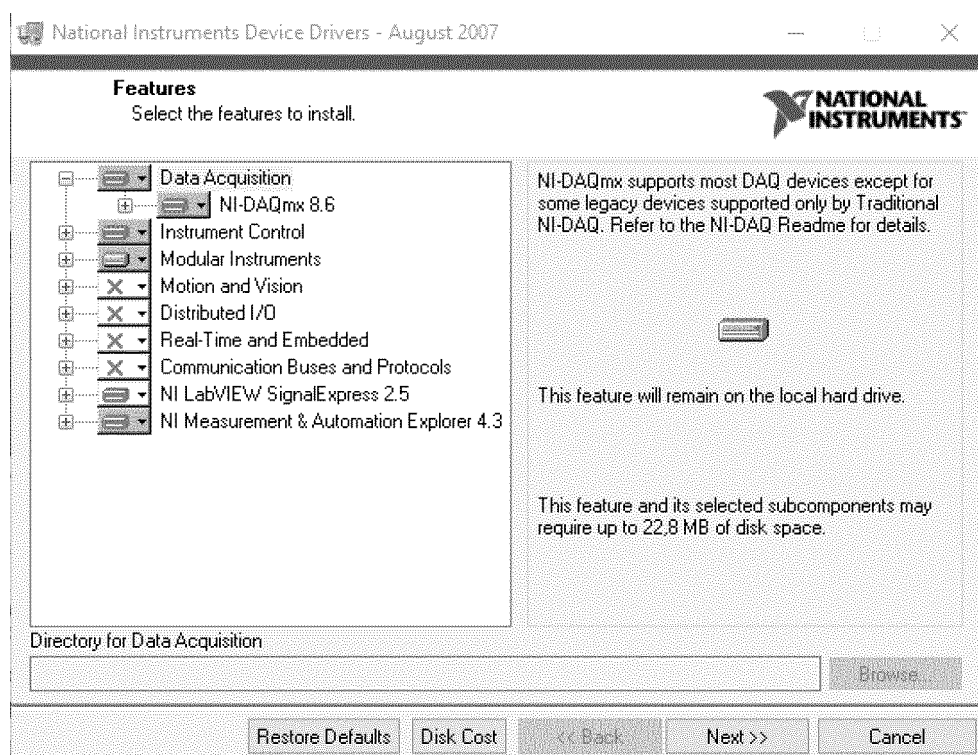


Рисунок 9.11 – Окно Features

- 12) В окне License Agreement ставим галочку I accept the above 2 License Agreement(s) и нажимаем Next(рисунок 9.12).

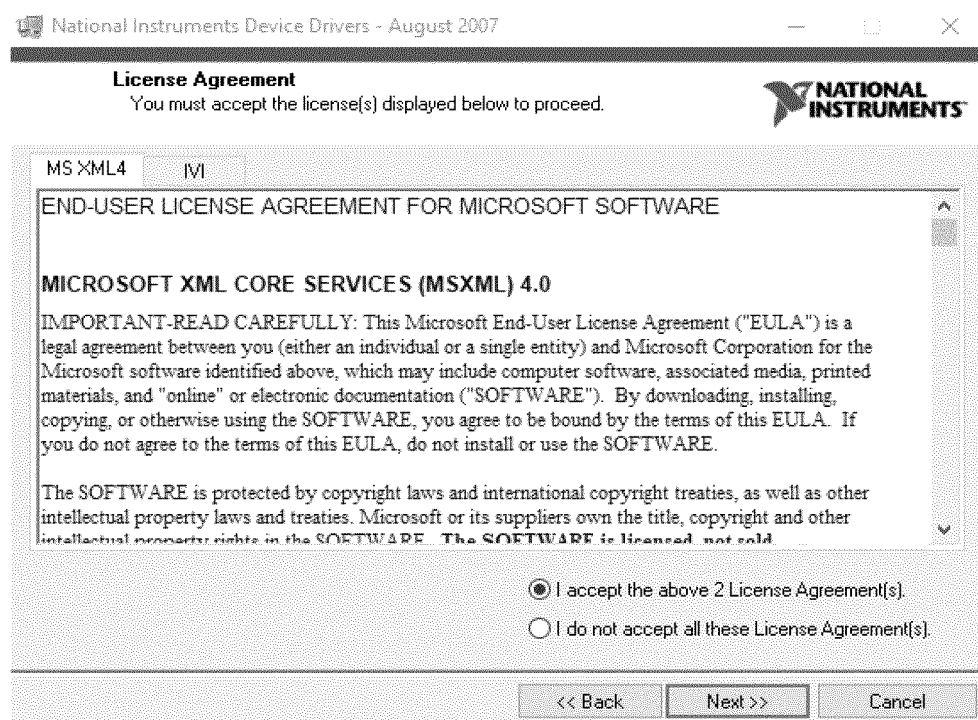


Рисунок 9.12 – Окно License Agreement

13) В окне Start Installation нажимаем Next (рисунок 9.13).



Рисунок 9.13 – Окно Start Installation

14) Ждём завершения установки (рисунок 9.14).

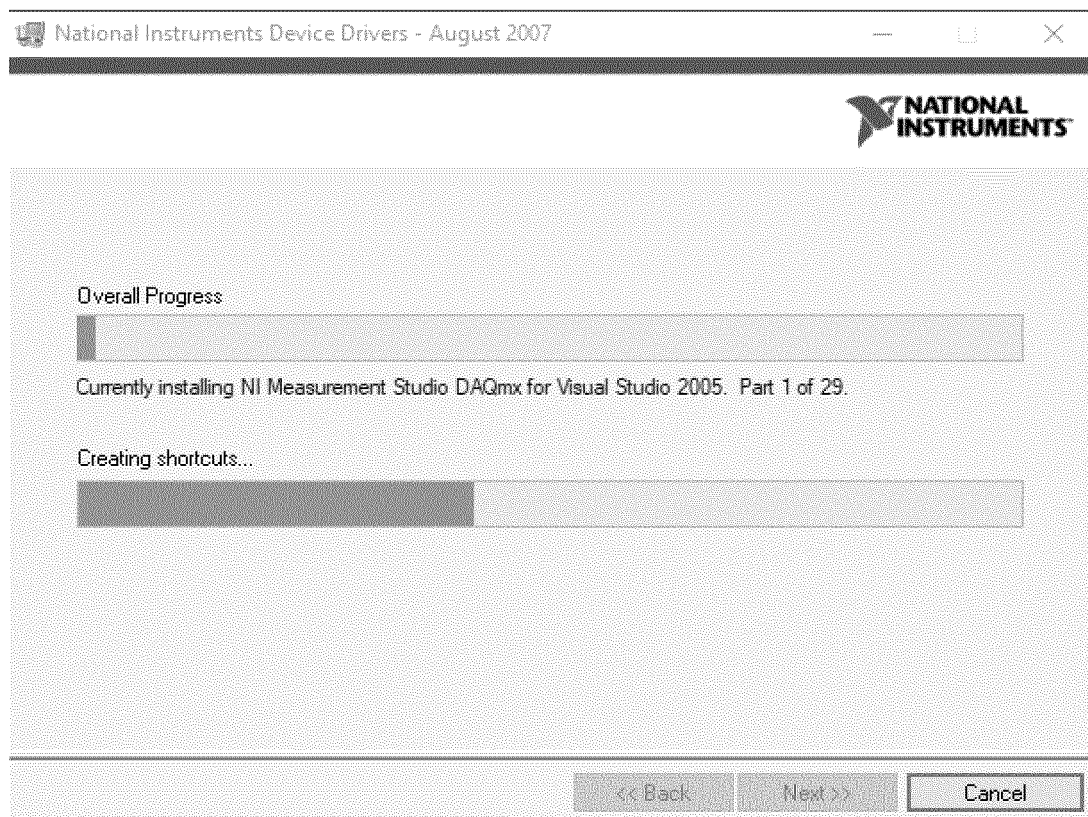


Рисунок 9.14 – Окно прогресса установки LabVIEW 8.5

15) По завершению установки программы ждём окончания проверки места установки Signal Express (рисунок 9.15).

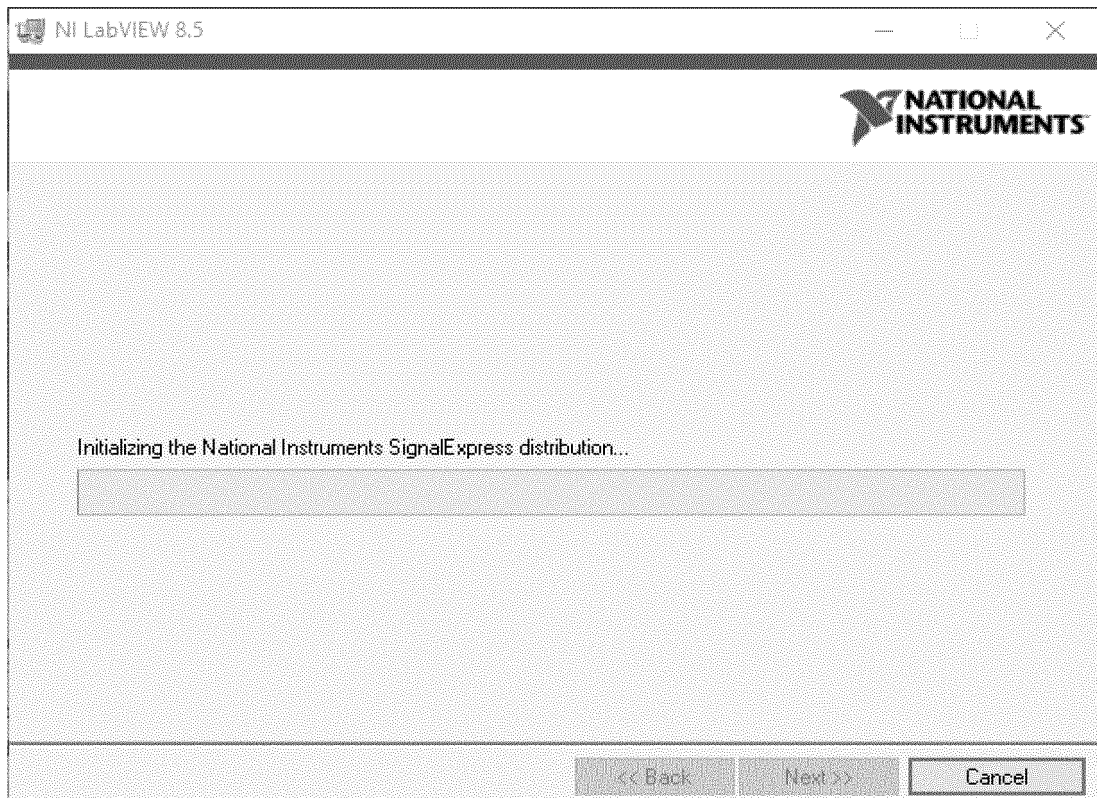


Рисунок 9.15 – Окно проверки места установки Signal Express

16) В окне Features ничего не меняем и нажимаем Next (рисунок 9.16).

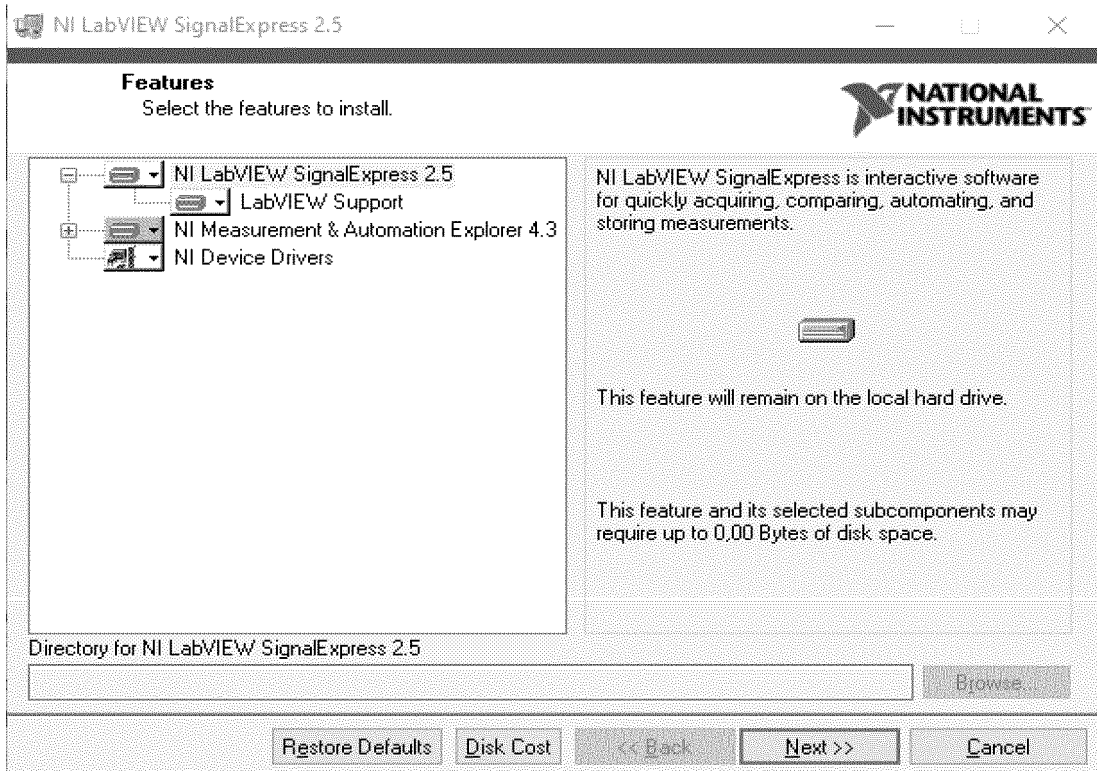


Рисунок 9.16 – Окно Features

17) В окне Start Installation нажимаем Next (рисунок 9.17).

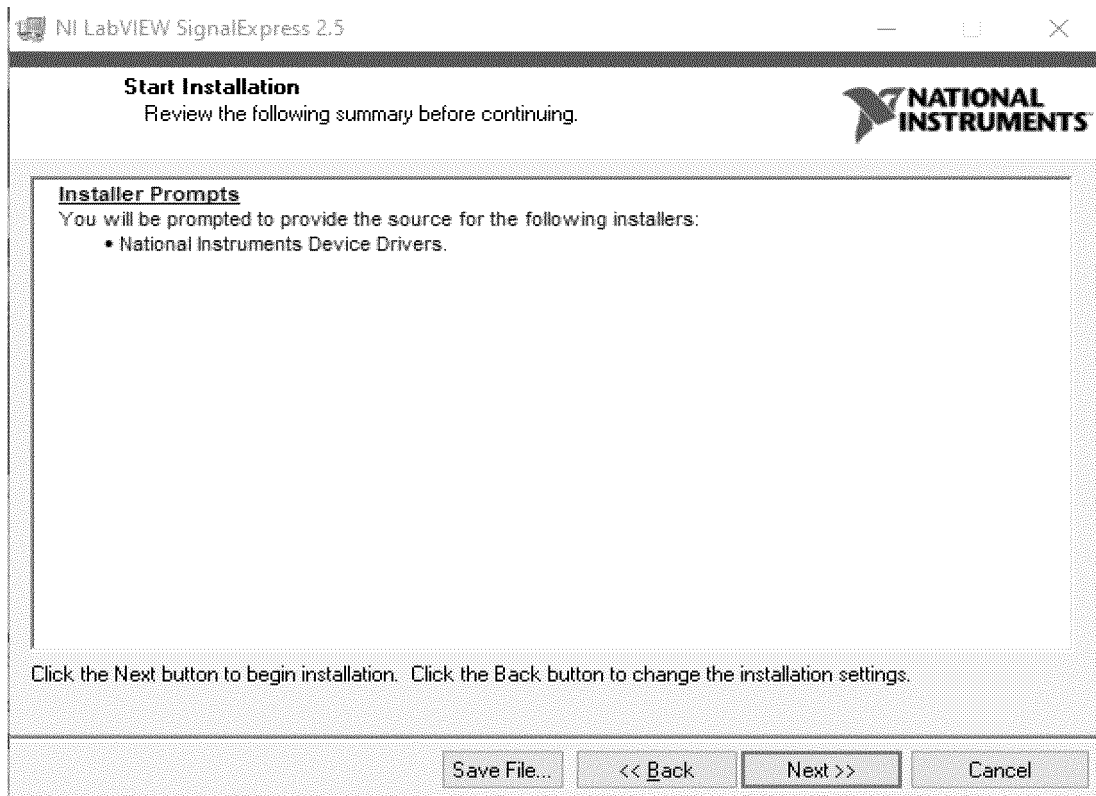


Рисунок 9.17 – Окно Start Installation

18) Ждём окончания установки (рисунок 9.18).

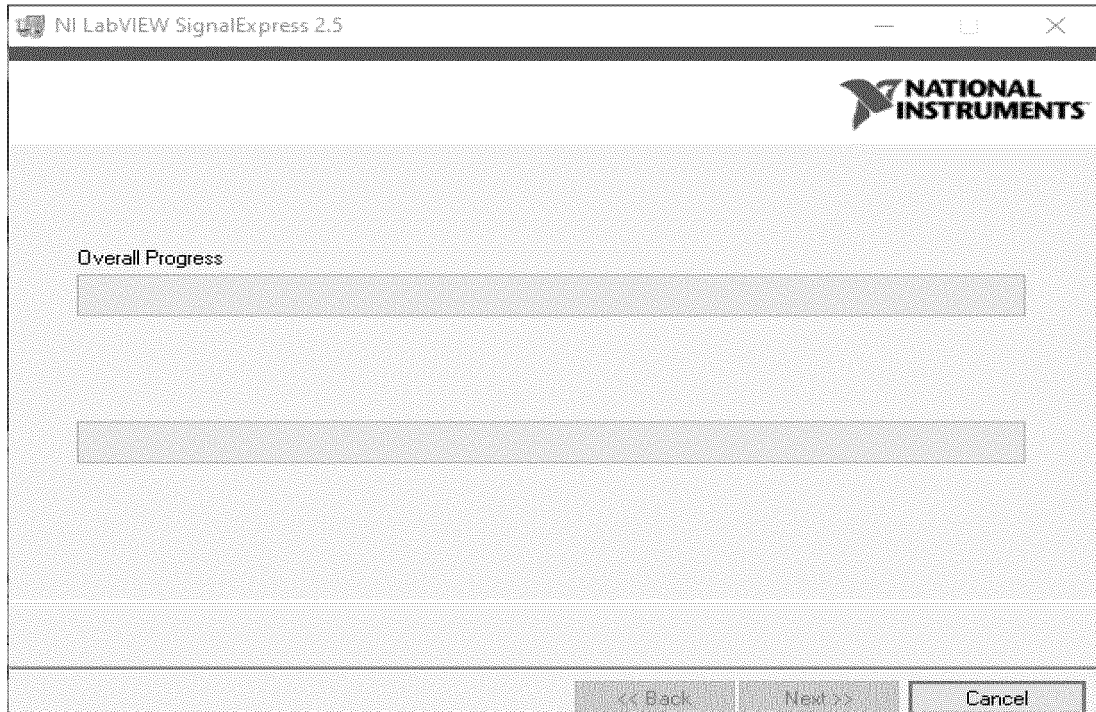


Рисунок 9.18 – Окно прогресса установки Signal Express

19) В окне keygen не меняя сгенерированного ранее ключа, нажимаем Create license file(рисунок 9.19).

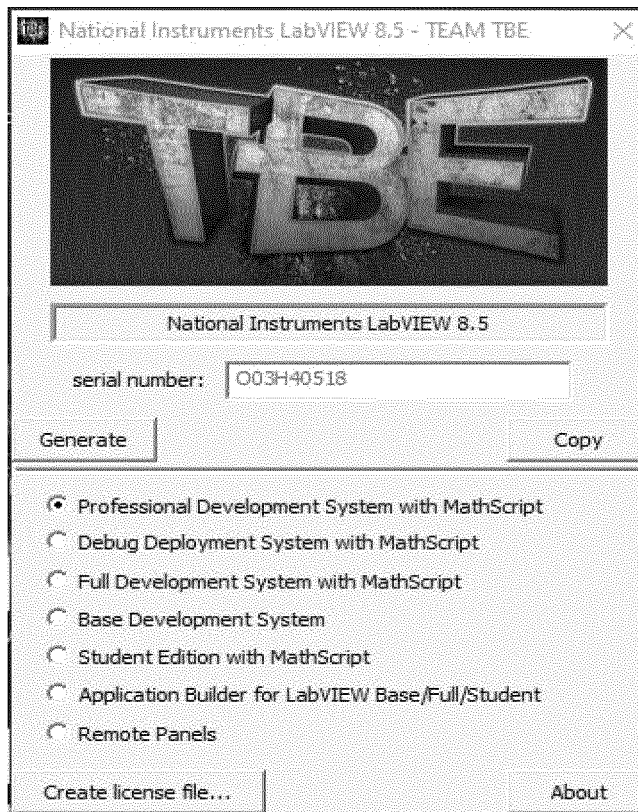


Рисунок 9.19 – Окно keygen

20) Сохраняем файл на рабочий стол (рисунок 9.20).

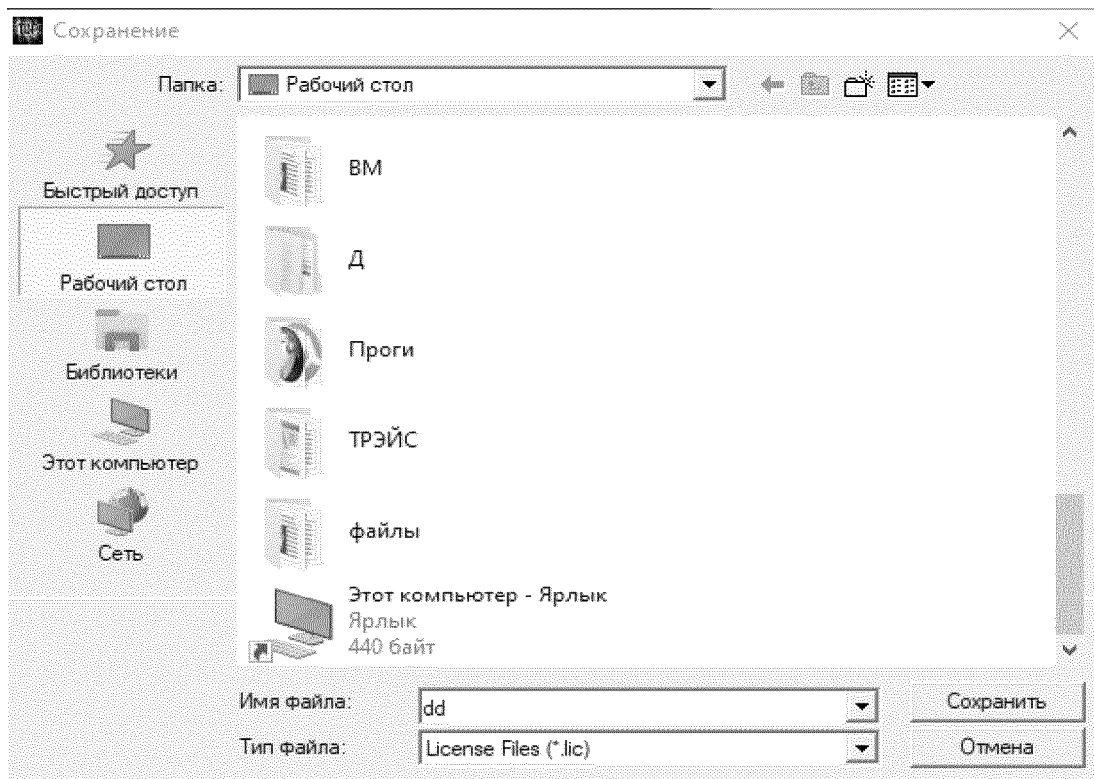


Рисунок 9.20 – Окно настройки места сохранения license file

21) По завершении установки LabVIEW 8.5 в окне Installation Complete



нажимаем Finish и Restart Later (рисунок 9.21).

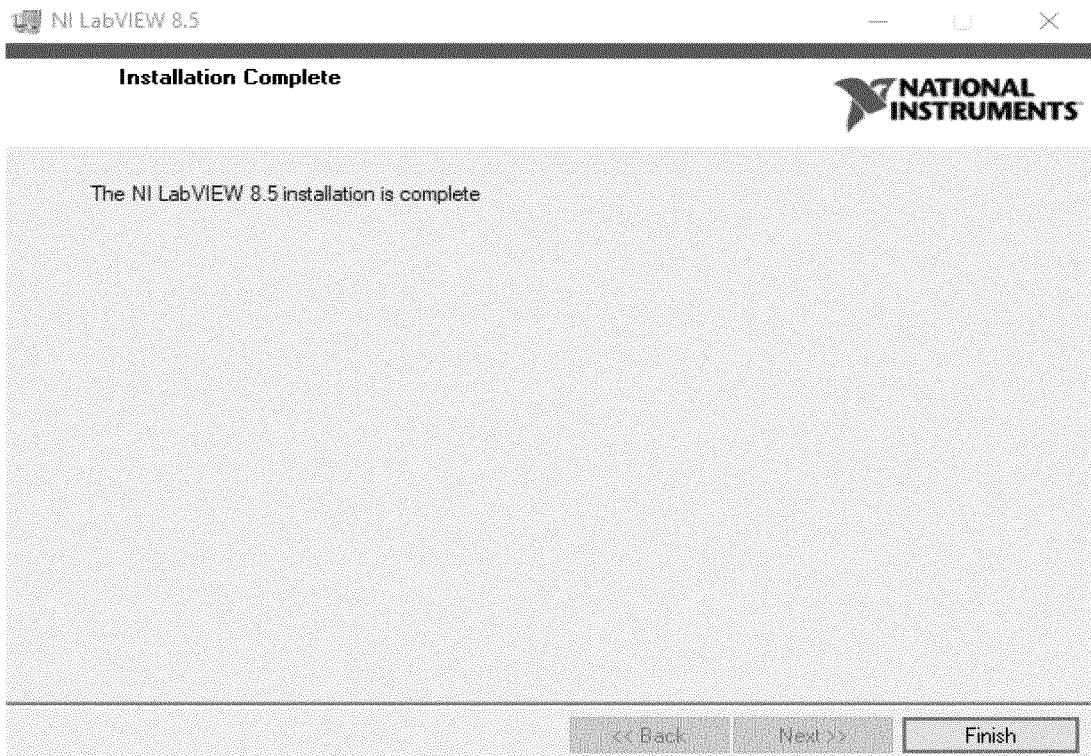


Рисунок 9.21 – Окно Installation Complete программы LabVIEW 8.5

22) В окне поиска windows ищем NI License Manager (рисунок 9.22).

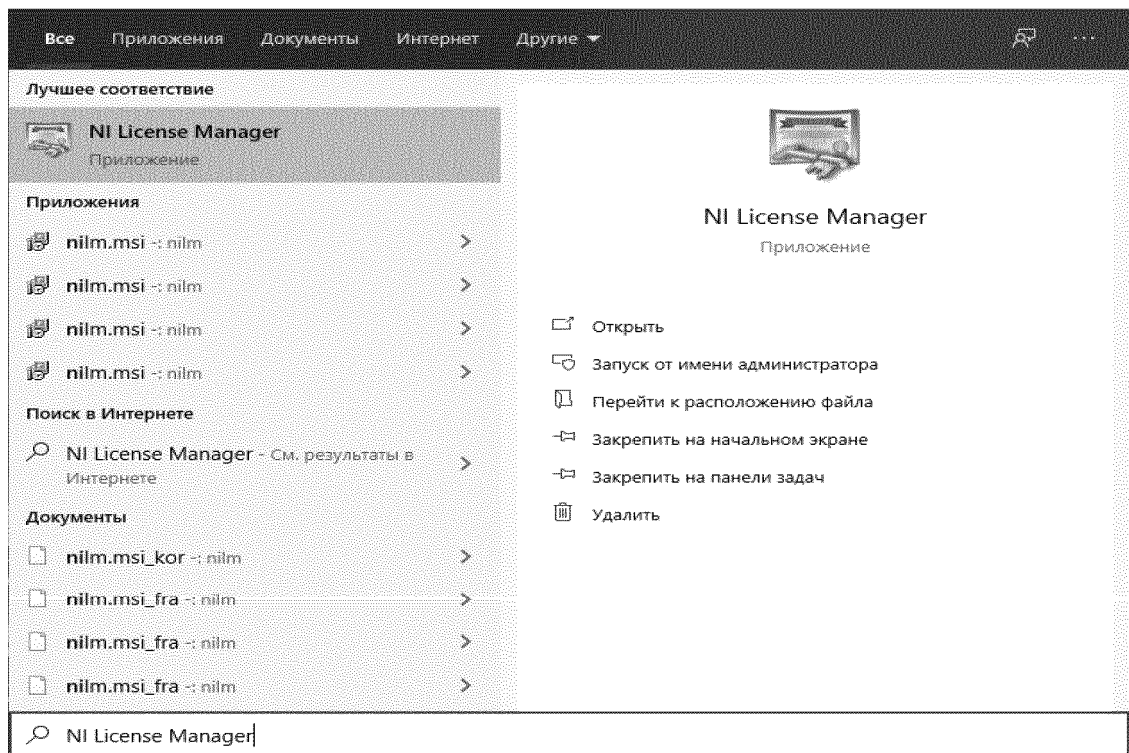
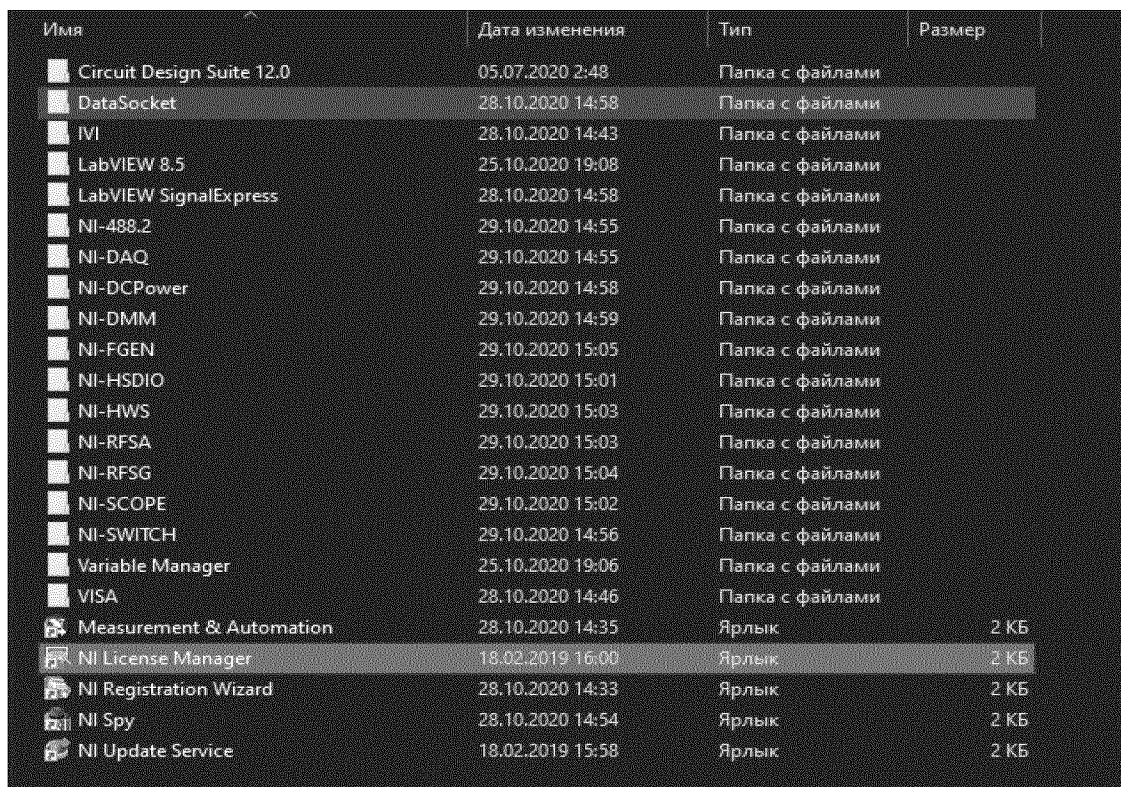


Рисунок 9.22 – Окно поиска Windows

Или ищем его по данному пути C:\ProgramData\Microsoft\Windows\Start



Menu\Programs\National Instruments (рисунок 9.23).



Имя	Дата изменения	Тип	Размер
Circuit Design Suite 12.0	05.07.2020 2:48	Папка с файлами	
DataSocket	28.10.2020 14:58	Папка с файлами	
IVI	28.10.2020 14:43	Папка с файлами	
LabVIEW 8.5	25.10.2020 19:08	Папка с файлами	
LabVIEW SignalExpress	28.10.2020 14:58	Папка с файлами	
NI-488.2	29.10.2020 14:55	Папка с файлами	
NI-DAQ	29.10.2020 14:55	Папка с файлами	
NI-DCPower	29.10.2020 14:58	Папка с файлами	
NI-DMM	29.10.2020 14:59	Папка с файлами	
NI-FGEN	29.10.2020 15:05	Папка с файлами	
NI-HSDIO	29.10.2020 15:01	Папка с файлами	
NI-HWS	29.10.2020 15:03	Папка с файлами	
NI-RFSA	29.10.2020 15:03	Папка с файлами	
NI-RFSG	29.10.2020 15:04	Папка с файлами	
NI-SCOPE	29.10.2020 15:02	Папка с файлами	
NI-SWITCH	29.10.2020 14:56	Папка с файлами	
Variable Manager	25.10.2020 19:06	Папка с файлами	
VISA	28.10.2020 14:46	Папка с файлами	
Measurement & Automation	28.10.2020 14:35	Ярлык	2 КБ
NI License Manager	18.02.2019 16:00	Ярлык	2 КБ
NI Registration Wizard	28.10.2020 14:33	Ярлык	2 КБ
NI Spy	28.10.2020 14:54	Ярлык	2 КБ
NI Update Service	18.02.2019 15:58	Ярлык	2 КБ

Рисунок 9.23 – Вид папки с NI License Manager

Папка Program Data может быть скрыта, для доступа к ней открываем любую папку, переходим во вкладку Вид, здесь жмём Параметры -> Изменение параметров папок и поиска (рисунок 9.24).

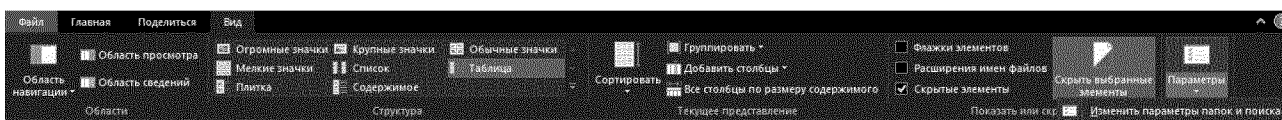


Рисунок 9.24 – Панель настроек папки

В открывшемся окне переходим во вкладку Вид, в самом низу списка ставим галочку показать скрытые файлы и папки. Применяем настройки (рисунок 9.25).

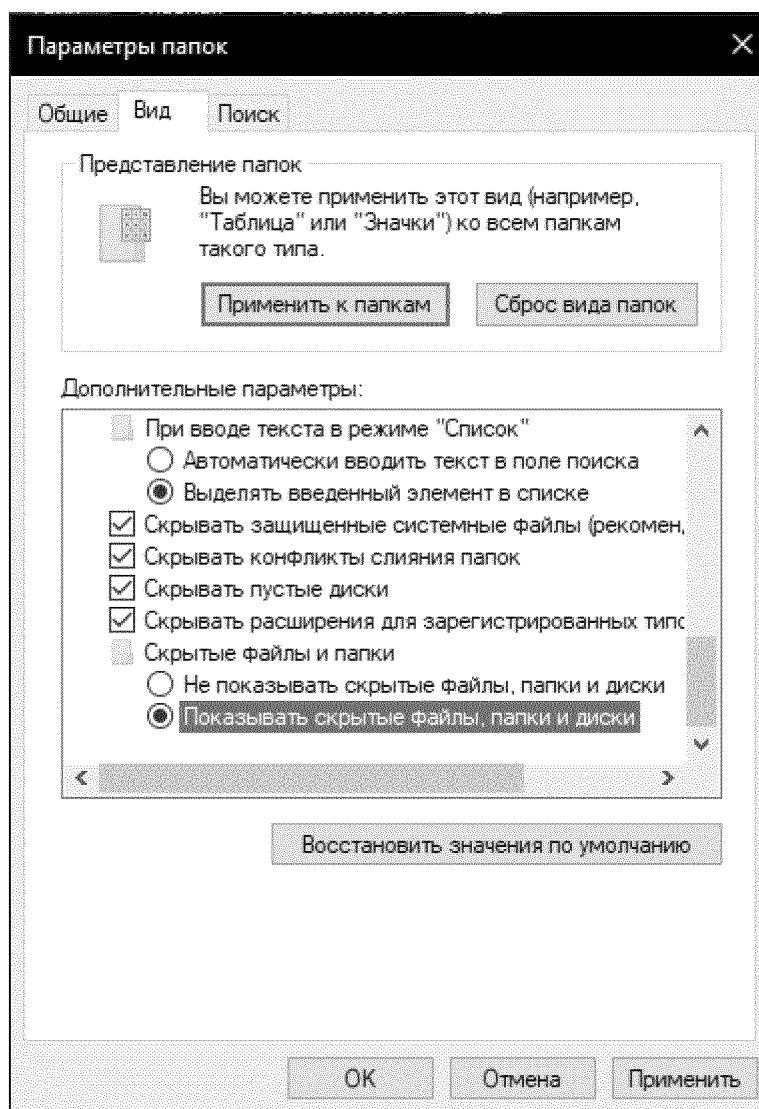


Рисунок 9.25 – Настройка доступа к папкам и файлам

Теперь папка Program Data доступна (рисунок 9.26).

Program Files	12.10.2020 10:44	Папка с файлами
Program Files (x86)	28.10.2020 15:02	Папка с файлами
ProgramData	20.10.2020 15:54	Папка с файлами

Рисунок 9.26 – Наличие папки Program Data

23) Запускаем NI License Manager, сверху на панели нажимаем Options и выбираем пункт Install License File(рисунок 9.27).

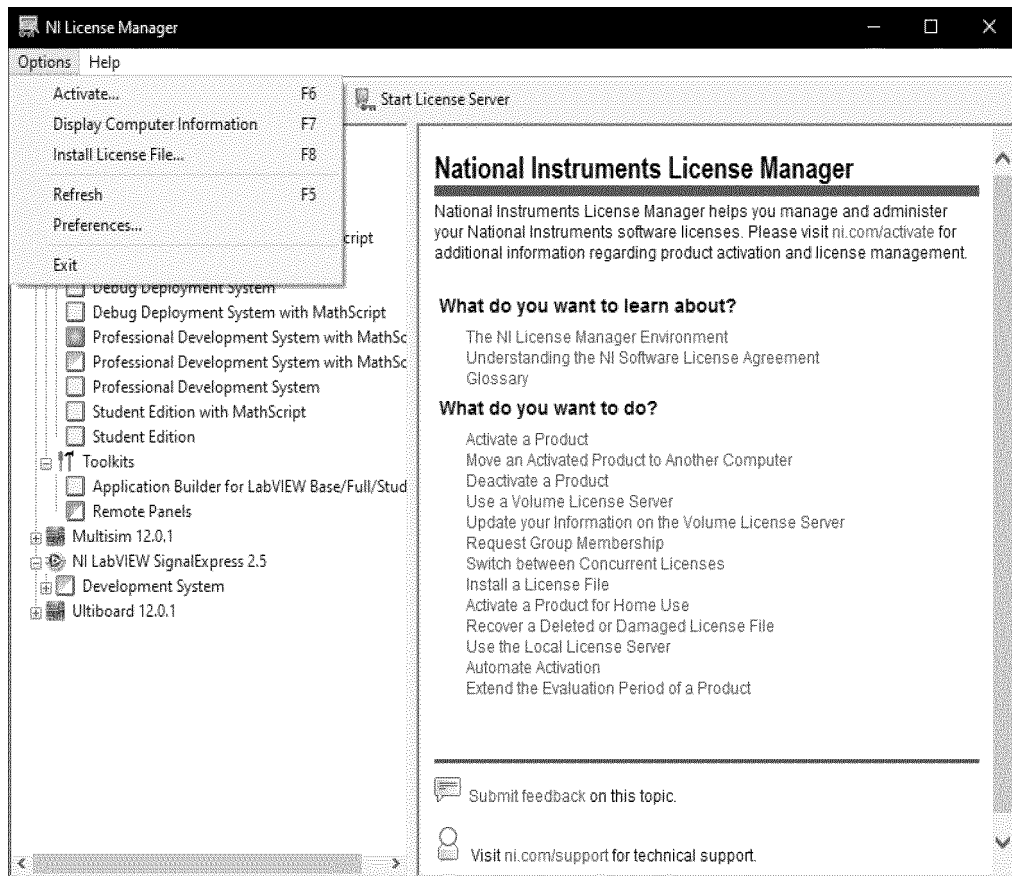


Рисунок 9.27 – Окно NI License Manager

- 24) В появившемся окне выбираем License File, который ранее создали и сохранили в keugen (рисунок 9.28).

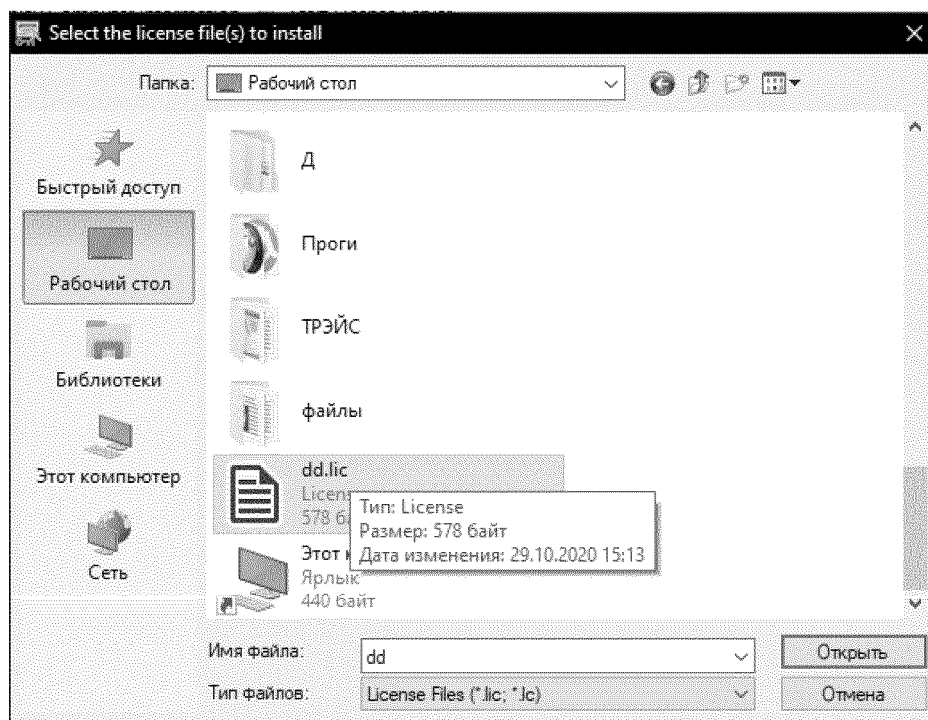


Рисунок 9.28 – Окно выбора License File

## 10 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

### 10.1 Техника безопасности при эксплуатации фотоустановки

При использовании установки существует вероятность поражения током. Во избежание подобных случаев следует придерживаться некоторых правил и требований, а именно:

- установить автоматические выключатели на случай короткого замыкания или отключения системы;
- использовать диэлектрические перчатки при работе с электропроводкой под напряжением;
- корпуса узлов системы должны быть галоизолированы;
- элементы системы содержать в сухом и вентилируемом помещении, во избежание попадания на них влаги;
- следить за целостностью фотопанели, её корпуса и фотоэлементами;
- регулярно очищать поверхность фотопанели;
- следить за состоянием электропроводки между узлами системы.

#### 10.1.1 Расчёт автоматического выключателя

Для предотвращения последствий короткого замыкания, а также воспламенения проводки, выберем автоматический выключатель (АВ) и рассчитаем ток срабатывания выключателя по формуле (9.1)

$$I = \frac{P}{U} \tag{10.1}$$

где  $P$  – суммарная мощность всех электроприборов, Вт;

$U$  – напряжение сети, В.

Автоматический выключатель будет установлен на выходе инвертора, на линии 220 вольт. Обозначен как АВ.

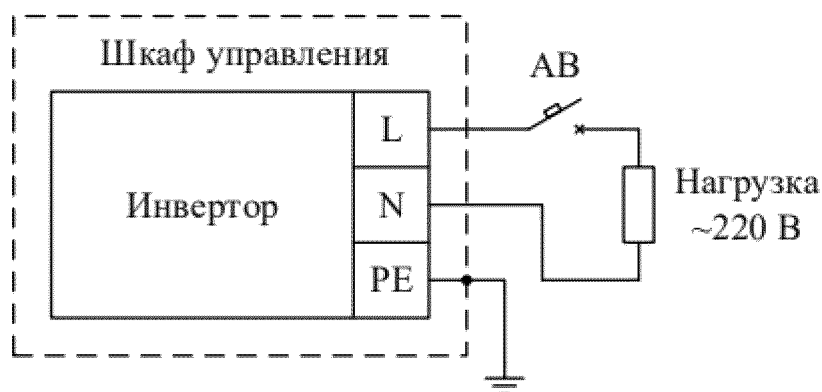


Рисунок 10.1 –Схема подключения автоматического выключателя

Фотоэлектрическая система рассчитана на нагрузку порядка 25 Вт. Подставим их в формулу (9.1).

$$I = \frac{25}{220} = 0,113A \tag{10.2}$$

Получили максимальную величину тока при максимальной нагрузке. Округлим полученное значение до 0,2 А, чтобы выбрать автоматический выключатель. Сечение провода 1 мм<sup>2</sup>, при этом сечении допустимый длительный ток через них составит 16 А. Автоматический выключатель был определён по величине максимального допустимого значения тока. Так, был выбран однополюсный автоматический выключатель АВВ, серии S200P с номиналом 0,2 А (рисунок 9.2).

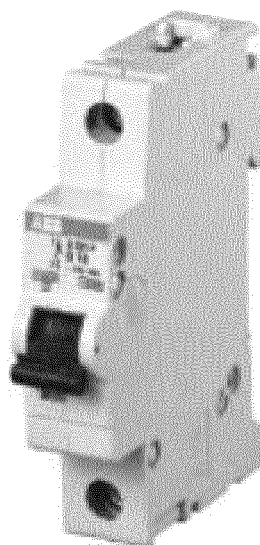


Рисунок 10.2 – Автоматический выключатель

Класс срабатывания – К, который предполагает выключение при превышении номинального тока нагрузки в 12 раз.

### 10.1.2 Заземление

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. За исключением фотоэлектрической панели, другие элементы фотоэлектрической установки, будут расположены в металлическом шкафу управления, а их корпуса соединены с ним. Шкаф будет подключён к общей глухозаземлённой шине и иметь размеры:

- ширина: 1 м;
- высота: 2 м;
- глубина: 0,3 м.

Инвертор, контроллер и аккумулятор будут подключены к заземлению. Схема защитного заземления выглядит следующим образом (рисунок 9.3).

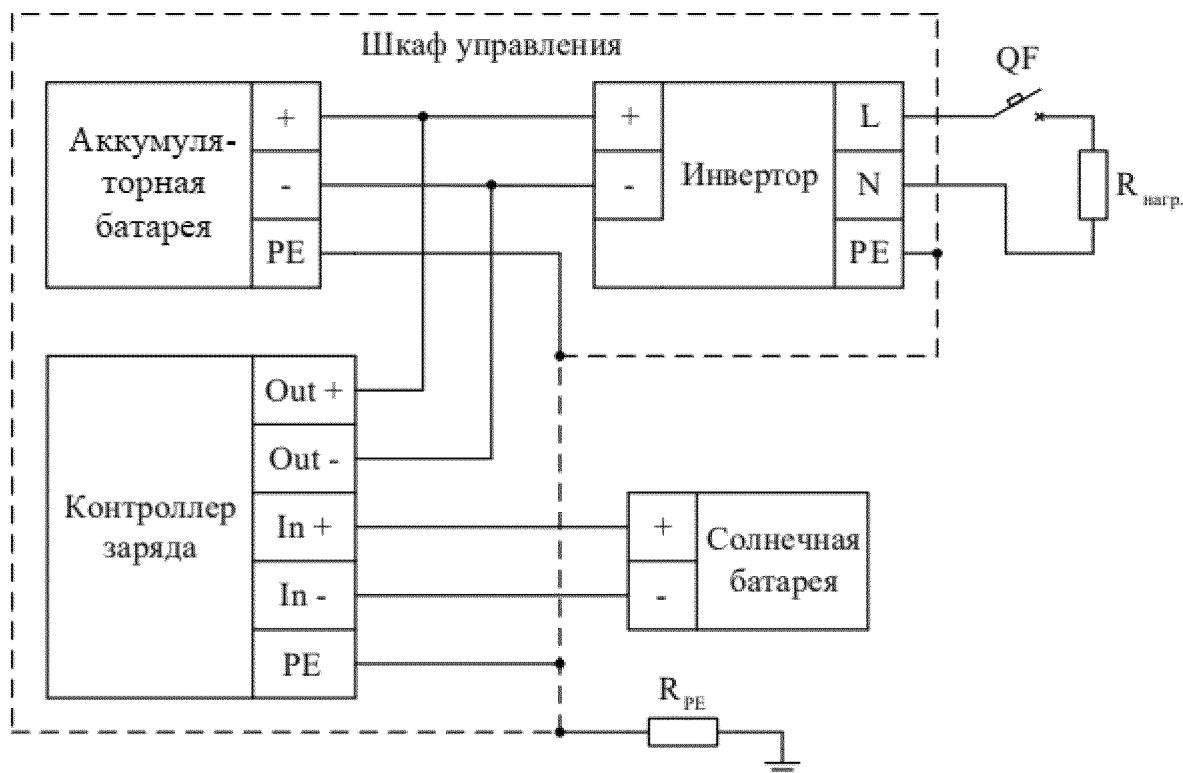


Рисунок 10.3 – Схема защитного заземления

Некоторым элементам системы (инвертор, фотоэлектрический преобразователь), свойственно повышение температуры во время работы. Их расположение в шкафу управления, позволит исключить воздействие высоких температур со стороны этих элементов системы на персонал.

## **10.2 Экологичность**

### **10.2.1 Отчуждение земель и недостаток солнечной радиации**

Бесспорно, можно утверждать, что польза солнечной энергетики огромна. Энергия солнца является возобновляемым источником энергии, а также экологичным источником. Но так ли это!? Рассматривая любую солнечную электростанцию, легко можно заметить, какую территорию занимает станция. Десятки тысяч фотопанелей могут занимать до 200 гектар поверхности суши. Вместе с этим, поверхность земли под фотопанелями, по большей части, будет закрыта от солнца, тем самым получая минимум солнечного излучения, которое является главным источником энергии для всех физико-географических процессов на земле. В качестве решения данной проблемы, разрабатывают солнечные электростанции, которые будут монтироваться на водной части земли, а также уже есть аэростатные солнечные электростанции, которые представляют собой воздушный шар в воздухе, соединённый с турбогенератором на земле, тем самым занимая минимум суши.

### **10.2.2 Солнечный мусор**

В настоящее время существует огромное количество солнечных электростанций, а вместе с ними и сотни тысяч фотопанелей. Одни станции расширяются, другие находятся в планах на постройку. Инженеры и учёные в научных институтах постоянно работают над созданием более дешёвой и эффективной фотопанели, но создать «вечную» батарею не получается.

Производители современных солнечных конструкций указывают срок работы в 20-30 лет. По окончании этого срока необходимо будет позаботиться об «солнечном мусоре». Алюминиевые рамки и защитные стёкла вместе составят 85-95% отходов. Помимо них, также останутся:

– батареи;



- металлическая фольга;
- распределительные коробки;
- контактные коробки;
- соединительные провода;
- печатные платы;
- свинцовый припой.

Более того, в составе тонкоплёночных фотопанелей присутствуют и ядовитые соединения теллурида кадмия или диселенид меди и индия [20].

Годовой мировой объём «солнечного мусора» в 2015 году составил около 43,8 миллионов метрических тонн, а к 2018 году вырос до 48,6 миллионов тонн. Цифры большие, но крайне малы, по сравнению с миллиардами золы от теплоэлектростанций. Нет специального регламента об утилизации «солнечного мусора», всю переработку можно разделить на «грубую» и «тонкую». Грубая состоит в извлечении алюминия, меди и стекла, что составляют основную массу фотомодуля. Тонкая состоит в извлечении почти всех химических элементов.

При грубой переработке извлечению поддаются только основные материалы, а пластмассы и солнечные ячейки сжигаются. При тонкой переработке, из фотопанели извлекаются самые малые доли полезных материалов, которые можно использовать повторно.

Переработка солнечных модулей проста и экономически выгоднее захоронения, но не все солнечные модули поддаются переработке. Фотопанели в составе которых находятся опасные соединения попадают на свалки [21].

Помимо фотопанелей, аккумуляторы тоже требуют утилизации. Аккумуляторы в своём составе содержат опасные материалы и соединения, что делает невозможным их захоронение или складирование. Все аккумуляторы попадают на переработку, где нейтрализуются опасные вещества, а не опасные отправляются на повторное использование.

### 10.2.3 Фотоэлектрическая установка

Фотоэлектрическая установка в работе используется из сравнительно новых элементов, срок службы которых ещё не закончился. Работает установка на

энергии солнца, которая не оставляет после себя «электронного мусора». Фотопанель установлена на крыше, следовательно, не занимает ни метра земельного пространства и не препятствует проникновению солнечной радиации в землю. Аккумулятор, используемый в установке в качестве батареи, полностью герметичен и не опасен для окружающей среды и персонала. По окончании работы с установкой, все элементы будут демонтированы и повторно использованы для монтажа других установок. В случае окончания срока службы, фотопанель и аккумулятор будут сданы на переработку.

### **10.3 Чрезвычайные ситуации**

Во момент использования фотоэлектрической установки, могут возникнуть различные чрезвычайные ситуации. Рассмотрим некоторые их виды.

#### **10.3.1 Ураган**

Для фотоэлектрической установки одной из опасностей является ураган. Сильный ветер может опрокинуть фотопанель, тем самым повредив целостность корпуса, фотоэлементы или соединения проводов. Во избежание подобных случаев, фотопанель, находящаяся на крыше, жёстко закреплена болтами к металлическому каркасу. Каркас в свою очередь привинчен к крыше, а также закреплён кабелем толщиной около 1 см к стене, путём оборачивания кабеля вокруг стены.

Принятые меры являются достаточными, и позволят сохранить фотопанель во время урагана.

#### **10.3.2 Град**

Так как фотопанель находится на крыше под открытым небом, на неё воздействуют различные погодные условия, град не является исключением. Тем не менее прочность корпуса фотоэлектрической панели достаточно, чтобы перенести град такой силы, которая встречается в нашей местности. В случае возникновения опасности появления града экстремальной силы, есть возможность демонтировать фотопанель и уберечь тем самым её от повреждений.

#### **10.3.3 Пожар**

К основным причинам возникновения пожаров, как на солнечных элек-

тростанциях, так и фотоэлектрических установок на дому, можно отнести:

- короткое замыкание;
- мусор около фотопанелей;
- перегрев панели;
- физические повреждения;
- операции по техническому обслуживанию.

В соответствии с нормами пожарной безопасности, в лаборатории с установленным шкафом и оборудованием фотоэлектрической установки, рабочий порошковый огнетушитель располагается в доступном месте. Также, имеются пожарная сигнализация и датчики дыма. Легко воспламеняемые предметы расположены в отдельном помещении с наименьшей вероятностью возгорания. В лаборатории с установкой находится щит с общим рубильником, отключающим всё электрооборудование. Ширина дверного проёма 1,5 м, доступ к выходу ничем не заблокирован. Рядом с лабораторией имеется кнопка пожарной сигнализации. Ответственность за пожарную безопасность несет руководитель, и должен:

- обеспечить соблюдение противопожарного режима;
- следить за исправностью электрооборудования, а также исправлять обнаруженные неисправности;
- следить за соблюдением чистоты на рабочем месте;
- следить за отключением питания электроприборов после завершения работы.

В случае пожара на данной установке требуется:

- отключить, выключив автоматический выключатель;
- включить пожарную сигнализацию;
- воспользоваться порошковым огнетушителем.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе было приведено сравнение различного оборудования, в результате которого, было выбрано наиболее подходящее, отвечающее нашим требованиям. Также приведены необходимые расчёты и схемы по монтажу самой системы. Система была спроектирована и проверена в действии.

Проведён анализ работы фотопанели и составлены вольт-амперные характеристики, по которым видно как работает фотопанель при высокой и низкой освещённости. Предусмотрено и подобрано оборудование защиты в виде автоматических выключателей, которые защитят систему от коротких замыканий. Также были изучены способы заземления установки, защиты фотопанели от ударов молнии, а также меры защиты персонала от поражения током.

Помимо этого, спроектирована система сбора данных об энерговыработке фотопанели. Система в автоматическом режиме собирает и структурирует данные. Для этого в среде LabView, разработана блок-диаграмма процесса сбора и обработки данных, а также разработан виртуальный прибор для наглядности представления собранных данных.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. TMRpower.com: он-лайн статья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tmr-power.com/stati/tipy-solnechnykh-elektrostantsij-ses>. – 10.03.2021
2. Krymology.info: он-лайн справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://krymology.info/index.php/Перово\\_\(электростанция\)](http://krymology.info/index.php/Перово_(электростанция)). – 15.03.2021.
3. VK.com: соц-сеть [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vk.com/@crimeatraveller-krymskaya-solnechnaya-elektrostanciya-perovo-4-taya-po-mosch>. – 20.03.2021.
4. Solarsystems.msk.ru: он-лайн справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://solarsystems.msk.ru/areas/projects/119/>. – 23.03.2021.
5. Solarsystems.msk.ru: он-лайн справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://solarsystems.msk.ru/areas/projects/117/>. – 25.03.2021.
6. Krymology.info: он-лайн справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://krymology.info/index.php/Охотниково\\_\(электростанция\)](http://krymology.info/index.php/Охотниково_(электростанция)). – 27.03.2021
7. Krymology.info: он-лайн справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://krymology.info/index.php/Охотниково\\_\(электростанция\)](http://krymology.info/index.php/Охотниково_(электростанция)). – 28.03.2021.
8. Ozlib.com: он-лайн справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ozlib.com/830023/tehnika/struktura\\_sostav\\_oborudovaniya\\_fotoelektrstantsiy](https://ozlib.com/830023/tehnika/struktura_sostav_oborudovaniya_fotoelektrstantsiy). – 29.03.2021.
9. Newchemistry.ru: он-лайн справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=8236](http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=8236). – 02.04.2021
10. Ecotechnica.com: он-лайн справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/5236-sozdany-skladyvayushchiesya-popolam-solnechnye-batarei.html>. – 07.04.2021.
11. A-contract.ru: он-лайн магазин [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

- па: <https://a-contract.ru/produkcija/pechatnye-platy/vidy-pechatnykh-plat/slozhnye-pechatnye-platy/gibkie-pechatnye-platy/>. – 11.04.2021.
12. Invertor.ru: он-лайн статья [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.invertor.ru/mppt.php>. 15.04.2021.
13. Tze.ru: он-лайн магазин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tze1.ru/articles/detail/svintsovo-kislotnye-akkumulyatory/>. – 15.04.2021
14. Kuvalda.ru: он-лайн магазин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kuvalda.ru/blog/articles/polz/kak-ustroen-litij-ionnyy-akkumulyator.html>. – 16.04.2021.
15. Energotrade.su: он-лайн справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energotrade.su/accumulator/plumbum-acb.htm>. – 22.04.2021.
16. Vseinstrumenti.ru: он-лайн магазин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vseinstrumenti.ru/electrika-i-svet/avt-i-uz/avtomaticheskie-vyklyuchateli/odnopolyusnye/>. – 24.04.2021.
17. Mastech.ru: он-лайн магазин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mastech.ru/catalog/mult/mas830b.html>. – 16.05.2021.
18. NI.com: он-лайн руководство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ni.com/pdf/manuals/322072c.pdf>. – 22.05.2021
19. NI.com: он-лайн руководство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ni.com/pdf/manuals/320999e.pdf>. – 27.05.2021.
20. Nkj.ru: он-лайн справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/723/>. – 01.06.2021.
21. Coal-liza.livejournal.com: онлайн статья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://coalliza.livejournal.com/53251.html#:~:text=Использование%2C%20отработавшие%20свое%20солнечные%20модули,до%2048%2C5%20млн%20тонн.> – 01.06.2021.