Содержание

[Аннотация 3](#_Toc92884591)

[Лист технического задания 4](#_Toc92884592)

[Введение 5](#_Toc92884593)

[1. Обзор рынка 6](#_Toc92884594)

[2. Разработка устройства 8](#_Toc92884595)

[2.1 Структурная схема прибора и её описание 8](#_Toc92884596)

[2.2 Структура алгоритма программы для прибора 8](#_Toc92884597)

[2.3 Источник питания и общее потребление 10](#_Toc92884598)

[2.4 Дисплей 13](#_Toc92884599)

[2.5 Модуль датчика влажности и температуры 13](#_Toc92884600)

[2.6 Микроконтроллер 14](#_Toc92884601)

[2.7 Модуль ESP-01S 15](#_Toc92884602)

[2.8. Разработка конструктива корпуса 16](#_Toc92884603)

[3. Расчет стоимости 17](#_Toc92884604)

[Заключение 23](#_Toc92884605)

[Список литературы 24](#_Toc92884606)

# Аннотация

В данной работе рассматривается задача разработки датчика для замера температуры и влажности с последующей отправкой данных по Wi-Fi с помощью модуля ESP-01S, либо отображении этих данных на встроенном OLED дисплее.

Составляется структурная и принципиальная схема устройства, производится подбор элементной базы, трассировка, размещение элементов на плате, создание прототипа корпуса прибора, а также сравнение с уже имеющимися прототипами на рынке и с серийными аналогами.

# Лист технического задания

1. Прибор – устройство для замера температуры и влажности;

2. Назначение – измерение температуры и влажности окружающей среды;

3. Тип датчика или сенсора – датчик измерения температуры и влажности;

4. Тип микроконтроллера – MSP430F2112;

5. АЦП – измерение напряжения аккумулятора для контроля разряда;

6. Устройство ввода – кнопки;

7. Устройство вывода – OLED дисплей;

8. Интерфейс связи с ПК – Wi-Fi;

9. Тип питания – автономное;

10. Габариты устройства не должны превышать 80 мм х 36 мм х 27 мм (ШВГ);

# Введение

С помощью датчика температуры и влажности можно обеспечить комфортные условия в доме, потому что его показатели помогут вовремя проветривать комнаты, регулировать отопительную систему. В настоящее такие датчики используются в жилых и нежилых помещениях. Под целевым назначением нежилого помещения обычно понимается вид деятельности, для ведения которой будет использовано данное помещение, например: торговые, производственные, складские, офисные, медицинские, образовательные и спортивные помещения. К жилым помещениям относятся: жилой дом, квартира или комната.

Датчик – небольшая микросхема, которая оснащена термистором и емкостным определителем влажности. Эти элементы и определяют влажность и температуру воздуха.

Датчики температуры и влажности широко применяются на различных промышленных предприятиях. Этот прибор используются для автоматизации и диспетчеризации, различного рода помещений и теплиц, а также технологических процессов. В настоящее время часто используется в системе «Умный дом». С их помощью происходит измерение температуры и влажности в системах автоматического контроля и регулировка технологических процессов. Их задача состоит в получении данных об измеряемой величине, преобразовании и передаче полученных сигналов.

В рамках данного курсового проекта разрабатывается устройство измерения температуры и влажности с возможностью передачи данных по беспроводному каналу связи и возможностью индикации текущих показаний на встроенном OLED дисплее, выполненном на основе модулей AHT20 (датчик температуры и влажности), ESP-01S (Wi-Fi модуль) и WEA012864MX (дисплейный модуль фирмы «Winstar»).

# 1. Обзор рынка

Существует широкий спектр приборов для измерения температуры и влажности как проводных, так и работающих от батареек или аккумуляторов. Некоторые модели имеют особенности, такие как: беспроводное подключение к автоматическому регулированию климата в помещении, оповещение о изменении микроклимата на телефон или с помощью звукового сигнала, отображение даты и времени. Для сравнения с разработанным устройством были выбраны три модели датчиков, которые приведены в таблице 1. Модели подобраны по следующим характеристикам: имеют низкую стоимость, обладают базовым функционалом.

**Таблица 1 – Сравнение приборов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** | Xiaomi Mijia Bluetooth Hygrothermograph 2 | Xiaomi MiJia Miaomiaoce E-Ink | Thermo TA318 |
| **Вид** | Метеостанция Xiaomi Mijia Bluetooth Hygrothermograph 2, белый | Метеостанция Xiaomi MiJia Miaomiaoce E-Ink, белый | Метеостанция Thermo TA318 с выносным датчиком 1,5 м |
| **Цена, руб.** | 565 | 1140 | 970 |
| **Диапазон измерения температуры** | -9-60° C | -0 - 60° C | -50 +70 |
| **Диапазон измерения влажности** | 0-99.9% | - | - |
| **Питание** | автономное | автономное | автономное |
| **Тип элемента питания** | CR2032 | CR2032 | AAA |
| **Расположение датчика** | Внутреннее | Внутреннее | Выносной |
| **Точность измерения температуры** | - | 0.3° C | - |
| **Точность измерения влажности** | - | 3% | - |
| **Беспроводной интерфейс** | Bluetooth 4.2 BLE | Отсутствует | Отсутствует |
| **Дополнительные функции** | синхронизация со смартфоном | - | - |

Большинство моделей на рынке представлены с дополнительными функциями. Прибор, разработанный в данном проекте, обладает только функциями измерения температуры и влажности и их дальнейшей отправкой по беспроводному каналу связи. Из-за того, что данное устройство будет являться штучным или мелкосерийным изделием, то стоимость будет гораздо выше, чем у массовых приборов такого же функционала.

# 2. Разработка устройства

Согласно техническому заданию, датчик температуры и влажности был разработан на базе модуля с датчиком температуры и влажности AHT20, OLED дисплея и модуля ESP-01S, которые подключены к микроконтроллеру MSP430F2112.

# 2.1 Структурная схема прибора и её описание

Устройство состоит из платы обработки с контроллером MSP430F2112, к которой подключены датчик AHT20, дисплейный модуль и Wi-Fi модуль ESP-01S. Структурная схема представлена на рисунке 1. Питание осуществляется от аккумулятора.

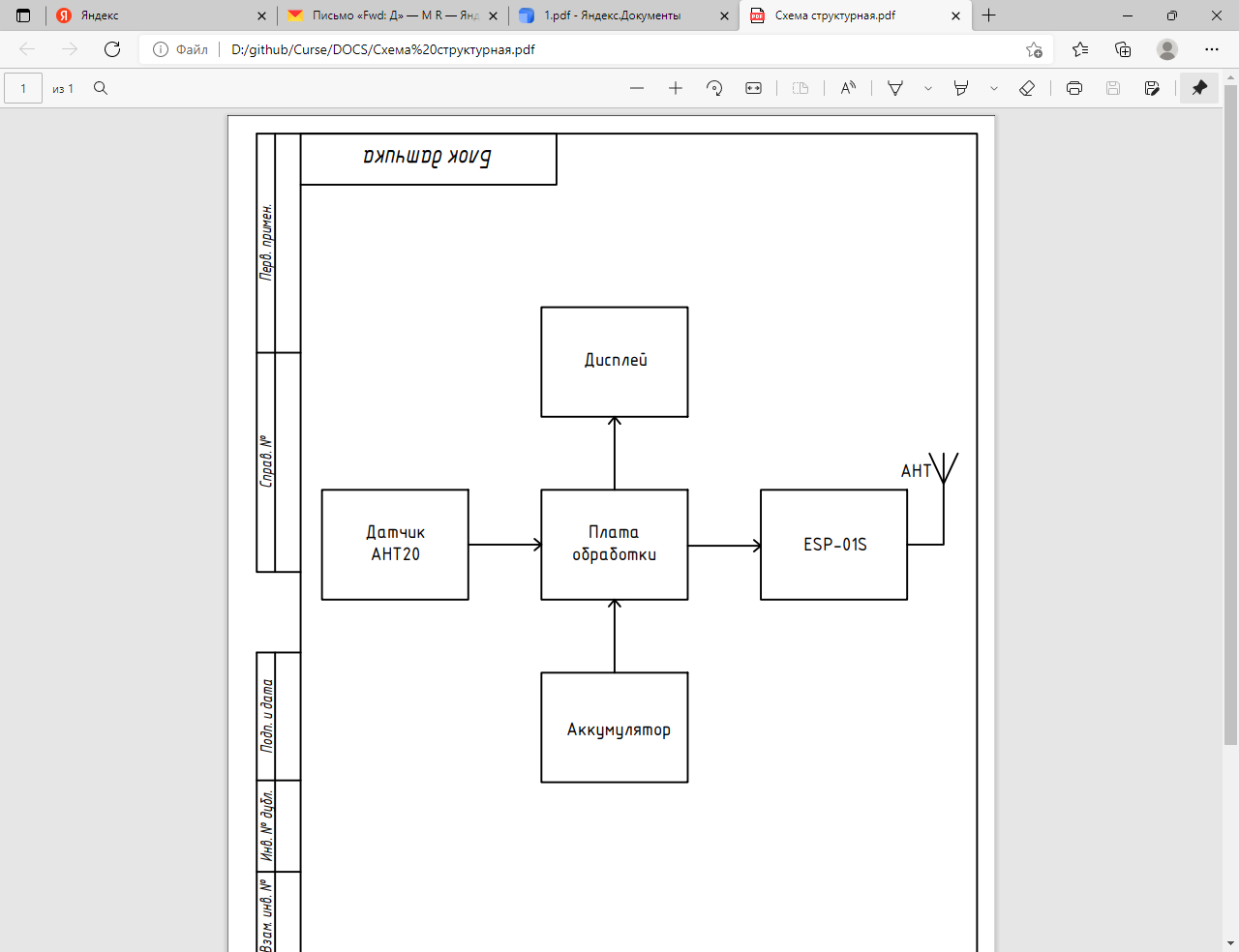


Рис. 1. Структурная схема устройства

# 2.2 Структура алгоритма программы для прибора

Большую часть времени устройство находится в режиме сна для экономии энергии. По таймеру один раз в минуту микроконтроллер опрашивает датчик температуры и влажности, и отправляет их на ПК по беспроводному каналу связи с помощью модуля ESP-01S. Также микроконтроллер периодически замеряет напряжение на аккумуляторе с помощью АЦП и, при низком напряжении, отправляет сигнал о низком заряде по беспроводному каналу связи. Также, при нажатии на кнопку происходит отображение текущих показаний на OLED дисплее в течение 10 секунд. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 2.

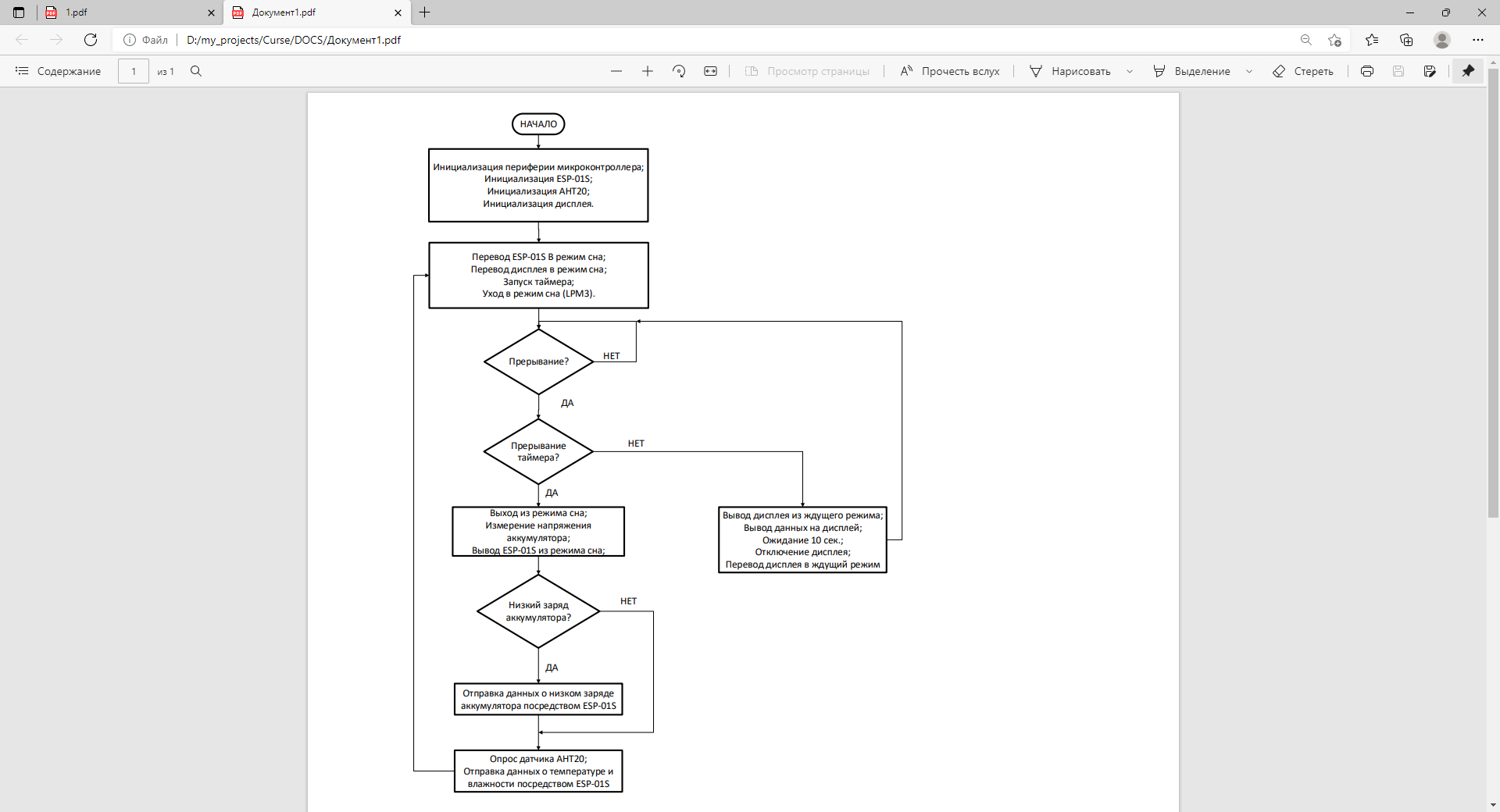


Рис. 2. Блок-схема алгоритма

# 2.3 Источник питания и общее потребление

Устройство питается с помощью литий-полимерного аккумулятора типоразмера 803040. В схеме предусмотрена возможность осуществлять зарядку аккумулятора через Micro USB разъём. Для этого в схеме (Рис. 3) присутствует микросхема для заряда BQ21040 «Texas Instruments» (DA2), а также защита от переразряда и перезаряда с помощью микросхемы BQ29737 «Texas Instruments» (DA1) и транзисторной сборки BUK9K5R1-30E «Nexperia». Микросхема DA1 замеряет напряжение аккумулятора и при слишком низком или слишком высоком напряжении отключает его от цепи для предотвращения нанесения ущерба аккумулятору.

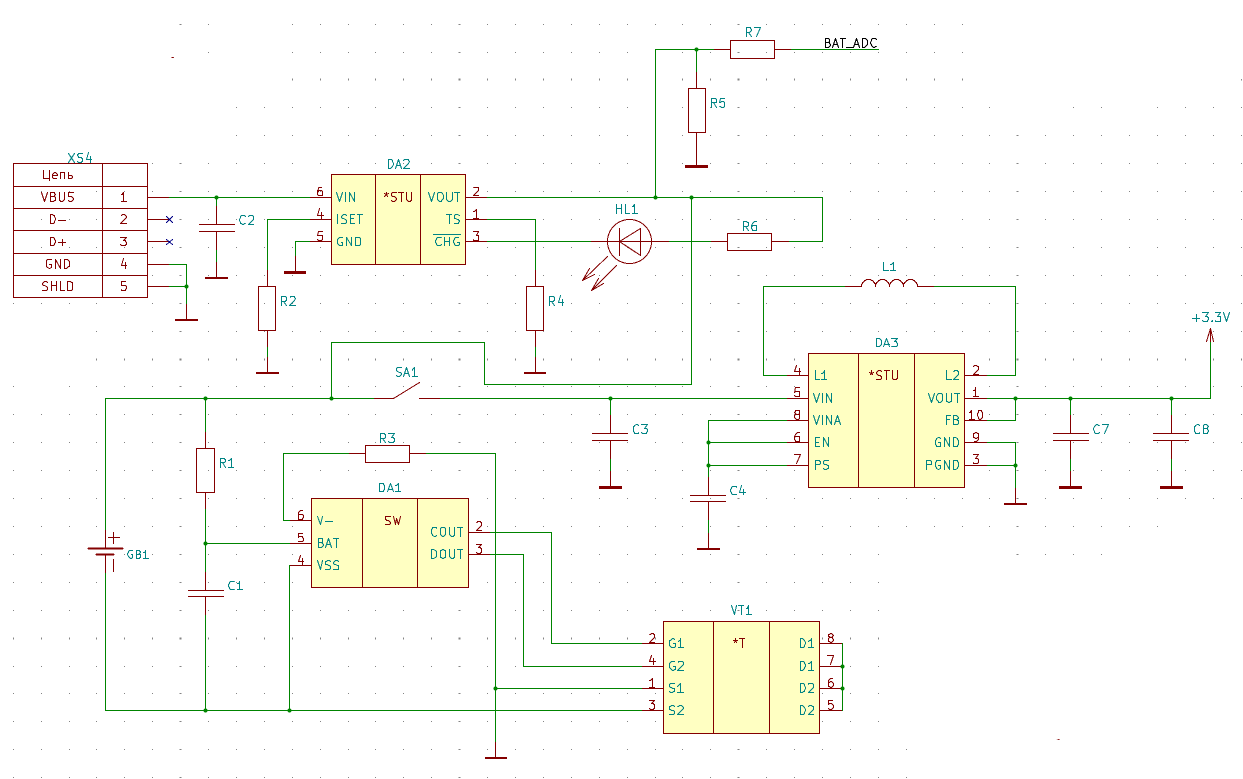


Рис. 3. Схема питания

За формирование рабочего напряжения 3,3 В отвечает микросхема TPS63061 «Texas Instruments» (DA3). TPS63061 представляют собой решение для питания от трех- и шестиэлементных щелочных, никель-кадмиевых или никель-металлгидридных аккумуляторов, а также одноэлементных или двухэлементных литий-ионных или литий-полимерных аккумуляторов. Выходные токи могут достигать 2 А при использовании двухэлементной литий-ионной или литий-полимерной батареи и разряжаться до 5 В или ниже. Понижающе-повышающий преобразователь основан на контроллере с фиксированной частотой и широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), использующем синхронное выпрямление для достижения максимальной эффективности. При низких токах нагрузки преобразователь переходит в режим энергосбережения, чтобы поддерживать высокий КПД в широком диапазоне токов нагрузки. Режим энергосбережения можно отключить, заставив преобразователь работать на фиксированной частоте переключения. Максимальный средний ток в ключах ограничен типичным значением 2,25 А. Выходное напряжение программируется с помощью внешнего резисторного делителя или фиксируется внутри микросхемы[ссылка].

Основные потребители энергии:

1. Микроконтроллер MSP430F2112;
2. Дисплейный модуль WEA012864MX;
3. Wi-Fi модуль ESP-01S;
4. Модуль измерения температуры и влажности AHT20.

**Потребление MSP430F2112.** Основную часть времени контроллер находится в режиме энергосбережения (LPM3), в котором потребление составляет примерно 0,8 мкА при напряжении питания 3,3 В, с периодическим выходом в активный режим, в котором потребление составляет 450 мкА при напряжении питания 3,3 В. Среднее потребление при нахождении в активном режиме 10 секунд каждую минуту составит 45,72 мкА при напряжении питания 3,3 В.

**Потребление модуля ESP-01S.** По аналогии с MSP430 модуль ESP-01S находится в режиме сна, выходя из него только для передачи данных. В режиме сна потребление составляет 20 мкА при напряжении питания 3,3 В. В активном режиме при мощности передатчика 20 мВт (13 дБм) потребление составляет 120 мА при напряжении питания 3,3 В. В активный режим передатчик переходит раз в минуту и находится в нём в среднем одну секунду благодаря чему среднее потребление составит 2,05 мА при напряжении питания 3,3 В.

**Потребление модуля AHT20.** В режиме бездействия потребление составляет не более 250 нА при напряжении питания 3,3 В. В режиме измерения потребление составляет 23 мкА при напряжении питания 3,3 В. Режим измерения длится 80 мс и производится один раз в минуту. Среднее потребление при этом составит примерно 280 нА при напряжении питания 3,3 В.

**Потребление дисплейного модуля WEA012864MX.** В режиме ожидания драйвер дисплея SSD1306 потребляет не более 10 мкА при напряжении питания 3,3 В. В активном режиме дисплейный модуль потребляет 15 мА при напряжении питания 3,3 В при 50% заполнении дисплея. Так как периодическое включение дисплея отсутствует, то среднее потребление составляет 10 мкА при напряжении питания 3,3 В.

Данные о потреблении основных элементов представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Потребления основных элементов**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Потребитель** | **Потребление в ждущем режиме при напряжении 3,3 В, мА** | **Потребление в активном режиме при напряжении 3,3 В, мА** | **Среднее потребление при напряжении 3,3 В, мА** | **Среднее потребление, мВт** |
| MSP430F2112 | 0,0008 | 0,45 | 0,0457 | 0,151 |
| ESP-01S | 0,02 | 120 | 2,02 | 6,7 |
| AHT20 | 0,00025 | 0,023 | 0,0003 | 0,0008 |
| WEA012864MX | 0,01 | 15 | 0,01 | 0,033 |

Таким образом примерное среднее потребление устройства составляет примерно 6,85–7 мВт.

Предполагается использование литий-полимерного аккумулятора 803040-950 ёмкостью 950 мА/ч и номинальным напряжением 3.7 В, или 3,515 Вт/ч. Без учёта саморазряда аккумулятора и в случае соответствия номинальной ёмкости время автономной работы устройства от одного заряда составит примерно 513 часов или 21 день и 9 часов в случае измерения и передачи данных один раз в минуту. Время автономной работы можно увеличить путём увеличения интервала измерения и передачи данных. При этом максимальное потребление тока может составить примерно 136 мА при напряжении питания 3,3 В.

# 2.4 Дисплей

Дисплейный модуль WEA012864MX «Winstar» (Рис. 4) построен на базе OLED дисплея и драйвера SSD1306 [ссылка]. Дисплей подключается к шине I2C.



Рис. 4. Дисплейный модуль WEA012864MX

# 2.5 Модуль датчика влажности и температуры

Плата модуля содержит датчик температуры и относительной влажности AHT20 и его обвязку (рисунок 5). Датчик выдает цифровые сигнала в стандартном формате I2C. AHT20 оснащен микросхемой, улучшенным полупроводниковым емкостным датчиком влажности и стандартным встроенным датчиком температуры.

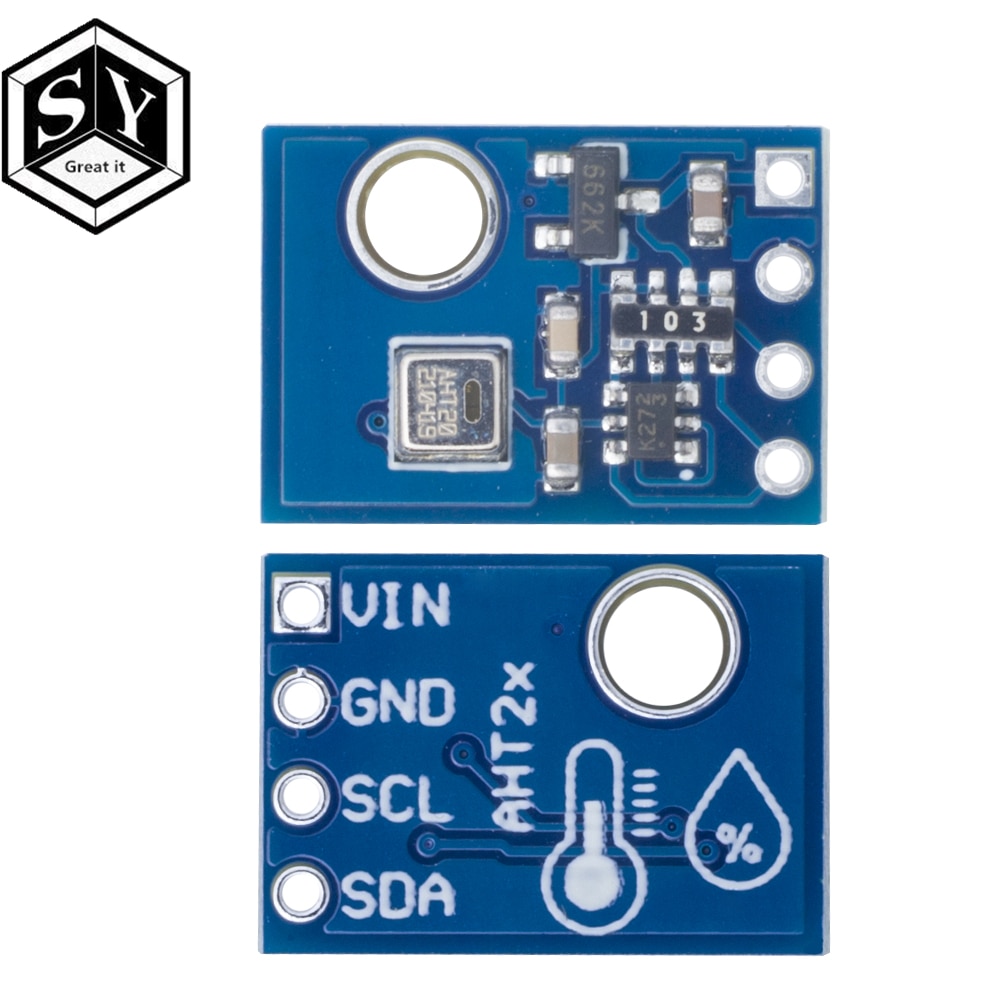


Рис. 5. Модуль датчика АНТ20

Технические характеристики[ссылка]:

1. Потребляемый ток – 23 мкА (в режиме измерения), в режиме покоя: 0,25 мкА;
2. Напряжение питания: 2–5,5 В;
3. Измеряет влажность в диапазоне от 0% до 100%. Погрешность может составлять до 2%;
4. Измеряет температуру в интервале от -40 до 85 °C (точность – 0,3 °C)

# 2.6 Микроконтроллер

Для обработки информации и взаимодействия со всеми элементами устройства был выбран микроконтроллер MSP430F2112 «Texas Instruments» (рисунок 6).

Данный микроконтроллер имеет следующие характеристики [ссылка]:

1. Диапазон напряжения питания: от 1,8 до 3,6 В;
2. Сверхнизкое энергопотребление (Активный режим: 250 мкА при 1 МГц, 2,2 В; Режим ожидания: 0,7 мкА);
3. Сверхбыстрый выход из режима ожидания менее чем за 1 мкс;
4. 10-битный аналого-цифровой преобразователь со скоростью 200 тыс/с с внутренним эталоном, выборкой и хранением, автосканированием и контроллером передачи данных;
5. Универсальный последовательный интерфейс связи (UART, SPI, I2C);
6. 2 КБ + 256 Б флэш-памяти и 256 байт ОЗУ.

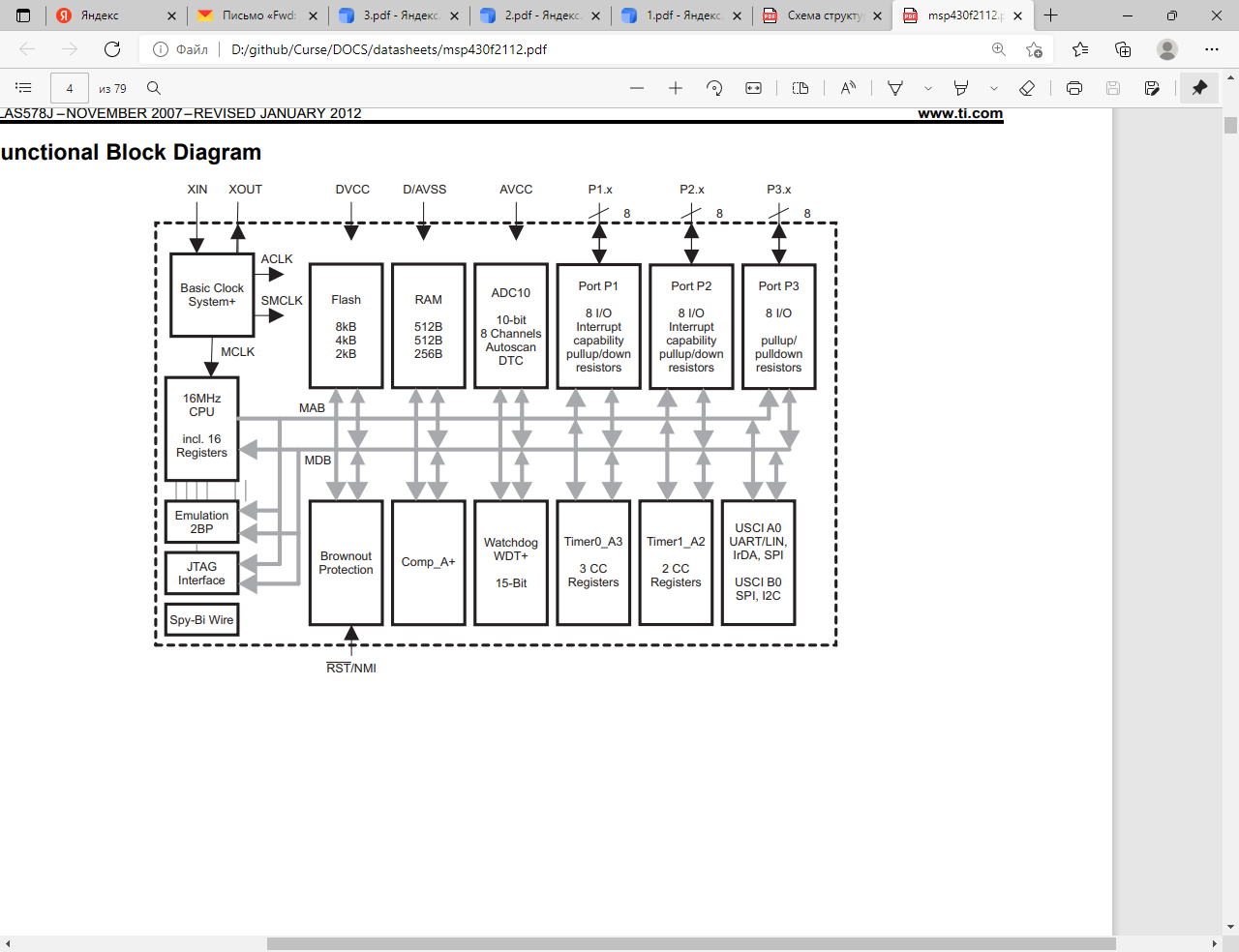


Рисунок 6 – Блок-схема микроконтроллера MSP430F2112

Разъёма программирования на плате не предусмотрено, так как предполагается, что программа будет записываться на этапе изготовления.

# 2.7 Модуль ESP-01S

ESP-01S — плата-модуль WiFi на базе популярного чипсета ESP8266EX (Рис. 7). На борту платы находится микросхема Flash-памяти объёмом 2 МБ, чип ESP8266EX, кварцевый резонатор, два индикаторных светодиода и микрополосковая антенна на верхнем слое печатной платы. Flash-память необходима для хранения программного обеспечения. При каждом включении питания, ПО автоматически загружается в чип ESP8266EX [ссылка].

По умолчанию модуль настроен на работу через «AT-команды». Управляющая плата посылает команды — Wi-Fi модуль выполняет соответствующую операцию.

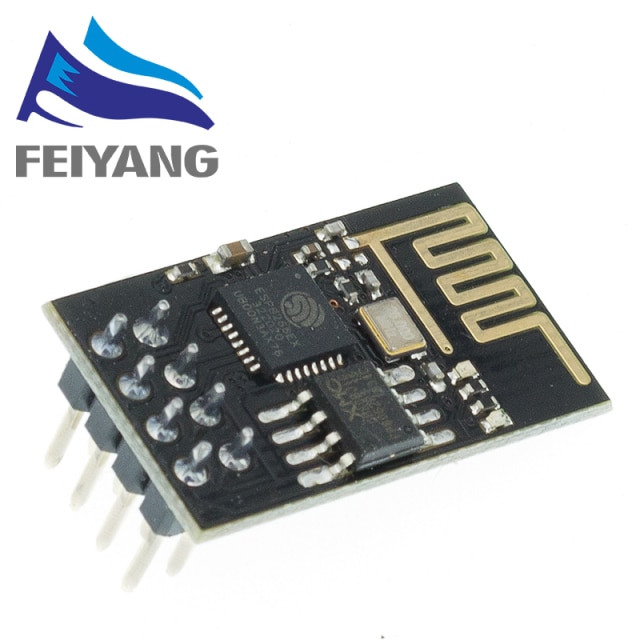


Рис. 7. Модуль ESP-01S

# 2.8. Разработка конструктива корпуса

Плату с размещенными на ней элементами необходимо поместить в корпус (Рис. 8). Для изготовления корпуса датчика температуры и влажности выбран АБС-пластик. АБС-пластик – ударопрочная техническая термопластическая смола на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. Этот вид пластмассы является нетоксичным и ударостойким. Предполагается использовать пластмассу белого цвета. Чертёж корпуса представлен в приложении ?.

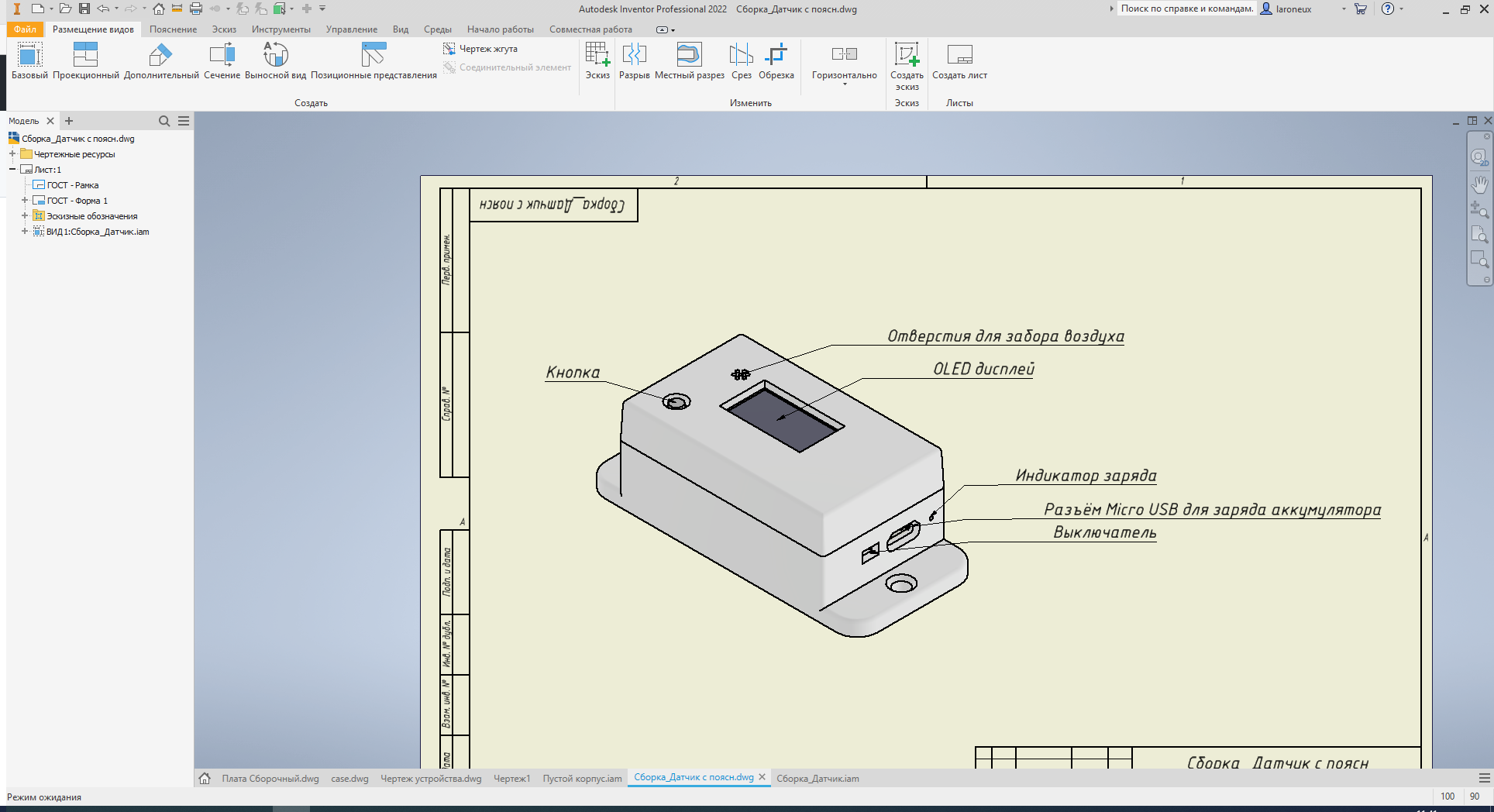


Рис. 8. Корпус

# 3. Расчет стоимости

Была рассчитана стоимость одного изделия из расчёта штучного производства и производства партии в 1000 штук.

Информация о стоимости ЭРИ взята с сайтов «Чип и Дип» (https://www.chipdip.ru/), «ДКО Электронщик» (https://www.electronshik.ru/) и «АлиЭкспресс» (https://aliexpress.ru/). Данные о стоимости ЭРИ представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Стоимость ЭРИ**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** | **Кол-во** | **Цена для 1 изделия** | **Цена для 1000 изделий** | **Итого для 1 изделия** | **Итого для 1000 изделий** | **Примечаиние** |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| Кварцевый резонатор 32.768 kHz 03215C2 | 1 | 68,00 | 50,00 | 68 | 50000 | Чип и Дип |
| 0.1 мкФ-NP0-50В ±10% 0603 | 3 | 12,00 | 2,00 | 36 | 6000 | Чип и Дип |
| 1 мкФ-NP0-16В ±10% 0805 | 1 | 8,00 | 2,60 | 8 | 2600 | Чип и Дип |
| 10 мкФ-NP0-16В ±5% 0805 | 3 | 10,00 | 4,20 | 30 | 12600 | Чип и Дип |
| 2200 пФ-NP0-50В ±5% 0603 | 1 | 3,00 | 0,77 | 3 | 770 | Чип и Дип |
| BQ21040 | 1 | 232,02 | 114,58 | 232,02 | 114580 | ДКО Электронщик |
| BQ29737 | 1 | 48,34 | 16,86 | 48,34 | 16860 | ДКО Электронщик |
| MSP430F2112IPW | 1 | 110,00 | 137,70 | 110 | 137700 | ДКО Электронщик |
| TPS63031 | 1 | 126,00 | 126,00 | 126 | 126000 | ДКО Электронщик |
| TO-1608BC-MRE | 1 | 8,00 | 8,00 | 8 | 8000 | Чип и Дип |
| **Продолжение таблицы 3** | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| VLS252010CX-1R5M-1 | 1 | 59,65 | 32,79 | 59,65 | 32790 | ДКО Электронщик |
| 1,0 кОм ±1% 0603 | 1 | 3,00 | 0,48 | 3 | 480 | Чип и Дип |
| 1,5 кОм ±5% 0603 | 1 | 3,00 | 0,48 | 3 | 480 | Чип и Дип |
| 10 кОм ±5% 0603 | 5 | 3,00 | 0,48 | 15 | 2400 | Чип и Дип |
| 100 кОм ±5% 0603 | 1 | 3,00 | 0,48 | 3 | 480 | Чип и Дип |
| 2,2 кОм ±5% 0603 | 1 | 3,00 | 0,48 | 3 | 480 | Чип и Дип |
| 330 Ом ±5% 0603 | 1 | 3,00 | 0,48 | 3 | 480 | Чип и Дип |
| 47 кОм ±5% 0603 | 1 | 3,00 | 0,48 | 3 | 480 | Чип и Дип |
| 510 Ом ±5% 0603 | 6 | 3,00 | 0,48 | 18 | 2880 | Чип и Дип |
| PCM12SMTR | 1 | 72,50 | 56,00 | 72,5 | 56000 | ДКО Электронщик |
| 2-1977223-9 | 1 | 60,09 | 23,72 | 60,09 | 23720 | ДКО Электронщик |
| BUK9K5R1-30E | 1 | 44,87 | 42,07 | 44,87 | 42070 | ДКО Электронщик |
| DS-1023 - 2x4 | 1 | 4,12 | 2,76 | 4,12 | 2760 | ДКО Электронщик |
| DS-1023 - 1x4 | 2 | 1,70 | 1,30 | 3,4 | 2600 | ДКО Электронщик |
| 47346-0001 | 1 | 20,00 | 15,20 | 20 | 15200 | ДКО Электронщик |
| Аккумулятор LP803040 | 1 | 398,84 | 398,84 | 398,84 | 398840 | АлиЭкспресс |
| ESP-01S | 1 | 78,69 | 78,69 | 78,69 | 78690 | АлиЭкспресс |
| AHT20 | 1 | 78,69 | 78,69 | 78,69 | 78690 | АлиЭкспресс |
| WEA012864MX | 1 | 437,08 | 334,96 | 437,08 | 334960 | ДКО Электронщик |

Стоимость ЭРИ при изготовлении одного экземпляра составит 1978 рублей 29 копеек. Стоимость ЭРИ при изготовлении 1000 штук составит 1549590 рублей или 1549 рублей 59 копеек за штуку.

Стоимость изготовления печатных плат в Китае (сервис PCBWay) составит 6307 рублей 91 копейку с учётом доставки при изготовлении одного экземпляра (рис. 9).

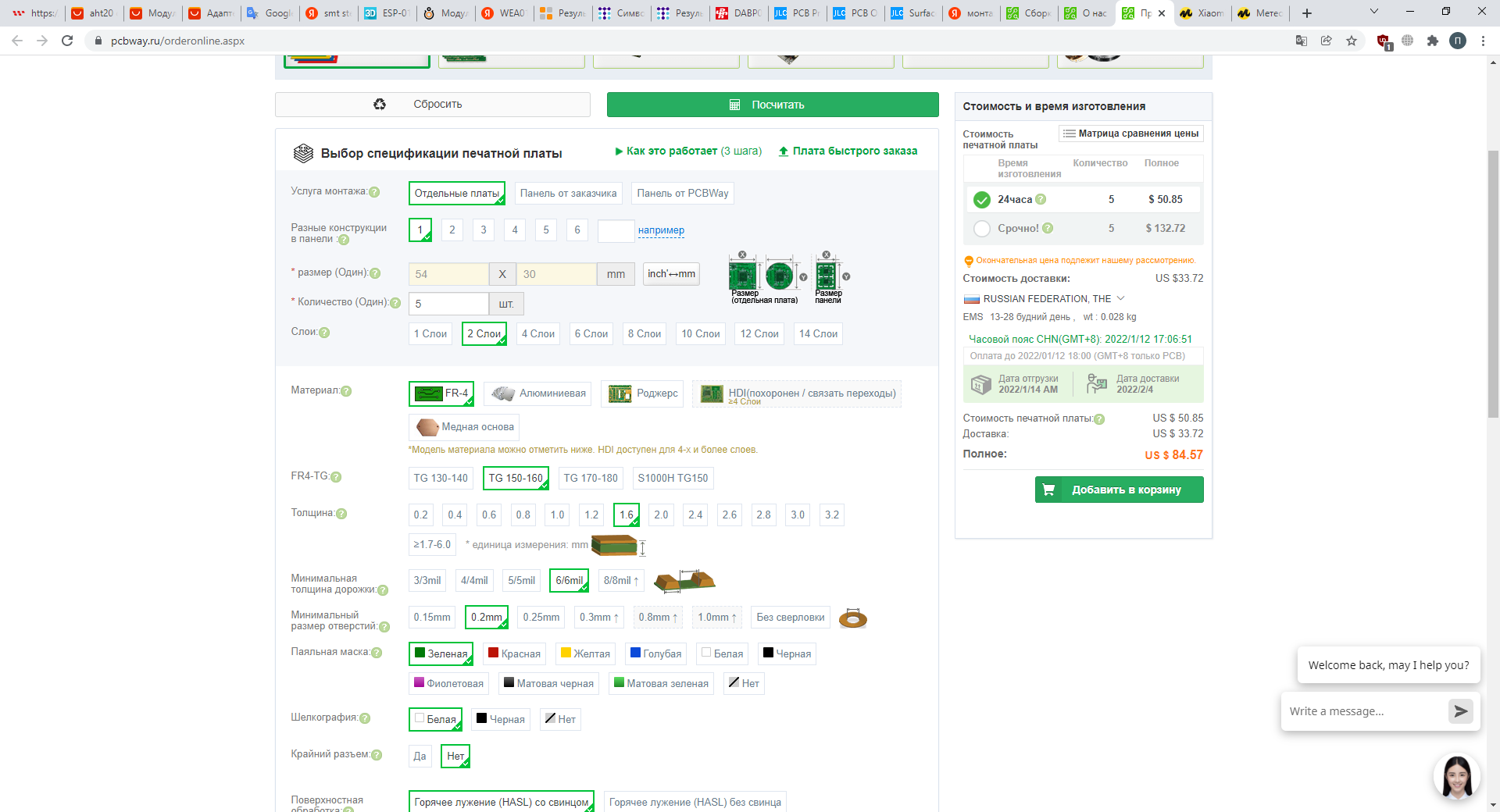


Рис. 9. Расчёт стоимости печатных плат для штучного изготовления

При изготовлении 1000 шт стоимость составит 28597 рублей 4 копейки с учётом доставки или 28 рублей 60 копеек за штуку (рис. 10).

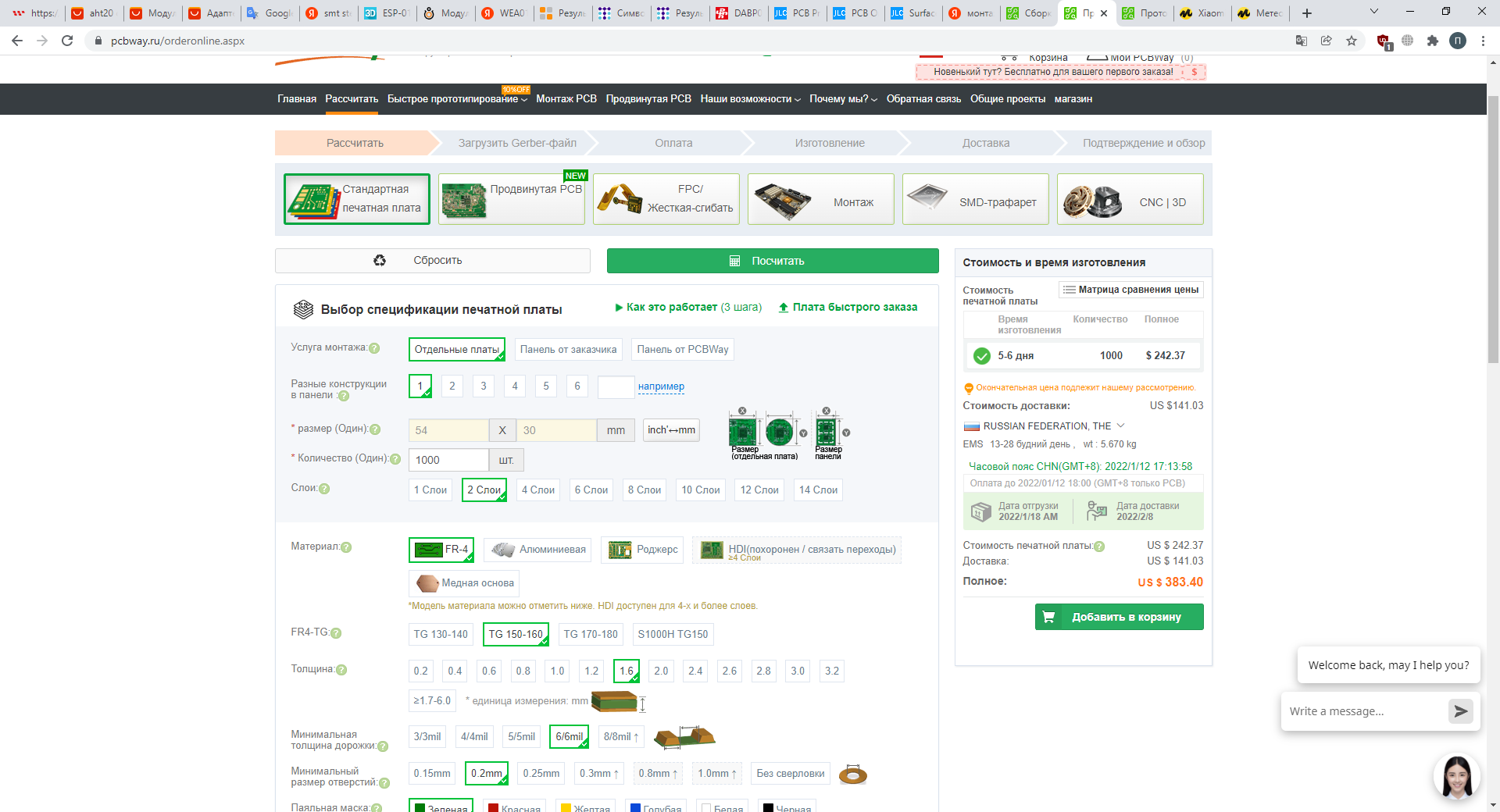


Рис. 10. Расчёт стоимости печатных плат для изготовления 1000 шт.

Стоимость монтажа одной платы составит 2237 рублей 64 копейки (рис. 11).

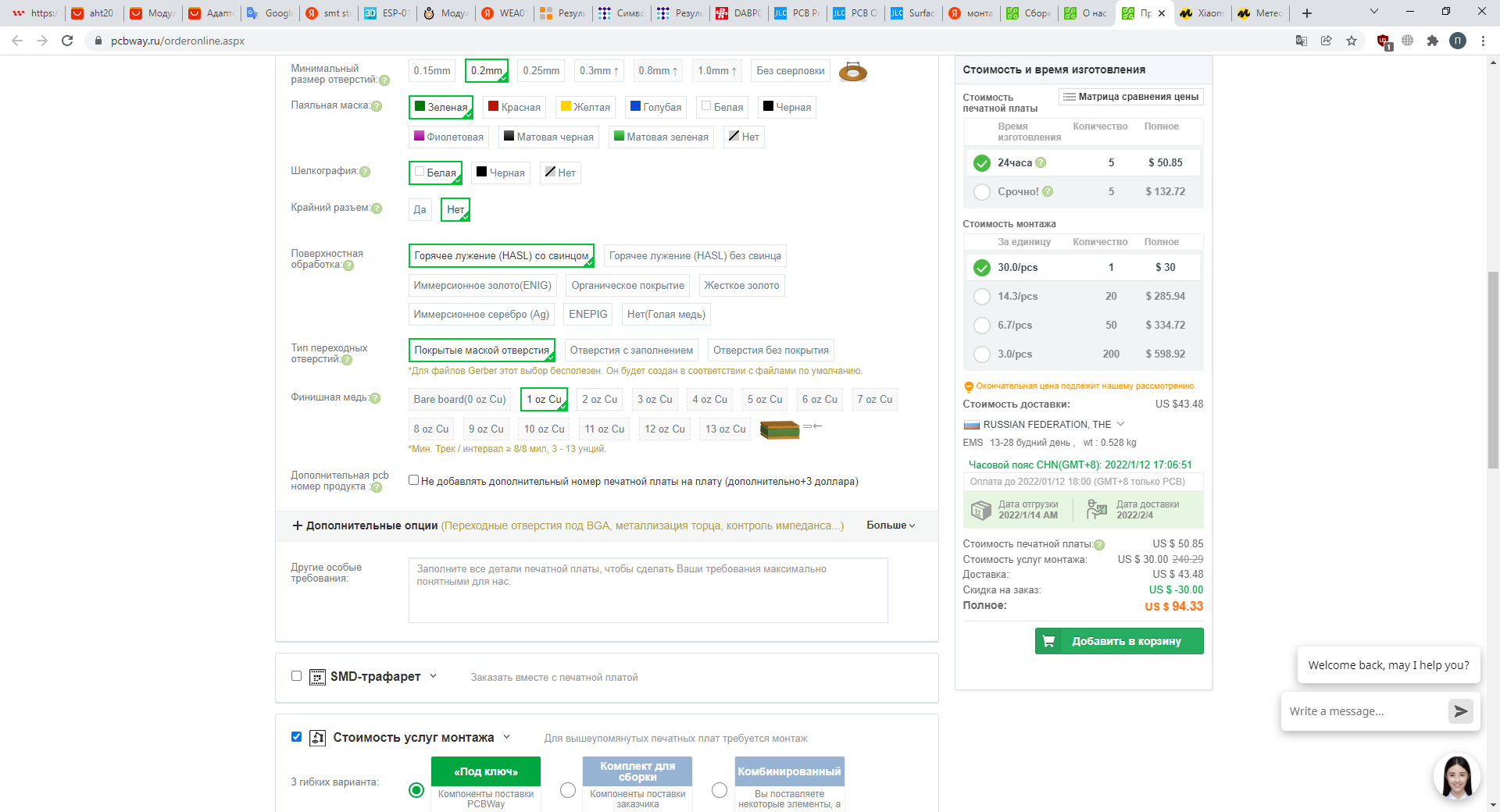


Рис. 11. Расчёт стоимости монтажа одной печатной платы

Стоимость монтажа 1000 штук составит 82409 рублей 30 копеек или 82 рубля 41 копейка за штуку (рис. 12).

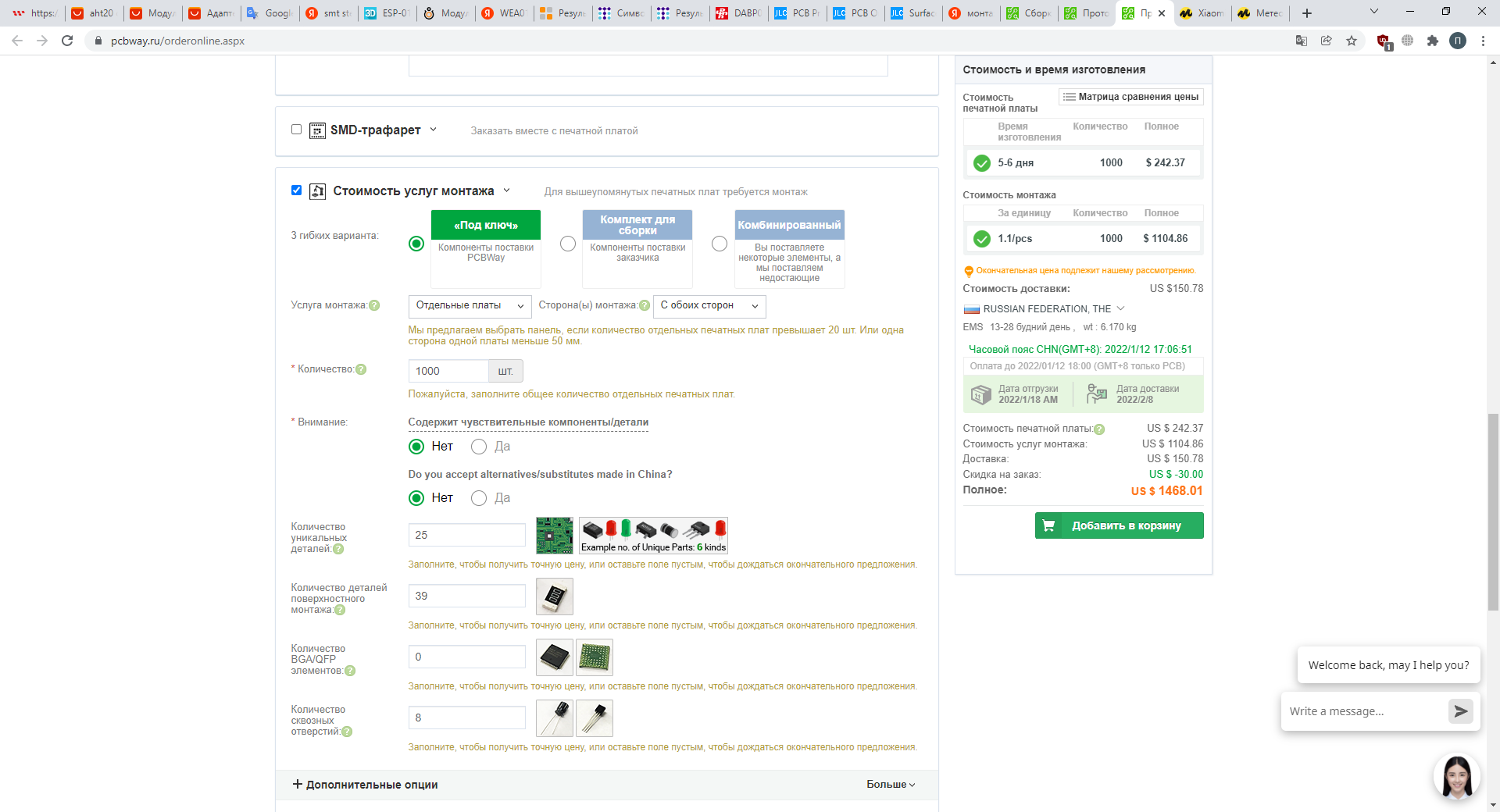


Рис. 12. Расчёт стоимости монтажа 1000 печатных плат

Изготовление одного корпуса обойдётся в 1570 рублей 19 копеек  (рис. 13).

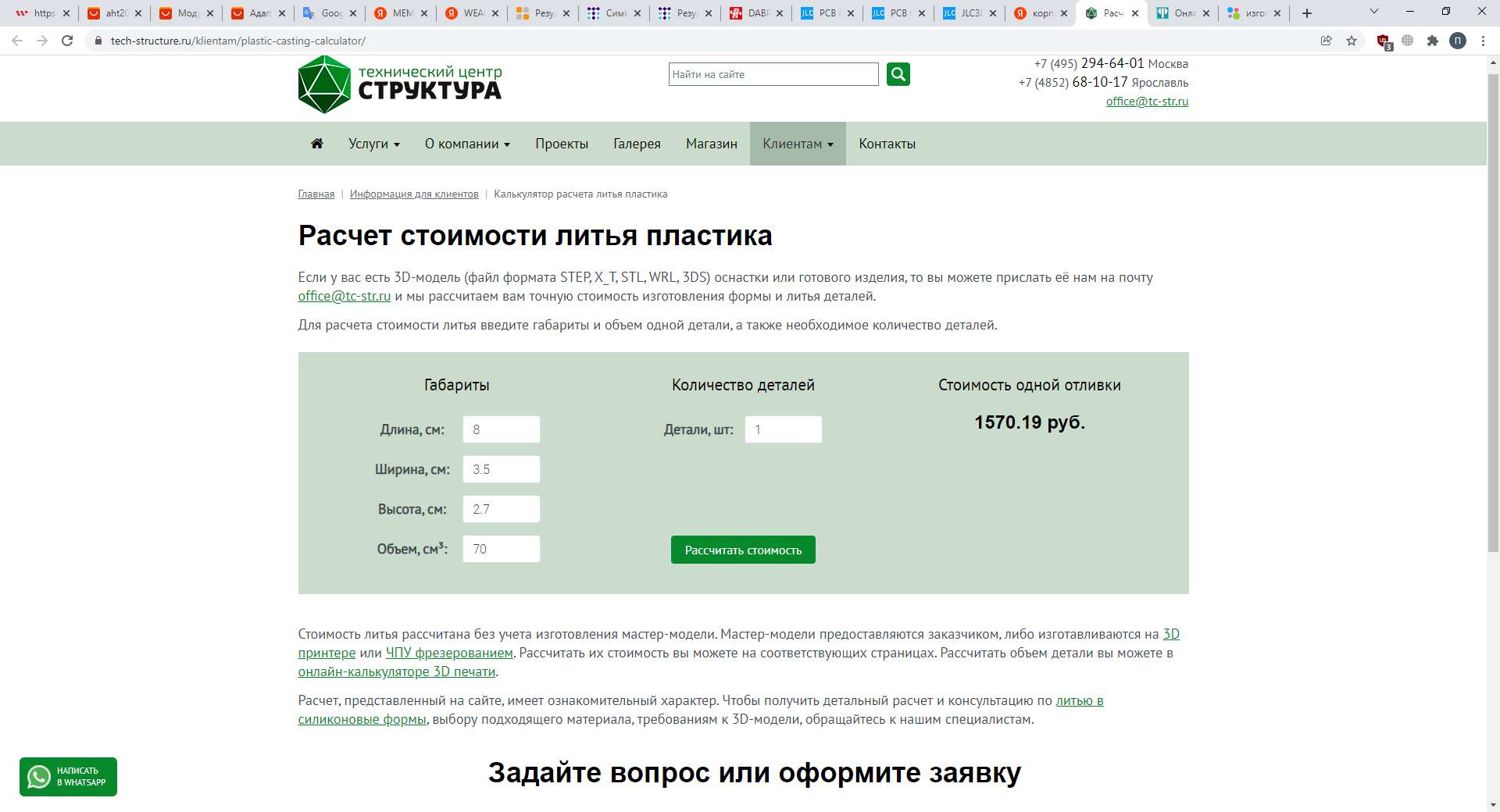


Рис. 13. Расчёт стоимости изготовления одного корпуса

Изготовление 1000 корпусов обойдётся в 258050 рублей или 258 рублей 5 копеек за штуку (рис. 14).

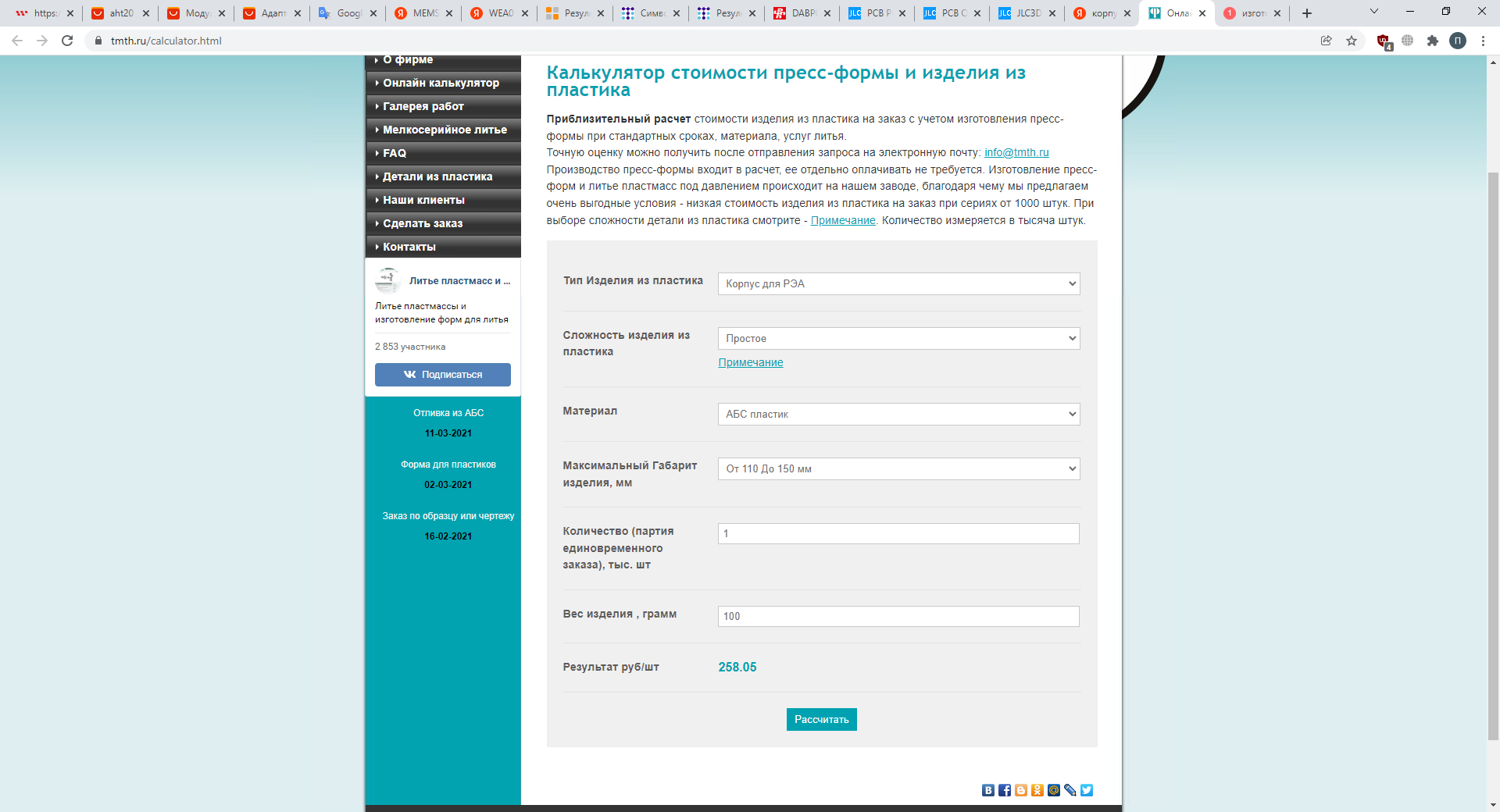


Рис. 14. Расчёт стоимости изготовления 1000 корпусов

Упаковочный материал, а именно коробка картонная и защита из пенопласта будут стоить 17 и 8 рублей соответственно.

По полученным данным была сведена таблица стоимости изготовления устройства (таблица 4).

**Таблица 4 – Стоимость изготовления**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид затрат** | **Стоимость для штучного изготовления, руб** | **Стоимость для изготовления 1000 штук, руб** |
| ЭРИ | 1978,29 | 1549590 |
| Печатные платы | 6307,91 | 28597,04 |
| Монтаж | 2237,64 | 82409,30 |
| Корпус | 1570,19 | 258050 |
| Упаковка | 25 | 25000 |

Итого затраты на изготовление одного экземпляра устройства составляют 12119 рублей 3 копейки. Затраты на изготовление 1000 единиц составляют 1943646 рублей 34 копейки или 1943 рубля 65 копеек.

# Заключение

В ходе данного курсового проекта был разработан прибор — устройство измерения температуры и влажности. Разработана структурная схема устройства, принципиальная электрическая схема, схема печатной платы, схема предполагаемого корпуса разработанного устройства. Проведен расчет стоимости устройства и анализ аналогов, уже существующих на рынке.

Разработанное в ходе курсового проекта устройство получилось существенно дороже существующих на рынке аналогов. Также при использовании модульной системы значительно выросли габариты устройства

# Список литературы

