# Кофеварка обеспечивает выполнение следующих функций

* Реализация возможности управления через WEB-интерфейс
* Управление режимами работы с помощью аппаратных и/или программных кнопок
* Настройка параметров, сохраняемых во флеш-памяти кофеварки
* Аппаратный и программный сброс параметров кофеварки
* Измерение и отображение температуры в зоне нагрева и в зоне, максимально близкой к месту пролива
* Управление нагревателем с целью поддержания рабочей температуры группы и бойлера в различных режимах
* Автоматическое отключение нагрева по истечении таймаута
* Бустер пара (постоянный нагрев и циклическая подкачка микрообъёмов воды в бойлер при включённом режиме пара и открытом кране пара)
* Определение и отображение уровня воды в танкере, сигнализация о недостаточном её уровне, предотвращение завоздушивания входной магистрали помпы
* Подсветка рабочей зоны и танкера в зависимости от событий и состояний
* Звуковая сигнализация событий и состояний
* Тарирование и взвешивание закладки
* Измерение и отображение веса напитка во время пролива
* Измерение и отображение времени пролива
* Автоматический пролив до достижения веса напитка, определённого соответствующим параметром или массой закладки
* Измерение и отображение расхода воды при проливе, определение на его основе режима пролива (холостой или боевой)
* Настраиваемый автоматический сброс давления в бойлере или группе (в зависимости от конкретной реализации клапана) по окончании боевого пролива
* Подключение к существующей WiFi-сети
* Создание собственной точки доступа (AP) и реализация Captive Portal для автоматического запуска стартовой страницы
* Диагностика работоспособности исполнительных устройств
* Обновление прошивки по воздуху и через расширитель порта (в т.ч. в режиме «принудительной» прошивки)

## Режимы работы устройства

#### «Ожидание»

Все кнопки управления - экранные и аппаратные, а также помпа - отключены. Если включён нагрев, достигается и поддерживается температура приготовления эспрессо (определяется параметром «Температура бойлера для эспрессо» в Настройках)

#### «Пролив»

Нажата аппаратная или/и экранная кнопка пролива, работает помпа. Если величина расхода воды позволяет определить, что пролив боевой, и определён параметр «Пролив до достижения веса» (либо на странице подготовки к работе был установлен переключатель «Автопролив до ХХХ г»), при достижении установленного веса происходит автоматический переход в режим «Ожидание»

#### «Пар»

Нажата аппаратная или/и экранная кнопка пара. Если включен нагрев, достигается и поддерживается температура парообразования (определяется параметром «Температура бойлера для пара» в Настройках)

#### «Кран»

Паровой кран открыт до срабатывания концевого датчика

#### «Бустер»

Одновременно нажата аппаратная или/и экранная кнопка пара и паровой кран открыт до срабатывания концевого датчика. Если включен нагрев, достигается и поддерживается повышенная на 10°C температура парообразования. Через 10 секунд после активации режима начинается циклическая подкачка небольших объёмов воды для компенсации испарения. Используется для длительного создания мощного пара при взбивании молока

#### «Дренаж»

Одновременно нажата аппаратная или/и экранная кнопка пролива и паровой кран открыт до срабатывания концевого датчика. Используется для охлаждения группы и бойлера после работы в режиме «Пар» или «Бустер», а также при заполнении гидросистемы устройства водой

#### «Диагностика»

Позволяет проверить работоспособность исполнительных устройств (помпы, клапана сброса давления, динамика, нагревателя, подсветки танкера и рабочей зоны)

## WEB-интерфейс

WEB-интерфейс обеспечивает управление кофеваркой, отображение информации о режиме её работы и настройку параметров.

WEB-интерфейс реализован в виде 4 страниц:

* Подготовка к работе
* Панель управления
* Настройки
* Диагностика

### Подготовка к работе

Является стартовой страницей, автоматически отображаемой браузером мобильного устройства с помощью технологии Captive Portal при подключении к точке доступа кофеварки. Также доступна по адресу http://xxx.xxx.xxx.xxx, где xxx.xxx.xxx.xxx – IP адрес собственной точки доступа кофеварки (обычно 192.168.4.1) или IP адрес устройства в сети WiFi (отображается в списке WiFi-сетей на странице Настроек в случае, если кофеварка в данный момент подключена к данной сети).

Предполагает совершение подготовительных действий для приготовления напитка: взвешивания закладки и (опционально) установки целевого веса для автоматического окончания пролива.

Кнопка «Тара» позволяет сбросить текущие показания встроенных весов.

Поле «Закладка» отображает текущий вес на весах. Поле «Вес напитка при BR = 2» автоматически определяет целевой вес напитка исходя из того, что коэффициент экстракции (отношение массы напитка к массе закладки, Brew Ratio, BR) равен классической величине «2».

Кнопка «Автопролив до ХХ.Х г» позволяет запрограммировать автоматическое окончание боевого пролива при достижении целевого веса за вычетом упреждающего веса, учитывающего «докапывание» после выключения пролива (зависит от реализации клапана сброса давления, может быть изменён на странице настройки параметров).

Кнопки в нижней части страницы позволяют перейти к Панели управления и Настройкам.

### Панель управления

Основная страница для работы с устройством. При переходе на неё автоматически включается нагрев. Также доступна по адресу http://xxx.xxx.xxx.xxx/cpSSE.html, где xxx.xxx.xxx.xxx – IP адрес собственной точки доступа кофеварки (обычно 192.168.4.1) или IP адрес устройства в сети WiFi (отображается в списке WiFi-сетей на странице Настроек в случае, если кофеварка в данный момент подключена к данной сети).

Поле «Бойлер/Группа,°C» отображает информацию о температуре в точке нагрева («Температура бойлера», используется ПИД-регулятором для управления нагревателем) и в зоне, максимально близкой к месту пролива («Температура группы», даёт представление о возможности проведения качественной экстракции).

Поле «Режим» отображает текущее состояние кофеварки.

Поле «Вес, г / Время, с» отображает текущий вес приготовляемого напитка (автоматически обнуляется при начале пролива) и время пролива.

Экранные кнопки «Пролив» и «Пар» позволяют управлять режимом работы кофеварки.

Кнопка «Тара» позволяет выполнить принудительное обнуление текущего веса напитка.

Кнопка «Стоп» отключает нагрев и отправляет пользователя на страницу подготовки к работе.

Кнопка «Настройки» позволяет перейти на страницу Настройки параметров.

### Настройки

Позволяет управлять параметрами, влияющими на работу кофеварки. Также доступна по адресу http://xxx.xxx.xxx.xxx/stngsSSE.html, где xxx.xxx.xxx.xxx – IP адрес собственной точки доступа кофеварки (обычно 192.168.4.1) или IP адрес устройства в сети WiFi (отображается в списке WiFi-сетей на странице Настроек в случае, если кофеварка в данный момент подключена к данной сети).

#### Описание параметров:

«Автоматически начинать нагрев при включении» - при установке переключателя нагрев включается автоматически при включении кофеварки, а не только при переходе на страницу Панели управления.

«Температура бойлера для эспрессо» - определяет температуру в зоне нагрева, используемую в качестве целевой ПИД-регулятором при нагреве и поддержании температуры в режиме приготовления эспрессо. Следует понимать, что эта температура не равна температуре пролива, она всегда несколько выше неё, и косвенно на неё влияет.

«Пролив до достижения веса» - установка значения параметра в диапазоне 18…60 г позволяет автоматически останавливать боевой пролив при достижении на весах установленной величины за вычетом упреждающего веса, учитывающего «докапывание» после выключения пролива (см. параметр «Упреждающий вес»). При установке переключателя «Автопролив до ХХ.Х г» на странице подготовки параметр игнорируется.

«Упреждающий вес» - параметр для заблаговременного отключения автоматического пролива. Позволяет учесть «докапывание» при различной реализации клапана сброса давления. В общем случае рекомендуется значение около 5 грамм, если клапан сбрасывает давление в бойлере, и порядка 1-2 грамм, если клапан сбрасывает давление в группе.

«Температура бойлера для пара» - определяет температуру в зоне нагрева, используемую в качестве целевой при нагреве и поддержании температуры в режиме приготовления Пара или Бустера.

«Продолжительность сброса давления» - время открытия клапана сброса давления в бойлере. Увеличение значения может отрицательно влиять на качество парообразования при последующем переходе в режим пара.

«Таймаут авто-отключения нагрева» - время бездействия, по истечении которого будет автоматически отключён нагрев и приглушено освещение.

«Имя точки доступа» - SSID точки доступа, создаваемой кофеваркой.

«Пароль точки доступа» - пароль для подключения к точке доступа, создаваемой кофеваркой.

«Подключение к сетям» - создание, редактирование и удаление пар значений «SSID» - «пароль» для подключения кофеварки к существующим WiFi-сетям.

Кнопка «OK» применяет сделанные настройки и возвращает пользователя на исходную страницу.

Кнопка «Отмена» отменяет сделанные настройки (кроме настроек списка Wi-Fi сетей, которые применяются сразу) и возвращает пользователя на исходную страницу.

Кнопка «Диагностика» под спойлером в верхней части страницы позволяет перейти на страницу диагностики.

### Диагностика

Страница также доступна по адресу http://xxx.xxx.xxx.xxx/check.html, где xxx.xxx.xxx.xxx – IP адрес собственной точки доступа кофеварки (обычно 192.168.4.1) или IP адрес устройства в сети WiFi (отображается в списке WiFi-сетей на странице Настроек в случае, если кофеварка в данный момент подключена к данной сети).

Переключатели «Помпа», «Динамик», «Свет танкера», «Клапан», «Нагрев» и «Свет группы» позволяют включать/отключать соответствующие исполнительные устройства.

Кнопка «Стоп» отключает нагрев и отправляет пользователя на страницу подготовки к работе.

Кнопка «Старт» включает нагрев и отправляет пользователя на страницу панели управления.

## Значения параметров по умолчанию

* Автоматически начинать нагрев при включении: ВЫКЛ.
* Температура бойлера для эспрессо: 113
* Температура бойлера для пара: 135
* Пролив до достижения веса: 0
* Упреждающий вес: 5
* Продолжительность сброса давления: 4
* Таймаут авто-отключения нагрева: 30
* Имя точки доступа: CoffeeAP
* Пароль точки доступа: Up2DownAP
* Подключение к сетям: Пустой список

## Программный сброс параметров

Для выполнения процедуры сброса параметров на значения по умолчанию нажмите кнопку «Сброс» под спойлером на странице Настроек. Появится запрос на подтверждение. В случае согласия произойдёт сброс параметров на значения по умолчанию с последующей перезагрузкой устройства.

## Аппаратный сброс параметров

Если в результате настройки параметров пользователь утратит возможность удалённого взаимодействия с кофеваркой, можно выполнить процедуру «жёсткого» (аппаратного) сброса параметров.

Для выполнения процедуры аппаратного сброса необходимо:

* Выключить кофеварку
* Не включая питания, включить аппаратные кнопки «Пролив» и «Пар»
* Включить питание кофеварки. Устройство загрузится в режиме сброса параметров, о чём будет свидетельствовать длинный гудок и периодическое мигание освещения рабочего стола
* Нажать и удерживать не менее 5 секунд микро-кнопку на тыльной части устройства
* Воспроизведение короткого звукового сигнала и прекращение мигания освещения означает успешный сброс параметров. Микро-кнопку можно отпустить
* Выключить кнопки «Пролив» и «Пар», затем выключить и снова включить питание кофеварки. Произойдёт загрузка устройства со значениями параметров по умолчанию

## Алгоритм работы нагревателя

Для управления нагревателем используется отдельная задача RTOS, реализующая следующие состояния:

* Отсутствие нагрева
* Режим достижения и поддержания температуры эспрессо
* Режим достижения и поддержания температуры пара
* Бустер пара

### Отсутствие нагрева

Флаг необходимости нагрева сброшен, реле отключено, программный ПИД-регулятор остановлен.

### Режим эспрессо

Режим переключения определяется программным ПИД-регулятором исходя из текущей температуры в зоне нагрева («температура бойлера») и уставки, величина которой, в свою очередь, зависит от температуры в зоне пролива («температура группы»):

|  |  |
| --- | --- |
| **Температура группы, °C** | **Уставка ПИД-регулятора, °C** |
| < 80 | Температура бойлера для эспрессо + 3 |
| 81 … 85 | Температура бойлера для эспрессо |
| 86 … 93 | Температура бойлера для эспрессо – 3 |
| > 93 | 98 |

Такой алгоритм позволяет плавно, без «перелётов» выйти на рабочий режим и поддерживать температуру в заданном диапазоне. «Магическое число» 98 при этом не позволяет перегреть группу, хотя некоторое пользователи могут счесть себя обделёнными в части свободы экспериментов.

При начале пролива алгоритм работы нагревателя изменяется: ПИД-регулятор останавливается, а вместо него переключение происходит в режиме «ВКЛ-ВЫКЛ» в зависимости от результата сравнения температуры группы с «магическим числом» 95.

Фактически в этом случае через несколько секунд после начала пролива включается постоянный нагрев, что позволяет компенсировать теплопотери от поступающей из танкера холодной воды, т.е. достижение термостабильности при проливе обеспечивается за счёт высокой энерговооружённости бойлера (отношения объёма бойлера к мощности нагревателя), а не за счёт тепловой инерционности, как в кофеварках с большим объёмом бойлера.

### Режим пара

ПИД-регулятор отключен, переключение происходит в режиме «ВКЛ-ВЫКЛ» в зависимости от результата сравнения температуры бойлера с величиной параметра «Температура бойлера для пара».

### Бустер пара

ПИД-регулятор отключен, переключение происходит в режиме «ВКЛ-ВЫКЛ» в зависимости от результата сравнения температуры бойлера с величиной «10 + значение параметра «Температура бойлера для пара».

Параллельно в этой же задаче реализовано отсроченное на 10 секунд периодическое кратковременное включение помпы для компенсации испарения воды в бойлере.

## Алгоритм работы устройства контроля уровня воды в танкере

Для измерения применяется лазерный дальномер малого радиуса действия, измеряющий расстояние до плоского поплавка на поверхности воды. Полученное расстояние в миллиметрах усредняется методом скользящего среднего с величиной выборки 16.

Далее полученный результат вычитается из 130 («магическое число», полученное эмпирическим путём), что даёт величину, близкую к проценту заполнения танкера. Отрицательные величины при этом приравниваются к 0, величины больше 100 – к 100. Полученное значение выводится в WEB-интерфейс и используется для реализации алгоритма сигнализации о недостаточном уровне воды и предотвращения завоздушивания входной магистрали помпы:

* Если уровень воды в режиме Ожидания меньше или равен 10, переход в режим Пролива становится невозможен
* Если в режиме Пролива уровень воды становится равен 0, пролив останавливается

В обоих случаях срабатывает звуковая и световая сигнализация, предупреждая пользователя о необходимости пополнения запаса воды.

Следует учитывать, что нулевая величина уровня воды не означает полного отсутствия воды в танкере. Число «130» подобрано с таким расчётом, чтобы при «нулевом» уровне в танкере оставалось ещё как минимум 150 мл воды.

## Обновление прошивки

Прошивку устройства и содержимое файлового раздела можно обновлять как удалённо (при наличии Wi-Fi-соединения), так и с использованием проводного соединения с использованием гнезда USB Type C на задней панели устройства.

### Обновление по воздуху

Для выполнения процедуры обновления по воздуху нужно зайти на страницу по адресу http://xxx.xxx.xxx.xxx/update, где xxx.xxx.xxx.xxx – IP адрес собственной точки доступа кофеварки (обычно 192.168.4.1) или IP адрес устройства в сети WiFi (отображается в списке WiFi-сетей на странице Настроек в случае, если кофеварка в данный момент подключена к данной сети).

На странице обновления нужно выбрать тип обновления («OTA Mode»): прошивка («Firmware») или содержимое файлового раздела («LittleFS/SPIFFS»), и затем нажать кнопку выбора файла прошивки для указания на соответствующий файл. После выбора файла загрузка начнётся автоматически. По окончании загрузки устройство автоматически перезагрузится.

### Проводное обновление

Обновление производится обычным для среды Arduino способом при работе с конкретной платой. Соединение нужно производить с полностью выключенной кофеваркой.

В случае, если устройство по каким-либо причинам не может соединиться с компьютером (например, в результате циклической перезагрузки из-за некорректной инициализации и т.п.), можно ввести контроллер платы в режим принудительной загрузки (Boot Mode). Для этого нужно вынуть USB-кабель из устройства, зажать микро-кнопку на задней панели и снова вставить кабель. Плата устройства перейдёт в режим Boot Mode.