

Open ArdBir

Руководство Пользователя

Версия 2.6.62

Перевод на русский язык samara.brewing@gmail.com

Задачей проекта, описанного в данном руководстве, является автоматизация процесса и программы затираания для производства зернового (all grain) пива с использованием однобаковой системы.

“Open ArdBir” в большой степени вдохновлён оригинальным проектом “Braudino” авторства Стефена Матисона (Stephen Mathison), который затем был развит и модифицирован Майком Уилсоном (Mike Wilson) под названием “Mike’s Brewery”.

Микроконтроллер “Arduino Uno”, как и в оригинальном проекте, является сердцем процесса автоматизации и может быть использован как в полностью автоматическом, так и в ручном режиме. Контроллер автоматизирует все фазы от затираания зерна до кипячения сусла, это включает любые требуемые добавления хмеля. Контроллер предоставляет все эти возможности лёгким удобочитаемым и логичным способом – как для начинающих, так и для опытных домашних пивоваров. Система взаимодействует и может быть запрограммирована при помощи 4 кнопок, а ЖКИ в качестве обратной связи даёт всю значимую информацию, которая нужна пользователю во всех фазах – используется ли это во время конфигурирования или работы системы. Проект “Original Braudino” был разработан для подключения Температурного Датчика; Твёрдотельного Реле для управления ТЭНом; Реле Помпы; Звукового Сигнала; вместе с ЖК-дисплеем и 4 кнопками. На этот оригинальный проект мы ссылались выше как на то, что было развито и модифицировано Майком Уилсоном (Mike Wilson).

С аппаратной точки зрения код должен адаптироваться для поддержки правильного отображения на ЖК-дисплее 16x2 или 20x4. Эта опция конфигурируется внутри скетча. Чтобы подключить один либо другой дисплей, пользователю следует модифицировать скетч в Arduino IDE, найдя в качестве строки поиска (Ctrl+F) LCD* и затем применив указанные ниже изменения в обеих частях:

```
// SETTING LCD*****
// Select your LCD
// LANGUAGE ITA
#include "LCD16x2_ITA.h"
//#include "LCD20x4_ITA.h"
// LANGUAGE ENG
//#include "LCD16x2_ENG.h"
//#include "LCD20x4_ENG.h"
...
// SETTING LCD*****
lcd.begin(16,2);
// lcd.begin(20,4);
```

Пользователю следует удалить // перед операторами **#include** и **lcd.begin** для правильного размера ЖКИ и добавить // перед ненужным размером ЖКИ.

Более того, таким же образом возможно выбрать итальянский или английский язык, модифицируя первый раздел LCD.

Ту же процедуру следует повторить для выбора версии аппаратной части платы контроллера. Нужная часть для этого типа установок — следующая:

```
// SETTING PCB*****
// Select your PCB Version
#include "Pcb_Braudino_DanielXan.h"
//#include "Pcb_Braudino_Original.h"
```

Наконец, для правильной компиляции скетча требуются некоторые обязательные дополнительные библиотеки. Эти библиотеки можно легко скачать с [официального сайта Arduino](#):

- [OneWire](#)
- [PID_v1](#)

Для помощи в работе с Arduino рекомендуем книгу Michael Margolis – "Arduino Cookbook", второе издание. Она составлена как сборник базовых рецептов – что хотим достичь, как это сделать-соединить-написать скетч. Есть на трекерах в pdf-формате.

Про поддержку русского языка. Мы подготовили файл с переводом всех сообщений на русский язык, аналогично имеющимся итальянскому/английскому/испанскому. Но большая часть продаваемых дисплеев не содержит кириллических символов – и поддержка русского языка делается переопределением восьми пользовательских символов экрана на наиболее часто употребляемые русские буквы, остальные берутся из латинского языка (например, в библиотеках [mk90](#), [RoboCraft](#), [Wolf4D](#)). К сожалению, проект ArdBir сам переопределяет эти 8 символов для своих целей: символы градусов Цельсия/Фаренгейта, SetPoint, помпа обычная/инверсная, ТЭН обычный/инверсный, язык. Поэтому для получения русского нужно искать дисплей исполнения с кодировкой в кириллице (фирмы МЭЛТ/WinStar/SunLight/ForData и т.д.; у экранов WinStar последние буквы должны быть CP или CT, погуглите картинку "LCM coding system") – либо довольствоваться английским или транслитерацией.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:

Первым шагом, который нужно выполнить для гарантирования правильной работы системы, является конфигурирование системы и сброс EEPROM для правильного управления хранением рецептов. Пожалуйста, прочтите соответствующий раздел для правильного конфигурирования параметров.

Давайте рассмотрим пошаговое конфигурирование, взятое из меню дисплея и нажимных кнопок:

0.0 – Стартовый Дисплей



Это загрузочный экран ArdBir. Чтобы войти в нужное меню, нужно удерживать соответствующую кнопку в течение, по меньшей мере, двух секунд.

В конце и РУЧНОГО, и АВТОМАТИЧЕСКОГО процесса пользователь всегда возвращается в это начальное меню. То же происходит, когда пользователь выходит из меню КОНФИГУРАЦИЯ.

UP	----
DOWN	Ручная Программа
START	Автоматическая Программа
ENTER	Конфигурация Системы

1.0 – Конфигурация Системы



Пользователь может войти в меню конфигурирования, удерживая кнопку ENTER в течение 2 секунд.

Это меню позволяет пользователю задать все базовые параметры и конфигурации, которые определяют финальное поведение системы пивоварения.

Меню конфигурирования даёт пользователю доступ к:

- параметрам PID
- параметрам блока
- настройкам автоматического процесса
- управлению рецептами
- информации об авторах

Для перемещения по меню используются кнопки UP и DOWN, выбор осуществляется кнопкой ENTER.

UP	Скроллинг под-меню
DOWN	Скроллинг под-меню
START	Выход из меню КОНФИГУРАЦИЯ
ENTER	Подтвердить выбор

1.1 – Параметры P.I.D.



Первый раздел меню относится к настройке параметров PID. В этом меню задаются необходимые константы, которые влияют на управляющий алгоритм PID – таким образом задаётся управление ТЭНом. Также возможно настроить выходную мощность ТЭНа во время фазы кипения и калибровку температурного датчика.

Подробнее:

Constant P	-100...100	Пропорциональная часть алгоритма управления PID
Constant I	-100...100	Интегральная часть алгоритма управления PID
Constant D	-100...100	Дифференциальная часть алгоритма управления PID
Window ms	1000...7500	Временное управляющее окно PID в миллисекундах
PWM %	0%...100%	Процент, в течение которого во время кипения на ТЭН подаётся напряжение
Calibration	-5,00°...5,00°	Калибровка сдвига температурного датчика (шаг 0.10°)

UP	Увеличить параметр
DOWN	Уменьшить параметр
START	----
ENTER	Подтвердить выбор
UP+DOWN	Выход из меню PID

Обратите внимание, что тонкая настройка параметров PID выходит за пределы данного руководства пользователя, и множество факторов, относящихся к системе пивоварения, может повлиять на оптимальные параметры. За более детальным объяснением управляющего алгоритма PID пожалуйста [обратитесь к википедии](#).

Простой метод получения лёгкой калибровки PID алгоритма предлагает установить в 0 значения K_i и K_d и постараться тонко настроить только K_p , что позволяет ПИД приблизиться так близко к заданной точке, как это возможно, пытаясь минимизировать разницу между текущей температурой и заданной точкой. В дальнейшем возможно настраивать K_i и K_d , учитывая, что:

- Если изменяемая температура переходит за заданную точку – уменьшайте K_p и увеличивайте K_d .
- Если нужно слишком много времени, чтобы контроллер достиг заданной точки – увеличивайте K_i .
- В случае постоянной ошибки ниже заданной точки – увеличивайте K_i .

1.2 – Параметры системы



В этом разделе можно конфигурировать общие системные параметры и глобальные переменные, которые повлияют на поведение системы полного цикла. Обычно эти настройки специфичны для пивоварения и должны выполняться один раз. Некоторые опции взаимозависимы, так что не все значения всегда доступны к выбору – некоторые правила целостности и валидации применяются автоматически.

Temperature Unit Единицы измерения температуры	°C/°F	Можно выбрать Цельсий или Фаренгейт
Sensor Датчик	Internal / External Внутренний / Внешний	Параметр должен быть установлен в соответствии с физическим местоположением датчика. Internal означает, что температурный датчик находится внутри ёмкости – в то время как External означает, что датчик внешний, в рециркуляционном контуре (возле помпы). Этот выбор будет влиять на поведение помпы.
Boiling Кипение	90°...105°C 194°...210°F	Параметр задаёт точку кипения. Он автоматически устанавливается в обеих единицах измерения.
Pump Cycle Цикл помпы	5...15 минут	Параметр задаёт длительность цикла помпы после того, как температура была достигнута во время цикла автоматического затирания.
Pump Rest Отдых помпы	1...5 минут	Параметр задаёт время отдыха помпы между одним и другим циклом. На этот период отдыха также влияет температура – так что в случае, когда есть падение температуры для сохранения целостности ферментов, помпа включится снова для нового цикла.
During Boil Во время кипения	ON / OFF Вкл / выкл	Параметр показывает, включена или выключена помпа во время кипения. В случае внешнего датчика опция всегда недоступна.
Pump Stop Остановка помпы	80°...(105)°C 176°...(194)°F	Параметр управляет максимальной рабочей температурой помпы. В выбираемом диапазоне он эквивалентен выбранному параметру температуры “Boiling”. В случае внешнего датчика опция всегда недоступна.

UP	Увеличить параметр
DOWN	Уменьшить параметр
START	-----
ENTER	Подтвердить выбор
UP+DOWN	Выход из меню Параметры системы

1.3 – Настройки автоматического процесса

В этом меню можно задать все параметры, значимые для автоматического процесса затирания.



Базовым принципом этого конфигурационного меню является процесс “шаг затирания”. Для каждого шага пользователь может задать целевую температуру (SetPoint) – так же, как и длительность шага. Кроме того, всегда возможно пропустить некоторые из шагов в соответствии с графиком рецепта через кнопку START.

Некоторые шаги обязательны (Mash In – A-Amylase 2 – Mash Out), чтобы гарантировать правильный технологический процесс затирания.

Система осуществляет некоторые проверки целостности и пытается не допустить ошибок пользователя во время конфигурирования: если некоторые входные значения нелогичны (например, шаг с более низким SetPoint, чем в предыдущем), то шаг автоматически пропускается. Единственным исключением является первый шаг после “Mash In”, где температура может быть установлена до 3.5°C ниже.

Вот полный список шагов:

ФАЗА	ТЕМПЕРАТУРА	ДЛИТЕЛЬНОСТЬ	ОПИСАНИЕ
Mash-In Начало затирания	20°-80°C	----	Должна быть введена ударная температура для стартовой фазы “Mash In”. Длительность непредсказуема, поскольку пока зёрна не добавлены (с подтверждением этого), температура поддерживается постоянной. Этот шаг не может быть пропущен.
Phytase Фитаза	25°-55°C	1-140 минут	Первый шаг, нужно ввести и температуру, и длительность. Этот шаг можно пропустить нажатием на кнопку ENTER во время ввода температуры или длительности.
Glucanase Глюканаза	35°-50°C	1-140 минут	Второй шаг, конфигурируется, как описано выше. Шаг можно пропустить нажатием на ENTER.
Protease Протеаза	45°-60°C	1-140 минут	Третий шаг, конфигурируется, как описано выше. Шаг можно пропустить нажатием на ENTER.
B-Amylase β-Амилаза	50°-70°C	1-140 минут	Четвёртый шаг, конфигурируется, как описано выше. Шаг можно пропустить нажатием на ENTER.
A-Amylase 1 α-Амилаза 1	60°-76°C	1-140 минут	Пятый шаг, конфигурируется, как описано выше. Шаг можно пропустить нажатием на ENTER.
A-Amylase 2 α-Амилаза 2	60°-76°C	1-140 минут	Пятый шаг, конфигурируется, как описано выше. Шаг можно пропустить нажатием на ENTER.
Mash-Out Окончание затирания	75°-80°C	1-140 минут	Шестой шаг, полностью конфигурируемый. Mash-Out – обязательный шаг.
N° Hop additions Количество добавлений хмеля		0-10	Этот параметр показывает, сколько добавлений хмеля ожидается во время фазы кипячения. Допускается до 10.
Boil Duration Длительность кипячения		1-180 минут	Этот параметр задаёт требуемое общее время кипячения и начинает отсчёт только после достижения температуры кипячения.

Нор(х)
Хмель(х)

0-180 минут

Этот параметр задаёт полную длительность времени кипячения для каждого добавления хмеля и должен быть повторён для всех добавок хмеля, которые пользователь сконфигурировал выше, от первого до последнего.

Пример конфигурирования хмеля. Если вы кипятите в течение 60 минут и хотите внести хмель 4 раза для кипячения в течение 5, 10, 15, 50 минут – то вам нужно задать:

Количество добавлений хмеля: 4

Время кипячения: 60

Хмель 1: 50
Хмель 2: 15
Хмель 3: 10
Хмель 4: 5

Время здесь отсчитывается в обратном направлении, и отображаемое для хмелей время показывает, сколько времени он будет кипятиться.

Обратите внимание, что скетч проверяет целостность данных, не позволяя ввести следующее значение больше, чем предыдущее.

UP	Увеличить параметр
DOWN	Уменьшить параметр
START	----
ENTER	Подтвердить выбор
UP+DOWN	Выход из меню Настройки автоматического процесса

1.4 – Управление рецептами и их хранение



В этом разделе меню можно сохранять в памяти контроллера до 10 различных блоков значений для дальнейшего использования.

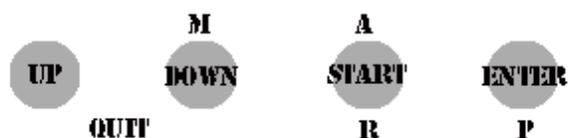
Хранимая информация относится к шагам затирания и добавления хмеля, наборам параметров присваивается увеличивающееся число в соответствии с первой свободной позиции в памяти.

Можно загружать, сохранять и удалять значения по необходимости.

Обратите внимание, что перед первым использованием контроллера нужно выполнить процедуру инициализации EEPROM, доступную из специального меню ниже.



После того, как инициализация EEPROM выполнена, можно начинать сохранять значения.



Пользователь может задать имя, чтобы идентифицировать отдельный рецепт при помощи буквенно-цифровой строки максимум из 10 символов (a-z, 0-9, пробел).



Кнопками UP/DOWN можно скроллить по списку символов, кнопка ENTER подтверждает выбор. В конце полное введённое имя нужно подтвердить кнопкой START.



2.0 – Ручной Процесс

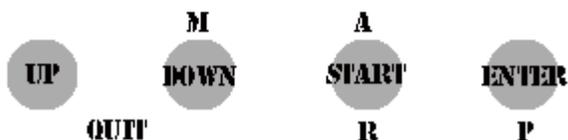


Ручной Процесс позволяет пользователю полностью управлять всем процессом затирания, позволяя вручную вводить значения температур и по усмотрению включать и выключать и помпу, и ТЭН.

Управление температурой будет осуществляться автоматически [ПИД-регулятором](#), который будет стараться достичь заданной контрольной точки (SetPoint).

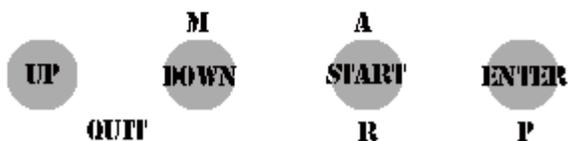
ЖК-дисплей будет отображать ручную температуру SetPoint и текущую температуру. Автоматический таймер запускается, когда измеряемая температура достигает заданной точки. Любое изменение заданной точки сбросит таймер, если температура заданной точки на 2°C больше, чем измеряемая температура. Гистерезис в 2°C добавлен, чтобы избежать сброса таймера из-за малых изменений температур.

Во время фазы кипячения, которая начинается, когда температура достигает значений, сконфигурированных в меню Параметры Системы, на ЖКИ отображается только текущая температура, и процент подачи питания на ТЭН можно регулировать кнопками UP/DOWN, % подачи питания отображается на ЖКД.



UP	Увеличение температуры/процента напряжения
DOWN	Уменьшение температуры/процента напряжения
START	Вкл/выкл ТЭНа
ENTER	Вкл/выкл помпы
UP+DOWN	Выход из меню Ручной Процесс

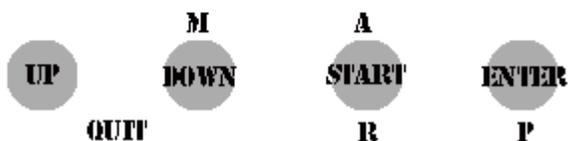
3.0 – Автоматический Процесс



Автоматический процесс: Автоматизация является истинным “сердцем” системы, и контроллер функционирует в последовательности всех шагов, ранее сконфигурированных в меню Настроек Автоматического Процесса.

3.1 – Отложенный Старт

Также возможно запрограммировать пивоваренный день через отложенный старт, так что пользователь может наполнить ёмкость водой и решить отложить фазу начального нагрева.



Контроллер спрашивает, хочет ли пользователь отложить старт, если “Yes” – следует ввести задержку в минутах. Если выбран немедленный старт – начнётся нормальная последовательность контроллера.

3.2 – Восстановление предыдущей сессии пивоварения

Если предыдущий запуск был по какой-то причине прерван, система спросит, желает ли пользователь возобновить предыдущий процесс. При положительном ответе система возобновит точно с шага, где процесс был прерван; в противном случае система стартует с первого шага затирания.



3.3 – Добавление воды

Первый шаг – "Mash In", и система явно запрашивает, было ли добавлено в ёмкость соответствующее количество воды:



Положительный ответ на данный вопрос продолжает процесс; в противном случае пользователь возвращается в главное меню.

Для должной рециркуляции суслу помпа инициализируется и заливается несколькими короткими циклами вкл-выкл.



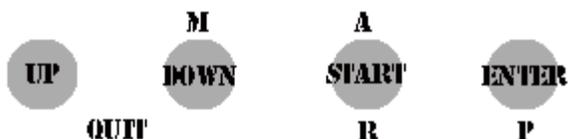
Эта операция полезна, чтобы выгнать пузырьки воздуха вокруг контуров и крыльчаток помпы. В конце этой фазы запускается помпа, и вода рециркулирует.

После этой операции автоматический процесс начинает работу, и включается ТЭН – чтобы нагреть воду до заданной температуры начала затирания.

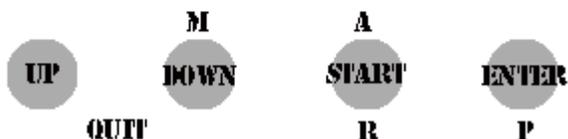
Если запрограммирован отложенный старт, у пользователя запрашивается ввод отсрочки в минутах.



После того, как задержка запрограммирована и подтверждена, система входит в режим ожидания:



На ЖКД будет отображаться обратный отсчёт времени:



В конце периода ожидания звучит предупреждающий сигнал, уведомляющий пользователя, что процесс начался, и ТЭН включился.

С этого момента все операции следуют тем же общим процессам независимо от первоначального выбора.

```
Mash In      36.50
22.50°C
```

UP M
DOWN A
START ENTER
QUIT R P

```
AUTO --> Mash In
22.50            36.50
up    dwn   pause
```

UP M
DOWN A
START ENTER
QUIT R P

Система начинает нагревание и рециркуляцию воды, и когда достигается температура начала затирания – система входит в состояние паузы/цикла.

```
Temp. Reached
R 36.50    Ok
```

UP M
DOWN A
START ENTER
QUIT R P

```
AUTO --> Mash In
36.50            36.50
Temp. Reached
Continue: Yes
```

UP M
DOWN A
START ENTER
QUIT R P

Во время ожидания подтверждения ТЭН постоянно управляется алгоритмом ПИД, так что температура остаётся неизменной.

После того, как пользователь подтверждает продолжение, система входит в следующую фазу цикла, чтобы позволить загрузить зерно в бункер солода.

```
Add Malt
36.50°C    Ok Quit
```

UP M
DOWN A
START ENTER
QUIT R P

```
AUTO --> Mash In
36.50            36.50
Add Malt
Sure? --> Yes No
```

UP M
DOWN A
START ENTER
QUIT R P

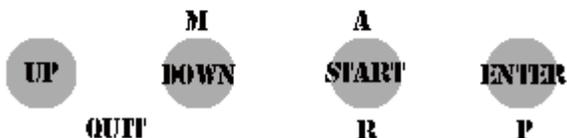
Помпа останавливается, в то время как температура поддерживается постоянной. Затем система спрашивает, загружено ли зерно в бункер солода.

После подтверждения загрузки солода система переходит к следующему шагу.

С этого момента ручное вмешательство не требуется, и контроллер будет выполнять полный рабочий цикл шаг за шагом, автоматически поддерживая температуру затирания в течение сконфигурированного времени. Цикл помпы также будет управляться соответственно в это время.

Одно замечание, относящееся к отдыху помпы: в некоторых случаях запрограммированный отдых будет пропущен или же будет длиться дольше заданного значения. Это из-за программной логики, где помпа начинает работу в заданной точке конкретного шага и входит во время отдыха в соответствии со значением, заданным в его главном меню настроек, однако это время отдыха также связано с процессом нагревания.

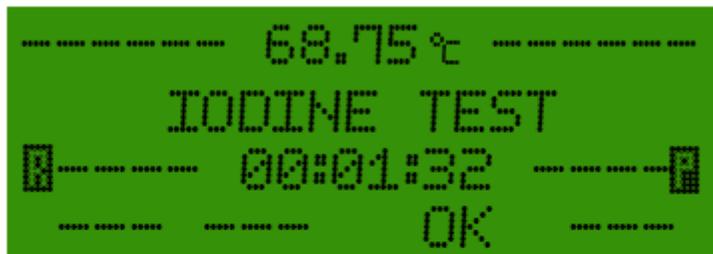
Если температура упадёт ниже конфигурируемого порога, то и ТЭН, и помпа включатся снова.



Когда начинается период отдыха – звучит звуковой сигнал, и на ЖКД отображается индикация состояния помпы.

Для каждого шага запускается таймер обратного отсчёта, когда температура достигает её заданного значения. За 5 секунд до конца шага будет звучать уведомляющий сигнал.

Перед шагом Mash Out система остановится с приглашением, чтобы дать возможность пользователю проверить на полное преобразование крахмала.

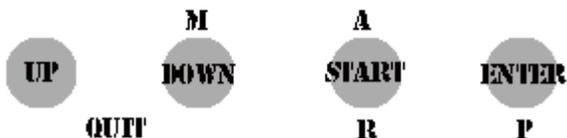


Следующий шаг называется "Iodine Test", и значения температуры поддерживаются такими же, как в предыдущем шаге.

Фаза завершится по нажатию на ENTER.

По завершении Mash Out помпа останавливается, и система ждёт, пока пользователь подтвердит, что бункер солода удалён.

```
Remove Malt
78.00°C Ok Quit
```



```
AUTO --> Mash Out
78.00°C 78.00°F
Remove Malt
Sure?--> Yes No
```



После подтверждения для продолжения процесса система сообщает пользователю, что нужно удалить бункер солода. Если пользователь подтверждает – система входит в фазу кипячения. В этой финальной фазе система будет обеспечивать звуковую и визуальную (ЖКД) индикации требований добавки хмеля. В этом случае явные подтверждения не требуются.

```
Hop 1 98.00°C
H= 85% 1:12:00
```

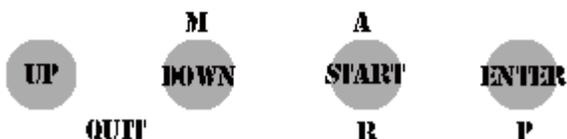


```
AUTO --> Hop 1
98.00°C 98.00°F
PWM= 85% 01:12:00
UP* *DWN Pause ---
```



Во время всех шагов после Mash In возможно пропускать один шаг и заставлять систему переходить к следующему. Это можно сделать длительным нажатием на кнопку ENTER. Во избежание ошибок всегда запрашивается подтверждение.

```
Go to Next Step?
R36.50 Yes No
```



```
AUTO --> XXXXXXXXXXXX
36.50°C 36.50°F
R Go to next Step?
Sure?--> Yes No
```

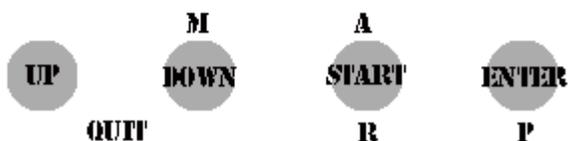


Также можно перейти из автоматического режима в PAUSE, удерживая кнопку START несколько секунд.



Для возобновления автоматической работы снова нажмите и удерживайте кнопку START.

В конце полного процесса система сбрасывается в её первоначальные установки.



Во время процесса кнопки используются для следующих операций:

UP	Увеличение параметра
DOWN	Уменьшение параметра
START	Подтверждение шага
START	Пауза / старт (длительное нажатие)
ENTER	Подтверждение выбора / Пропуск шага (длительное)
UP+DOWN	Выход из меню Автоматический Процесс