



Inectra GRBL Visualizer

**Графическая программа управления ЧПУ-
контроллерами Инектра для ПК**

Инструкция пользователя

Содержание

Inectra GRBL Visualizer.....	1
Графическая программа управления ЧПУ-контроллерами Инектра для ПК.....	1
Инструкция пользователя.....	1
Версия документа: 1.0.....	1
Июнь 2022.....	1
Содержание.....	1
1. Краткий обзор.....	2
2. Запуск визуализатора.....	3
3. Структура интерфейса программы.....	4
На рис. 1 изображен интерфейс программы Inectra GRBL Visualizer.....	4
4. Подключение к контроллеру.....	5
5. Панель <i>Состояние</i>	6
6. Панели ручного управления станком.....	7
6.1 Панель <i>Управление</i>	7
6.2 Панель <i>Команды</i>	8
6.3 Панель <i>Шпиндель/Лазер</i>	9
6.4 Панель <i>Перемещение</i>	10
6.5 Панель <i>Коррекция</i>	10
6.6 Панель <i>Подменная ось вращения</i>	11
6.7 Панель <i>Карта высот</i>	12
6.7.1 Настройка построения карты высот.....	13
6.7.2 Использование существующей карты высот.....	15
7. Запуск программы G-кода.....	16
7.1 Запуск программы G-кода с определенной строки.....	16
8. Настройка конфигурации станка.....	17
8.1 Размеры рабочего поля.....	17
8.2 Настройка шаговых двигателей.....	18
8.3 Поиск домашнего положения.....	18
8.4 ШИМ.....	19
8.5 Концевые датчики.....	20
8.6 Z-щуп.....	21
8.7 Сигналы управления.....	21
8.8 Создание резервной копии и восстановление конфигурации.....	21
9. Настройка одновременной работы фрезера и лазера.....	22
10. Калибровка осей.....	25
11. Поиск поверхности заготовки (зондирование).....	26
12. Консоль.....	27
13. Полезные команды GRBL.....	27
14. Настройки приложения.....	28
15. Управление с клавиатуры.....	28
16. Информация о контроллере.....	29
17. Возможные проблемы и их устранение.....	29
18. Описание параметров GRBL.....	30

1. Краткий обзор

Графический визуализатор Inectra GRBL Visualizer предназначен для управления ЧПУ-контроллерами производства компании Инектра, а также наглядного графического представления выполняемой станком программы G-кода по обработке заготовки.

Основные особенности визуализатора:

- Наличие версии под Windows и Linux (Ubuntu)
- Поддержка до трёх осей (X, Y, Z)
- Возможность автоматической настройки подменной оси вращения
- Удобное графическое меню настройки параметров станка
- Удобное графическое меню калибровки осей
- Наглядное представление выполняемой программы G-кода
- Возможность переключения с автоматической настройкой работы в режимах фрезера и лазера
- Различные возможности ручного управления станком

Требования к аппаратным возможностям компьютера для запуска визуализатора:

- 2.2 ГГц CPU (или быстрее) с набором команд SSE2
- 4GB RAM
- 500MB свободного места на жестком диске
- USB 2.0 порт
- Видеокарта с поддержкой OpenGL 2.0
- Windows 7 SP3 и выше или Ubuntu 18.04 и выше.
- Установленный драйвер STM32 Virtual COM Port¹

¹ Драйвер можно скачать по [ссылке](#)

2. Запуск визуализатора

Визуализатор Inectra GRBL Visualizer поставляется в виде архива, содержащего исполняемый файл и набор необходимых для его работы библиотек. Дополнительная установка программы не требуется. Для запуска достаточно выполнить следующие действия:

- 1) Распаковать архив.
- 2) Перейти в соответствующий каталог и двойным щелчком мыши запустить файл *InectraGRBL.exe* (или *InectraGRBL* для Linux-версии).
- 3) При первом запуске Windows может запросить разрешение на запуск программы — необходимо предоставить необходимые разрешения.
- 4) Визуализатор готов к работе.

При возникновении каких-либо проблем в работе программы, обратитесь к разделу 17 за поиском решения.

3. Структура интерфейса программы

На рис. 1 изображен интерфейс программы Inectra GRBL Visualizer.

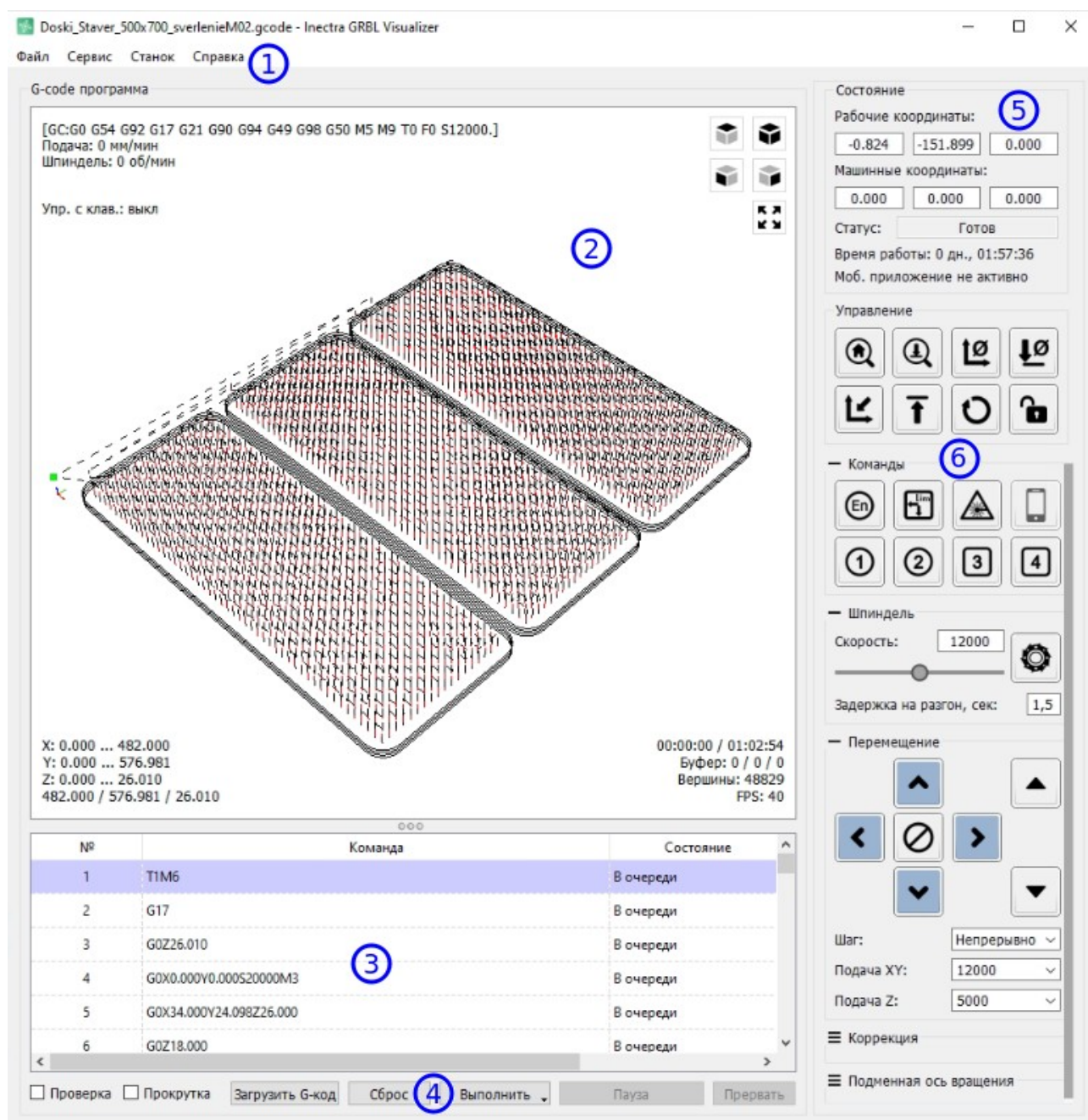


Рисунок 1: Интерфейс программы Inectra GRBL Visualizer

Основные элементы интерфейса:

- 1 — элементы меню для настройки приложения, станка, выбора программы и т.д.
- 2 — поле визуального отображения загруженной программы G-кода (через меню *Сервис* → *Настройки* → *Цвета* можно настроить цветовую схему визуализации)

- 3 — текстовое содержимое загруженной программы G-кода
- 4 — кнопки управления запуском/остановкой программы G-кода
- 5 — текущая статусная информация о станке (координаты, время работы, состояние)
- 6 — различные панели ручного управления станком.

4. Подключение к контроллеру

Чтобы подключить визуализатор к контроллеру, выполните следующие действия.

- 1) Подключите USB-порт контроллера к Вашему компьютеру.
- 2) Подайте питание 12-36В на контроллер.
- 3) Если подключение выполняется первый раз, дождитесь установки драйвера¹. Определите номер COM-порта, соответствующего Вашему контроллеру (откройте диспетчер устройств и выберите пункт «Порты (COM и LPT)», найдите порт с названием *USB Serial Device*).
- 4) Запустите программу Inectra GRBL Visualizer. Откройте пункт меню *Сервис* → *Настройки*, выберите раздел *Соединение*. Из списка *Порт* выберите порт, найденный в пункте 3, *Скорость* оставьте по умолчанию 115200. Нажмите *ОК*.
- 5) При успешном подключении к контроллеру, визуализатор покажет его текущий статус (в правом верхнем углу панель *Состояние*) — см. рис. 2 — в нормальном режиме контроллер будет находиться в состоянии «Готов». Если статус имеет значение «Нет соединения» — выбранный порт не доступен и не работает. Если статус имеет значение «Порт открыт» — выбран неверный COM-порт (с него не удастся считать статусную информацию).

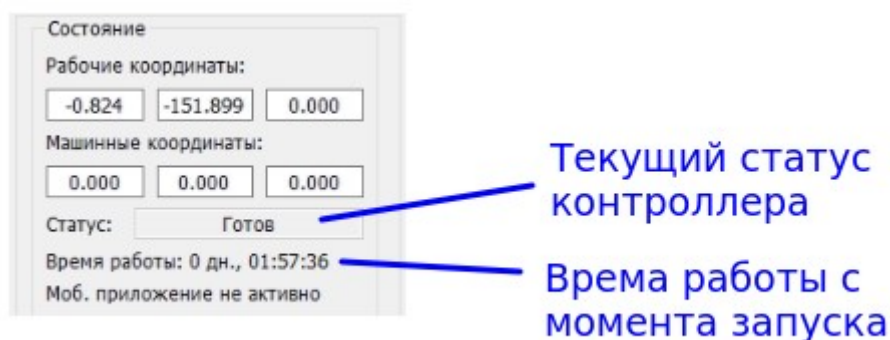


Рисунок 2: Статус контроллера

¹ Контроллер должен определиться как виртуальный COM-порт. Обычно Windows автоматически устанавливает соответствующий драйвер. Если по какой-либо причине драйвер не устанавливается, скачайте его по [ссылке](#) и установите вручную.

5. Панель *Состояние*

Панель состояния станка находится в правом верхнем углу визуализатора (см. рис. 3).

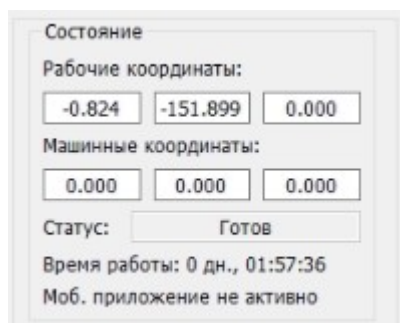


Рисунок 3: Панель
состояния станка

На панель выводится следующая информация.

Рабочие координаты — текущее значение рабочих координат станка, слева направо: X, Y, Z.

Машинные координаты — текущее значение машинных координат станка, слева направо: X, Y, Z.

Статус — текущий статус контроллера. Контроллер может находиться в одном из следующих состояний:

- *Готов* — станок свободен и готов к работе, никаких команд не выполняется
- *Работа* — станок выполняет программу G-кода
- *Домой* — выполняется процедура поиска домашнего положения
- *Авария* — станок находится в аварийном режиме — требуется выполнить либо процедуру поиска домашнего положения, либо перезапуск контроллера.
- *Проверка* — состояние проверки
- *Перемещение* — выполняется команда ручного перемещения (Jogging)
- *Пауза* — выполняемая программа G-кода поставлена на паузу.

Время работы — время работы станка с момента последней загрузки контроллера (uptime).

Статус подключения мобильного приложения — если **Моб. приложение активно**, управление из визуализатора блокируется — контроллер принимает команды только от мобильного приложения.

6. Панели ручного управления станком

Под панелью *Состояние* расположен ряд панелей ручного управления контроллером. Ниже дано описание каждой из них.

6.1 Панель *Управление*

Панель *Управление* визуализатора показана на рис. 4



Рисунок 4: Панель
Управление

Назначение кнопок:



- кнопка запуска процедуры поиска домашнего положения.



- кнопка Z-щуп запуска процедуры зондирования (определение уровня поверхности заготовки по оси Z). Порядок выполнения процедуры описан в разделе 11.



- кнопка обнуления рабочих координат XY.



- кнопка обнуления рабочей координаты оси Z.



- кнопка перемещения в рабочий ноль по осям XY.



- кнопка перемещения в безопасное положение (машинный ноль координаты Z).



- кнопка программной перезагрузки контроллера.



- кнопка разблокировки контроллера в режиме аварии.

6.2 Панель Команды

Панель Команды визуализатора показана на рис. 5. Чтобы панель стала доступной установите галочку *Команды* в разделе *Панели меню Сервис → Настройки*.



Рисунок 5: Панель Команды

Назначение кнопок:



- кнопка отключения двигателей после остановки. При **отжатой** кнопке двигатели всегда остаются **включенными**. Крайне не рекомендуется отключать двигатели при нормальной работе станка, иначе это может привести к потере координаты. Функция полезна, когда требуется вручную выполнить корректировку положения инструмента: отключив двигатель, снимается его удерживающий момент, и вал шагового двигателя можно повернуть без больших усилий.



- кнопка включения программных лимитов (soft limits) — ограничивает перемещение инструмента по размерам рабочего поля (в машинных координатах), запрещая движение в отрицательную область за машинный ноль и в положительную область за размеры стола (из GRBL-параметров \$130-132).



- переключение между режимами работы Фрезер и Лазер. Станок может работать в двух режимах: фрезер и лазер. Контроллеры Inectra MSC-3U позволяют оборудовать станок одновременно шпинделем и лазером, при этом в режиме фрезера лазер всегда выключен, а в режиме лазера всегда выключен шпиндель. Эта аппаратная особенность позволяет безопасно переключаться с одного режима на другой. В разделе 9 приведено подробное описание работы функции.



- кнопка деактивации мобильного приложения — позволяет обратно вернуть управление на визуализатор. Кнопка доступна для нажатия только при активном мобильном приложении.



- пользовательские кнопки управления. На них можно назначить произвольные команды через пункт меню *Сервис→Настройки*, раздел *Команды*.

6.3 Панель *Шпиндель/Лазер*

В режиме фрезера активна панель *Шпиндель* (рис. 6), в режиме лазера — *Лазер* (рис. 7). Чтобы панель стала доступной установите галочку *Шпиндель* в разделе *Панели меню Сервис → Настройки*.

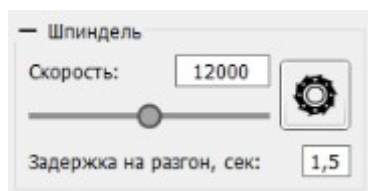


Рисунок 6: Панель Шпиндель



Рисунок 7: Панель Лазер

На панели *Шпиндель* доступны следующие настройки:

Скорость — частота вращения шпинделя в об/мин — регулируется ползунком. Диапазон скоростей вращения шпинделя задается через меню *Сервис→Настройки*, раздел *Информация о станке*. Обратите внимание, что для корректной генерации ШИМ-сигнала максимальная скорость шпинделя в настройках визуализатора должна совпадать со значением GRBL-параметра \$30.



- кнопка ручного включения/выключения шпинделя.

Задержка на разгон, сек — период времени, отводимый на разгон шпинделя перед началом движения инструмента. Время на раскрутку шпинделя необходимо, чтобы фреза не врезалась в заготовку при недостаточной скорости вращения, чтобы предотвратить повреждения фрезы и заготовки.

На панели *Лазер* доступны настройки:

Мощность — текущее значение мощности лазера в условных единицах мощности — регулируется ползунком. Диапазон мощности лазера задается через меню *Сервис→Настройки*, раздел *Информация о станке*. Максимальной мощности будет соответствовать ШИМ-сигнал со скважностью 1, минимальной — ШИМ-сигнал со скважностью 0.



- кнопка ручного включения/выключения лазера.

6.4 Панель *Перемещение*

Панель *Перемещение* показана на рис. 8. Чтобы панель стала доступной установите галочку *Перемещение* в разделе *Панели* меню *Сервис* → *Настройки*.

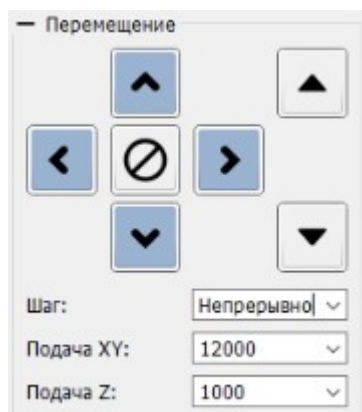


Рисунок 8: Панель
Перемещение

На панели расположены собственно кнопки ручного перемещения по всем осям, а также настройки шага (шаг общий для всех осей), и скорости подачи отдельно для осей XY и оси Z.



- кнопка принудительной остановки (отмены) перемещения.

6.5 Панель *Коррекция*

Панель *Коррекция* показана на рис. 9. Чтобы панель стала доступной установите галочку *Коррекция* в разделе *Панели* меню *Сервис* → *Настройки*.

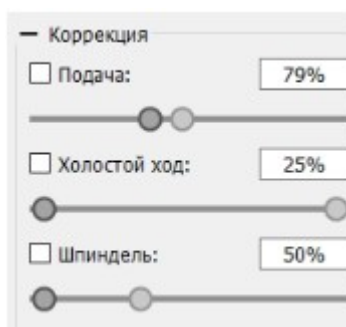


Рисунок 9: Панель
Коррекция

Панель позволяет выполнить корректировку текущих скоростей подачи, холостого хода и скорости вращения шпинделя (в режиме лазера — мощности лазера).

Порядок выполнения корректировки:

- 1) ползунком отрегулируйте значение корректируемого параметра до нужного уровня;
- 2) установите соответствующую галочку для применения коррекции.

Функция полезна в нескольких случаях:

- в режиме реального времени установить оптимальные значения скоростей подачи, холостого хода и скорости вращения шпинделя для обработки данной детали по загруженной программе;
- при тестовом прогоне программы (без воздействия на заготовку) выполнить её на повышенной скорости для ускорения процесса тестирования.

6.6 Панель *Подменная ось вращения*

Панель *Подменная ось вращения* показана на рис. 10. Чтобы панель стала доступной установите галочку *Подменная ось вращения* в разделе *Панели меню Сервис → Настройки*.

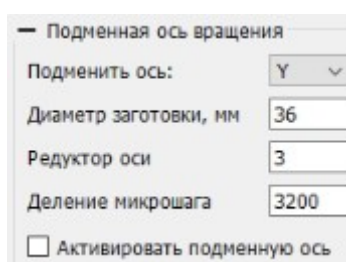


Рисунок 10: Панель
*Подменная ось
вращения*

Панель позволяет быстро выполнить автоматическую настройку подменной оси вращения по её основным параметрам:

Подменная ось — выберите, шаговые двигатели какой оси будут вращать заготовку — X или Y (обычно это ось Y).

Диаметр заготовки, мм — собственно, диаметр заготовки, которая будет закреплена на подменной оси.

Редуктор оси — понижающий коэффициент передачи с вала шагового двигателя на заготовку.

Деление микрошага — число шагов на полный оборот двигателя (например, если на драйвере установлено значение микрошага 1/16, а полный шаг соответствует повороту на 1.8 градуса, то количество шагов на оборот будет равно

$$\frac{360}{1.8} * 16 = 3200 \quad \text{— в данное поле необходимо ввести число 3200}).$$

По галочке **Активировать подменную ось** происходит автоматическая настройка выбранной оси, после чего можно приступить к работе.

6.7 Панель *Карта высот*

Если поверхность заготовки неровная либо она установлена не по уровню, данная функция позволит динамически построить форму поверхности для корректной обработки заготовки программой G-кода.

Панель *Карта высот* показана на рис. 11. Чтобы панель стала доступной установите галочку *Карта высот* в разделе *Панели меню Сервис* → *Настройки*.

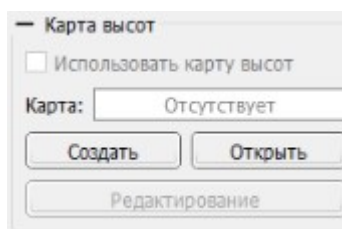



Рисунок 11: Панель
Карта высот

Чтобы воспользоваться функцией построения карты высот, выполните следующие действия. **Обратите внимание, что описание процедуры ниже подразумевает, что в качестве положительного направления движения по оси Z выбрано движение вверх.**

- 1) Закрепите установку на столе станка.
- 2) Предварительно выполните поиск домашнего положения.
- 3) Установите рабочий ноль координат XY (должен быть в пределах границ заготовки).
- 4) Загрузите программу G-кода (см. раздел 7), которую необходимо выполнить над заготовкой.
- 5) После загрузки программы G-кода разблокируется кнопка *Создать*, по нажатии на которую откроется панель настройки процедуры построения карты — см. рис. 12.
- 6) Заполните настройки построения карты (см. подраздел 6.7.1). Особое внимание обратите на значения Z_v и Z_n . Алгоритм выбора этих значений следующий:
 - 6.1) Примерно определите максимальный перепад высот по всей поверхности заготовки (включая точку рабочего нуля XY).
 - 6.2) Установите рабочий ноль оси Z (кнопка ) на уровне, соответствующем самому верхнему уровню поверхности заготовки.
 - 6.3) Установите значение $Z_v = 1$.
 - 6.4) Установите значение $Z_n = -(dH + 1)$, где dH — максимальный перепад высот из пункта 6.1 (например, если Вы определили, что перепад высот заготовки составляет 3мм, то в Z_n нужно записать -4). *Слишком большие значения Z_v и Z_n устанавливать тоже не нужно, т. к. это*

повлияет на скорость построения карты (по умолчанию скорость подачи при зондировании составляет 9 мм/мин).

- 7) Нажмите кнопку **Зонд** для запуска процедуры. **Важно.** Построение карты начинается с определения высоты в рабочем нуле ХУ. Результаты измерений в точках сетки зондирования представляют собой набор дельт относительно высоты в рабочем нуле ХУ: если в измеряемой точке уровень поверхности заготовки выше, дельта положительная, иначе — отрицательная.
- 8) Чтобы использовать построенную карту высот при выполнении программы G-кода, на панели рис. 11 нажмите кнопку **Редактирование** для выхода из режима построения карты и поставьте галочку **Использовать карту высот**.
- 9) При необходимости сохраните построенную карту высот, нажав кнопку **Создать** на панели рис. 11.

6.7.1 Настройка построения карты высот

Риснок 12: Панель настройки процедуры построения карты высот

Границы

X , Y — рабочие координаты точки начала построения карты соответственно по осям X и Y .

$Ш$, $В$ — соответственно ширина (по оси X) и высота (по оси Y) области, по которой будет строиться карта высот.

Сетка зондирования — задаёт количество точек для вычисления уровня поверхности заготовки. Чем больше размер сетки, тем точнее карта. При этом примите во внимание, что если поверхность заготовки плоская (ровная), то достаточно будет всего двух точек по X и двух точек по Y .

X — число точек зондирования вдоль оси X .

Y — число точек зондирования вдоль оси Y .

Z_v — рабочая координата оси Z (края инструмента) в начальной (верхней) точке зондирования. Это безопасный уровень, на котором происходит перемещение инструмента между точками сетки на холостом ходу. В каждой точке в пределах

границ построения карты уровень поверхности заготовки должен быть ниже Z_v , иначе при перемещении между точками произойдет касание инструментом заготовки, что может привести к повреждению обоих.

Z_n — рабочая координата оси Z в конечной (нижней) точке зондирования. Значение Z_n определяет максимальное расстояние поиска поверхности заготовки: во всех точках сетки зондирования разность $Z_v - Z_n$ должна быть больше, чем расстояние от рабочего инструмента в координате Z_v до поверхности заготовки. Иначе процедура закончится с ошибкой.

Сетка интерполяции — задает количество точек по осям X и Y для последующей интерполяции расчета высоты в дополнительных (промежуточных) точках между точками основной сетки зондирования. Чем больше размер сетки, тем плавнее карта высот.

На рис. 13 приведен пример построения карты высот по сетке зондирования 4*4 с сеткой интерполяции 20*20. Синими точками и линиями обозначены соответственно точки и сетка зондирования. Разноцветными линиями обозначена сетка интерполяции. В средней панели указаны измеренные значения высот в точках зондирования.

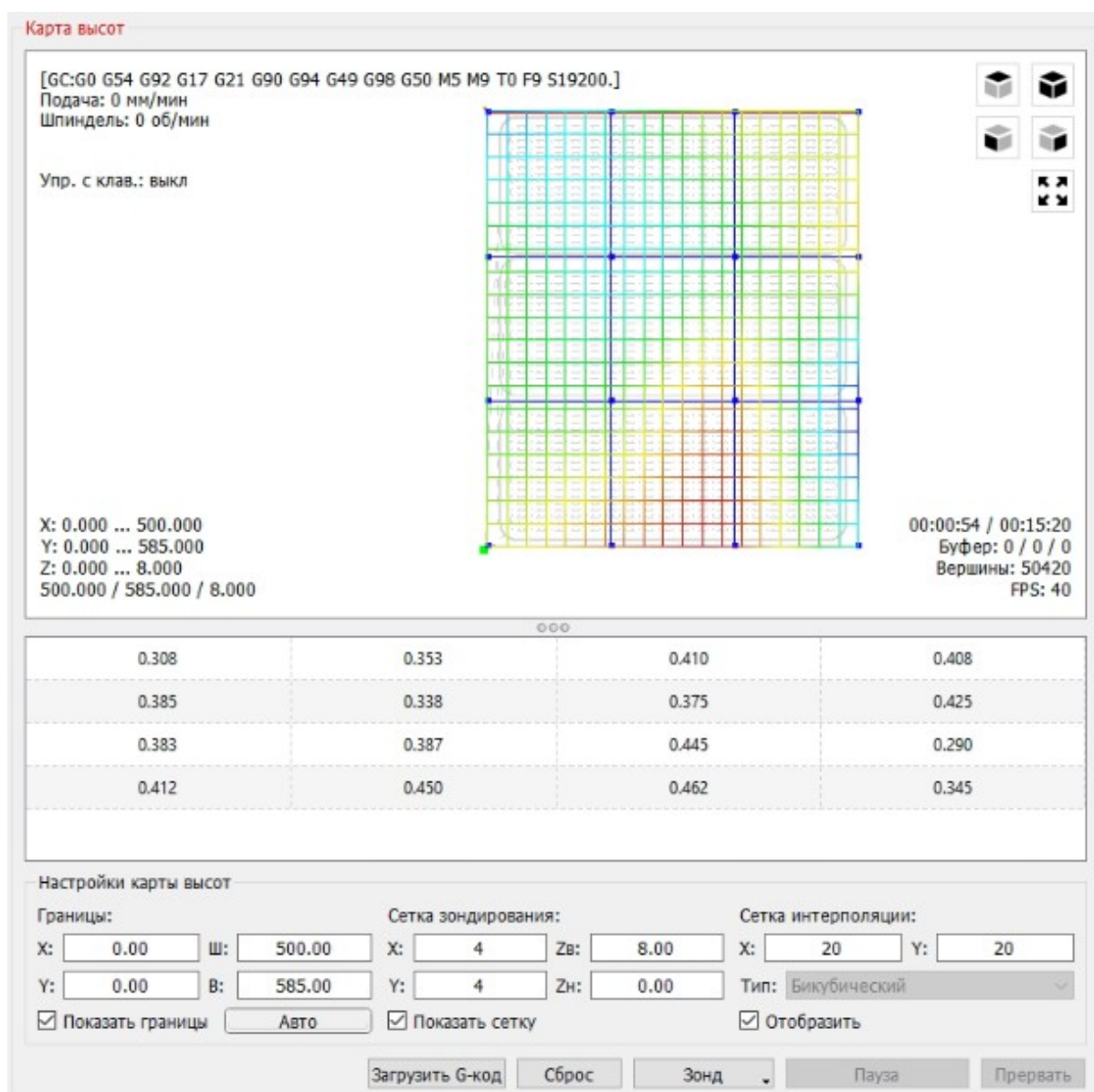


Рисунок 13: Пример построения карты высот

6.7.2 Использование существующей карты высот

Чтобы при выполнении программы G-кода использовать ранее построенную карту высот, выполните следующие действия.

- 1) Загрузите программу G-кода (см. раздел 7), которую необходимо выполнить над заготовкой.
- 2) На панели рис. 11 нажмите кнопку *Открыть* и выберите требуемый файл карты высот.
- 3) Установите галочку *Использовать карту высот*.
- 4) По кнопке *Редактирование* можно посмотреть выбранную карту. Для выхода из режима просмотра/редактирования нажмите кнопку *Редактирование* повторно.
- 5) Запустите программу G-кода (см. раздел 7).

7. Запуск программы G-кода

Чтобы запустить программу G-кода, откройте пункт меню *Файл → Загрузить G-код* и выберите нужный файл программы. Вы также можете воспользоваться быстрой кнопкой загрузки G-кода в нижней части интерфейса (рис. 14).

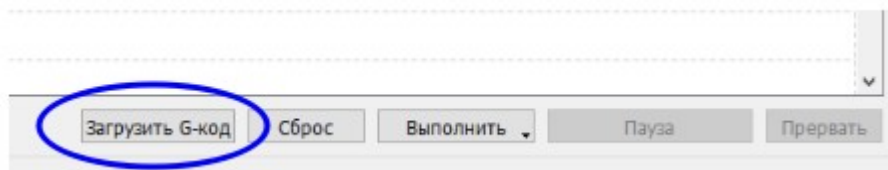


Рисунок 14: Кнопки управления программой G-кода

Если файл корректный, программа анализирует его и рисует визуализацию проекта в окне 2 (см. рис. 1). Если Вы не меняли цветовую схему визуализации (через меню *Сервис → Настройки → Цвета*), цвет фона по умолчанию должен быть белым. Если объект изображен на черном фоне, либо обнаружены другие проблемы, обратитесь к разделу 17 для устранения неисправностей.

Для управления ходом выполнения G-кода в нижней части интерфейса есть следующие кнопки:

Выполнить — нажмите для запуска программы G-кода на исполнение.

Пауза — нажмите, чтобы поставить выполняемую программу на паузу.

Возобновить — нажмите, чтобы снять программу с паузы и продолжить с момента остановки.

Прервать — нажмите, чтобы остановить выполняемую программу без возможности возобновления с момента прерывания.

Сброс — сбрасывает в ноль счетчик отправленных на исполнение строк и таймер затраченного времени.

7.1 Запуск программы G-кода с определенной строки

Визуализатор имеет полезную функцию запуска программы G-кода с определенной строки — например, если требуется выполнить только определенную часть загруженной программы. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

- 1) Откройте программу G-кода через меню *Файл → Загрузить G-код*.
- 2) Убедитесь, что в меню *Сервис → Настройки*, раздел *Отправка файла*, установлена галочка *Автоматически настраивать парсер перед отправкой с выбранной строки*.
- 3) В окне 3 (см. рис. 1) мышкой выделите строку, с которой требуется начать выполнение программы G-кода (для безопасности рекомендуется выбирать строку с командой холостого перемещения G0).
- 4) Нажмите кнопку *Выполнить*, и, не отпуская, удерживайте её в течение двух секунд: появится всплывающая кнопка *Выполнить с текущей строки* — нажмите её.

- 5) Визуализатор предложит отправить дополнительные команды перед старом программы, чтобы переместить инструмент в нужную точку заготовки (соответствующую позиции выбранной строки) и включить шпиндель. Нажмите *ОК* для подтверждения и запуска программы.

8. Настройка конфигурации станка

Чтобы открыть настройки конфигурации станка, выберите пункт меню *Станок* → *Конфигурация* (рис. 15).

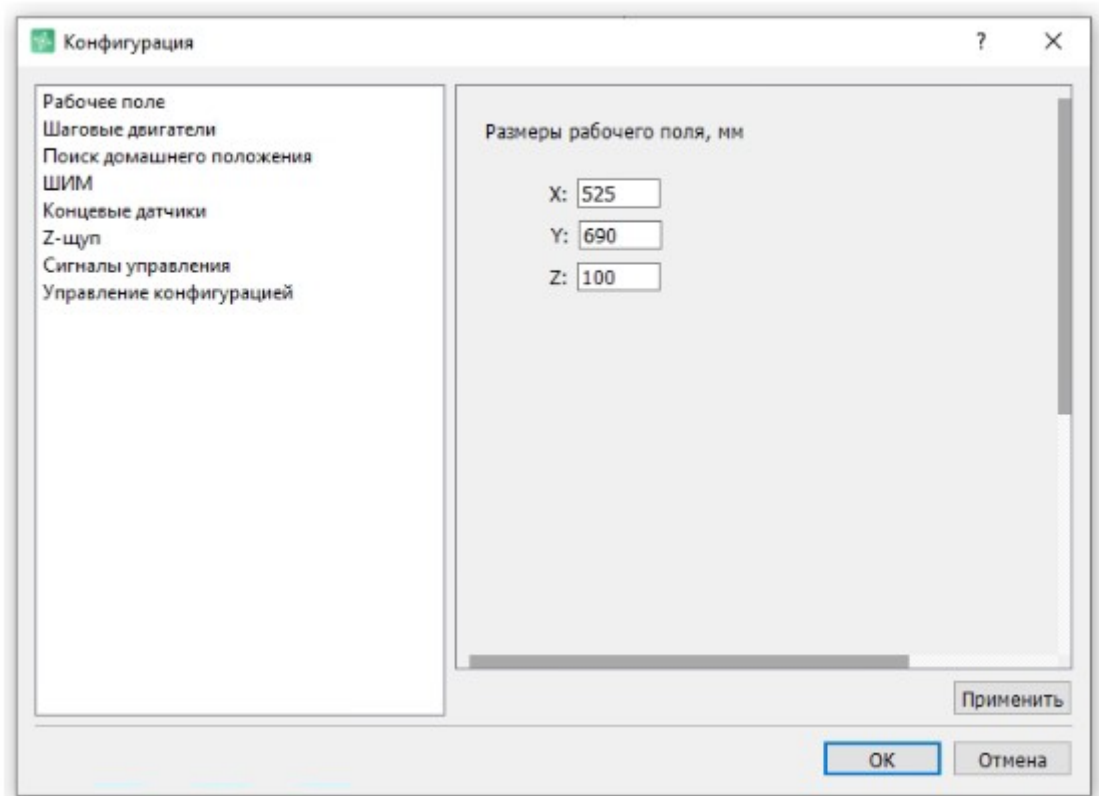


Рисунок 15: Меню настроек конфигурации станка

Все настройки разбиты по группам в зависимости от функционального назначения. Для сохранения и применения настроек нажмите кнопку *Применить* (окно останется открытым) или *ОК* (окно конфигурации закроется).

Ниже приведено описание всех групп настроек.

8.1 Размеры рабочего поля

Чтобы настроить размеры рабочего поля Вашего станка, откройте раздел *Рабочее поле* в меню *Конфигурация* и введите необходимое значение в миллиметрах для каждой из осей.

8.2 Настройка шаговых двигателей

Чтобы настроить шаговые двигатели Вашего станка, откройте раздел *Шаговые двигатели* в меню *Конфигурация*. Ниже приведено описание основных настроек.

Количество шагов на мм — одна из самых важных настроек, от которой зависит точность позиционирования инструмента по координатным осям — определяет, какое количество шагов двигателя по каждой из осей приходится на 1мм перемещения. Для более точной регулировки рекомендуется воспользоваться функцией калибровки осей (см. пункт 10).

Максимальная скорость (G0), мм/мин — скорость холостого хода по каждой из осей в мм/мин. Настраивайте исходя из технических характеристик и возможностей используемых Вами шаговых двигателей.

Ускорение, мм/сек² — определяет, с каким ускорением будет осуществляться разгон или замедление инструмента по каждой из осей до требуемой скорости подачи.

Инверсия направления движения — позволяет изменить положительное направление перемещения инструмента по каждой из осей. Например, если после завершения монтажа проводки при нажатии на кнопку перемещения вправо



оказалось, что инструмент движется влево — чтобы не производить действий по исправлению монтажа, достаточно установить галочку напротив оси X.

Длительность шагового импульса, мкс — определяет ширину шагового импульса в микросекундах. Редактируйте эту настройку, только если уверены в необходимости её изменения. Ширина шагового импульса влияет на максимальную скорость вращения двигателя (частоту сигнала Step) — чем шире импульс, тем ниже предел максимальной скорости. Приведём пример. Согласно спецификации на протокол Step/Dir минимальная длительность логической 1 сигнала Step — 4мкс, а логического 0 (паузы между импульсами) — 0.5мкс. Для надежности детектирования сигнала Step драйвером примем минимальный размер паузы 2мкс. Тогда при ширине импульса в 10мкс минимальный период сигнала Step будет равен 10+2=12мкс. Максимальная частота сигнала при этом будет составлять

$$\frac{1}{12 \cdot 10^{-6}} = 83.3 \text{ кГц} .$$

8.3 Поиск домашнего положения

Чтобы настроить процедуру поиска домашнего положения, откройте раздел *Поиск домашнего положения* в меню *Конфигурация*. Ниже приведено описание основных настроек.

Включить — разрешить выполнение процедуры поиска домашнего положения (по команде \$H).

Разрешить команду для отдельной оси \$H<буква оси> — разрешить поиск домашнего положения для одной конкретной оси. Например, команда поиска домашнего положения оси X: \$HX.

Требовать выполнение после запуска контроллера — при установленной опции необходимо выполнить поиск домашнего положения перед началом работы.

Устанавливать начало координат в 0 — при включенной опции после завершения процедуры машинные координаты устанавливаются в ноль.

Два датчика на один вход — контроллеры Инектра имеют по одному входу для сигнала концевых датчиков каждой из осей, поэтому опцию можно оставить включенной.

Разрешать ручную — разрешать выполнение процедуры вручную.

Количество циклов поиска — количество циклов выполнения процедуры поиска домашнего положения.

Порядок выполнения процедуры — при необходимости измените последовательность осей при выполнении процедуры поиска домашнего положения. По умолчанию, сначала (первый проход) осуществляется поиск домашнего положения оси Z, затем (второй проход) X, и в конце (третий проход) — Y.

Расстояние отката от датчика, мм — расстояние, на которое происходит откат оси от концевого датчика, чтобы очистить соответствующий сигнал на контроллере. Рекомендуется устанавливать минимальное значение, при котором цепь срабатывания датчика надежно разрывается.

Скорость поиска домашнего положения, мм/мин — скорость поиска датчика — поиск домашнего положения по каждой из осей состоит из двух этапов — быстрый этап поиска датчика, затем откат на заданное расстояние и далее следует этап точного позиционирования с медленной подачей.

Скорость точного позиционирования, мм/мин — скорость точного позиционирования на втором этапе поиска домашнего положения — обычно значительно ниже, чем скорость поиска на первом этапе.

Инвертировать направление поиска — в зависимости от расположения концевых датчиков на Вашем станке установите галочки для тех осей, где необходимо изменить направление поиска.

8.4 ШИМ

ШИМ — широтно-импульсная модуляция. Сигнал используется для регулировки скорости вращения шпинделя (или мощности лазера) в зависимости от скважности импульсов. Скважность — это отношение длительности импульса к периоду. Скважность 1 соответствует постоянному высокому уровню (5В) сигнала на выходе и максимальной скорости вращения шпинделя (мощности лазера). Скважность 0 соответствует постоянному низкому уровню (0В) сигнала на выходе и минимальной скорости вращения шпинделя (мощности лазера).

Чтобы настроить параметры ШИМ, откройте раздел *ШИМ* в меню *Конфигурация*. Ниже приведено описание основных настроек.

Минимальная скорость вращения шпинделя, об/мин — скорость вращения шпинделя, соответствующая нулевой скважности ШИМ-сигнала. Обычно скорость вращения при нулевой скважности равна 0 об/мин.

Максимальная скорость вращения шпинделя, об/мин — скорость вращения шпинделя, соответствующая единичной скважности ШИМ-сигнала — задавайте значение, исходя из технических возможностей используемого шпинделя.

Важно. Настройка максимальной и минимальной скорости вращения позволяет контроллеру точно вычислять скважность генерируемого ШИМ-сигнала при получении определенной команды пользователя. Например, пусть частота вращения шпинделя может меняться от 0 до 24000 об/мин. Тогда при поступлении команды «S12000 M3» контроллер поймёт, что это число является половиной максимального

значения, и необходимо сгенерировать ШИМ-сигнал скважностью $\frac{12000}{24000-0}=0.5$

(ширина импульса в 2 раза меньше периода и равна длительности паузы).

Частота ШИМ, Гц — рекомендуется оставлять значение по умолчанию 10000Гц. Заметим, что т. к. шпиндель обычно управляется аналоговым сигналом 0-10В, который формируется путём выпрямления (НЧ-фильтрацией) ШИМ-сигнала (с последующим усилением в 2 раза), качество выпрямленного сигнала (наличие колебаний) будет зависеть от частоты исходного ШИМ — чем выше частота, тем меньше уровень флуктуаций и тем стабильнее сигнал управления шпинделем.

Важно. При использовании лазера, параметры ШИМ-сигнала для управления его мощностью регулируются теми же настройками, что и скорость вращения шпинделя. При этом максимальной скорости вращения шпинделя будет соответствовать 100-процентная мощность лазера.

8.5 Концевые датчики

Чтобы настроить параметры концевых датчиков, откройте раздел *Концевые датчики* в меню *Конфигурация*. Ниже приведено описание основных настроек.

Включить аппаратные лимиты — при включенной опции контроллеру разрешено обрабатывать сигналы концевых датчиков.

Включить программные лимиты — при включенной опции контроллер программно ограничивает перемещения по осям в пределах размеров рабочего поля.

Ограничивать команды перемещения по датчикам — при включенной опции контроллер ограничивает перемещение по расположению концевых датчиков.

Инvertировать сигналы датчиков — опция позволяет подключать к контроллеру как нормально разомкнутые (NO), так и нормально замкнутые (NC) датчики. При включенной опции, соответствующий датчик должен быть нормально разомкнутым, при выключенной — нормально замкнутым.

Важно. При проектировании станка учитывайте, что контроллеры Инектра разработаны таким образом, что реагируют только на замыкание/размыкание сигнала концевого датчика на общий провод (землю).

Отключить подтяжку к питанию — при использовании контроллеров Инектра эта опция должна оставаться выключенной (галочки сняты) для всех осей.

8.6 Z-щуп

Чтобы настроить параметры обработки сигнала *Probe*, откройте раздел *Z-щуп* в меню *Конфигурация*. Ниже приведено описание основных настроек.

Инvertировать сигнал Z-щупа — опция позволяет подключать к контроллеру (входу *Probe*) как нормально разомкнутый (NO), так и нормально замкнутый (NC) датчик. При включенной опции датчик должен быть нормально разомкнутым, при выключенной — нормально замкнутым.

Важно. Вход *Probe* контроллеров Инектра реагирует только на замыкание/размыкание на общий провод (землю).

Отключить подтяжку к питанию — при использовании контроллеров Инектра эта опция должна оставаться выключенной (галочки сняты).

Разрешить изменять скорость подачи при зондировании — при запуске процедуры зондирования включенная опция позволяет изменять скорость подачи.

8.7 Сигналы управления

Контроллеры Инектра имеют несколько входов для подключения управляющих кнопок:

Сброс (RST) — сигнал программной перезагрузки контроллера;

Пауза (HOLD) — сигнал постановки выполняемой программы G-кода на паузу;

Старт (START, cycle start) — сигнал возобновления выполняемой программы G-кода.

Чтобы настроить параметры управляющих сигналов, откройте раздел *Сигналы управления* в меню *Конфигурация*. Ниже приведено описание основных настроек.

Инvertировать сигналы управления — опция позволяет подключать к контроллеру как нормально разомкнутые (NO), так и нормально замкнутые (NC) датчики (кнопки). При включенной опции, соответствующий датчик (кнопка) должен быть нормально разомкнутым, при выключенной — нормально замкнутым.

Важно. При проектировании станка учитывайте, что контроллеры Инектра разработаны таким образом, что входы управляющих сигналов реагируют только на замыкание/размыкание на общий провод (землю).

Отключить подтяжку к питанию — при использовании контроллеров Инектра эта опция должна оставаться выключенной (галочки сняты) для всех сигналов.

8.8 Создание резервной копии и восстановление конфигурации

Визуализатор имеет несколько очень полезных функций для работы с конфигурацией контроллера. Чтобы открыть меню управления конфигурацией откройте раздел *Управление конфигурацией* в меню *Конфигурация*.

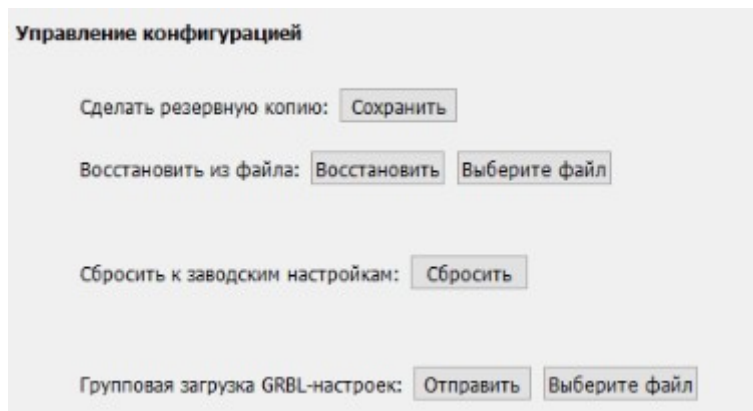


Рисунок 16: Управление конфигурацией

Доступные следующие функции работы с конфигурацией контроллера:

- **Создание резервной копии** — чтобы сделать резервную копию (бэкап) конфигурации Вашего контроллера, нажмите на кнопку *Сохранить* и укажите путь для сохранения файла.
- **Восстановление конфигурации из файла** — функция позволяет выполнить быстрое восстановление конфигурации из сделанной ранее резервной копии. Для этого выберите файл бэкапа и нажмите кнопку *Восстановить*.
- **Сброс к заводским настройкам** — осуществляет сброс всех настроек контроллера к заводским значениям. Функция бывает полезна для восстановления исходной работоспособности, если по ошибке были загружены неверные настройки.
- **Групповая загрузка GRBL-настроек** — функция позволяет осуществить быструю загрузку нескольких GRBL-параметров из текстового файла, подготовленного вручную. Отличие данной функции от функции восстановления конфигурации из файла состоит в том, что последняя использует для восстановления только файл резервной копии, который имеет специальный формат. Для групповой загрузки содержимое текстового файла представляет собой произвольный набор строк, каждая из которых задаёт значение только одного GRBL-параметра, например:

\$21=0

\$23=3

\$24=50

\$25=2000

9. Настройка одновременной работы фрезера и лазера

Программа поддерживает работу со станками, оборудованными одновременно шпинделем и лазером, и позволяет быстро переключаться с одного режима на другой с автоматической подстройкой рабочих координат, что очень удобно, когда одна заготовка требует фрезерной и лазерной обработки.

На станках с одновременно оборудованными шпинделем и лазером между этими двумя инструментами есть некоторое смещение, которое необходимо учитывать при переключении между режимами. Выполните следующие действия, чтобы автоматизировать процесс перехода с одного инструмента на другой.

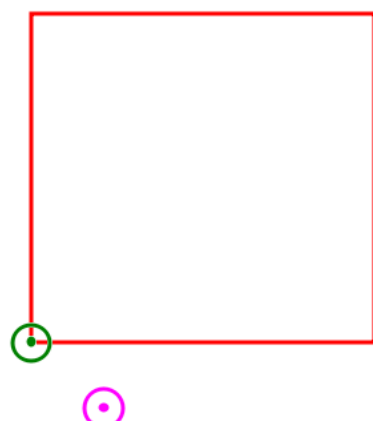
- Измерьте смещение между осями шпинделя и лазера по X и по Y (с максимальной точностью).
- Откройте меню *Сервис* → *Настройки* и в разделе *Информация о станке* введите измеренные значения в поля *Смещение лазера, мм*. При этом обратите внимание, что смещение по оси X должно быть положительным числом, если лазер расположен относительно шпинделя в положительном направлении оси X. Иначе смещение имеет отрицательный знак. Аналогично для оси Y: смещение положительно, если лазер расположен относительно шпинделя в положительном направлении оси Y.

Теперь при переключении между режимами по кнопке  (панель *Команды*)

рабочий орган нового инструмента (фреза или луч лазера) будет автоматически перемещаться в рабочий ноль заготовки.

Важно. Так как между шпинделем и лазером есть смещение (в общем случае по обоим осям), а концевые датчики устанавливают машинный ноль для основного инструмента (скажем, это шпиндель), очень важно правильно расположить заготовку и установить рабочий ноль, чтобы при переключении на дополнительный инструмент (лазер) не произошло нарушение границ рабочего поля станка. На рис. 17 приведён пример неправильного размещения заготовки на столе станка, вследствие чего после переключения на лазер произойдет нарушение границ рабочего поля по оси X. Пример правильного расположения заготовки приведен на рис. 18.

1. Положение шпинделя и лазера в машинном нуле (начале координат станка, определяемом концевыми датчиками)



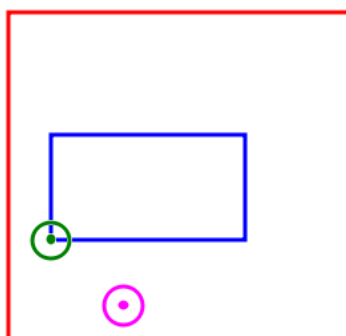
● - Шпиндель

● - Лазер

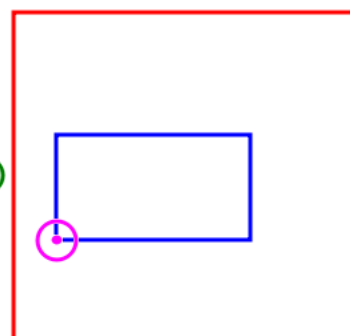
— - Границы рабочего поля

— - Границы заготовки

2. Задаём рабочий ноль заготовки по положению шпинделя



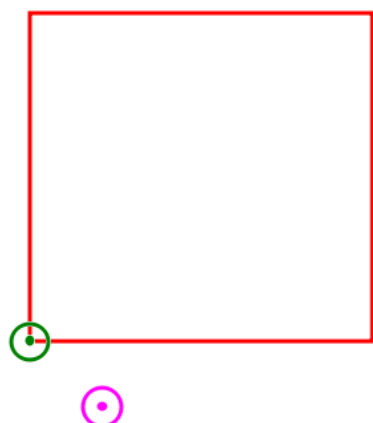
3. При переключении на лазер станок должен переместиться за пределы рабочего поля по оси X, чтобы установить лазер в рабочий ноль заготовки!



Станок упрётся в концевой датчик оси X!

Рисунок 17: Пример неправильного расположения заготовки

1. Положение шпинделя и лазера в машинном нуле (начале координат станка, определяемом концевыми датчиками)



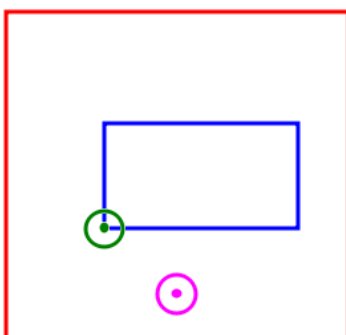
● - Шпиндель

● - Лазер

— - Границы рабочего поля

— - Границы заготовки

2. Задаём рабочий ноль заготовки по положению шпинделя



3. При переключении на лазер нарушения границ рабочего поля не происходит.

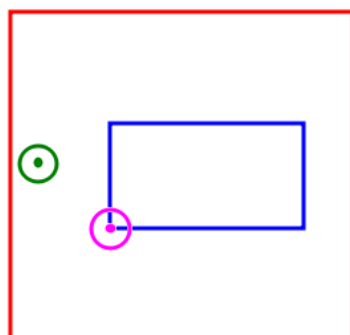


Рисунок 18: Правильное расположение заготовки

10. Калибровка осей

Калибровка позволяет более точно рассчитать количество шагов шагового двигателя для перемещения на 1мм для каждой из осей.

Функция калибровки доступна через меню *Станок* → *Калибровка осей* (рис. 19).

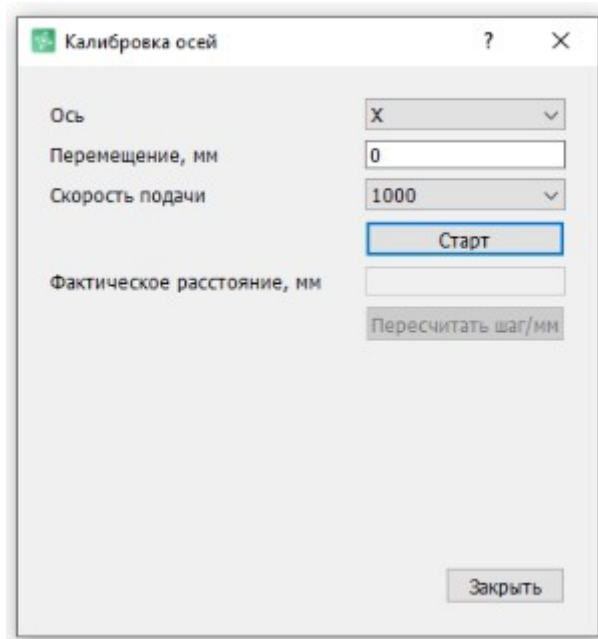


Рисунок 19: Меню Калибровка осей

Для выполнения калибровки Вам понадобится линейка или рулетка. Перед началом калибровки спозиционируйте инструмент так, чтобы в положительном направлении требуемой оси был достаточный запас хода. Чтобы запустить калибровку оси, выполните следующие действия:

- 1) Выберите необходимую ось для калибровки в выпадающем списке **Ось**.
- 2) В поле **Перемещение, мм** задайте ожидаемое перемещение в миллиметрах, которое должны сделать шаговые двигатели выбранной оси. Заметьте, чем больше будет пройденное расстояние, тем точнее калибровка.
- 3) В выпадающем списке **Скорость подачи** задайте скорость перемещения.
- 4) Приложите линейку к рабочему полю и точно определите координату начальной точки инструмента.
- 5) Нажмите кнопку *Старт*. Начнётся движение в положительном направлении выбранной оси.
- 6) Дождитесь, пока шаговый двигатель остановится, и измерьте фактически пройденное инструментом расстояние в миллиметрах. Измеренное значение введите в поле **Фактическое расстояние, мм**.
- 7) Нажмите кнопку **Пересчитать шаг/мм** для завершения процедуры калибровки.

По завершении цикла калибровки сделайте проверку на достаточно большом расстоянии: запустите перемещение на расстояние, близкое к размеру рабочего


поля вдоль калибруемой оси, и линейкой (рулеткой) измерьте пройденный путь. Если есть расхождение, повторите цикл калибровки, следуя пунктам 1-7.

Важно. После завершения калибровки станка рекомендуется выполнить процедуру поиска домашнего положения.

11. Поиск поверхности заготовки (зондирование)

Перед запуском G-код программы для обработки заготовки необходимо определить координату Z её поверхности. Для этого визуализатор имеет специальную функцию зондирования, которая позволяет автоматически найти поверхность заготовки и установить рабочий ноль координаты Z на этом уровне.

Процедура зондирования выполняется с помощью металлической шайбы, высота которой достоверно известна (по умолчанию 19.4 мм). Порядок выполнения процедуры следующий.

1. Установите шайбу на поверхность заготовки (шайба должна быть подключена к выводу *Probe* контроллера).
2. Подсоедините фрезу станка к земельному выводу контроллера (см. инструкцию на соответствующее устройство) — обычно это делается с помощью «крокодила».
3. По умолчанию максимальное расстояние поиска шайбы составляет 30мм, поэтому перед стартом процедуры опустите фрезу, чтобы между её краем и поверхностью шайбы было не более 30мм. Иначе шайба не будет найдена, и контроллер выдаст сигнал аварии. Кроме этого расположите шайбу так, чтобы она находилась под фрезой.
4. Запустите процедуру зондирования нажатием кнопки Z-щуп  на панели *Управление*.
5. После запуска процедуры фреза начинает движение в направлении шайбы с подачей 150 мм/мин. Как только фреза касается шайбы, контроллер детектирует сигнал *Probe* и делает откат назад на 0.5мм для перехода на второй цикл более точного позиционирования. Второй цикл выполняется с низкой подачей 10 мм/мин.
6. В случае успешного завершения второго цикла выставляется уровень рабочего нуля оси Z по поверхности заготовки (к координате поверхности шайбы добавляется её высота).

Команды выполнения процедуры зондирования настраиваются через меню *Сервис* → *Настройки*, раздел *Управление*, поле *Команды щупа*. Вносите изменения, только если уверены в своих действиях.

Высота шайбы по умолчанию составляет 19.4 мм. Если Ваша шайба имеет другой размер, в поле *Команды щупа* нужно внести корректировку, заменив число 19.4 после G-кода G92 на высоту Вашей шайбы.

12. Консоль

Консоль — это элемент управления, содержащий терминальное окно для вывода сообщений от контроллера и поле для ввода и отправки команд в контроллер на выполнение.

Консоль позволяет вручную отправлять в контроллер GRBL-команды для запроса статусной информации, изменения настроек и др. Список некоторых полезных команд приведен в разделе 13.

Чтобы открыть консоль установите галочку напротив пункта меню *Сервис* → *Консоль*. На рис. 20 показан её внешний вид и назначение элементов управления.

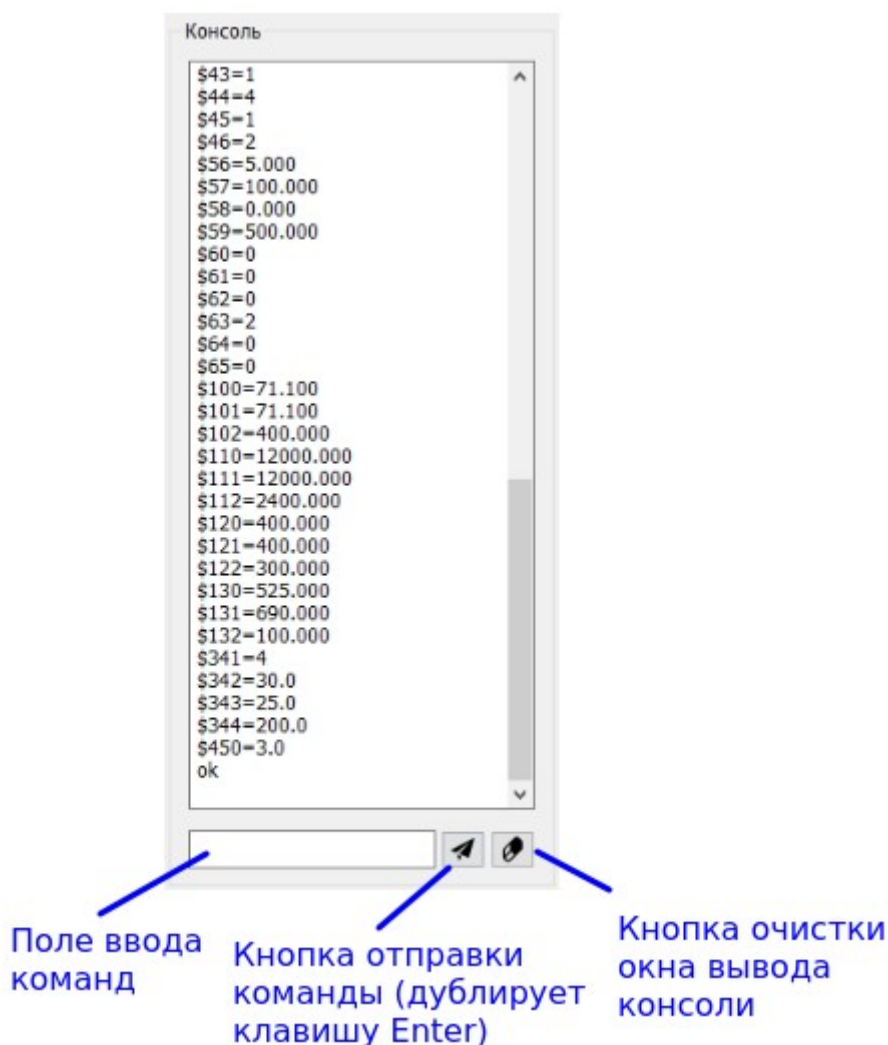


Рисунок 20: Панель Консоль

13. Полезные команды GRBL

Ниже представлен список некоторых полезных команд GRBL.

- `$$` — запросить список значений всех GRBL-параметров.
- `$<id>=<value>` — присвоить GRBL-параметру с идентификатором `<id>` значение `<value>`, например, `$20=1`.

- $\$<id>$ — запросить значение GRBL-параметра с идентификатором $<id>$, например, $\$20$.
- $\$/$ — запросить информацию о версии программного обеспечения контроллера. Вывод команды включает в себя имя устройства (поле *BOARD NAME*), серийный номер (поле *BOARD SERIAL*), версия ПО контроллера (поле *CNC_FW_VER*), ревизия ПО контроллера (поле *CNC_FW_REV*), дата сборки (поле *CNC_FW_BUILD_DATE*).
- $\$G$ — показать состояние парсера.
- $\#\$$ — показать список NGC-параметров.
- $\$BT$ — запросить статус Bluetooth-подключения. Вывод команды включает в себя следующую информацию: статус Bluetooth-модуля в поле *BLUETOOTH* (*On* — успешно настроен, *Off* — ошибка настройки, выключен), имя Bluetooth-устройства контроллера (поле *NAME*), пин-код устройства (поле *PIN*).

14. Настройки приложения

Полный список настроек приложения доступен через пункт меню *Сервис* → *Настройки*.

15. Управление с клавиатуры

Визуализатор поддерживает широкие возможности управления станком с клавиатуры. Список горячих клавиш доступен в пункте меню *Справка* → *Горячие клавиши*.

Все клавиши разделены на группы.

Перемещение

ScrLk — Включить/выключить управление с клавиатуры.

"+" - Подача XY следующая — выбор следующей (более высокой) подачи осей XY из списка «Подача XY».

"-" - Подача XY предыдущая — выбор предыдущей (более низкой) подачи осей XY из списка «Подача XY».

Alt + "+" - Подача Z следующая — выбор следующей (более высокой) подачи оси Z из списка «Подача Z».

Alt + "-" - Подача Z предыдущая — выбор предыдущей (более низкой) подачи оси Z из списка «Подача Z».

"1" — Шаг перемещения следующий — увеличить шаг перемещения, установив следующее значение из списка «Шаг».

"7" — Шаг перемещения предыдущий — уменьшить шаг перемещения, установив предыдущее значение из списка «Шаг».

"5" — Остановить перемещение.

"4" — Движение по оси X влево с установленным шагом.

"6" — Движение по оси X вправо с установленным шагом.

"2" — Движение по оси Y назад с установленным шагом.

"8" — Движение по оси Y вперед с установленным шагом.

"3" — Движение по оси Z вниз с установленным шагом.

"9" — Движение по оси Z вверх с установленным шагом.

Shift + "стрелки на панели Перемещение мышкой" — Непрерывное перемещение в заданном направлении с максимальной подачей (скоростью холостого хода).

Ctrl + "стрелки на панели Перемещение мышкой" - Перемещение на 1мм в заданном направлении с установленной подачей.

Шпиндель/лазер

"0" — Включить/выключить шпиндель/лазер

"/" - Уменьшить скорость вращения шпинделя (мощность лазера) на 1.

"*" - Увеличить скорость вращения шпинделя (мощность лазера) на 1.

Работа

Клавиша пробел — Постановка выполняемой программы G-кода на паузу.

16. Информация о контроллере

Чтобы посмотреть информацию о подключенном контроллере, откройте меню *Станок → Контроллер*. Меню содержит следующие данные:

- Версия программного обеспечения
- Ревизия программного обеспечения
- Дата сборки
- Версия GRBL

17. Возможные проблемы и их устранение

На некоторых компьютерах могут возникать проблемы с построением визуализации изображения загруженной программы G-кода (раздел 7). Вот некоторые из них:

- 1) фон изображения всегда черный, независимо от настройки цветовой схемы (меню *Сервис → Настройки → Цвета*) (см. рис. 21);
- 2) при перемещении инструмент «оставляет за собой след» (см. рис. 21);
- 3) изображение не строится или же наблюдаются искажения;
- 4) визуализация очень сильно «тормозит».

Для решения проблем 1-3 рекомендуется выполнить следующие действия:

- 1) Убедитесь, что Ваш компьютер соответствует требованиям к аппаратному обеспечению, описанным в разделе 1.
- 2) Выполните обновление драйвера видеокарты компьютера.
- 3) Если обновление драйвера не устранило проблему, установите пакеты Microsoft Visual C++ и Microsoft .NET Framework.
- 4) Если проблема остаётся после установки пакетов из предыдущего пункта, обратитесь за помощью в техподдержку support@inectra.ru.

Для решения проблемы 4 убедитесь, что Ваш компьютер соответствует требованиям к аппаратному обеспечению, описанным в разделе 1, и выполните обновление драйвера видеокарты: судя по всему вся нагрузка на построение изображения ложится на центральный процессор (CPU) Вашего компьютера вместо того, чтобы задействовать аппаратные возможности графической карты.

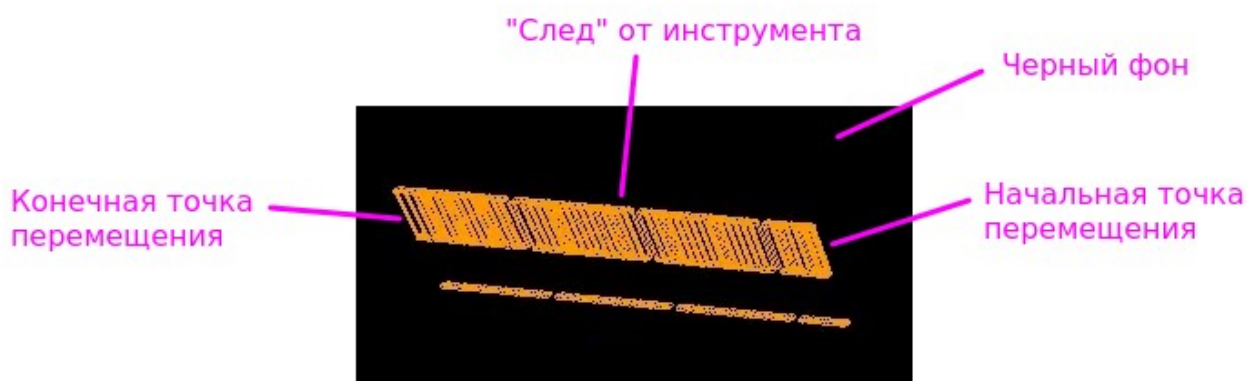


Рисунок 21: Некорректное построение визуализации

18. Описание параметров GRBL

GRBL-параметры — это переменные, записанные в энергонезависимую память контроллера, и хранящие все основные настройки станка (а также ряд других сервисных настроек): размеры стола, скорость подачи, ускорение, детектирование сигналов концевых датчиков и сигналов управления, параметры сигналов Step-Dir управления шаговыми двигателями и др. GRBL-параметры сохраняют своё значение после выключения питания.

ВАЖНО. При использовании контроллеров Инектра совместно с управляющей программой Inectra GRBL Visualizer нет необходимости в прямом редактировании GRBL-параметров: все основные настройки станка выведены в удобное графическое меню *Станок → Конфигурация* (раздел 8). Если по какой-либо причине Вам потребовалось вручную изменить GRBL-параметры, откройте консоль и выполните настройки (см. разделы 12 и 13).

Ниже в таблице представлен список поддерживаемых параметров и их описание.

ID	Название	Единицы измерения	Описание
0	Step pulse time Время длительности шагового импульса	Микросекунды	<p>Устанавливает длительность импульса сигнала Step. Минимальное значение — 2 мкс. Значение по умолчанию — 10 мкс — необходимо уменьшить, если требуемая частота сигнала Step превышает 80 кГц.</p> <p>Драйверы шаговых двигателей имеют ограничение на минимальную длительность шагового импульса. Уточните нужное значение в документации. Желательно использовать максимально короткие импульсы, которые драйвер способен надежно распознавать. Если импульсы будут слишком длинные, вы можете столкнуться с проблемами при высоких скоростях подачи и большой частоте импульсов, возникающими из-за того, что идущие подряд импульсы начнут накладываться друг на друга.</p>
1	Step idle delay Задержка отключения двигателей	Миллисекунды	<p>Каждый раз, когда шаговые двигатели заканчивают движение и останавливаются, Grbl делает задержку на указанный интервал времени перед отключением питания двигателей.</p> <p>Время задержки отключения — это интервал перед отключением двигателей, в течении которого Grbl будет держать двигатели в состоянии удержания текущего положения. В зависимости от системы, вы можете установить значение этого параметра в ноль и отключить задержку. В других случаях может потребоваться использовать значение 25-50 миллисекунд, чтобы оси успели полностью остановиться перед отключением двигателей. Отключение призвано помочь для тех типов двигателей, которые не следует держать включенными в течении долгого периода времени без какой-либо работы. И еще, имейте в виду, что в процессе отключения некоторые драйверы шаговых двигателей не запоминают на каком микрошаге они остановились, что может привести к пропуску шагов. В этом случае лучше держать двигатели всегда включенными установкой соответствующего значения в параметр 37.</p>
2	Step pulse invert Инверсия сигнала шагового импульса	Битовая маска ¹	Этот параметр управляет инверсией сигнала шаговых импульсов. По умолчанию, сигнал шагового импульса начинается в нормально-низком состоянии и переключается в высокое на период импульса. По истечении времени, заданного параметром \$0, вывод переключается обратно в низкое состояние, вплоть до следующего импульса. В режиме инверсии,

¹ Расшифровку значений битовой маски см. ниже после таблицы с описанием GRBL-параметров.

			<p>шаговый импульс переключается из нормально-высокого в низкое на период импульса, а потом возвращается обратно в высокое состояние. Большинству пользователей не требуется менять значение этого параметра, но это может оказаться полезным, если конкретные драйверы ШД этого требуют. Например, инверсией вывода шагового импульса может быть обеспечена искусственная задержка между изменением состояния вывода направления и шаговым импульсом.</p> <p>Этот параметр хранит настройки инверсии осей в виде битовой маски. Бит 0 соответствует оси X, бит 1 - оси Y, бит 2 - оси Z. Например, чтобы инвертировать оси Y и Z, отправьте \$2=6.</p>
3	<p>Step direction invert</p> <p>Инверсия сигнала направления шагового двигателя</p>	Битовая маска ¹	<p>Этот параметр инвертирует сигнал направления для каждой из осей. По-умолчанию, Grbl предполагает, что ось движется в положительном направлении, когда уровень сигнала направления низкий, и в отрицательном - когда высокий.</p> <p>Эта маска работает точно так, как и инверсия шаговых импульсов. Для настройки нужно просто отправить значение, указывающее какие оси инвертировать. Бит 0 соответствует оси X, бит 1 - оси Y, бит 2 - оси Z. Например, чтобы инвертировать направление только по оси Y, нужно отправить команду \$3=2.</p>
4	<p>Invert step enable pin</p> <p>Инверсия сигнала включения шаговых двигателей</p>	Битовая маска ¹	<p>По умолчанию, низкий уровень соответствует выключению, а высокий - включению шаговых двигателей. В контроллерах Инектра включению двигателей соответствует низкий уровень, поэтому сигнал необходимо инвертировать, отправив \$4=7 (или \$4=1, т.к. все шаговые двигатели управляются одним сигналом включения). Бит 0 соответствует оси X, бит 1 - оси Y, бит 2 - оси Z. Если все шаговые двигатели управляются одним и тем же сигналом включения, используется только бит оси X.</p>
5	<p>Invert limit pins</p> <p>Инверсия сигналов концевых датчиков</p>	Битовая маска ¹	<p>По умолчанию, высокий уровень сигнала на соответствующей ножке микроконтроллера соответствует срабатыванию концевого датчика. Контроллеры Инектра спроектированы таким образом, что при разомкнутой цепи датчика сигнал на соответствующей ножке микроконтроллера резистором подтягивается к высокому уровню. При замыкании выводов XLIM, YLIM, ZLIM на общий провод, соответствующая ножка микроконтроллера подтягивается к низкому уровню. Таким образом, при подключении нормально разомкнутого (Normally Opened, NO) датчика, соответствующий бит параметра 5 необходимо установить в 1. При подключении нормально замкнутого (Normally Closed, NC) датчика, инверсия не требуется. Бит 0 соответствует оси X, бит 1 - оси Y, бит 2 - оси Z.</p>

			Например, для инверсии лимитов всех осей необходимо отправить \$5=7.
6	Invert probe pin Инверсия сигнала датчика высоты инструмента	Логический	По аналогии с сигналами концевых датчиков (см. описание параметра 5), параметр 6 необходимо установить в 1 при подключении нормально разомкнутого датчика высоты инструмента (Z-щупа), отправив \$6=1.
10	Status report options Настройка статусных репортов	Битовая маска ¹	<p>Параметр определяет, какие данные отправлять в отчеты реального времени, которые используются графическим визуализатором для отображения текущего состояния системы. Для корректной работы визуализатора рекомендуется установить значение параметра \$10=511.</p> <p>Расшифровка битовой маски:</p> <p>Бит0 - машинные координаты,</p> <p>бит1 - состояние буфера,</p> <p>бит2 - номера строк,</p> <p>бит3 - скорость подачи и скорость вращения шпинделя,</p> <p>бит4 - состояние контрольных сигналов,</p> <p>бит5 - рабочие координаты,</p> <p>бит6 - переопределения,</p> <p>бит7 - координаты датчика высоты инструмента,</p> <p>бит8 - синхронизация буфера при изменении рабочих координат,</p> <p>бит9 - подстатусы аварий,</p> <p>бит10 - состояние парсера.</p> <p>Большая часть данных скрывается и выводится только тогда, когда их значение меняется. Это существенно увеличивает производительность по сравнению со старым способом и позволяет значительно быстрее получать обновленные данные о станке, причем в большем объеме.</p>
11	Junction deviation Отклонение на стыках	Миллиметры	<p>Заданная величина отклонения на стыках, используется модулем управления ускорением для определения как быстро можно перемещаться через стыки отрезков запрограммированного в G-коде пути. Например, если путь в G-коде содержит острый выступ с углом в 10 градусов, и станок движется к нему на полной скорости, данный параметр поможет определить насколько нужно притормозить, чтобы выполнить поворот без потери шагов.</p> <p>Вычисление делается довольно сложным образом, но в целом, более высокие значения дают более высокую скорость прохождения углов, повышая риск потерять шаги и сбить</p>

			позиционирование. Меньшие значения делают модуль управления более аккуратным и приводят к более аккуратной и медленной обработке углов. Так что, если вдруг столкнетесь с проблемой слишком быстрой обработкой углов, уменьшите значение параметра, чтобы заставить станок притормаживать перед прохождением углов.
12	Arc tolerance Отклонение от дуги	Миллиметры	<p>Grbl выполняет операции круговой интерполяции G2/G3 (круги, спирали, дуги), разбивая их на множество крошечных отрезков таким образом, чтобы погрешность отклонения от дуги не превышала значения данного параметра. Значение по умолчанию - 0.002мм. Если вы обнаружили, что ваши окружности слишком угловатые или прохождение по дуге выполняется слишком уж медленно, откорректируйте значение этого параметра. Меньшие значения дают лучшую точность, но могут снизить производительность из-за перегрузки Grbl огромным количеством мелких линий. И наоборот, более высокие значения приводят к меньшей точности обработки, но повышают скорость, поскольку дуга разбивается на меньшее количество отрезков.</p> <p>Стоит уточнить, что отклонение от дуги определяется как максимальная длина перпендикуляра, проведенного от отрезка, соединяющего концы дуги (хорды) до пересечения с точкой дуги. Используя основы геометрии, происходит вычисление, на отрезки какой длины нужно разбить дугу, чтобы погрешность не превышала заданное значение.</p>
13	Report in inches Отчет в дюймах	Логический	Grbl в реальном времени выводит координаты текущей позиции, чтобы пользователь всегда имел представление, где в данный момент находится станок, а также параметры смещения начала координат, скорость подачи и данные измерения (probing). По умолчанию вывод идет в мм, но командой \$13=1 можно изменить значение параметра и переключить вывод на дюймы. \$13=0 возвращает вывод в мм.
14	Invert control pins Инверсия сигналов управления	Битовая маска ¹	По умолчанию, высокий уровень сигнала на соответствующей ножке микроконтроллера соответствует нажатию кнопки (поступлению управляющего сигнала). Контроллеры Инектра спроектированы таким образом, что при разомкнутой цепи сигнал на соответствующей ножке микроконтроллера резистором подтягивается к высокому уровню. При замыкании выводов RESET, HOLD, START, Safety Door на общий провод, соответствующая ножка микроконтроллера подтягивается к низкому уровню. Таким образом, если по нажатию кнопки соответствующий вывод замыкается на общий провод, соответствующий бит параметра 14

			<p>необходимо установить в 1 . Инверсия не требуется, если вывод замкнут на общий провод при ненажатой кнопке.</p> <p>Расшифровка битовой маски:</p> <p>бит0 - RESET</p> <p>бит1 - HOLD</p> <p>бит2 - START</p> <p>бит3 - Safety Door</p> <p>Значение по умолчанию \$14=15.</p>
15	<p>Invert coolant pins</p> <p>Инверсия сигналов управления охлаждением</p>	Битовая маска ¹	<p>По умолчанию включение охлаждения осуществляется установкой высокого уровня на соответствующей ножке микроконтроллера. Контроллеры Инектра спроектированы в соответствии с этим утверждением, поэтому инверсия сигналов охлаждения не требуется: \$15=0.</p> <p>Расшифровка маски:</p> <p>бит0 - основное охлаждение (Flood)</p> <p>бит1 - дополнительное охлаждение (Mist)</p>
16	<p>Invert spindle signals</p> <p>Инверсия сигналов управления шпинделем</p>	Битовая маска ¹	<p>Расшифровка битовой маски:</p> <p>бит0 - Spindle Enable</p> <p>бит1 - Spindle Direction</p> <p>бит2 - PWM (ШИМ)</p> <p>По умолчанию активному уровню сигнала соответствует высокий уровень на ножке микроконтроллера. Контроллеры Инектра спроектированы в соответствии с этим утверждением, поэтому инверсия сигналов управления шпинделем не требуется: \$16=0</p>
17	<p>Pullup disable control pins</p> <p>Подтяжка сигналов управления к питанию отключена</p>	Битовая маска ¹	<p>Настройка данного параметра для контроллеров Инектра не требуется, так как входные цепи сигналов управления содержат подтягивающие к питанию (pull-up) резисторы. Значение параметра должно быть равно \$17=0</p> <p>Для расшифровки битовой маски см. параметр 14.</p>
18	<p>Pullup disable limit pins</p> <p>Подтяжка сигналов концевых датчиков к питанию отключена</p>	Битовая маска ¹	<p>Настройка данного параметра для контроллеров Инектра не требуется, так как входные цепи сигналов концевых датчиков содержат подтягивающие к питанию (pull-up) резисторы. Значение параметра должно быть равно \$18=0</p> <p>Для расшифровки битовой маски см. параметр 5.</p>

19	<p>Pullup disable probe pin</p> <p>Подтяжка сигнала Z-щупа к питанию отключена</p>	Логический	<p>Настройка данного параметра для контроллеров Инектра не требуется, так как входная цепь сигнала датчика высоты инструмента содержит подтягивающий к питанию (pull-up) резистор. Значение параметра должно быть равно \$19=0</p>
20	<p>Soft limits enable</p> <p>Включение программных лимитов</p>	Логический	<p>Включение программных лимитов - это настройка безопасности, призванная помочь избежать перемещения инструмента за пределы рабочей области, которое может повлечь за собой поломку или разрушение дорогостоящих предметов. Она работает за счет информации о текущем положении и пределах допустимого перемещения по каждой из осей. Каждый раз, когда Grbl получает G-код движения, он проверяет не произойдет ли выход за пределы допустимой области. И в случае, если происходит нарушение границ, Grbl немедленно выполняет команду приостанова подачи, останавливает шпиндель и охлаждение, а затем выставляет сигнал аварии для индикации проблемы. Текущее положение при этом не сбрасывается, поскольку останов происходит не в результате аварийного принудительного останова, как в случае с жесткими границами.</p> <p>ЗАМЕЧАНИЕ: программные лимиты требуют включения поддержки процедуры поиска домашнего положения и аккуратной настройки максимальных границ для перемещения (параметры 130, 131, 132), поскольку Grbl нужно знать, где находятся допустимые границы.</p> <p>Отправьте \$20=1 для включения, и \$20=0 для отключения программных лимитов.</p>
21	<p>Hard limits enable</p> <p>Включение жестких границ - поддержка концевых датчиков в аппаратной конфигурации станка</p>	Логический	<p>Жесткие границы в общих чертах работают также как и мягкие, но используют аппаратные выключатели. Как правило, концевые выключатели (механические, магнитные или оптические) устанавливаются в конце каждой из осей или в тех точках, достижение которых в процессе перемещения может привести к проблемам. Когда срабатывает выключатель, он приводит к немедленной остановке любого перемещения, останову охлаждения и шпинделя (если подключен), и переходу в аварийный режим, требующий от вас проверить станок и выполнить сброс контроллера.</p> <p>Имейте в виду, что срабатывание жестких границ рассматривается как исключительное событие, выполняющее немедленный останов, и</p>

			<p>может приводить к потере шагов. Grbl не имеет никакой обратной связи от станка о текущем положении, так что он не может гарантировать, что имеет представление о том где реально находится. Так что, если произошло нарушение жестких границ, Grbl перейдет в бесконечный цикл режима АВАРИЯ, выход из которого потребует выполнения процедуры поиска домашнего положения (Homing).</p> <p>Отправьте \$21=1 для включения, и \$20=0 для отключения жестких границ.</p>
22	Homing cycle Поиск домашнего положения	Битовая маска ¹	<p>Процедура поиска домашнего положения используется для аккуратного и точного поиска заранее известной точки станка каждый раз после включения Grbl между сеансами работы - так называемый машинный ноль, используемый как точка отсчета координат станка.</p> <p>По-умолчанию, процедура поиска начальной позиции Grbl сначала выполняет перемещение по оси Z в положительном направлении, чтобы освободить рабочую область, а затем выполняет перемещение по осям X и Y в положительном направлении. Для настройки точного поведения процедуры поиска домашнего положения имеется несколько параметров настройки, описанные ниже.</p> <p>Также следует отметить, что при активированной процедуре поиска домашнего положения Grbl блокирует выполнение команд перемещения G-кода до завершения процедуры.</p>
23	Homing direction invert Инвертирование направления поиска домашнего положения	Битовая маска ¹	<p>По-умолчанию, контроллер предполагает, что концевые выключатели начальной точки (домашнего положения) находятся в положительном направлении. Он выполняет сначала перемещение в положительном направлении по оси Z, затем в положительном направлении по осям X-Y, перед тем как точно определить начальную точку, медленно перемещаясь назад и вперед около концевого выключателя.</p> <p>Если в вашей конфигурации концевые датчики находятся в другом направлении по отношению к положительному направлению движения по заданной оси, установите соответствующий бит в 1:</p> <p>бит0 - ось X, бит1 - ось Y, бит2 - ось Z.</p> <p>Например, для инвертирования направления поиска по осям Y и Z, отправьте \$23=6.</p>
24	Homing locate feed rate	мм/мин	Процедура поиска начальной точки сначала ищет концевые выключатели с повышенной скоростью, а после того как их обнаружит,

	Скорость подачи при точном определении домашнего положения		двигается в начальную точку с пониженной скоростью для точного определения ее положения - эта пониженная скорость и задается параметром 24. Установите ее в некоторое значение, обеспечивающее повторяемое и точное определение местоположения начальной точки.
25	Homing search seek rate Скорость подачи при поиске домашнего положения	мм/мин	Данный параметр определяет начальную (повышенную) скорость, с которой контроллер пытается грубо найти концевые выключатели домашнего положения. Откорректируйте это значение, позволяющее переместиться к начальной точке за достаточно малое время без столкновения с концевыми выключателями из-за слишком быстрого к ним перемещения.
26	Homing switch debounce delay Подавление дребезга при поиске домашнего положения	Миллисекунды	<p>При срабатывании концевых датчиков, некоторые из них в течении нескольких миллисекунд могут издавать электрический/механический шум (так называемый дребезг контакта), приводящий к быстрому переключению сигнала между высоким и низким уровнями, прежде чем его значение зафиксируется. Для решения данной проблемы вводится программная задержка на время дребезга. Контроллер будет делать короткую задержку, но только при поиске начальной точки на этапе ее точного определения.</p> <p>Установите значение задержки достаточное, чтобы выключатели обеспечивали устойчивое срабатывание. Для большинства случаев подойдет значение в пределах 5-25 миллисекунд.</p>
27	Homing switch pull-off distance Отъезд от начальной точки	Миллиметры	<p>После того, как концевой выключатель домашнего положения найден, контроллер отъезжает от него на небольшое расстояние. Делается это для того, чтобы в домашнем положении датчики не находились в «засвеченном» состоянии, а также чтобы избежать непреднамеренного срабатывания датчиков в процессе работы станка.</p> <p>Обычно значение 2-3 мм вполне достаточно.</p>
28	G73 retract distance Расстояние втягивания G73	Миллиметры	Расстояние втягивания инструмента в цикле высокоскоростного сверления командой G.73
29	Pulse delay Задержка шагового импульса	Микросекунды	Обычно изменение этого параметра не требуется, оставьте его значение в 0.
30	Maximum spindle speed	об/мин	Задаёт скорость вращения шпинделя, соответствующую максимальной скважности ШИМ-сигнала (1). Скважности 1 соответствует

	Максимальная скорость вращения шпинделя		<p>постоянный уровень 5В на выходе DPWM и уровень 10В на аналоговом выходе APWM.</p> <p>Таким образом, если, скажем, $\\$30=24000$, то команда M3 S12000 приведет к генерации ШИМ сигнала на выходе DPWM в виде периодических прямоугольных импульсов скважностью 0.5, что будет соответствовать аналоговому уровню 5В на выходе APWM.</p>
31	<p>Minimum spindle speed</p> <p>Минимальная скорость вращения шпинделя</p>	об/мин	<p>Задаёт скорость вращения шпинделя, соответствующую минимальной скважности ШИМ-сигнала (0.004). Скважности 0.004 соответствуют очень короткие периодические импульсы (длительность зависит от частоты, определяемой параметром 33) на выходе DPWM, и постоянное напряжение 0.04В на аналоговом выходе APWM.</p> <p>Значение $\\$31=0$ соответствует отключению шпинделя, и выходы ШИМ всегда равны 0В.</p>
32	<p>Mode of operation</p> <p>Режим работы</p>	Целое	<p>0 - Режим фрезерного станка</p> <p>1 - Режим лазера</p> <p>Отличие режима лазера от режима фрезера состоит в том, что при работе в режиме лазера, когда обороты шпинделя (мощность лазера) меняются командой S, станок будет продолжать движение от точки к точке в соответствии с заданной последовательностью команд G1, G2, или G3. Значение скважности ШИМ, отвечающего за управление оборотами шпинделя, будет меняться в процессе движения сразу же, без выполнения остановки. Второе отличие состоит в том, что при выполнении ускоренного перемещения по команде G0, происходит отключение сигнала ШИМ, чтобы лазер не прожег рабочую поверхность во время холостого хода.</p> <p>Если параметр отключен (значение 0), станок будет вести себя как обычно, прерывая движение каждый раз, когда встречает команду изменения оборотов шпинделя S. Это стандартное поведение для фрезерных станков, формирующее некоторую паузу, чтобы шпиндель успел изменить скорость своего вращения. На холостом ходу (по команде G0) отключать ШИМ (шпиндель) не требуется.</p>
33	<p>Spindle PWM frequency</p> <p>Частота ШИМ-сигнала управления скоростью вращения шпинделя</p>	Гц	Частота ШИМ-сигнала управления скоростью вращения шпинделя/мощностью лазера. Чем выше частота ШИМ, тем более гладкий (меньше шума) будет аналоговый сигнал на выходе APWM.
34	Spindle PWM off	%	Рекомендуемое значение: $\$34=0$

	value		
35	Spindle PWM min value Минимальный уровень ШИМ- сигнала	%	Рекомендуемое значение: \$35=0
36	Spindle PWM max value Максимальный уровень ШИМ- сигнала	%	Рекомендуемое значение: \$36=100
37	Steppers deenergize Отключение двигателей	Битовая маска ¹	<p>Параметр определяет, шаговые двигатели каких осей необходимо оставлять включенными после остановки. Если соответствующий бит установлен в 1, то после остановки двигателя сигнал Step Enable соответствующей оси остается активным, благодаря чему двигатель находится в состоянии удержания своего положения.</p> <p>В процессе работы станка рекомендуется оставлять двигатели включенными (\$37=7), т.к. при неактивном сигнале Step Enable двигатель не удерживает позицию, и его можно легко сдвинуть с места, нарушив координаты.</p> <p>Расшифровка маски:</p> <p>бит0 - ось X, бит1 - ось Y, бит2 - ось Z.</p>
39	Enable legacy RT commands Разрешить устаревшие команды реального времени	Логический	Рекомендуемое значение параметра: \$39=1
40	Limit jog commands Ограничить команды перемещения	Логический	Параметр активирует ограничение команд перемещения по машинным лимитам для осей при выполнении процедуры поиска домашнего положения.
41	Parking cycle Цикл парковки	Логический	При \$41=1 разрешено выполнить процедуру парковки по оси, задаваемой параметром 42 . Предварительно требуется выполнить процедуру поиска домашнего положения.

42	Parking axis Настройка оси для выполнения парковки	Целое	Определяет, по какой оси выполнять парковку: 0 - ось X, 1 - ось Y, 2 - ось Z.
43	Homing passes Количество циклов поиска домашнего положения	Целое	Определяет, какое количество циклов требуется выполнить при выполнении процедуры поиска домашнего положения. Диапазон значений от 1 до 128.
44	Axis homing, first pass Первая ось при поиске домашнего положения	Битовая маска ¹	Определяет, по какой оси (или несколькими сразу) выполнять поиск домашнего положения за первый проход. Расшифровка маски: бит0 - ось X, бит1 - ось Y, бит2 - ось Z.
45	Axis homing, second pass Вторая ось при поиске домашнего положения	Битовая маска ¹	Определяет, по какой оси (или несколькими сразу) выполнять поиск домашнего положения за второй проход. Расшифровка маски аналогично параметру 44.
46	Axis homing, third pass Третья ось при поиске домашнего положения	Битовая маска ¹	Определяет, по какой оси (или несколькими сразу) выполнять поиск домашнего положения за третий проход. Расшифровка маски аналогично параметру 44.
56	Parking pull-out distance	Миллиметры	
57	Parking pull-out rate	мм/мин	
58	Parking target	Миллиметры	
59	Parking fast rate	мм/мин	

60	Restore overrides Восстановить переопределенные настройки в значения по умолчанию	Логический	При выполнении кодов конца программы M2 или M30, большинство состояний G-кодов сбрасывается в значения по умолчанию. Данная опция включает восстановление дефолтных значений для скоростей подачи и скорости вращения шпинделя (мощности лазера). Для активации отправьте \$60=1.
61	Ignore door when idle Игнорировать защитную дверцу в режиме простоя	Логический	Отправьте \$61=1, если конфигурация станка требует, чтобы в режиме простоя защитная дверца была открыта (например, для последующего исполнения команд движения).
62	Sleep enable Разрешить режим сна	Логический	Отправьте \$62=1, чтобы разрешить переход в режим сна.
63	Feed hold actions Действия по сигналу паузы	Битовая маска ¹	Параметр определяет, какие действия необходимо предпринять при постановке программы на паузу и снятии с паузы. Расшифровка маски: бит0 - отключить лазер при постановке на паузу, бит1 - восстановить состояния шпинделя и охлаждения по снятию с паузы.
64	Force init alarm Принудительный старт в аварийном режиме	Логический	При \$64=1 контроллер запускается в режиме аварии после холодного сброса.
65	Probing feed override Коррекция скорости подачи при поиске датчика высоты инструмента	Логический	Отправьте \$65=1, чтобы разрешить коррекцию скорости подачи для поиска датчика высоты инструмента.
100	X-axis travel resolution Разрешение перемещения по оси X	шаг/мм	Grbl нужно знать на какое расстояние каждый шаг двигателя в реальности перемещает инструмент. Для калибровки соотношения шаг/мм необходимо знать следующее: 1. Перемещение в мм, соответствующее одному обороту двигателя. Это зависит от размера шестерней ременной передачи

			<p>или шага винта.</p> <p>2. Количество полных шагов на один оборот двигателя (обычно 200).</p> <p>3. Количество микрошагов на один шаг для контроллера двигателя (обычно 1, 2, 4, 8, или 16). Совет: Использование больших значений микрошага (например, 16) может уменьшить крутящий момент двигателя, так что используйте минимальное значение, обеспечивающее нужную точность перемещения по осям и удобные эксплуатационные характеристики.</p> <p>После этого значение шаг/мм может быть вычислено по формуле:</p> <p>шагов_на_мм = (шагов_на_оборот * микрошагов)/мм_на_оборот</p> <p>Совет: используйте процедуру калибровки (функция Станок → Калибровка в графическом визуализаторе Inectra GRBL Visualizer) для точного определения разрешения оси.</p>
101	Y-axis travel resolution Разрешение перемещения по оси Y	шаг/мм	См. описание параметра 100
102	Z-axis travel resolution Разрешение перемещения по оси Z	шаг/мм	См. описание параметра 100
110	X-axis maximum rate Максимальная скорость подачи по оси X	мм/мин	Параметр задает максимальную скорость, с которой можно перемещаться по оси X. Используется как скорость подачи для выполнения команды холостого перемещения G0.
111	Y-axis maximum rate Максимальная скорость подачи по оси Y	мм/мин	См. описание параметра 110
112	Z-axis maximum rate Максимальная скорость подачи по оси Z	мм/мин	См. описание параметра 110

	Z		
120	X-axis acceleration Ускорение по оси X	мм/с ²	Параметр задаёт величину ускорения (замедления) движения по оси X. Попросту говоря, меньшее значение делает станок более плавным в движении, в то время как большее приводит к более резким движениям и достижению требуемой скорости подачи гораздо быстрее.
121	Y-axis acceleration Ускорение по оси Y	мм/с ²	См. описание параметра 120
122	Z-axis acceleration Ускорение по оси Z	мм/с ²	См. описание параметра 120
130	X-axis maximum travel Размер рабочего поля по оси X	мм	Этот параметр задает максимальную дистанцию перемещения в мм от одного конца оси X до другого. Он имеет смысл только при включении программных лимитов и поиске начальной точки, поскольку используются модулем проверки программных лимитов для определения выхода за пределы допустимой области в процессе перемещения.
131	Y-axis maximum travel Размер рабочего поля по оси Y	мм	См. описание параметра 130
132	Z-axis maximum travel Размер рабочего поля по оси Z	мм	См. описание параметра 130
341	Tool change mode Режим смены инструмента	Целое	<p>Параметр определяет режим смены инструмента. Возможны значения:</p> <p>0 - Нормальный режим - перемещение на позицию и смена инструмента осуществляются вручную.</p> <p>1 - Ручное зондирование - откат оси инструмента в домашнее положение для смены инструмента, использование команд перемещения или \$PTW (Probe Tool Workpiece) для определения касания.</p> <p>2 - Ручное зондирование, G59.3 - откат оси инструмента в домашнее положение, затем отступ по команде G59.3 для смены инструмента. Для зондирования используются команды перемещения или \$PTW.</p> <p>3 - Автоматическое зондирование, G59.3 - откат оси инструмента в домашнее положение для</p>

			смены инструмента, затем отступ по команде G59.3 для автоматического зондирования. Все режимы кроме нормального возвращают инструмент в исходное положение после смены.
342	Tool change probing distance Расстояние поиска позиции смены инструмента	мм	Максимальное расстояние для автоматического поиска позиции смены инструмента или по команде \$TPW.
343	Tool change locate feed rate Скорость подачи при точном определении позиции смены инструмента	мм/мин	Скорость подачи для точного позиционирования датчика смены инструмента, чтобы точно определить отступ.
344	Tool change search seek rate Скорость подачи при поиске позиции смены инструмента	мм/мин	Скорость поиска датчика смены инструмента перед медленной фазой точного позиционирования.
450	Spindle spin up delay Задержка на разгон шпинделя	Секунды	При всяком изменении скорости вращения шпинделя (командой S) или включении шпинделя командами M3/M4 контроллер выдерживает заданный интервал времени, чтобы дать возможность фрезе раскрутиться и не повредить её перед началом движения.

Расшифровка битовой маски

Десятичное число	Бит10	Бит9	Бит8	Бит7	Бит6	Бит5	Бит4	Бит3	Бит2	Бит1	Бит0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

...
2047	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1