

Предсказуемость, отсутствие запертости, ясная граница

Вы не канал сбыта, а тот, кто внедряет и зарабатывает на внедрении.
Значит нужны три вещи: понимание, что система сделает на чужом железе; уверенность, что данные остаются вашими; и названная граница ответственности.

Двойник как единственный источник правды

LinuxCNC • EtherCAT • CiA-402 — без форка

ДЛЯ ИНТЕГРАТОРА ПРОМАВТОМАТИКИ • РУКОВОДИТЕЛЮ ПРОЕКТОВ • ВЕДУЩЕМУ ИНЖЕНЕРУ АСУ ТП

От программы до сервопривода — и обратно одним кадром

- **Программа** описывает деталь или логику узла, а не станок.
- **Двойник** — источник правды: оси как требования, механизм — данные URDF.
- **«Сделать текущим»** — выбор станда и профилей осей по ролям; станок к стенду не привязан.
- **Стенд · cncctl** — профиль оси настраивается один раз **ГОТОВИТСЯ**.
- **Конфигурация LinuxCNC / HAL** порождается из требований и железа; **EtherCAT** ведёт приводы разных вендоров.

Один кадр обратной связи — в монитор cncai, наладку cncctl и панель оператора у станка.



Одно значение · одно имя · один владелец записи на каждой ступени

Запертость и размытая граница

Ячейка собирается из закрытых коробок: у стойки свой формат, у каждого привода своя утилита, между ними — ПЛК-посредник. Когда что-то не едет, непонятно, чья это зона.

Закрытая стойка

Параметры внутри контроллера вендора, доступ — сервисным паролем.

ваши данные — в чужом формате



Утилита на каждый бренд

Windows-программа вендора привода; их столько же, сколько брендов на шине.

инженер держит их все



ПЛК-посредник

Без него приводы не собрать в координированную машину.

ещё один язык и лицензия



«Чья зона?»

Вендор стойки, поставщик привода, интегратор — граница не названа.

отвечает тот, кто рядом

Чужое железо — неизвестность

Что система сделает на приводе, которого не было у вендора на стенде, выясняется на площадке.

Данные не ваши

Описание ячейки живёт в проприетарном формате и переносится только вместе с вендором.

Граница не названа

По обещанию «умеем всё» планировать нельзя — планируется только по границе.

Оборудование описывается данными, а не нашим кодом

МЕХАНИЗМ

Файл, а не код. Кинематика описывается URDF: звенья, шарниры, пределы, точки датчиков. Новый объект заводится файлом — не заявкой в нашу поддержку.

ИМЯ

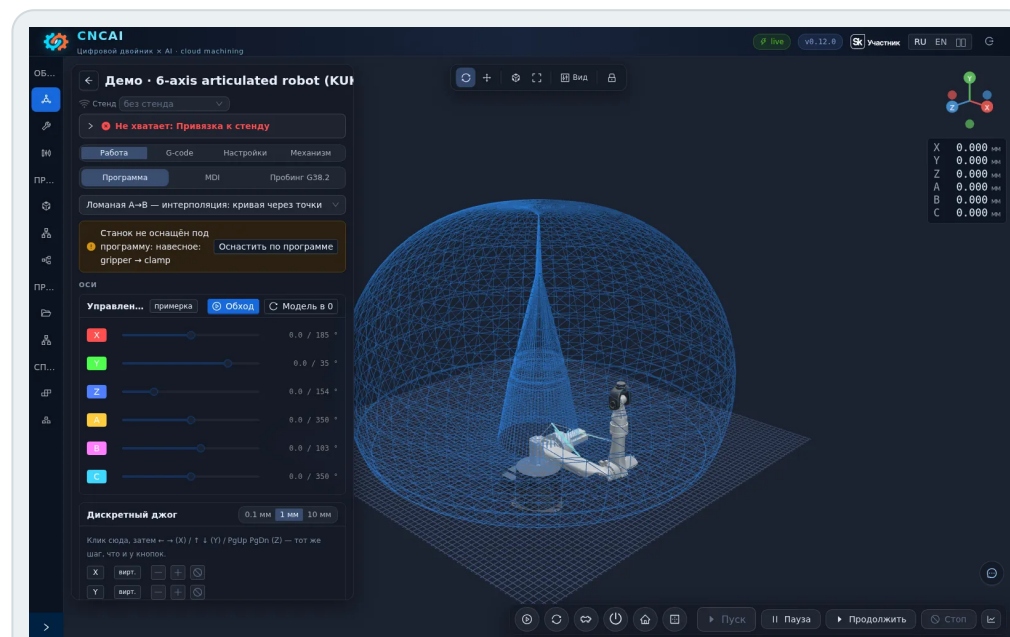
Общий язык с железом. Связь с HAL идёт в две стороны по имени: как шарнир зовёт программа, так он зовётся и на пине. Скрытой таблицы соответствий нет.

КОНФИГУРАЦИЯ

Порождается, не правится. Вы правите двойник — конфигурация стойки пересобирается из него. Нет «правьте ini руками, но осторожно».

ОСНОВА

Открытая. Исполнитель — SyncTwin · synctwin.ru LinuxCNC, шина — EtherCAT. Форк не делаем. Следствие: ваш

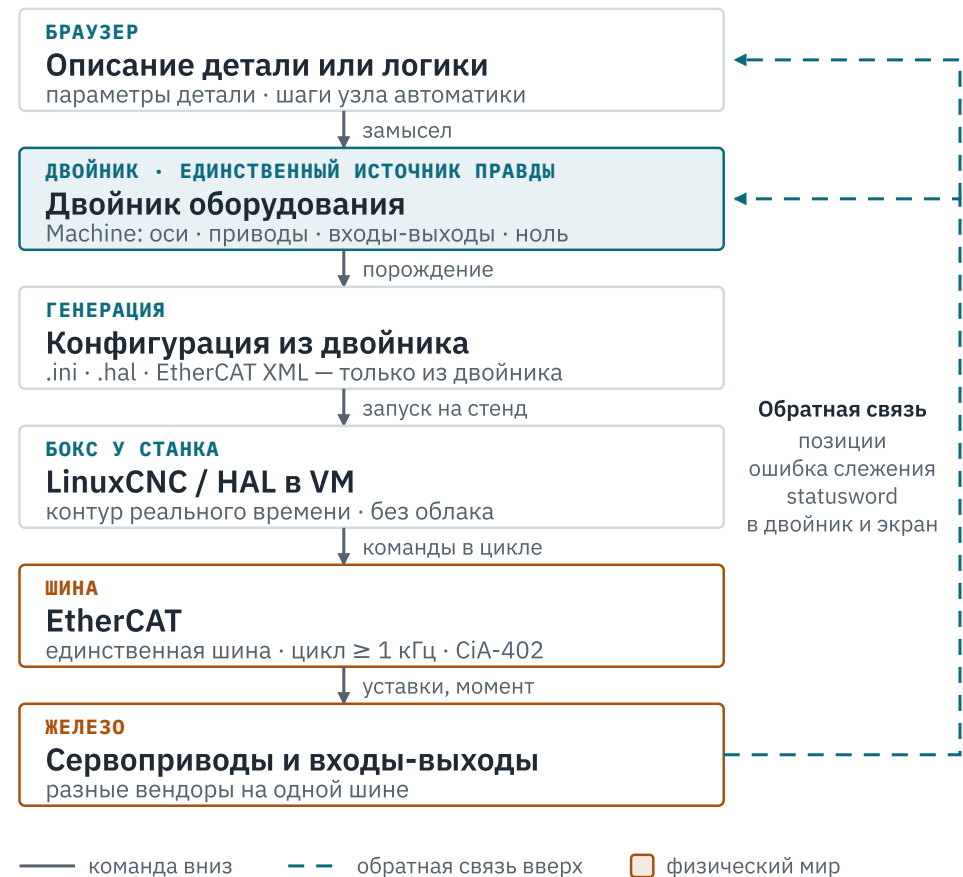


Паспорт 6-осевого робота: звенья, суставы, пределы.

Одна вертикаль, один владелец записи

- **Двойник — единственный источник правды.**
Оси, приводы, ходы, пределы, инструмент, рабочий орган. Импорт с железа только засекает его.
- **Конфигурация стойки всегда порождается из двойника** и уходит на бокс одной точкой входа.
- **Контур реального времени — на боксе у оборудования.** Облако или сервер предприятия хранит двойник и программы, петлю управления не держит.
- **Обратная связь возвращается тем же путём:**
пин HAL → двойник → экран.

Ни одна возможность не считается готовой, пока факт не снят с пина: «команда принята» и «ось поехала» различаются намеренно.



Как это выглядит на площадке

1 • СТЕНД

Бокс, машина, агент

Супервизор показывает, какие боксы подняты, какие VM на них живут, какой порт EtherCAT за какой машиной. Обновление приходит штатным пакетом, а не «зайдите по ssh и подмените файл».

Мои боксы

+ Добавить бокс | Справка | Участник | RU EN | Выйти

Нужен аккаунт [Войти через Яндекс](#)

Список боксов привязан к аккаунту.

Бокс ⏻ Перезагрузить бокс | 🔄 Обновить

Портов	EtherCAT-годных	Можно VM (N-1)	VM: работает / всего	Ядер	Изолировано (RT)	RAM, МБ	Load
2	2	2	2 / 2	16	2-13	12,745	2.35

спс - ядро 6.1.0-40-rt-amd64 PREEMPT_RT

Стенды 🔥 Потушить все

Станд	Состояние	Назначено	IP (внутри бокса)	Автозапуск	Макс. джиттер	Действия
+ vm-stand2	работает	Фрезерный VMC - виртуальный стенд агент ✓	192.168.122.121 📄	☑️	— Замерить	Открыть стенд
+ vm-stand1	работает	Демо - KUKA KR16 welder (6R arm + MIG/MAG torch) агент ✓	192.168.122.163 📄	☑️	— Замерить	Открыть стенд

Сетевые порты

Порт	Роль	Драйвер	IOMMU	Passthrough	EtherCAT
0000:01:00.0	в VM	vfiio-pci	13	готово	да
0000:02:00.0	в VM	vfiio-pci	14	готово	да

+ Добавить VM

Нет свободных EtherCAT-портов

Все годные порты уже под управлением или заняты VM. Освободи порт (удали VM) или добавь сетевую карту.

Как это выглядит на площадке

2 • ВХОДЫ-ВЫХОДЫ

Оси и IO — сопоставление, а не таблица в голове

Какой серво-слейв на какой оси, концевики, аварийный стоп, смазка, СОЖ: физический вход или выход привязывается к роли станка, и факт с пина доезжает до экрана под тем же именем.

Привязка физических IO к ролям станка (доезд факта до пина).

Как это выглядит на площадке

3 • HAL

Тот же HAL, что знает ваш наладчик

Пины, сигналы, компоненты и лог запуска LinuxCNC открыты целиком. Ничего не спрятано за нашей абстракцией: диагностика идёт по компонентам, а не по ответу кнопки.

The screenshot shows the cncctl web interface. The sidebar on the left contains navigation links: **СТАНОК** · Демо · KUKA KR16 welder (6R arm + MIG/MAG torch), **Файлы конфигов**, **Сопоставление**, **Оверлеи HAL**, **Монитор** · LinuxCNC, **Прогон** · джог, **Осциллограф пинов**, **HAL-пины (все)**, **Шина** · EtherCAT, **Мастер**, слейвы, ср..., **СЛЕЙВ S1**, and **Наладка приводов ...**. The main content area is titled **Демо · KUKA KR16 welder (6R arm + MIG/MAG torch)** and shows **HAL-пины (0) — дерево параметров realtime**. Below this, it states: "Все пины живого HAL (halcmd show pin) — работает и для cncctl (basic_cia402), и для LinuxCNC. Несвязанные входы (IN без сигнала) ставятся кнопкой. Опрос 1.5 Гц." There is a search bar "поиск пина (по всему дер...)" and a button "0 компонент · 0 пинов". The **Лог запуска LinuxCNC** section shows a terminal log output:

```
==== /tmp/lcnc.log ====
Script started on 2026.09.11 13:17:16+00:00 [COMMAND="linuxcnc machine.ini" <not executed on terminal>]
LinuxCNC - 2.9.10
Machine configuration directory is /home/cnc/linuxcnc/configs/kuka-welder/be01d1a3-dc35-4136-bba5-1c3b88d05069
Machine configuration file is machine.ini
check config: Unchecked: [KINS]KINEMATICS=gensekkins
Starting LinuxCNC...
[EMC] CYCLE TIME not found in /home/cnc/linuxcnc/configs/kuka-welder/be01d1a3-dc35-4136-bba5-1c3b88d05069/machine.ini; using default 0.100000
LinuxCNC TPM00-tp000 HOMERAD=homemod EMCMD=emctool
Note: Using POSIX realtime
Found file(REL): ./machine.hal

userKinematicsSetup:
  emc/kinematics/userfuncs.c <xyzabcuvwx> max_joints=9 allow_duplicates=0

Found file(REL): ./io.hal
Connected to EMC
linuxcncsh: eof from client
linuxcncsh: disconnecting client Default (1.0)
linuxcncsh: eof from client
linuxcncsh: disconnecting client EMC (1.0)
Connected to EMC
Connected to EMC
Connected to EMC
```

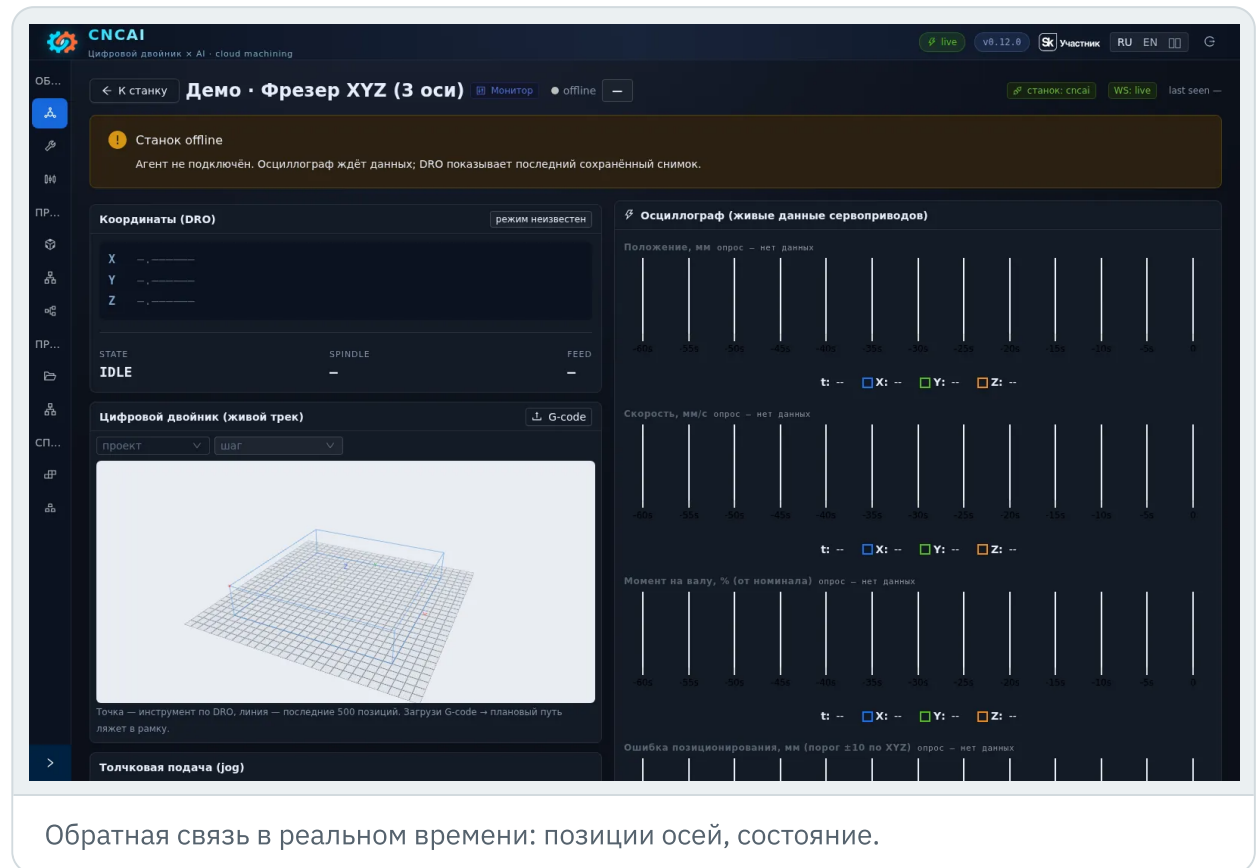
At the bottom of the interface, a caption reads: "Граф связей HAL LinuxCNC — пины, сигналы, компоненты."

Как это выглядит на площадке

4 • ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Состояние станка — с пинов

Позиции осей, состояние машины состояний, живой след двойника. «Команда принята» и «ось поехала» различаются намеренно.

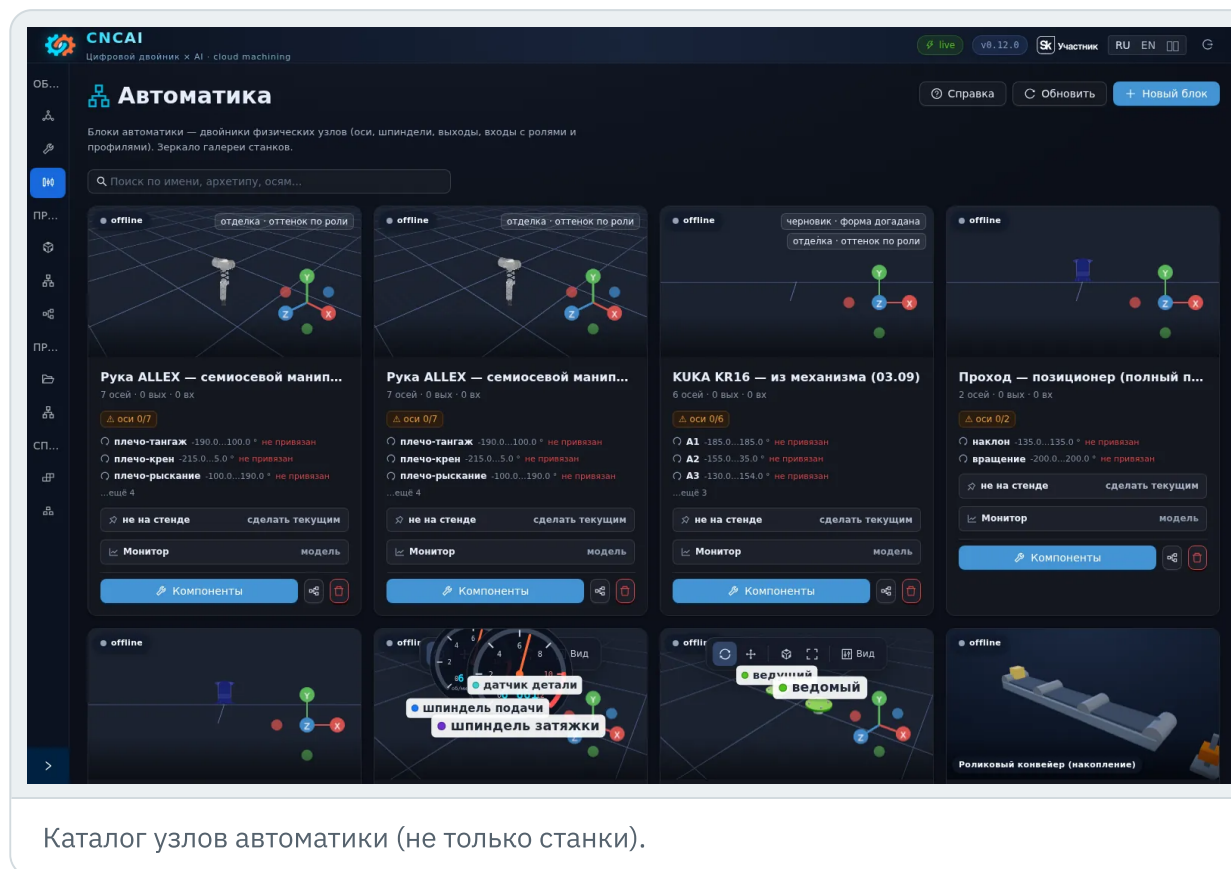


Как это выглядит на площадке

5 • ЛИНИЯ

Не только станки

Узлы автоматизации — рука, проход, позиционер — живут в том же каталоге, что станки, с теми же осями, входами и выходами. У каждого шага явное условие завершения; дирижёр стоит на боксе, а не в облаке.



Два рода программ — один исполнитель

РЕЗ

Траектория выводится из объёма детали. Доступен кинематикам, у которых есть решатель в LinuxCNC: 3 оси, 5 осей, токарная.

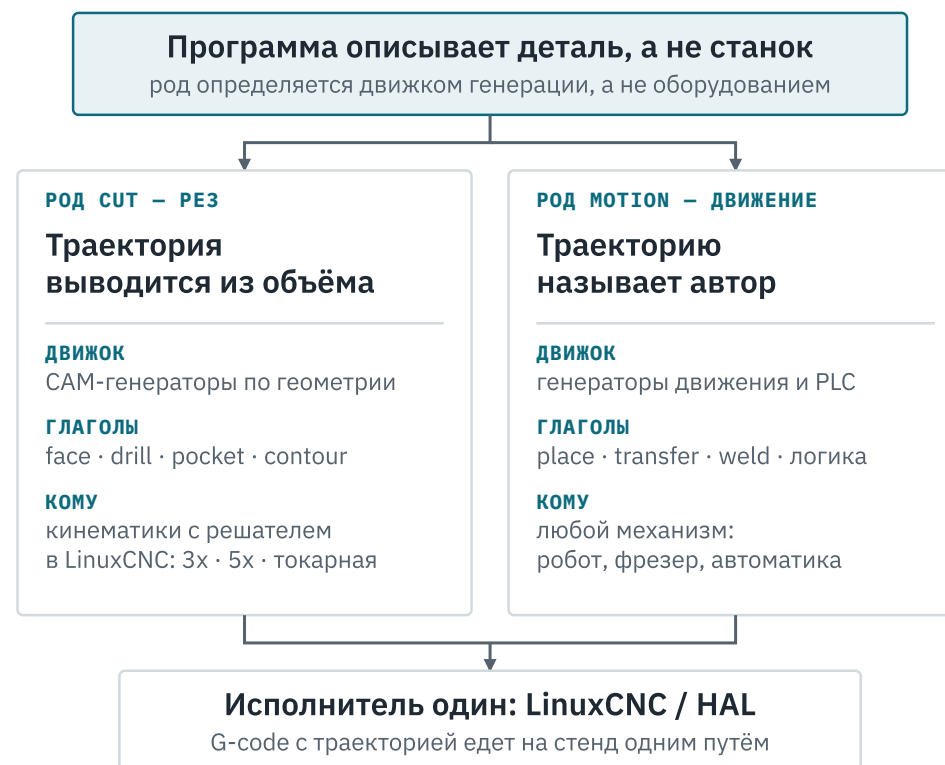
ДВИЖЕНИЕ

Траекторию называет автор — каждая ось по своему заданию. Доступен любому механизму: роботу, узлу автоматики, трёхосевому фрезеру.

Род — поле программы, а не вывод из списка генераторов. Проверка одна: меняет ли смена рабочего органа траекторию. Да — рез, нет — движение.

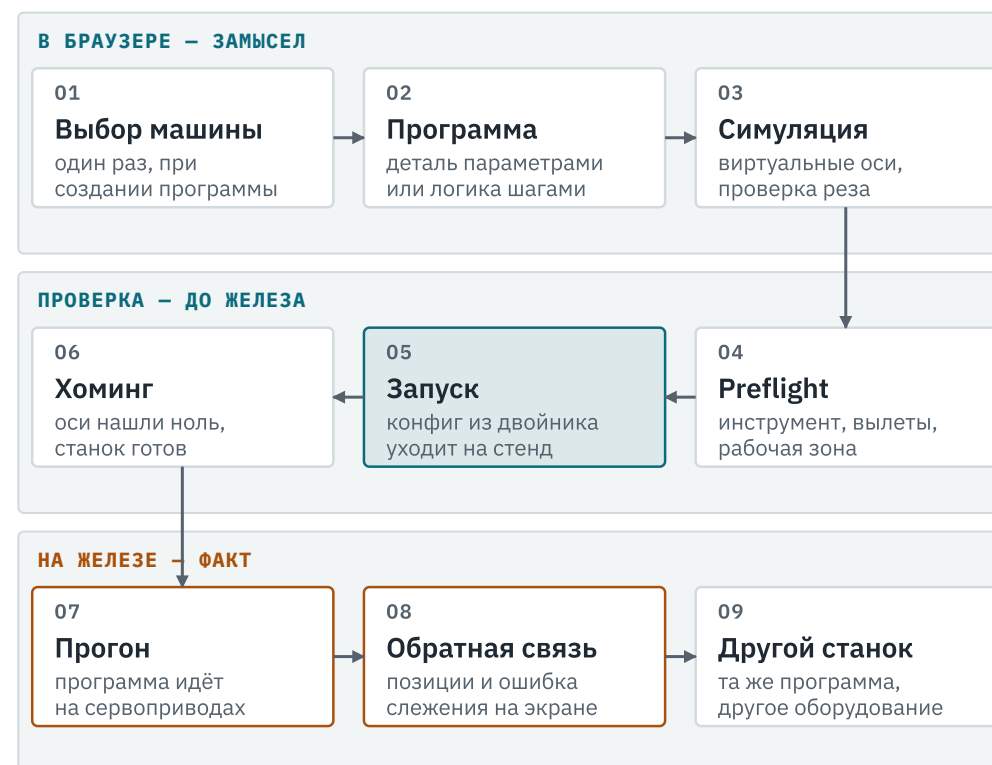
В РАБОТЕ

Узел программируется своим типом: наш язык шагов, релейная логика, событийные функциональные блоки — ваш наладчик пишет на своём языке.



Проверка до пуска, факт после

- **Preflight.** Инструмент найден, вылет измерен, ноль задан, входы-выходы, которые дёргает программа, есть в карте. Незаданное — отказ с причиной.
- **Запуск.** Конфигурация порождается из двойника и уходит на бокс; режим — виртуальные оси или серво.
- **Прогон.** Хоминг, отправка, исполнение LinuxCNC в реальном времени.
- **Обратная связь.** Значение, заданное человеком, найдено на пине; оси прошли путь; журнал чист.
- **Та же программа — на другом оборудовании.** Программа описывает деталь и замысел, а не станок.



Один инструмент наладки на все бренды

- **Осциллограф** — ток, момент, ошибка слежения, задание против факта.
- **Тюнинг контуров** — там же, где осциллограф, а не в утилите вендора.
- **Словарь параметров** снимается с привода автоматически; вендорские объекты доступны по индексу.
- **Диагностика** — коды и события привода, прямое управление SiA-402 (CSP / CSV / CST) без ПЛК.

Контур реального времени остаётся на боксе. Облако наблюдает и настраивает.

The screenshot displays the CNCCTL web interface for a KUKA KR16 welder. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Shows the current machine configuration: "Демо - KUKA KR16 welder (6R arm + MIG/MAG torch)". It includes buttons for "На серво" (Servo), "Шина свободна" (Bus free), and "Войти в наладку" (Enter maintenance).
- Left Sidebar:** Contains navigation links for "СТАНОК - Демо - KUKA KR16 welder (6R arm + MIG/MAG torch)", "Файлы конфигов", "Сопоставление", "Оверлеи HAL", "Монитор - LinuxCNC", "Прогон - джо", "Осциллограф пинов", "HAL-пины (все)", "Шина - EtherCAT", "Мастер, слейвы, ср...", "СЛЕЙВ S1", and "Наладка приводов ...".
- Main Panel:**
 - Positioning:** Shows "Положение - двойник" (Position - double) with values: "0.00 мм", "абс 0.00 об", "+0.00 мм", "0 - 0 об/мин", "0 мм/с".
 - Progon (Run) Section:** Includes fields for "Цель, мм" (Target, mm) set to 100.00, "Целевое время, с" (Target time, s) set to 1.0, and checkboxes for "туда-обратно (вернуться в исходную)" (there-and-back (return to original)).
 - Пределы движения (Motion Limits):** A table showing limits for speed, acceleration, and deceleration.

Лимит скорости, мм/с	Макс. об/мин (лимит)
200	3000
 - Результат расчёта движения (Motion Calculation Result):** A table showing calculated parameters.

Время хода	Расчётная скорость	Пиковый момент
1.000 с	117 мм/с 703 об/мин	0.127 Н·м 10%
- Bottom Section:** Labeled "Графики" (Graphs), it shows a graph of position over time with a blue line representing the target and a green line representing the actual position.

Привязка привода к оси станка и её параметры.

Разные бренды приводов — на одной шине

ETHERCAT • ОДНА ШИНА, ЛИНЕЙНАЯ ТОПОЛОГИЯ, ЦИКЛ ≥ 1 КГц

МАСТЕР ШИНЫ

LinuxCNC / HAL

один мастер • драйвер lsec • цикл ≥ 1 кГц

Inovance IS620N

сервопривод

Inovance SV660

сервопривод

Wecon VD3E

сервопривод

Schneider LXM28E

сервопривод

Mitsubishi MR-J4-TM

сервопривод

Omron NX-ECC202

входы-выходы

ОДИН ПРОФИЛЬ

SiA-402

одно включение,
один хоминг,
одно движение —
у любого вендора

паспорт слева:
vid, pid, PDO-карта

ВХОДЫ-ВЫХОДЫ

датчики и реле



Стенд: коуплер Omron, приводы Mitsubishi, Inovance и Wecon на одной шине EtherCAT

Проверено на железе: три Inovance IS620N выведены в OP и проехали оси фрезерного станка; SV660 — в OP, 30 оборотов вперёд-назад в CSP; Wecon VD3E — от онбординга до движения оси; узел ввода-вывода Omron NX-ECC202; словарь Mitsubishi MR-J4 снят автоматически. Обмен — 1 кГц.

Принято в открытое ядро: драйверы IS620N / SV660 — в linuxcnc-ethercat (PR #512, 21.08.2026), Wecon VD3E — в master. Ставится штатным пакетом .deb, без форка. Новый бренд — по его ESI или снятием словаря, без правки ядра.

Бокс у оборудования, контур реального времени — локально

- **Промышленный мини-ПК** у станка или в шкафу. Ставится одной командой, обновляется штатным пакетом.
- **Каждый станок — своя VM LinuxCNC** с ядром реального времени и своим портом EtherCAT;
- **Сервер предприятия или облако** — двойник, программы, наладка. Петля управления туда не уходит.
- **Канал пропал — оборудование работает.** Панель у станка и исполнение не зависят от связи.



Один бокс — несколько станков, каждый в своей VM и на своей шине

Одно значение — в четырёх окнах

Возможность не готова, пока её не видят все четыре окна: одно имя, одно значение, один владелец записи.

ДВОЙНИК	Где факт живёт и откуда берётся.
СТЕНД	Пин HAL, строка конфигурации, объект на шине.
НАЛАДКА	Через snctl факт настраивается и проверяется.
ПАНЕЛЬ	Оператор у станка видит и управляет без облака.

Для вас это значит: число, которое вы выставили в наладке, — то же число, что печатается в конфигурации и что видит оператор. Двух правд нет.



Готово, когда все четыре окна показывают одно и то же

Наш слой — управление и наблюдение у оборудования

ERP • MES

ПЛАНИРУЕТСЯ Обмен с

заводскими системами по API, описание ячейки, вход детали с допусками — разобраны, цена оценена, пока не внедрены. Говорим прямо.

SCADA • RT

Слой SyncTwin. Двойник, программы, наладка, монитор — и контур реального времени LinuxCNC на боксе.

ПОЛЕ

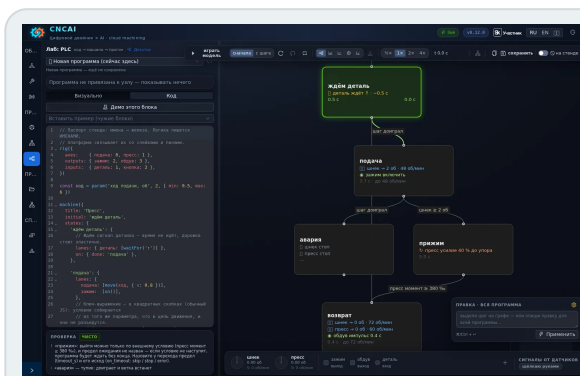
EtherCAT. Приводы CiA-402 и узлы ввода-вывода; оборудование на других протоколах — через конвертеры.



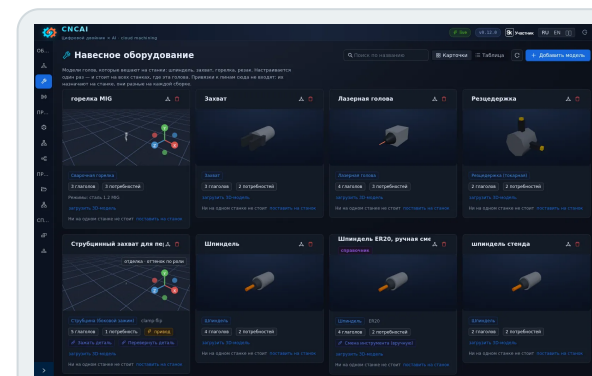
Узел декларирует потребности, логика — без отдельного ПЛК

- **Узел объявляет**, какие оси, входы и выходы ему нужны; рабочий орган объявляет свои оси и сигналы как гражданин конфигурации.
- **Логика выполняется на том же боксе**, что режет деталь. Конфигурация — как код: версионизируема и воспроизводима.
- **Станок — частный случай автоматики**, а не отдельный продукт: расширение с одного станка на линию — тот же двойник.

R&D • ВИРТУАЛЬНО



Логика узла автоматики шагами — блоки, входы-выходы.



Каталог навесного: захваты, горелки, лазеры и т.п.

Что мы не делаем — это часть предложения

Партнёру важнее знать границу, чем услышать «умеем всё»: по границе планируется работа, по обещанию — только разочарование.

Не заменяем тяжёлый CAM

Сложная трёхмерная обработка поверхностей и тяжёлая пятиосевая — не наш предмет.

Не строим САПР

Своего геометрического ядра не пишем и не собираемся.

Не тянем ROS

Многозвенные системы с управлением всем телом живут в другом стеке — мы не делаем вид, что заменяем его.

Не форкаем LinuxCNC

Ограничение там не в числе приводов, а в буквах координат; форк эту стену не переносит.

Наш предмет — **вертикаль от браузера до серво плюс двойник как единственный источник правды**. Остальное берём готовым либо не берём вовсе.

Что работает сегодня, что в работе

РАБОТАЕТ

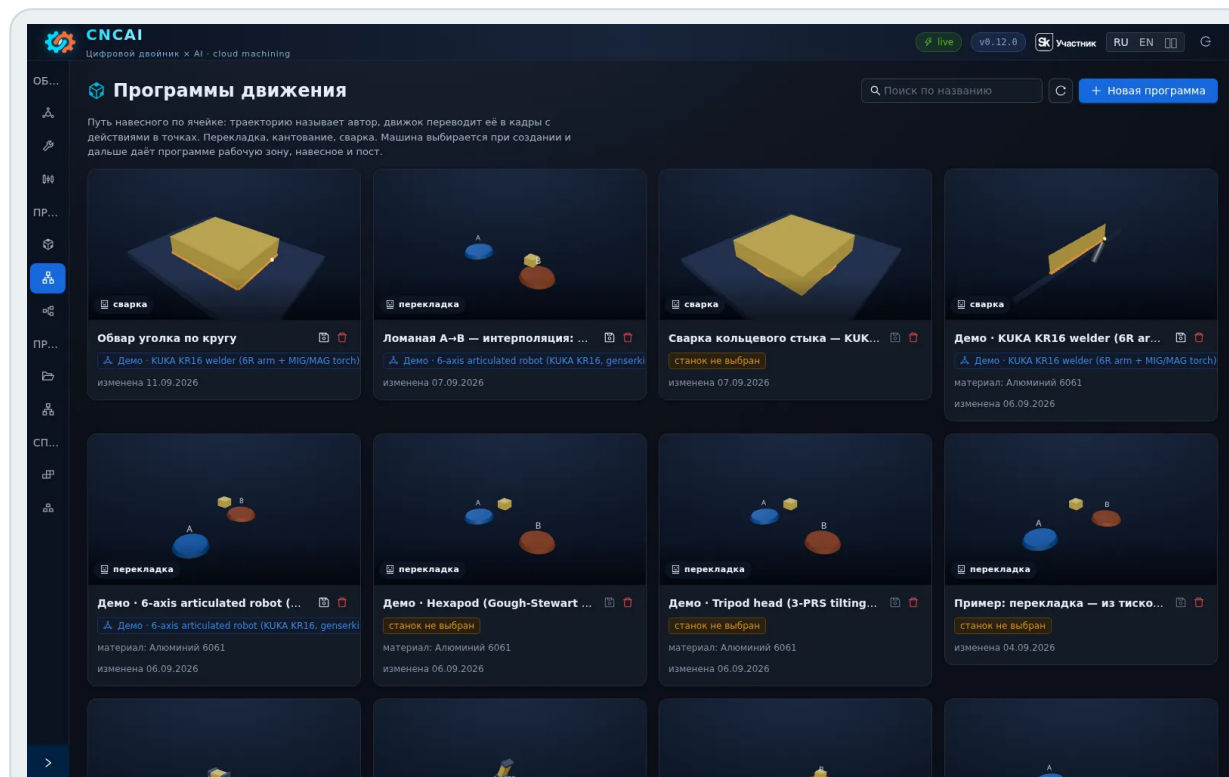
Вертикаль пройдена целиком

Браузер → G-code → конфигурация на стойку → LinuxCNC → пин. Три породы: трёхосевой фрезерный, пятиосевой с поворотным столом, токарный. Приводы четырёх брендов на одной шине EtherCAT, 1 кГц. Локальная панель без облака.

R&D

Что пока виртуально

Серво на стенде работают без механики осей; роботы, параллельные кинематики и автоматика отработаны виртуально. Породы закрываем по одной и на каждой находим расхождения между описанием и живым железом — говорим это заранее.



Одна ваша реальная ячейка

Провести её по вертикали целиком — тем же циклом, которым мы закрываем породы у себя. Он даёт проверяемый результат, а не презентацию.

1 · ОПИСАТЬ Оборудование → двойник Механизм файлом, оси и приводы паспортом, входы-выходы ролями.	2 · ПОРОДИТЬ Программа и конфигурация Программа рода рез или движение; конфигурация стойки — из двойника.	3 · ИСПОЛНИТЬ На вашем железе Preflight, запуск, хоминг, прогон. Факт снимается с пинов.	4 · РАЗОБРАТЬ Расхождения по факту Что разошлось между описанием и живым железом — чиним там, откуда утекло, до подписания, а не после.
--	--	---	--

Честно о цене входа: ваша ячейка не станет исключением — на каждой породе мы находим расхождения. Разница в том, что мы говорим это заранее и чиним по факту.

КОНТАКТЫ

ООО «СинкТвин Технологии»

info@synctwin.ru

+7 925 353-56-35

synctwin.ru · справочник интегратора — synctwin.ru/docs/integrator · cncai.ru · cncctl.ru

Москва

Участник «Сколково»

Открытое ядро: LinuxCNC · EtherCAT