

# engiAI Ethernet System

## ЗОНА-ПАРА — визуальная инспекция печатных плат и сборок

**Суть инспекции — многозонность ЗОНА-ПАРА.** На плате отмечаются зоны — каждая деталь, которую нужно проверять. Одна модель держит для каждой зоны свою пару классов «норма / аномалия» и решает только внутри пары. В примере руководства две зоны: конденсатор C30 и мост BR1; на реальной плате их могут быть сотни, метод тот же.

**Синтетика — автоматическое смещение элемента с основания.** Программа берёт деталь вместе с участком платы вокруг (линии, дорожки, цвет основания), уменьшает область до размера детали и сдвигает или поворачивает её. Брак для обучения делается в два нажатия, без единой дефектной платы.

Руководство пользователя: как подключить камеру, разметить зоны, зафиксировать область привязки, снять норму и аномалии, обучить модель, запустить инспекцию и связать её с браковщиком: звуковыми оповещениями, дискретными выходами камер SICK и HIKROBOT и TCP-посылками роботу или ПЛК.

| Шаг 1  | Шаг 2     | Шаг 3            | Шаг 4    | Шаг 5     | Шаг 6        |
|--------|-----------|------------------|----------|-----------|--------------|
| Камера | Сетка зон | Норма и аномалии | Обучение | Инспекция | Выходы и TCP |

Все снимки экрана сделаны с работающей программы: плата vtlift, USB-камера 3264×2448, модель model\_4 на две зоны 256×256 (конденсатор C30 и мост BR1), обучена в оттенках серого. Программа работает с камерами HIKROBOT (GigE и USB3), SICK picoCam (uEye), USB/веб-камерами и IP-камерами по RTSP. Редакция 3 — сентябрь 2026.

# Содержание

## 1. Почему engiAI и метод ЗОНА-ПАРА

- 1.1. Что даёт метод по сравнению с классификацией целого кадра
- 1.2. Скорость: ИИ смотрит только на нужные вырезки
- 1.3. Какую точность ожидать: считаем по своей камере
- 1.4. Быстрый старт: настройки подобраны, зоны и модель за несколько кликов

## 2. Интерфейс программы за одну минуту

## 3. Камеры: подключение и настройка

- 3.1. Какие камеры поддерживаются
- 3.2. Окно КАМЕРЫ: добавить, переподключить, удалить
- 3.3. Вкладка Camera для HIKROBOT и SICK
- 3.4. Вкладка Camera для USB/веб-камеры
- 3.5. Сохранённые настройки камеры (наборы)
- 3.6. Сеть GigE и переподключение

## 4. Модель ЗОНА-ПАРА: от сетки до обученной модели

- 4.1. Как устроен метод: одна модель, класс на каждую зону
- 4.2. Создать модель
- 4.3. Отметить зоны на плате
- 4.4. Зафиксировать оригинал: область привязки
- 4.5. Снимок по зонам: норма и её синтетика
- 4.6. Синтетика брака в два нажатия: элемент смещается вместе с основанием
- 4.7. Аномалии зон: окно настроек
- 4.8. Оригинал с зонами: бляшки припоя и редактор зоны
- 4.9. Обучение модели

## 5. Инспекция

- 5.1. Назначить модель и проверить зоны
- 5.2. Порог узнавания зоны
- 5.3. Живой конвейер: плата в любом положении
- 5.4. По какому сигналу анализировать
- 5.5. Жёлтые зоны: выключить зону кликом
- 5.6. Что видно на экране и в консоли

## 6. Триггеры: внешний датчик на вход камеры

## 7. Выходы: браковщик, дискретные выходы камер и ТСП

- 7.1. Справочник ВЫХОДЫ: контакты и проверка тестером
- 7.2. Окно OUTPUT: правило на зону
- 7.3. ТСП-посылка роботу или ПЛК
- 7.4. Дискретный выход камеры
- 7.5. Звуковое оповещение: свой звук на каждую зону
- 7.6. Журнал срабатываний и база данных

## 8. Другие режимы и задачи

## 9. Настройки, консоль, требования и лицензия

---

## 10. Короткий чек-лист и поиск неисправностей

---

Как пользоваться руководством. Раздел 1 объясняет, зачем нужен метод и какой результат ожидать. Разделы 3–5 — путь от пустой программы до работающей инспекции, выполняйте их по порядку. Разделы 6–7 — подключение датчиков, выходов и ТСП. Разделы 8–10 — остальные возможности, настройки и чек-лист.

# 1. Почему engiAI и метод ЗОНА-ПАРА

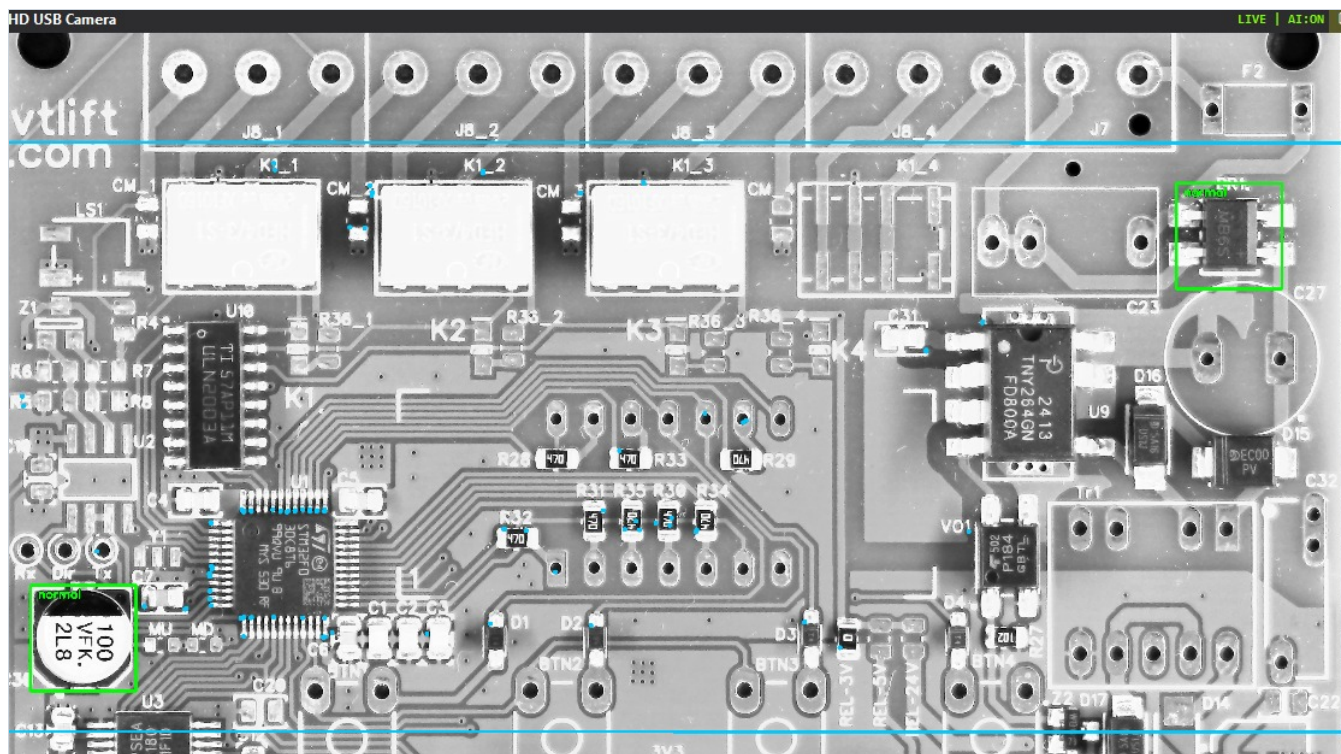
engiAI Ethernet System — программа визуальной инспекции для производственной линии. Она берёт кадр с промышленной или обычной камеры, режет его на зоны, проверяет каждую зону обученной нейросетью и превращает результат в действие: сигнал на дискретный выход камеры, TCP-посылку роботу или ПЛК, запись в журнал. Метод ЗОНА-ПАРА создан для изделий, у которых «правильно» в каждом месте своё: печатные платы, сборки, наборы деталей в ложементе, упаковка с раскладкой.

|                                                                                    |                                                                                                                        |                                                                                               |                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <h2>1 модель</h2> <p>на все зоны платы,<br/>вместо сотни<br/>отдельных моделей</p> | <h2>2 зоны</h2> <p>в примере<br/>руководства:<br/>конденсатор C30 и<br/>мост BR1. На плате их<br/>может быть сотни</p> | <h2>≈5 px</h2> <p>сдвиг элемента, на<br/>который настроена<br/>граница «норма /<br/>брак»</p> | <h2>2 нажатия</h2> <p>от живого кадра до<br/>нормы и<br/>синтетического брака<br/>для обучения</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 1.1. Что даёт метод по сравнению с классификацией целого кадра

Обычный подход — одна модель с двумя классами «normal / anomaly» на весь кадр или на все зоны сразу. На плате он не работает: пустое место под мостом BR1 в зоне 2 — брак, а такое же пустое место в другом углу платы — норма. Одна пара классов этого выразить не может. Другая крайность — отдельная модель на каждую деталь — это десятки обучений и десятки файлов в памяти.

ЗОНА-ПАРА решает это так: модель одна, а классов столько, сколько зон. **Зона** — прямоугольник вокруг одной детали. **Класс** — папка с картинками, на которых учится сеть. У каждой зоны своя пара: zone\_001 (норма зоны 1, в примере — конденсатор C30) и zone\_001\_anomaly (брак зоны 1); zone\_002 и zone\_002\_anomaly — мост BR1. При проверке зоны 1 программа смотрит только на её пару, ответы про зону 2 не участвуют. Классы аномалий необязательны: брак меняет вид зоны, и уверенность в «норме» падает сама; но с синтетикой (раздел 4.6) они делаются в одно нажатие и заметно повышают надёжность.



Живой кадр платы из примера: две зоны — мост BR1 сверху справа и конденсатор C30 слева внизу, обе зелёные с подписью «normal». Голубые линии — границы области привязки, голубые точки — опорные точки, по которым плата найдена в кадре.

**Решение внутри пары**

При проверке зоны 17 из выходов сети берутся только два: «норма зоны 17» и «аномалия зоны 17». Остальные сотни классов в решении не участвуют, поэтому похожие соседние зоны не портят вердикт.

**Чужая плата не пройдёт как норма**

Если пара классов зоны набирает меньше 10 % выхода сети, зона «не узнана»: это другая плата или сдвинутая сетка. Такая зона считается браком, а не «нормой с высокой вероятностью».

**Дефект соразмерен зоне**

Размер и положение синтетических дефектов задаются в долях от размера зоны. Сдвиг элемента на полмиллиметра на целом кадре 8 Мп неразличим, а внутри зоны 128×128 px это 5–6 пикселей — заметная величина.

**Полное разрешение**

Вырезка зоны 108–137 px подаётся в сеть 128×128 почти без масштабирования. Целый кадр пришлось бы сжимать в те же 128 px, теряя детали в десятки раз.

**Целевая граница «норма / брак»**

Синтетика нормы даёт разброс 0–2 px, синтетика брака — сдвиг от 5 px. Сеть учится именно этой границе, а не случайным различиям освещения.

**Адресуемый результат**

Каждая зона имеет устойчивый адрес (модель, таблица, ячейка) и имя. На любую зону можно повесить своё правило браковщика: звуковое оповещение, TCP-посылку с номером зоны или дискретный выход камеры.

**Плата в любом положении**

Оператор обводит на кадре область привязки — участок платы с деталями. По её опорным точкам каждый кадр совмещается с оригиналом, и зоны инспекции находятся на новой плате, даже если её положили со сдвигом или поворотом, в том числе на 180° (раздел 4.4).

**Брак из самой платы**

Синтетический дефект — не нарисованное пятно, а сдвинутый или повернутый элемент вместе с куском основания. Модель учится связи «элемент ↔ плата», а не цвету пятна. Делается в два нажатия (раздел 4.6).

**Аномалии докладываются постепенно**

Классы брака добавляются только там, где брак реально встречается: перемычки припоя, отсутствующие элементы, сдвиг, царапины. Модель дообучается, а сетка остаётся прежней.

## 1.2. Скорость: ИИ смотрит только на нужные вырезки

Нейросеть никогда не получает целый кадр. Для каждой зоны вырезается только её прямоугольник, а номер зоны выбирает пару классов. Зоны одного кадра считаются параллельно (до четырёх потоков), результат всех зон уходит на экран одним пакетом, а не по одной зоне.

- **Темп анализа задаётся по времени.** Ползунок «Анализ в секунду (AI)» на вкладке Camera означает ровно N анализов в секунду, а не «каждый N-й кадр». Потолок — частота камеры и время инференса.
- **GPU по умолчанию.** Инференс идёт через ONNX Runtime с CUDA; если видеокарты NVIDIA нет, программа сама переключается на процессор и пишет об этом в статусе (GPU (CUDA) или CPU).
- **Буферы без мусора.** Память под вырезки выделяется один раз на поток и переиспользуется; время анализа не скачет от кадра к кадру.
- **Модель под задачу.** Для ЗОНА-ПАРА программа сама ставит размер входа 128 px и сеть YOLO11 размера «s»: вырезка зоны почти не масштабируется, а сети хватает ёмкости на сотни пар классов.
- **Живой конвейер экономит кадры.** Кадр уходит в очередь ИИ не чаще периода поиска платы; плата ищется и выравнивается один раз, и только затем режутся зоны.
- **Показ не мешает анализу.** Плитка перерисовывается не чаще 25 раз в секунду и только по новому кадру камеры, картинка уменьшается до размера плитки до вывода на экран, а журнал пишется в файл фоновым потоком. Интерфейс остаётся отзывчивым при 8-мегапиксельном кадре и сотнях зон.

В строке состояния над видео видны реальные цифры: fps и миллисекунды последнего анализа, а также Eff — сколько анализов фактически прошло за секунду.

### 1.3. Какую точность ожидать: считаем по своей камере

Программа не обещает «0,5 мм» безотносительно камеры и объектива. Чувствительность к смещению определяется тем, сколько пикселей приходится на миллиметр изделия, и той границей, которой обучена модель. Считается это в две строки:

$$\text{px/мм} = \text{ширина кадра в пикселях} \div \text{ширина поля зрения в мм}$$

$$\text{минимальный заметный сдвиг} \approx 5 \text{ px} \div (\text{px/мм})$$

Число 5 px — нижняя граница синтетического сдвига в рекомендованных настройках аномалий (разброс нормы при этом 0–2 px). Настройки по умолчанию рассчитаны на 11 px/мм: при таком масштабе 0,5 мм — это 5–6 px, что и является целью, согласованной при разработке. Подставьте свои значения:

| Камера (ширина кадра)                 | Поле зрения 100 мм           | 200 мм          | 300 мм           | 400 мм          |
|---------------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 3264 px (USB 8 Мп, как на снимках)    | 0,03 мм/px → сдвиг ≈ 0,15 мм | 0,06 → ≈ 0,3 мм | 0,09 → ≈ 0,45 мм | 0,12 → ≈ 0,6 мм |
| 2448 px (НИКРОБОТ 5 Мп)               | 0,04 → ≈ 0,2 мм              | 0,08 → ≈ 0,4 мм | 0,12 → ≈ 0,6 мм  | 0,16 → ≈ 0,8 мм |
| 1920 px (SICK picoCam, НИКРОБОТ 2 Мп) | 0,05 → ≈ 0,25 мм             | 0,10 → ≈ 0,5 мм | 0,16 → ≈ 0,8 мм  | 0,21 → ≈ 1,0 мм |

**Важно.** Это оценка снизу для сдвига элемента при резком кадре и стабильном освещении. Реальную границу проверяйте кнопкой «ЗОНА-ПАРА: зоны ↔ модель» и порогом узнавания (раздел 5.2): у каждой зоны свои вырезки, а значит и своя уверенность. Чем меньше поле зрения и чем больше пикселей у камеры, тем мельче дефект, который модель различит.

### 1.4. Быстрый старт: настройки подобраны, зоны и модель за несколько кликов

Метод рассчитан на то, чтобы технолог без опыта в машинном обучении получил рабочую модель за одну смену. Всё, что можно было подобрать заранее, уже подобрано и хранится в базе программы:

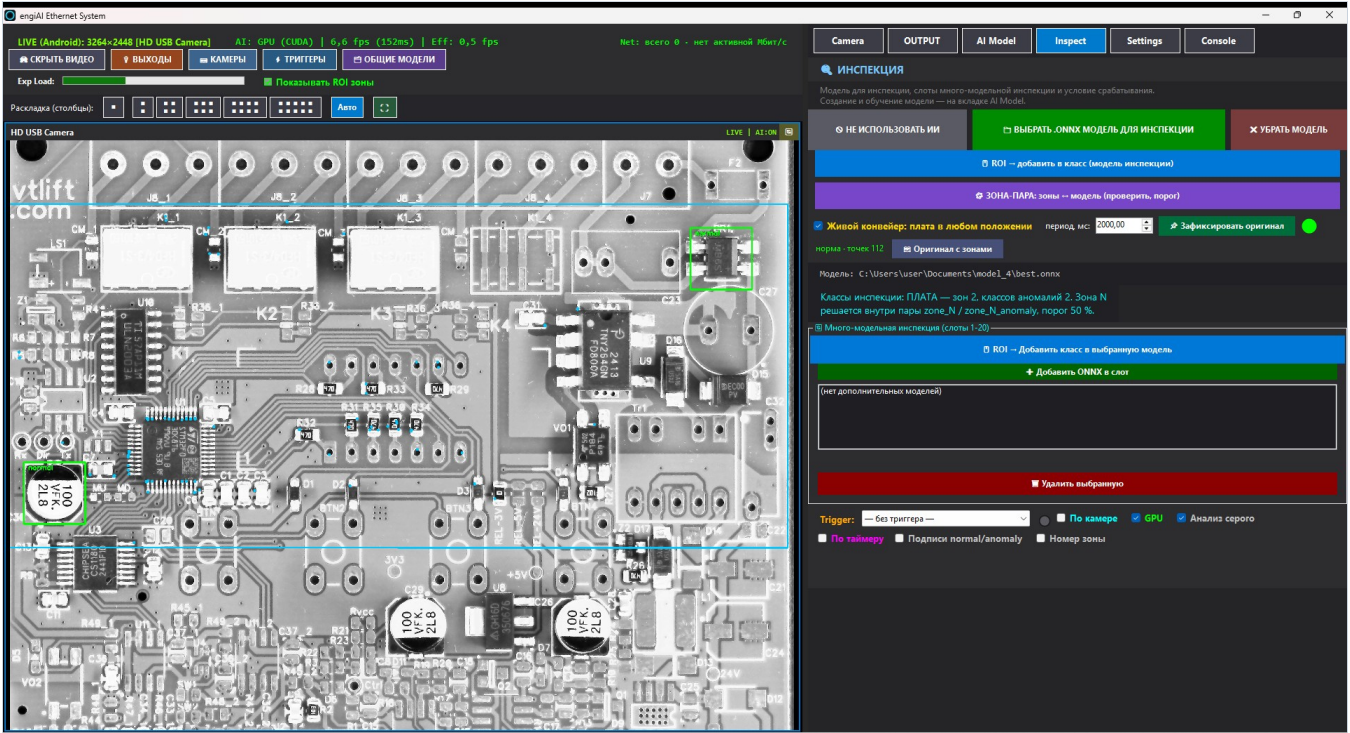
- **Зоны за минуту.** В редакторе ROI протяните рамку вокруг детали и укажите размер зоны (в примере 256 px). Если деталей много и они стоят ровно, протяните рамку по всей плате — программа сама посчитает строки и столбцы сетки.
- **Синтетика нормы и брака преднастроена.** Кнопки «По умолчанию», «Смещение элементов» и «Цвет и краска» переключают готовые профили. Число файлов, кадров с камеры и ожидаемое время показывается до нажатия «Снять».
- **Параметры обучения выставляются сами.** После первого снимка по зонам программа ставит Image Size 128, Model Size s, Epochs 50, Batch 64, а при обучении отключает аугментации, которые конфликтуют с классами аномалий.
- **Камера настраивается кнопкой.** «Авто-настройка для ИИ (по кадру)» подбирает выдержку, усиление, гамму и баланс белого; для USB-камер есть «Автоподбор под формы» и «Зафиксировать параметры».
- **Наборы настроек камеры.** Подобранные параметры сохраняются под именем и переключаются из списка, камера принимает их сразу и запоминает в своей памяти.
- **Один ONNX-файл на выходе.** Обученная модель экспортируется автоматически и сразу назначается на инспекцию, дополнительных шагов нет.

Путь целиком: подключить камеру → создать модель → отметить зоны → зафиксировать область привязки → «Снимок по зонам» на нескольких исправных платах → «Аномалии зон» → TRAIN AI MODEL → вкладка Inspect. Дальше остаётся повесить на зоны звук, выходы и TCP. Что нужно для старта: компьютер с Windows 10/11 (для

быстрой инспекции — видеокарта NVIDIA), камера, одна исправная плата и один раз интернет для установки среды обучения. Бракованные платы не нужны.

## 2. Интерфейс программы за одну минуту

Главное окно разделено на две части. Слева — живое видео с камер и строка состояния над ним. Справа — панель с вкладками, где находится всё управление. Границу между частями можно перетаскивать; размеры, положение всех окон и раскладку программа запоминает в своей базе.



Главное окно: слева живой кадр платы с двумя зонами (обе зелёные — «normal»), справа вкладка Inspect с моделью model\_4\best.onnx. Живой конвейер включён, индикатор «норма · точек 112».

### Кнопки над видео

| Кнопка              | Что открывает                                                                                                                                                         |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| СКРЫТЬ ВИДЕО        | Убирает картинку с экрана. Анализ продолжается, экономится только отрисовка.                                                                                          |
| ВЫХОДЫ              | Справочное окно: контакты дискретных выходов камер NIKROBOT и SICK, проверка тестером, подключение нагрузки (раздел 7.1).                                             |
| КАМЕРЫ              | Окно «Настройки подключённых камер»: добавление, переподключение, удаление камер и просмотр всех параметров, считанных с железа (раздел 3.2).                         |
| ТРИГГЕРЫ            | Подключение внешнего датчика к дискретному входу камеры со схемой и распиновкой (раздел 6).                                                                           |
| ОБЩИЕ МОДЕЛИ        | Именованные наборы «камера → модель», назначаемые всему стенду одним выбором (раздел 8).                                                                              |
| Раскладка (столбцы) | Сколько плиток камер показывать в ряд; «■» — одиночный режим (выбранная камера крупно), «Авто» — по корню из числа камер, «{ }» — камеры на весь монитор (выход Esc). |
| Показывать ROI зоны | Рисовать ли сетку зон поверх видео.                                                                                                                                   |

### Вкладки справа

| Вкладка | Назначение |
|---------|------------|
|---------|------------|

|          |                                                                                                                                                                                                |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Camera   | Параметры выбранной камеры: выдержка, усиление, цвет, разрешение, авто-настройка для ИИ, наборы сохранённых настроек, темп анализа. Порога ИИ здесь больше нет — он только на вкладке Inspect. |
| OUTPUT   | Браковщик: правила на зонах — TCP-посылки роботу/ПЛК, дискретные выходы камеры и звуковые оповещения, журнал срабатываний, база данных.                                                        |
| AI Model | Создание модели: папка, классы, сетка зон, снимок по зонам, аномалии зон, оригинал платы, настройки и запуск обучения.                                                                         |
| Inspect  | Рабочая вкладка: какая модель инспектирует, проверка зон и порог, живой конвейер, по какому сигналу снимать кадр, слоты много-модельной инспекции.                                             |
| Settings | Язык интерфейса (14 языков), покупка лицензии, сохранение и загрузка настроек, запись видео.                                                                                                   |
| Console  | Журнал событий: подключение камер, ход обучения, срабатывания браковщика, предупреждения. На экране держится 800–1000 последних строк, всё целиком пишется в файлы logs\engiai-*.log.          |

Строка состояния

Над кнопками показано состояние активной камеры: LIVE (Android): 3264×2448 [HD USB Camera] — тип, разрешение и имя; AI: WAITING или AI: GPU (CUDA) — на чём считает модель и сколько миллисекунд занял последний анализ; Net: всего ... активная ... Мбит/с — нагрузка на сеть от GigE-камер (зелёный до 40 % линка, оранжевый до 70 %, дальше красный). Полоса Exp Load показывает, какую долю кадрового интервала занимает выдержка: если она упёрлась вправо, камера не удержит заявленную частоту.

Плитка каждой камеры имеет свою шапку с именем, статусом LIVE | AI:ON и кнопкой переподключения. Правый клик по кадру открывает меню зоны, правая кнопка с перетаскиванием — панорама по увеличенному кадру.

## 3. Камеры: подключение и настройка

### 3.1. Какие камеры поддерживаются

| Тип                                      | Как подключается                                                                                                                                                                     | Что настраивается из программы                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HIKROBOT MV-CS<br>(GigE, USB3)           | Нативный MVS SDK. Открывается строго по серийному номеру, порядок перечисления не важен.                                                                                             | Выдержка от 6 мкс, усиление в дБ, FPS, разрешение (AOI), уровень чёрного 0...4095, все узлы GenICam (авто-режимы, гамма, резкость, баланс белого R/G/B, цифровой сдвиг, переворот, GigE-пакеты). Параметры пишутся в UserSet1 самой камеры. Дискретный вход Line 0, выход Line 1, GPIO Line 2. |
| SICK picoCam<br>(IDS uEye, GigE)         | Драйвер uEye. Камера должна быть видна в IDS Camera Manager со статусом «настроена правильно». Серийник сверяется с камерой, потому что DeviceID у uEye меняется при каждом запуске. | Выдержка, усиление 0...100, FPS, разрешение, уровень чёрного 0...255, pixel clock, gain boost, аппаратные усиления каналов R/G/B, аппаратная гамма, раскладка Байера. Параметры пишутся в память камеры. Вход триггера на оптопаре, выход Flash (150 мА).                                      |
| USB / веб-камера<br>(в списке — Android) | DirectShow через OpenCV, различаются по moniker, поэтому две одинаковые камеры не путаются.                                                                                          | Разрешение до 8K, FPS, все свойства драйвера: яркость, контраст, насыщенность, оттенок, резкость, гамма, усиление, выдержка (с авто), фокус (с авто), баланс белого (с авто), компенсация засветки и др. Дискретных входов и выходов нет, доступен только TCP.                                 |
| IP-камера RTSP                           | Ссылка вида<br>rtsp://admin:пароль@192.168.1.64:554/...,<br>добавляется вручную.                                                                                                     | Выдержка, усиление, разрешение и FPS задаются в веб-интерфейсе самой камеры. В программе — зоны, модель и TCP.                                                                                                                                                                                 |

Жёсткого ограничения на число камер нет: плитки раскладываются сеткой любым числом; на реальных стендах работали восемь и девять камер одновременно. У каждой камеры свои модели, свои зоны, свой порог и свой темп анализа.

### 3.2. Окно КАМЕРЫ: добавить, переподключить, удалить

- 1 Нажмите **КАМЕРЫ** над видео. Откроется окно «НАСТРОЙКИ ПОДКЛЮЧЁННЫХ КАМЕР» на весь экран (закрыть — Esc).
- 2 Нажмите **+ Добавить камеры**. Программа опросит сеть и USB и покажет всё найденное одним списком: Hikrobot ... SN: ... IP: ..., SICK ... SN: ... DeviceID: ..., Android .... SICK-камеры опрашиваются до 4 секунд, потому что GigE-устройство появляется в драйвере не мгновенно. Занятая или неправильно адресованная SICK помечается знаком  с причиной.
- 3 Отметьте нужные камеры и нажмите **Добавить**. IP-камеру добавляйте кнопкой **+ RTSP-камера по ссылке....** Пока камеры подключаются, показывается заставка с кнопкой «Пропустить камеру».
- 4 Камера появится в списке строкой имя | тип | серийник | LIVE или OFFLINE | AI:ON | Disp:ON, а её видео — в левой части главного окна.

Галочки под списком действуют на выбранную камеру: **Камера включена** (иначе она отключается от устройства и пропадает с экрана), **Показывать видео/зоны** (только отрисовка, анализ работает всегда), **AI включён для выбранной камеры**. Кнопка **Переподключить** делает полное отключение и подключение с перезапуском потока ИИ и перезагрузкой моделей.

Правая часть окна показывает все параметры камеры, считанные с железа при подключении, с группами и единицами измерения: «Чьи параметры показать», **Перечитать с камеры**, **Скопировать в буфер**. Это только просмотр: изменить параметры можно на вкладке Camera.

**Важно.** Камера HIKROBOT по GigE держит монопольное подключение. После аварийного закрытия программы она остаётся занятой до истечения heartbeat; программа ждёт до 25 секунд (10 попыток) и сообщает «камера занята другим процессом». Для SICK при неправильном IP-адресе программа один раз пытается починить его сама, если он не из подсети адаптера.

### 3.3. Вкладка Camera для HIKROBOT и SICK

Вкладка работает с камерой, плитка которой выделена синей рамкой. Программа при подключении ничего не записывает в камеру: камера — источник истины, а ползунки подтягиваются к её значениям. Записать настройки можно только осознанно кнопкой **Сохранить параметры**.

- 1 Внизу вкладки задайте **Ширина (W)** и **Высота (H)** кадра (или выберите пресет из списка, в нём только размеры, которые поддерживает эта камера) и нажмите **ПРИМЕНИТЬ РАЗРЕШЕНИЕ**. Обычно берут полный кадр камеры. Размер округляется вниз по шагу AOI камеры.
- 2 Нажмите **Авто-настройка для ИИ (по кадру)**. Программа подбирает выдержку (приоритет) и усиление (не больше 40) так, чтобы 99,5-й процентиль яркости попал в 220...248 без пересвета, затем ставит гамму 1,50, насыщенность 115 %, контраст 105 % и делает авто-баланс белого. Галочка «авто» рядом включает постоянный режим: раз в 3 секунды проверка и подстройка, если свет изменился.
- 3 При необходимости доведите вручную: **Exposure** (ползунок в микросекундах, подпись в мс, до 1 с), **Gain**, **FPS**, **Black Level**. Для SICK дополнительно **Pixel clock** (определяет потолок FPS и минимальную выдержку), **Gain boost**, **Аппаратная гамма**, **WB Red / Green / Blue**.
- 4 Нажмите **Сохранить параметры**: файл camera\_params\<SN>.ini и запись в память камеры — UserSet1 у HIKROBOT (с назначением набором по умолчанию), EEPROM у SICK. Результат показывается на самой кнопке («✓ Сохранено»). Для HIKROBOT есть галочка **Автосохранение в камеру (UserSet1) через 5 с после изменения**.

#### Блок «Hikrobot: параметры камеры (GenICam)»

Показывается только то, что камера отдаёт. Строки: Авто-экспозиция (Off / Once / Continuous), Авто-усиление, Гамма и режим гаммы, Резкость, Оттенок, Насыщенность, Авто-баланс белого, Баланс белого по каналам, Цифровой сдвиг, Уровень чёрного включён, Ограничение FPS включено, Переворот по горизонтали и вертикали, GigE: размер пакета, GigE: межпакетная задержка, GigE: лимит полосы, Тестовое изображение. Кнопка **Перечитать параметры с камеры** перестраивает таблицу.

#### Блок «ЦВЕТ ИЗОБРАЖЕНИЯ»

Раскладка Байера (Авто / BGGR / RGGB / GRBG / GBRG), Saturation 0...200 %, Gamma 0,30...3,00, Contrast 50...200 %, кнопка сброса. Программная обработка применяется ко всем потребителям кадра: показ, запись, инференс и снимки для обучения, поэтому картинка при обучении и при инспекции одинакова. Для HIKROBOT раскладка берётся из формата пикселя камеры, для цветных SICK — с сенсора и уточняется по первому кадру.

| Параметр              | Что делает                              | На что влияет                                                                 |
|-----------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Анализ в секунду (AI) | верхний предел темпа инспекции, 1...200 | меньше — ниже нагрузка на видеокарту; не зависит от подключения камеры        |
| Порог ИИ              | на вкладке Camera не задаётся           | порог узнавания зоны — только на вкладке Inspect (раздел 5.2), один на камеру |
| Exposure              | время экспозиции                        | короче — меньше смаз движущихся изделий; ноль недопустим                      |
| Gain / Gain boost     | усиление сигнала матрицы                | поднимает яркость, но добавляет шум                                           |
| Pixel clock (SICK)    | тактовая частота сенсора                | меняет диапазоны FPS и выдержки, они перечисляются                            |
| FPS                   | частота кадров в свободном режиме       | в режиме триггера не используется                                             |

|                 |                    |                                            |
|-----------------|--------------------|--------------------------------------------|
| Ширина / Высота | размер кадра (AOI) | меньше кадр — выше частота и меньше трафик |
|-----------------|--------------------|--------------------------------------------|

**Важно.** Набирайте снимки для обучения в тех же условиях, в которых будет работать линия: то же освещение, та же скорость, то же положение камеры. После смены настроек картинки программа напоминает в консоли, что модель нужно дообучить на новых кадрах.

### 3.4. Вкладка Camera для USB/веб-камеры

Для USB-камер вкладка показывает блок «USB-камера: разрешение, FPS и свойства». Свойства драйвера, которые камера не отдаёт, не показываются; границы полей заданы программой, потому что DirectShow диапазонов не сообщает.

- 1 **Разрешение и Применить.** Кнопка **Проверить** перебирает стандартные размеры от VGA до 8K и оставляет в списке только принятые камерой. Строка «Формат камеры» показывает фактический размер и FPS.
- 2 Дайте авто-экспозиции, автофокусу и авто-ББ настроиться, затем нажмите **Зафиксировать параметры (выключить авто, сохранить как есть)**: авто выключается, программа сама подбирает ручную выдержку до той же яркости (драйвер при включённом авто отдаёт не подобранную, а последнюю ручную), значения и формат сохраняются в базу и выставляются при каждом следующем подключении этой камеры.
- 3 Ряд **Под ИИ: Автоподбор под формы** (20–60 с, перебор выдержки и контраста по живым кадрам, критерий — чёткость контуров без пересвета), **Формы, без цвета, Формы, мягко, Вернуть, Типовые.**
- 4 Значения в полях уходят в камеру сразу, без Enter, и тут же пишутся в базу. Кнопка **Пересчитать свойства с камеры** показывает, что камера реально приняла.

**Совет.** Для ИИ цвет лучше убирать не насыщенностью камеры, а общей галочкой **Обучать в оттенках серого (общая настройка модели)** на вкладке Camera (на вкладке AI Model она же называется «Обучать в сером»): тогда серыми будут и снимки для обучения, и инспекция, а камера продолжит отдавать цвет для оператора. Модель из примера обучена в сером.

### 3.5. Сохранённые настройки камеры (наборы)

Блок «Сохранённые настройки камеры» показывается для USB, SICK и HIKROBOT. Подобрал параметры под изделие, сохраните их под именем: под другую плату или другое освещение достаточно выбрать набор из списка.

- **Сохранить как...** — читает текущие значения с камеры и спрашивает имя набора. Если имя занято, предлагает перезаписать.
- **Выбор набора в списке** сразу пишет параметры в камеру и закрепляет их: для USB — в базу, для SICK и HIKROBOT — в файл параметров и в память камеры (UserSet1 / EEPROM). Затем панель перечитывает значения с железа и показывает, сколько параметров принято, а сколько отклонено.
- **Пересохранить** перезаписывает выбранный набор текущими значениями, **Переименовать** и **Удалить** действуют только на запись в базе, параметры в камере не меняются.

Что входит в набор: у USB — разрешение, FPS, свойства драйвера и авто-режимы; у SICK — усиление, выдержка, FPS, уровень чёрного, pixel clock, gain boost, баланс белого R/G/B, аппаратная гамма и программный цвет; у HIKROBOT — усиление, выдержка, FPS, уровень чёрного и все узлы GenICam. Размер кадра промышленных камер в набор не входит: его смена перезапускает захват. Наборы общие для всех камер одного типа, поэтому на стенде из одинаковых камер один набор ставится на каждую.

### 3.6. Сеть GigE и переподключение

- Размер GigE-пакета HIKROBOT выставляется автоматически оптимальным при открытии; вручную его можно поправить в блоке GenICam. Jumbo-кадры 8164–9000 снижают нагрузку, при рвущихся кадрах ставьте 1500 и увеличивайте межпакетную задержку.

- Строка Net считает нагрузку от каждой камеры по её собственным данным (размер полезной нагрузки × частота) и сверяет с фактическим входящим трафиком сетевых карт. Заметное расхождение означает потерю кадров или посторонний трафик. Виртуальные адаптеры и NDIS-фильтры (GigEVision, uEye, Npcap) из подсчёта исключены.
- Если камера видна, а поток не идёт, нажмите [Переподключить](#) (в окне КАМЕРЫ или на плитке). Обычно причина — пропускная способность сети или USB.
- SICK picoCam при закрытии дескриптора теряет настройки; если набора в самой камере нет, программа применяет файл параметров и предлагает нажать «Сохранить параметры», чтобы записать их в камеру.

## 4. Модель ЗОНА-ПАРА: от сетки до обученной модели

### 4.1. Как устроен метод: одна модель, класс на каждую зону

Модель ЗОНА-ПАРА — это обычная классификационная сеть YOLO11, у которой классов столько, сколько зон, плюс необязательные классы аномалий. Класс — это папка внутри train и val. Все папки программа формирует сама; вручную создавать ничего не нужно. Так выглядит папка модели из примера после обучения:

| Имя                     | Дата изменения   | Тип                | Размер    |
|-------------------------|------------------|--------------------|-----------|
| diag                    | 11.09.2026 17:16 | Папка с файлами    |           |
| runs                    | 11.09.2026 15:17 | Папка с файлами    |           |
| train                   | 11.09.2026 16:00 | Папка с файлами    |           |
| val                     | 11.09.2026 16:00 | Папка с файлами    |           |
| best.onnx               | 11.09.2026 16:11 | Файл "ONNX"        | 21 293 КБ |
| board.json              | 11.09.2026 15:31 | Файл "JSON"        | 1 КБ      |
| data.json               | 11.09.2026 17:04 | Файл "JSON"        | 1 КБ      |
| live_template.png       | 11.09.2026 15:10 | Файл "PNG"         | 6 132 КБ  |
| live_template.txt       | 11.09.2026 15:10 | Текстовый докум... | 1 КБ      |
| live_template_zones.png | 11.09.2026 15:10 | Файл "PNG"         | 6 136 КБ  |
| train.cache             | 11.09.2026 16:04 | Файл "CACHE"       | 220 КБ    |
| train_gray.txt          | 11.09.2026 16:02 | Текстовый докум... | 1 КБ      |
| val.cache               | 11.09.2026 16:04 | Файл "CACHE"       | 46 КБ     |

Папка model\_4: train и val — снимки, data.json — зоны, live\_template — оригинал платы, board.json — порог, best.onnx — обученная сеть.

|                          |                                                                            |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| model_4\                 |                                                                            |
| train\                   | снимки для обучения                                                        |
| zone_001\                | норма зоны 1 (C30): real_... с камеры, syn_... синтетика                   |
| zone_001_anomaly\        | брак зоны 1: syn_..._combo1_d, _rotate1 ...                                |
| zone_002\                | норма зоны 2 (BR1)                                                         |
| zone_002_anomaly\        | брак зоны 2                                                                |
| val\                     | проверочная выборка: те же четыре папки, наполняются сами                  |
| data.json                | зоны: таблицы, координаты, размер, цвет, включена/выключена; классы; слоты |
| live_template.png / .txt | оригинал платы: кадр, область привязки, красные (исключённые) зоны         |
| live_template_zones.png  | оригинал с нарисованными зонами и номерами                                 |
| board.json               | порог узнавания зоны ({ "threshold": 0.50 })                               |
| train_gray.txt           | признак «набор в оттенках серого»                                          |
| best.onnx                | обученная модель – её и назначают на инспекцию                             |
| runs\ diag\ *.cache      | служебное: ход обучения, снимки для разбора, кэш обучения                  |

|                               |  |  |                             |  |  |
|-------------------------------|--|--|-----------------------------|--|--|
| train                         |  |  | Документы > model_4 > val > |  |  |
| Документы > model_4 > train > |  |  | Документы > model_4 > val > |  |  |
| Имя                           |  |  | Имя                         |  |  |
| zone_001                      |  |  | zone_001                    |  |  |
| zone_001_anomaly              |  |  | zone_001_anomaly            |  |  |
| zone_002                      |  |  | zone_002                    |  |  |
| zone_002_anomaly              |  |  | zone_002_anomaly            |  |  |
| Дата изменения                |  |  | Дата изменения              |  |  |
| 11.09.2026 16:03              |  |  | 11.09.2026 16:03            |  |  |
| 11.09.2026 15:59              |  |  | 11.09.2026 15:59            |  |  |
| 11.09.2026 16:00              |  |  | 11.09.2026 16:00            |  |  |
| 11.09.2026 15:59              |  |  | 11.09.2026 15:59            |  |  |
| Тип                           |  |  | Тип                         |  |  |
| Папка с файлами               |  |  | Папка с файлами             |  |  |
| Папка с файлами               |  |  | Папка с файлами             |  |  |
| Папка с файлами               |  |  | Папка с файлами             |  |  |
| Папка с файлами               |  |  | Папка с файлами             |  |  |

val: та же структура, программа наполняет её сама при съёмке.

train: по две папки на каждую зону — норма и аномалия.

Файлы `real_...jpg` — настоящие вырезки с камеры (пишутся и в `train`, и в `val`), `syn_...jpg` — синтетика, `edit_...jpg` — снимки из редактора зоны. В примере после съёмки нескольких плат: `zone_001` — 502 файла в `train` и 111 в `val`, `zone_001_anomaly` — 680 и 144, `zone_002` — 813 и 181, `zone_002_anomaly` — 340 и 60.

**Одно место хранения.** Вся разметка модели — зоны инспекции, область привязки, классы и слоты — лежит только в папке модели: `data.json` и `live_template.txt`. В базе программы зон больше нет, поэтому редактор ROI на вкладке `AI Model` и на вкладке `Inspect` показывают одни и те же зоны, а папку модели можно скопировать на другой компьютер целиком, ничего не теряя. Старые модели переносятся в файл автоматически при первом открытии.

Программа распознаёт модель как «плату» автоматически, по наличию классов вида `zone_NNN`. Номер класса — сквозной номер зоны в сетке (1...N). Отсюда главное правило метода:

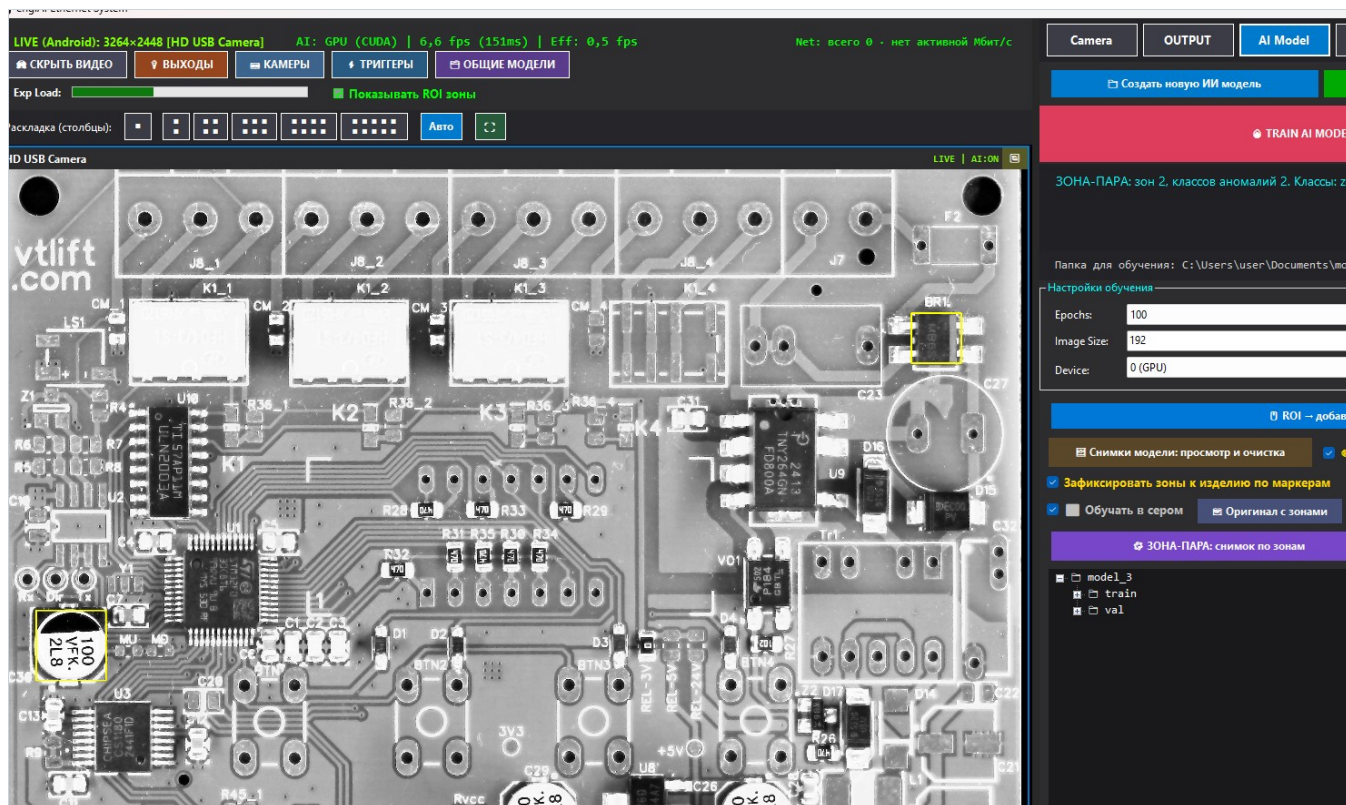
**Важно.** Зоны — часть модели. После съёмки классов их нельзя менять (добавлять, удалять, переставлять таблицы): номера зон разойдутся с классами, и такие зоны получают метку `NO_ZONE_CLASS`. Если зоны нужно изменить, создайте новую модель.

## 4.2. Создать модель

- 1 Откройте вкладку `AI Model` и нажмите **Создать новую ИИ модель**.
- 2 Укажите папку-родитель и имя модели (программа предлагает свободное `model_N`). Список классов по умолчанию содержит `normal` и `anomaly`; для ЗОНА-ПАРА они не нужны — классы зон создадутся сами при первом снимке по зонам. Можете удалить их или оставить пустыми: перед обучением программа предложит убрать пустые классы.
- 3 Нажмите **Создать модель**. На диске появятся папки `train` и `val`, модель откроется для редактирования (на инспекцию она не встанёт). Если модель уже есть — вместо этого **Выбрать папку модели**.

## 4.3. Отметить зоны на плате

- 1 Положите под камеру исправную плату ровно так, как она будет лежать на линии. Нажмите **ROI → добавить в класс (модель обучения)**.
- 2 В диалоге «Сохранение ROI в класс» выберите любой класс (для разметки это не важно) или впишите новое имя и нажмите **OK + открыть ROI**. Позже здесь же будут видны все классы зон, сгруппированные по шаблону `zone_###`: щелчок по группе выделяет её, второй щелчок снимает выделение; кнопка **Удалить группу** убирает всю группу вместе с изображениями.
- 3 Откроется окно «Выделение ROI». Протяните левой кнопкой рамку вокруг детали. Появится поле **Размер зоны, px**: впишите размер (притягивается к кратному 32, например 256) и нажмите **Enter** — рамка станет ровным квадратом с подписью размера. Повторите для каждой детали, которую нужно проверять. В примере две зоны: вокруг C30 и вокруг BR1.
- 4 Если деталей много и они стоят ровно, удобнее сетка: протяните рамку по всей плате и впишите размер зоны — подсказка покажет, сколько строк и столбцов получилось. Либо задайте в блоке **Сетка зон** строки, столбцы, ширину и высоту ячейки и нажмите **Создать сетку**. Сетку можно перетащить мышью точно на изделие.
- 5 Правая панель показывает каждую таблицу зон с размером и галочкой «включена»; выключенная зона не даёт класса, скрытая таблица целиком не участвует в инспекции. Кнопки **Все зоны ✓ / X**, **Цвет**, **Удалить**, **Удалить ВСЕ зоны**. Закройте окно клавишей **Enter** — зоны сохранятся в `data.json` и появятся на видео жёлтым.



Результат разметки на вкладке AI Model: две жёлтые зоны на живом кадре — BR1 сверху справа и C30 слева внизу. Справа — кнопки модели ЗОНА-ПАРА, галочка «Зафиксировать зоны к изделию по маркерам» и настройки обучения.

**Совет.** Деталь должна занимать заметную часть зоны, а вокруг должно остаться немного платы: дорожки, надписи, площадки. Именно это «основание» потом используется в синтетике (раздел 4.6). Для плат с компонентами 0603–1206 при 11 px/мм хорошо работает 128 px; для конденсаторов, мостов и разъёмов — 192–256 px, как в примере. Размер входа сети (Image Size) потом ставится примерно равным размеру зоны.

### Красные зоны: исключить зону из синтетики одним щелчком

На вкладке **AI Model** щёлкните левой кнопкой по уже созданной зоне прямо на видео: зона станет **красной** и не будет участвовать в снимке по зонам и в аномалиях. Повторный щелчок возвращает её. Счётчики файлов в окнах синтетики пересчитываются сразу, а надпись «выкл N» над кадром показывает, сколько зон выключено. Список красных зон хранится по камере и модели; на вкладке **Inspect** эта же зона остаётся обычной (там свои, жёлтые зоны — раздел 5.5).

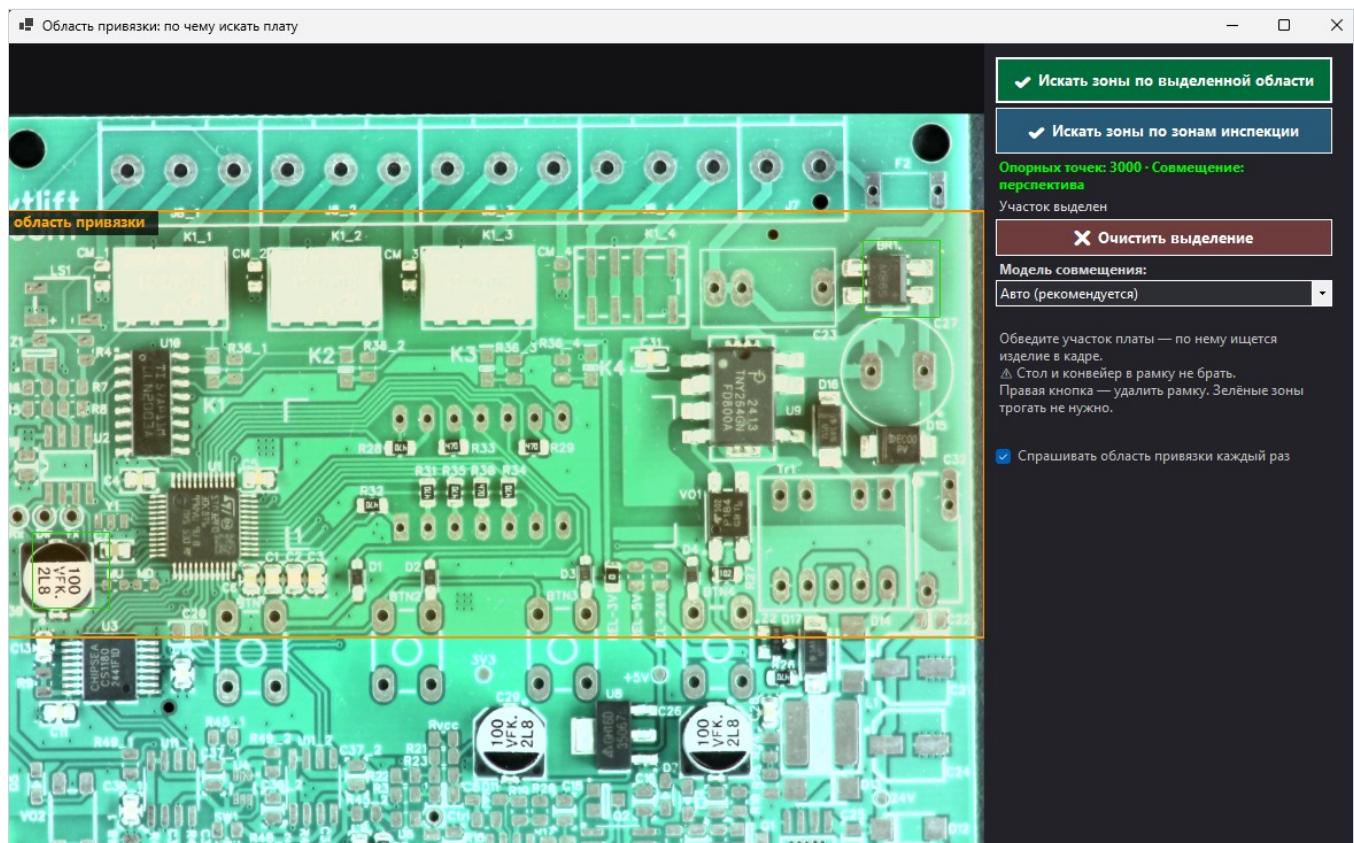
## 4.4. Зафиксировать оригинал: область привязки

Зоны инспекции размечены по одному положению платы. Чтобы на линии можно было подсунуть другую плату со сдвигом и поворотом, программа запоминает **оригинал**: живой кадр и **область привязки** — участок платы с деталями, по которому изделие ищется в каждом новом кадре. Найдя область, программа переносит на новую плату зоны инспекции. Так работает съёмка, синтетика и инспекция.

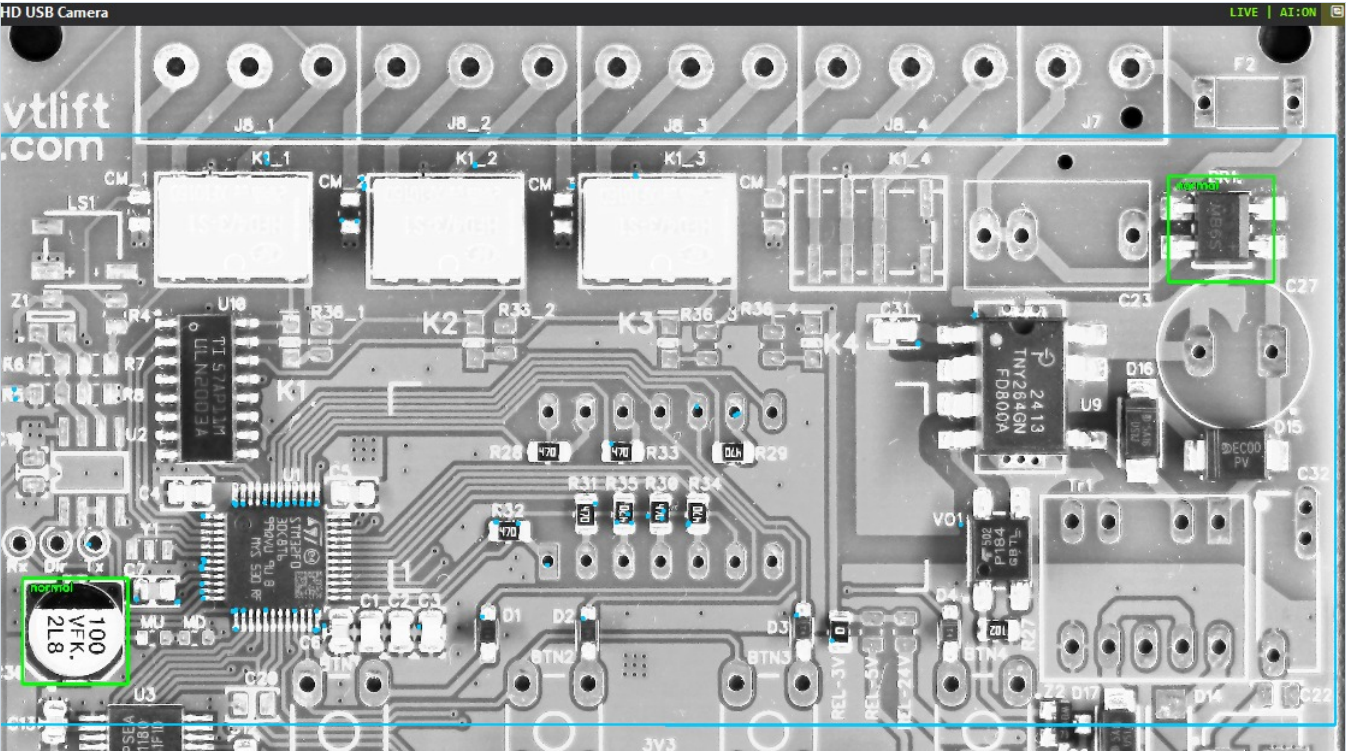
**Два разных прямоугольника.** Зоны инспекции — это то, что проверяет модель (зелёные). **Область привязки** — это маркер, по которому ищется плата (оранжевая рамка). Опорные точки никогда не ставятся внутри зон инспекции: если бы плата искалась по самому конденсатору, сдвинутый конденсатор «утащил» бы за собой и зону, и брак стал бы невидим. Поэтому в область привязки берите шелкографию, отверстия, дорожки, микросхемы рядом, а стол и конвейер — не берите.

- 1 На вкладке **AI Model** поставьте галочку **Зафиксировать зоны к изделию по маркерам** и задайте период поиска, мс (по умолчанию 100). Положите плату под камеру и нажмите **Зафиксировать оригинал**.

- 2 Откроется окно «Область привязки: по чему искать плату» с живым кадром и зелёными зонами инспекции. Протяните левой кнопкой рамку по участку платы с деталями. Справа сразу видно «Опорных точек: N · Совмещение: жёсткое / перспектива»: точек должно быть сотни, при «мало — возьмите область больше» расширьте рамку. Новая рамка заменяет старую, правая кнопка удаляет её.
- 3 Нажмите ☒ Искать зоны по выделенной области. Вторая кнопка ☒ Искать зоны по зонам инспекции берёт за область сами зоны с полем — только когда рядом ничего нет. Если галочка **Спрашивать область привязки каждый раз** снята, следующая фиксация повторит прежнюю область без окна.
- 4 Программа пишет «Оригинал зафиксирован. Зон N, привязок 1, точек K» и сохраняет live\_template.png и live\_template.txt (кадр, область, красные зоны). Галочка **Показывать зоны съёмки на кадре** рисует найденные зоны на видео, а опорные точки, по которым сошлась плата, показываются голубыми точками — по ним видно, за что программа «держится».



Окно области привязки: оранжевая рамка — участок платы с деталями (3000 опорных точек), зелёные — зоны инспекции C30 и BR1, которые в рамку не входят.



Живой кадр после фиксации: зоны найдены на своих деталях и подписаны «normal», голубые линии — границы области привязки, голубые точки — совпавшие опорные точки на деталях платы (в зоны они не попадают).

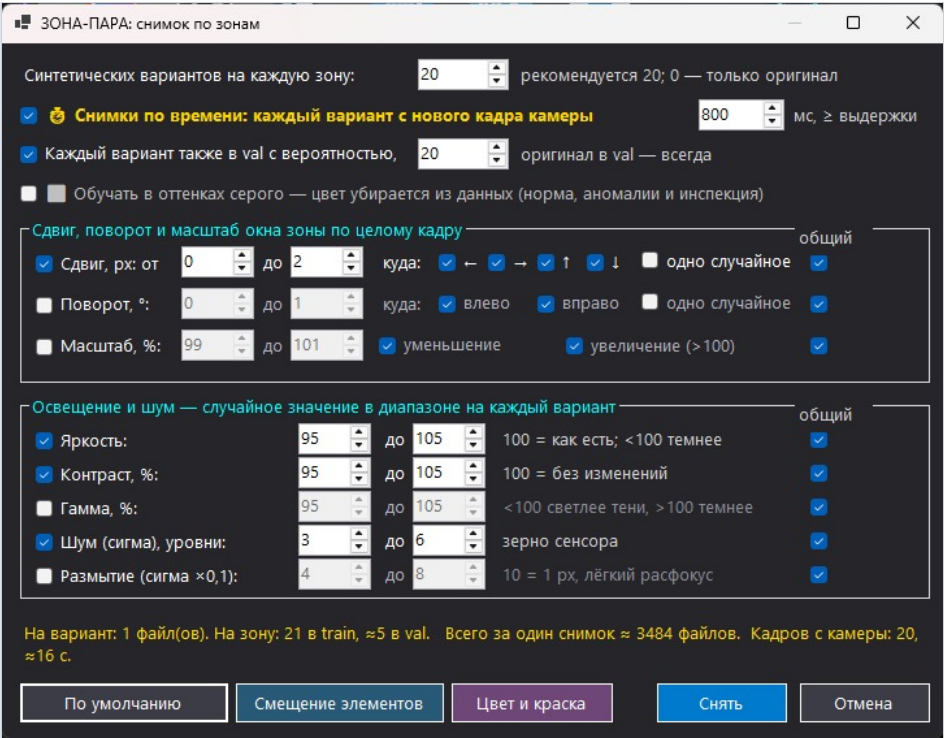
| Модель совмещения    | Когда выбирать                                                                                                                                                        |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Авто (рекомендуется) | Плата совмещается жёстко (сдвиг, поворот, масштаб); перспектива подключается только если она сходится заметно лучше. Точность на небольшой области привязки — 1–2 px. |
| Жёсткая              | Камера смотрит строго сверху, плата лежит плоско. Самый устойчивый вариант, если область привязки маленькая.                                                          |
| Перспектива          | Камера под углом или плата наклонена. Нужна крупная область с точками по всей ширине, иначе гомография «косит».                                                       |

Кнопка **Оригинал с зонами** открывает сохранённый оригинал с сеткой и номерами зон (раздел 4.8). Найденная плата проверяется на здравый смысл: площадь от 0,5 до 2 площадей оригинала, выпуклый четырёхугольник, опорные точки должны занимать не меньше четверти области по каждой оси — иначе результат отбрасывается, и в консоли пишется «плата не найдена».

**Важно.** Если раньше зоны «съезжали» при малом числе зон на кадре — причина в том, что плата искалась по самим зонам. Зафиксируйте оригинал заново с областью привязки по деталям платы: на плате из этого руководства число найденных зон нормы выросло с 46–51 до 106–112 из 134.

### 4.5. Снимок по зонам: норма и её синтетика

Кнопка **ЗОНА-ПАРА: снимок по зонам** делает главное: режет живой кадр на зоны, кладёт вырезку каждой зоны в её класс zone\_NNN и добавляет синтетику нормы. Синтетика нормы — это разброс съёмки, а не дефект: плату положили чуть не так, свет чуть другой, сенсор шумит.



Окно «ЗОНА-ПАРА: снимок по зонам»: число вариантов, снимки по времени, доля в val, сдвиг/поворот/масштаб окна зоны по целому кадру с выбором «куда», освещение и шум, итоговый счётчик файлов. Окно растягивается мышью.

| Настройка                                               | Что делает и что стоит по умолчанию                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Синтетических вариантов на каждую зону                  | Сколько синтетических файлов создать на одну вырезку. Рекомендуется 20, 0 — только оригинал, максимум 500.                                                                                                                                                                  |
| Снимки по времени: каждый вариант с нового кадра камеры | Включено, период 800–1200 мс (не меньше выдержки). Каждый вариант берётся с нового живого кадра: реальный шум сенсора, вибрация и мерцание света вместо нарисованных.                                                                                                       |
| Каждый вариант также в val с вероятностью, %            | 20 %. Оригинал попадает в val всегда: у Ultralytics каждый класс обязан быть в обеих папках.                                                                                                                                                                                |
| Обучать в оттенках серого                               | Общий флаг модели: цвет убирается из нормы, аномалий и инспекции. Смешивать цветные и серые файлы в одной модели нельзя, программа предупредит.                                                                                                                             |
| Сдвиг, px · куда                                        | Окно зоны сдвигается по целому кадру на 0...2 px в отмеченных направлениях (← → ↑ ↓); недостающая полоска берётся у соседней области платы, вырезка остаётся ровной. Галочка <b>все направления</b> даёт по файлу на каждое направление, <b>одно случайное</b> — один файл. |
| Поворот, ° · куда                                       | По умолчанию выключен: на плате, зафиксированной по области привязки, поворота нет, а включение размывает границу с браком. «влево / вправо», «все направления / одно случайное» — как у сдвига.                                                                            |
| Масштаб, % · уменьшение / увеличение                    | По умолчанию выключен. Две галочки — две стороны: уменьшение (<100) и увеличение (>100, окно зоны берёт соседей из кадра). Каждая отмеченная сторона — свой файл.                                                                                                           |

|                            |                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Яркость / Контраст / Гамма | Случайное значение из диапазона на каждый вариант: яркость 88...112, контраст 88...112 %, гамма 98...102 % (на снимке); в профиле «Смещение элементов» свет шире, чтобы не стал признаком. |
| Шум (сигма) / Размытие     | Зерно сенсора 3...8 уровней, лёгкий расфокус 0,4...0,8 рх.                                                                                                                                 |
| Колонка «общий»            | С галочкой вид входит в общий файл вместе с остальными; без неё создаёт отдельный файл «оригинал + только этот вид». Чем больше отдельных, тем больше файлов на вариант.                   |

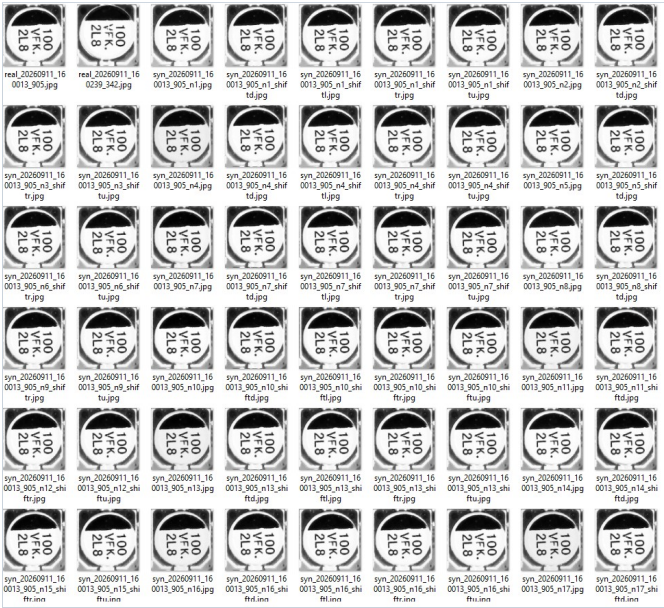
- 1

Нажмите **ЗОНА-ПАРА: снимок по зонам**. Строка внизу диалога заранее считает: «На вариант: 1 файл. На зону: 21 в train, ≈5 в val. Всего за один снимок ≈ 52 файлов. Кадров с камеры: 20, ≈16 с» (для двух зон).
- 2

Выберите профиль: **По умолчанию** (сдвиг 0–2 рх, свет ±5, контраст 95–105 %), **Смещение элементов** (сдвиг 0–1 рх, свет –10...10) или **Цвет и краска** (сдвиг 0–2 рх, свет ±2, контраст и гамма выключены, чтобы оттенок остался признаком).
- 3

Нажмите **Снять**. Генерация идёт в фоне с окном прогресса «зон 1/2 · файлов 26 · кадр 4/20» и кнопкой отмены. По окончании: «Готово: 2 зон → классы zone\_001...zone\_002, файлов: 52». Программа сразу выставляет настройки обучения под плату: Image Size 128, Model Size s, Epochs 50, Batch 64 (раздел 4.9).
- 4

Повторите снимок на нескольких разных исправных платах той же кнопкой. Для уверенной модели нужно в сумме не меньше 80 файлов на класс, а главное — несколько реальных экземпляров (5–10 плат), а не один кадр с сотней вариантов.



train\zone\_001 — норма С30 в проводнике: real\_... с камеры и syn\_...n1...n20 с суффиксами сдвига (shiftd, shiftr, shiftl, shiftr).  
Надпись всегда на своём месте относительно основания.



train\zone\_002 — норма BR1: real\_... с трёх плат и варианты с лёгким поворотом (rotr, rotr) и сдвигом.

## 4.6. Синтетика брака в два нажатия: элемент смещается вместе с основанием

**Наблюдение, на котором построена синтетика.** Модель обучается особенно хорошо, когда в качестве брака ей показывают не нарисованное пятно, а **сам inspected элемент вместе с элементами платы вокруг него**: линиями шелкографии, дорожками, цветом и текстурой основания. Программа уменьшает кадр зоны до размера элемента, а затем **сдвигает или поворачивает эту область**, дозаполняя край соседними пикселями кадра. В результате элемент стоит не на своём месте относительно основания: ровно то, что видит контролёр при реальном браке, с реальным шумом сенсора, реальным светом и реальной платой.

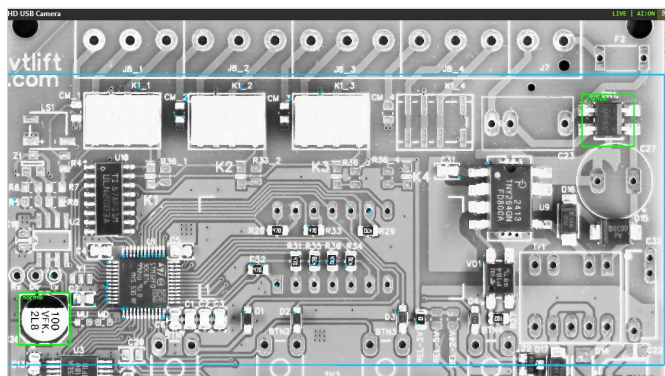
Норма и аномалия одной зоны отличаются **только положением элемента относительно основания**. Всё остальное одинаково, поэтому сеть учится связи «элемент ↔ плата», а не оттенку пятна или освещению.

### Два нажатия

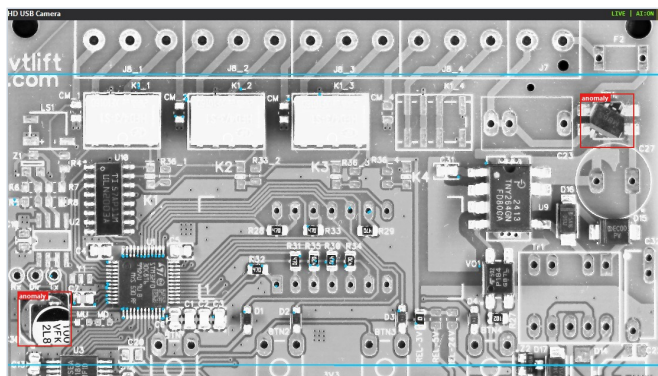
- 1 **ЗОНА-ПАРА: снимок по зонам → Снять.** Вырезки нормы каждой зоны с 20 вариантами разброса съёмки (сдвиг окна 0–2 px, свет, шум) уходят в классы `zone_NNN`.
- 2 **ЗОНА-ПАРА: аномалии зон → Создать.** Настройки по умолчанию уже включают оба вида смещения: **сдвиг зоны** на 5–12 px во все направления и **поворот области элемента** (70 % зоны, круг) на 15–180°. Файлы уходят в классы `zone_NNN_anomaly`.

Больше ничего настраивать не нужно: ни рисовать брак, ни искать дефектные платы. Дальше — **TRAIN AI MODEL**.

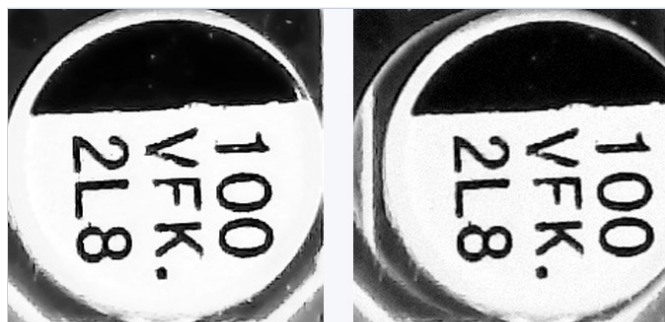
### До и после: чего программа добивается



ДО: живой кадр исправной платы. Обе зоны зелёные — «normal».

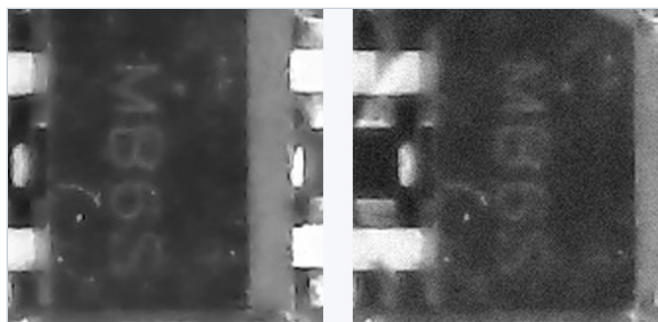


ПОСЛЕ: в те же зоны подставлена синтетика из папок аномалий — C30 сдвинут вправо-вниз, BR1 повёрнут. Обе зоны красные — «anomaly». Так же плата будет выглядеть при реальном браке на линии.



НОРМА: `real_20260911_130602_486.jpg` АНОМАЛИЯ: `syn_20260911_134856_081_t04`

Крупно, зона 1 (C30): слева норма с камеры, справа синтетика — деталь вместе с основанием сдвинута вниз-вправо, край дозаполнен соседями из кадра.



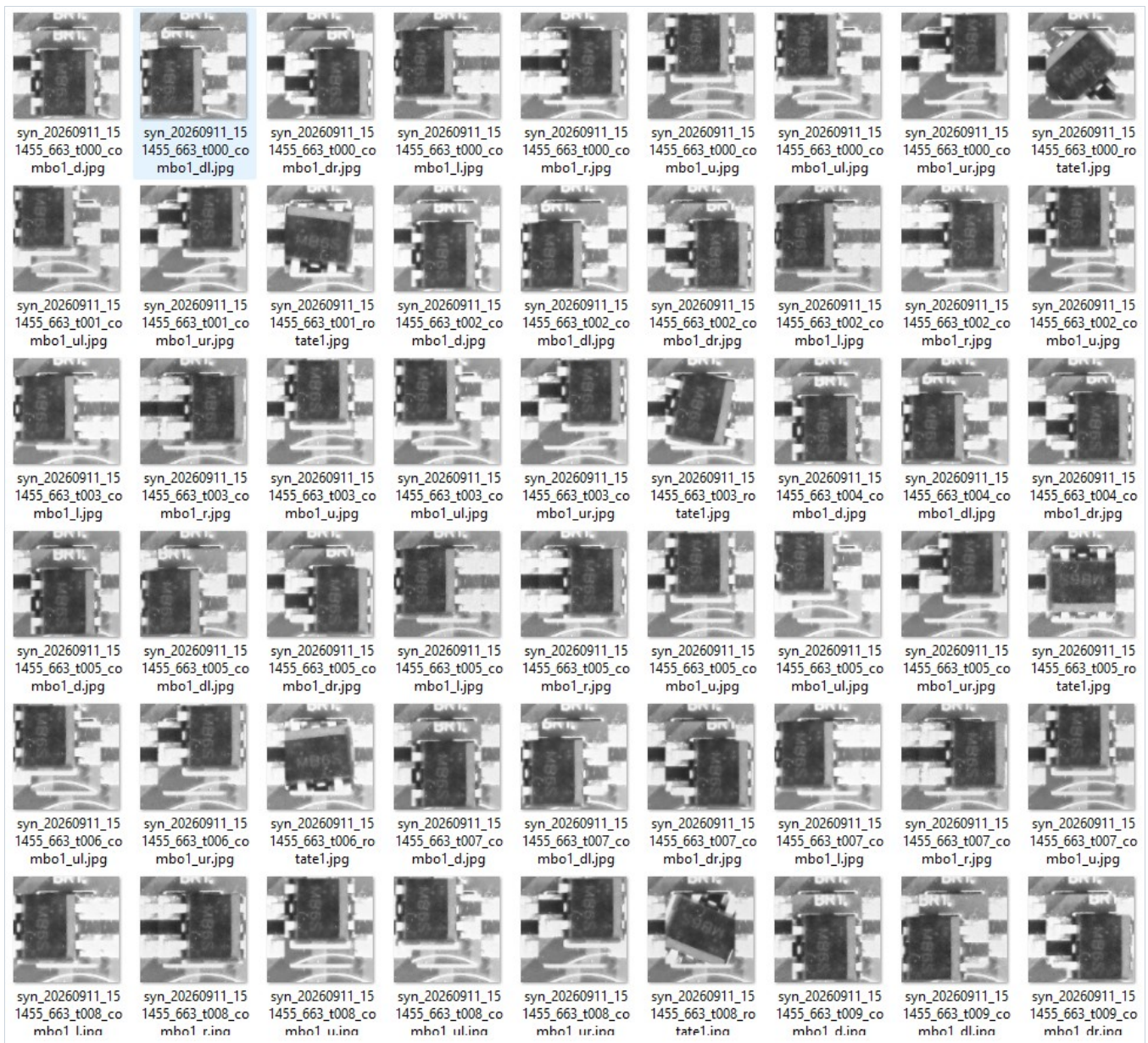
НОРМА: `real_20260911_130602_486.jpg` АНОМАЛИЯ: `syn_20260911_134856_081_t04`

Крупно, зона 2 (BR1): справа область детали повёрнута на 180° — площадки на месте, корпус смотрит не туда.

### Папки аномалий такими, какими их видит пользователь

Сравните с папками нормы из раздела 4.5: разница только в положении детали относительно основания.





train\zone\_002\_anomaly — брак BR1: корпус уехал с площадок в каждую из восьми сторон и повернут на случайный угол. Текстура платы и площадки настоящие.

**Как читать имена файлов.** syn\_<дата>\_t003\_combo1\_dr.jpg — копия 3, общий файл, сдвиг вправо-вниз (d = down, r = right, u = up, l = left); ...\_rotate1.jpg — поворот области элемента; ...\_scale1\_dn/\_up — масштаб в меньшую или большую сторону; ...\_t1/\_c/\_br — где стояла область (угол, центр). По имени всегда видно, какой именно дефект в файле, а лишнее удаляется кнопкой «Удалить синтетику класса (train + val)» в окне зон.

### Маркировка деталей: почему царапина «жирная» и как это настраивается

На корпусах деталей есть маркировка — надписи и штрихи толщиной 1–2 px в кадре. От партии к партии она меняется: другой шрифт, надпись на конденсаторе повернута, часть символов стёрта. Если синтетический дефект «царапина» рисовать такой же тонкой линией, сеть не сможет отличить её от штриха маркировки и от шума сенсора и начнёт браковать исправные платы с другой партией деталей.

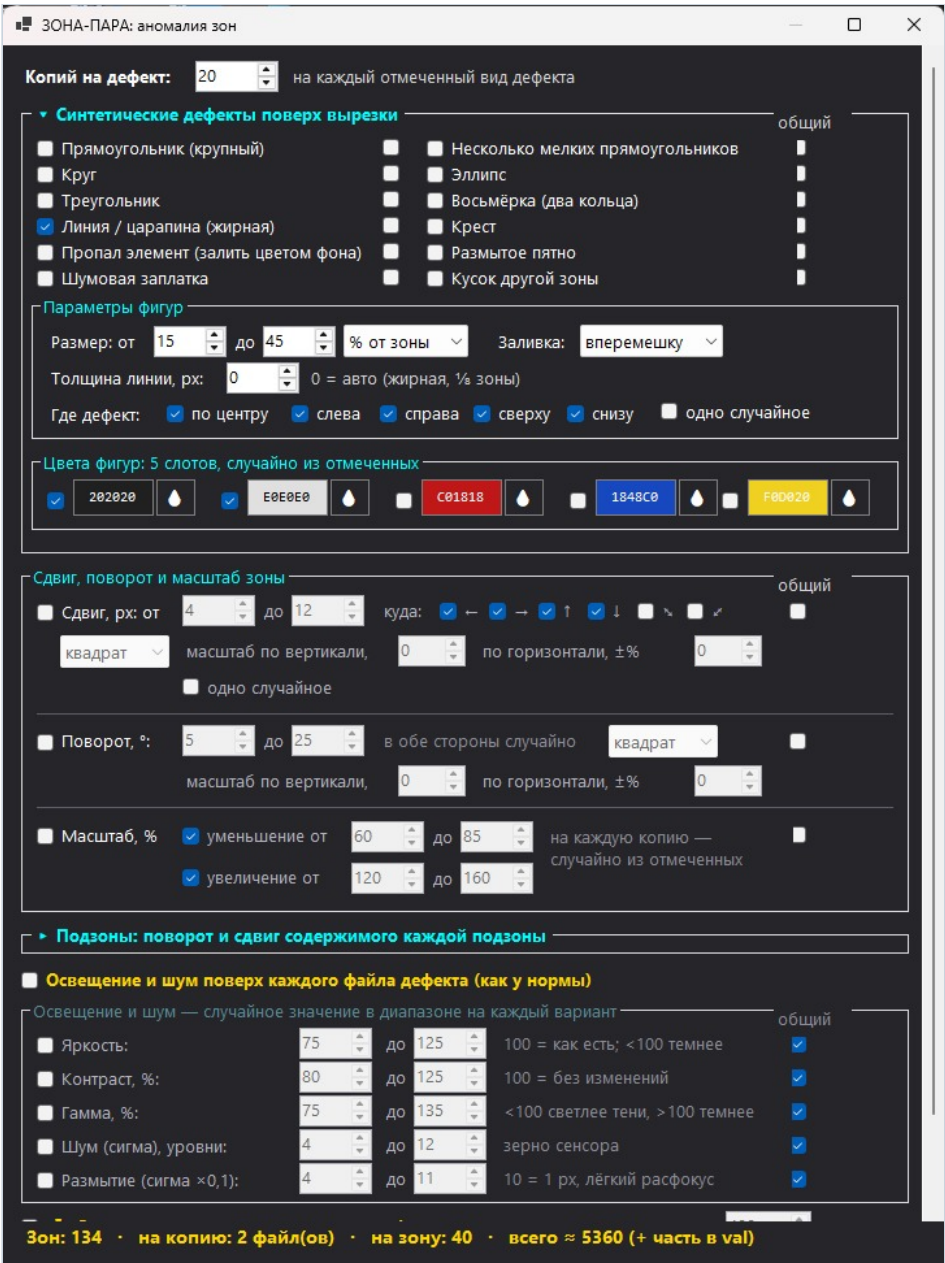
Синтетика ЗОНА-ПАРА закрывает это с двух сторон. Во-первых, основной брак — смещение элемента — переносит маркировку вместе с корпусом, поэтому надпись не становится признаком: она одинаково выглядит и в норме, и в аномалии. Во-вторых, рисованная **линия / царапина** по умолчанию жирная (1/8 зоны, не тоньше 3 px) и заведомо не похожа на штрих маркировки. Толщина теперь задаётся явно: поле **Толщина линии, px** (0 = авто) действует на линию и крест.

Рисованные дефекты (прямоугольник, круг, линия, «пропал элемент», размытое пятно и другие) собраны в сворачиваемой группе **Синтетические дефекты поверх вырезки**. По умолчанию она свёрнута и выключена: на плате главный брак — смещение. Включайте её для конкретных задач: залитая площадка, лишняя капля, стёртая маркировка.

| Параметры фигур                   | Что задаёт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Размер: от ... до, % от зоны / рх | Размер или длина фигуры. В процентах — от меньшей стороны зоны (соразмерно на любой зоне); в рх — одинаково на всех зонах, удобно, когда известен размер реального дефекта в пикселях кадра.                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Заливка                           | сплошная / контур / вперемешку (контур тоже жирный).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Толщина линии, рх                 | Линия / царапина и крест. 0 — авто (жирная). Для маркировки деталей не опускайтесь ниже 3 рх.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Где дефект                        | по центру, слева, справа, сверху, снизу — куда ставить фигуру (с небольшим случайным разбросом). Галочка <b>все положения</b> — по файлу на каждое отмеченное место; <b>одно случайное</b> — один файл, место случайное из отмеченных. Счётчик файлов внизу окна учитывает это сразу.                                                                                                                                                                                                                |
| Цвета фигур: 5 слотов             | Пять слотов вместо списка названий. Галочка — слот участвует, цвет берётся случайно из отмеченных ( $\pm 12$ по каналу, чтобы не был одним оттенком). Кнопка с образцом — выбрать цвет в палитре,  <b>пипетка</b> — щёлкнуть по живому кадру камеры (колесо — зум, правая кнопка — панорама) и взять цвет с реальной детали или платы. По умолчанию включены два слота — тёмный и светлый, остальные три выключены. |
| Колонка «общий»                   | Отмеченный вид дефекта попадает в общий файл вместе с другими «общими» (например, царапина поверх сдвинутого элемента). Без галочки — отдельный файл «норма + только этот дефект». Вид с «все положения» всегда отдельный.                                                                                                                                                                                                                                                                           |

### 4.7. Аномалии зон: окно настроек

Кнопка **ЗОНА-ПАРА: аномалии зон** создаёт классы `zone_NNN_anomaly` из вырезок нормы. Зоны берутся все, кроме красных (выключенных щелчком на кадре AI Model, раздел 4.3). Классы аномалий нужны не везде: добавляйте их для зон, где брак реально встречается, а остальные зоны модель проверит по узнаванию.



Окно «ЗОНА-ПАРА: аномалия зон»: копий на дефект сверху; сворачиваемая группа рисованных фигур с параметрами, местом и палитрой; сдвиг, поворот и масштаб зоны с формой области и масштабом ±%; подзоны; освещение поверх дефекта; снимки по времени и val. Окно растягивается мышью.

| Настройка                              | Что делает                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Копий на дефект                        | Одно число для всех видов: сколько копий с новыми случайными параметрами сделать на каждый отмеченный вид (по умолчанию 10).                                                                                                                                  |
| ▶ Синтетические дефекты поверх вырезки | Свёрнутая по умолчанию группа: прямоугольник, мелкие прямоугольники, круг, эллипс, треугольник, восьмёрка, линия/царапина, крест, <b>пропал элемент</b> , размытое пятно, шумовая заплатка, кусок другой зоны. Параметры фигур, место и палитра — раздел 4.6. |

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сдвиг, px · куда · форма                     | Главный дефект платы. Область (круг или квадрат) сдвигается на 5–12 px в отмеченные стороны: ← → ↑ ↓ и две диагонали ↖ ↗. <b>масштаб по вертикали / по горизонтали, ±%</b> — размер области относительно зоны: 0 — вся зона, –30 — область на 30 % меньше (сдвигается только элемент, основание остаётся), +30 — область больше зоны (захватывает соседей из кадра). <b>все направления</b> — по файлу на каждую сторону. |
| Поворот, ° · форма                           | Область (круг или квадрат, тот же масштаб ±%) поворачивается на случайный угол из диапазона в обе стороны.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Масштаб, % · уменьшение / увеличение         | Окно зоны как дефект: уменьшение 60–85 % или увеличение 120–160 %. Каждая отмеченная сторона — свой файл. На плате обычно выключен.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| «общий» у сдвига и поворота                  | Если обе галочки стоят, это <b>одна деталь в одном файле</b> : сдвиг и поворот применяются одним преобразованием (не по очереди, иначе получалась «каша»), масштаб области и форма общие и задаются у сдвига.                                                                                                                                                                                                             |
| ► Подзоны                                    | Зона делится на 2, 4 или 9 частей, и внутри каждой поворачивается или сдвигается своя область; галочка «на каждую подзону свой снимок» даёт по файлу на часть. Нужно для крупных зон с несколькими элементами.                                                                                                                                                                                                            |
| Освещение и шум поверх каждого файла дефекта | Включено и равно норме: дефект должен отличаться геометрией, а не светом.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Снимки по времени / в val                    | Каждая копия с нового кадра камеры (800 мс), 20 % в val, первый файл класса в val всегда.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

- 1 Нажмите **ЗОНА-ПАРА: аномалии зон**. Итог считается заранее: «Зон: 2 · на копию: 2 файла · на зону: 20 · всего ≈ 40 (+ часть в val)». Со «всеми направлениями» у сдвига файлов на копию становится девять, как в папках выше.
- 2 Выберите профиль: **По умолчанию** (сдвиг зоны 5–12 px + поворот области, фигуры и подзоны свёрнуты и выключены), **Смещение элементов** (только сдвиг 4–12 px, свет как у нормы) или **Цвет и краска** (фигуры, «пропал элемент», цвета из палитры, без сдвига). Свои изменения окно запоминает сразу, при каждом нажатии.
- 3 Нажмите **Создать**. Классы zone\_NNN\_anomaly появятся в дереве модели. Реальный брак с линии добавляйте в те же классы через ROI → добавить в класс.

**Важно.** Нижняя граница синтетического сдвига (5 px) стоит сразу над разбросом нормы (0–2 px). Не расширяйте норму до 5 px и не сужайте аномалию до 2 px: граница сотрётся, и модель будет колебаться на реальных платах. Если нужна другая чувствительность, меняйте обе границы согласованно и пересчитывайте их в миллиметры (раздел 1.3).

## 4.8. Оригинал с зонами: бляшки припоя и редактор зоны

Кнопка **Оригинал с зонами** открывает сохранённый оригинал платы с сеткой. Здесь синтетика делается без камеры: колесо — зум, правая кнопка — панорама, левая — выбор зон (Ctrl — добавить, протяжка — рамкой, Ctrl+A — все), двойной щелчок — редактор зоны.

- **Бляшки припоя для выбранных зон...** — окно «Бляшки припоя: замыкание между дорожками». Программа сама находит дорожки в зоне (порог Оцу, светлые полосы шириной  $\geq 2$  px), ставит каплю припоя в зазор между соседними дорожками цветом самих дорожек, с тёмной кромкой и бликом. Настройки: между вертикальными или горизонтальными дорожками, бляшек на снимок 1...3, размер 8...18 % зоны, снимков на зону (5), куда класть — в аномалию или в норму, освещение поверх, в val — новый снимок с другим освещением или точная копия.
- **Редактор зоны:** инструменты Кисть, Пипетка, Пятно цветом, Копировать область, Вставить, Штамп, Область бляшек; палитра «припой / площадка», «плата», «тень / маска», белый, чёрный; поле «Копий» и кнопка **Создать**

**снимок.** Так рисуется брак, которого ещё не было на линии: залитая площадка, лишний элемент, отсутствующая маркировка.

Файлы редактора получают имена edit\_... и попадают в класс зоны или её аномалии. На вкладке Inspect то же окно открывается только для просмотра.

## 4.9. Обучение модели

Группа **Настройки обучения** на вкладке AI Model заполняется сама после первого снимка по зонам: Image Size 128, Model Size s, Epochs 50, Batch 64. Это значения под зоны 108–137 px. Для зон 256 px, как в примере, поставьте Image Size 192 или 256 — вырезка тогда почти не сжимается (на снимке главного окна стоят Epochs 100 и Image Size 192). Проверьте значения и нажмите **TRAIN AI MODEL**.

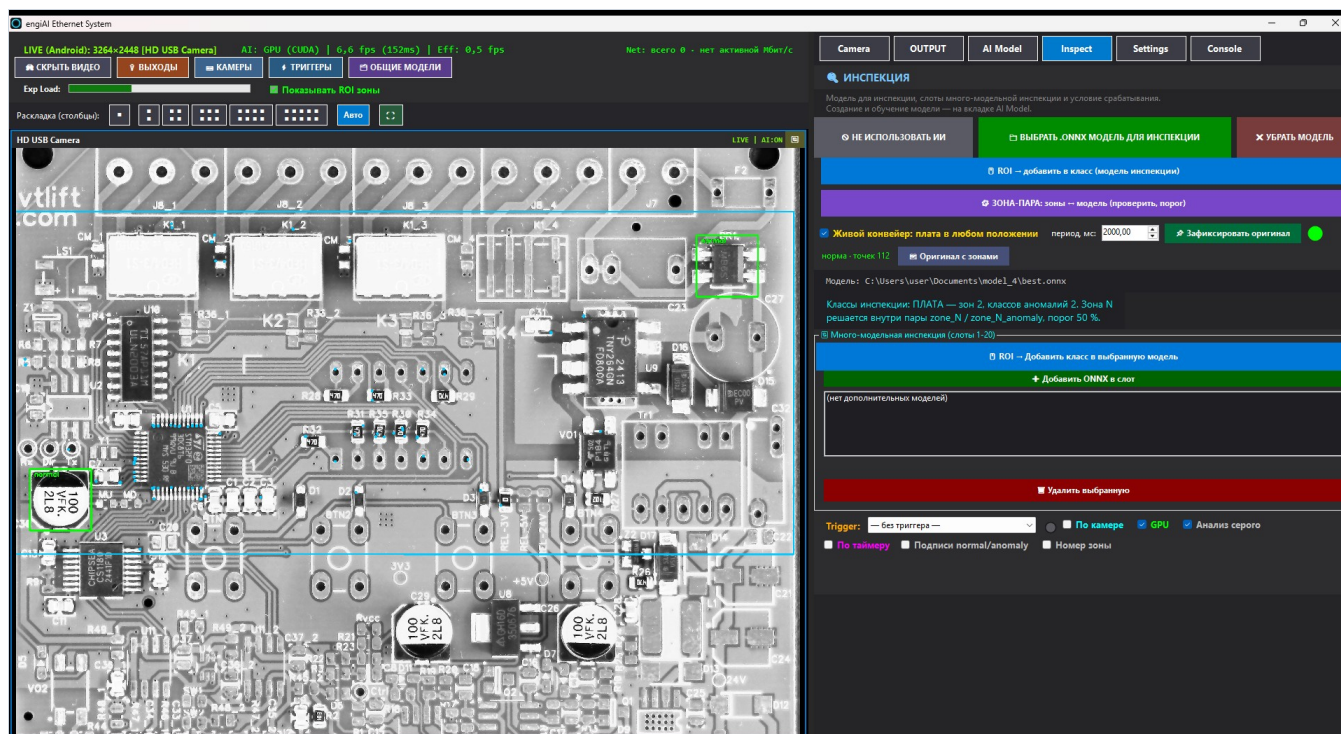
| Параметр   | Что означает                                   | Как выбирать                                                                         |
|------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Epochs     | сколько раз модель просмотрит весь набор       | 50 для платы по умолчанию; 100–150, если классов аномалий много                      |
| Batch Size | сколько картинок за один шаг                   | 64; при нехватке видеопамати уменьшите                                               |
| Image Size | к какому размеру приводятся вырезки, кратно 32 | примерно размер зоны: 128 для зоны 108–137 px; 192–256 для зон 256 px, как в примере |
| Model Size | n / s / m / l / x                              | s — оптимум для сотен пар классов; n не хватает ёмкости, m и выше — медленнее        |
| Device     | на чём обучать                                 | 0 (GPU) с видеокартой NVIDIA; без CUDA программа сама переключит на cpu              |
| Workers    | потоков подготовки данных                      | 12 по умолчанию для многоядерного процессора                                         |

- 1 Перед стартом программа проверяет набор: предлагает удалить пустые классы, лишние папки в val, и подбирает val там, где он пуст. При первом запуске устанавливается среда обучения (Python 3, пакеты ultralytics, onnx, onnxslim, onnxruntime) — нужен интернет и несколько минут.
- 2 Для модели ЗОНА-ПАРА обучение идёт без erasing, flip, crop и randaugment: эти аугментации конфликтуют с классами аномалий (перевёрнутая зона — это уже другая зона). В консоль пишется соответствующая строка.
- 3 Кнопка становится красной **STOP AI MODEL**, кольцо справа показывает процент по эпохам. Ход обучения виден в Console. Для двух зон и 100 эпох на видеокарте это около 10–15 минут.
- 4 По окончании программа экспортирует best.onnx в корень папки модели и сразу назначает его на инспекцию. Кнопка **Экспорт ONNX** повторяет экспорт без переобучения.

**Совет.** Дообучение после добавления брака или новых плат делается той же кнопкой: набор дополняется, TRAIN AI MODEL, best.onnx перезаписывается. Сетку при этом не трогайте.

## 5. Инспекция

Вся работа идёт на вкладке **Inspect**. Модель после обучения уже назначена; остаётся проверить зоны, выставить порог, выбрать источник темпа и, если плата приходит в любом положении, включить живой конвейер.



Вкладка **Inspect** в работе: модель `model_4\best.onnx`, строка «Классы инспекции: ПЛАТА — зон 2, классов аномалий 2. Зона N решается внутри пары `zone_N / zone_N_anomaly`, порог 50 %», живой конвейер с периодом 2000 мс и индикатором «норма · точек 112», внизу источник темпа и галочки «GPU», «Анализ серого». На кадре обе зоны зелёные — «normal».

### 5.1. Назначить модель и проверить зоны

- 1 Если модель не назначена, нажмите **ВЫБРАТЬ .ONNX МОДЕЛЬ ДЛЯ ИНСПЕКЦИИ** и укажите `best.onnx` в папке модели. Строка «Классы инспекции» покажет все классы; имена берутся из самого файла ONNX, поэтому номера выходов гарантированно совпадают с именами.
- 2 Нажмите **ЗОНА-ПАРА: зоны ↔ модель (проверить, порог)**. Окно показывает: «Зон в сетке: 2 / Классов `zone_NNN` в модели: 2, классов аномалий: 2 / Каждая зона сетки имеет свой класс ✓». Предупреждения «Зоны без класса в модели» или «Классы без зоны в сетке» означают, что сетка менялась после обучения.
- 3 **НЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ИИ** временно выключает анализ на этой камере, не стирая настроек (флаг свой у каждой камеры); **УБРАТЬ МОДЕЛЬ** снимает модель и слоты совсем.

### 5.2. Порог узнавания зоны

Для каждой зоны сеть отдаёт вероятности всех классов, но решение принимается только внутри пары. Доля нормы  $q = p(\text{zone\_N}) / (p(\text{zone\_N}) + p(\text{zone\_N\_anomaly}))$  умножается на «узнавание» — насколько пара вообще заняла выход сети (полное узнавание при 10 % и выше). Итоговая оценка 0...100 % сравнивается с порогом: выше — `normal`, ниже — `anomaly`.

Порог по умолчанию 50 %, хранится в `board.json` рядом с моделью и применяется сразу, без перезапуска. Ниже 50 % порог уходит в сторону нормы всё сильнее: 25 % → отсечка 6 %, 10 % → 0,4 %, 1 % → почти всё зелёное; 99 % пропускает только уверенные зоны. Такая шкала нужна, чтобы оператор видел разницу между 5 % и 99 %, а не сплошные красные зоны.

**Совет.** Подберите порог на десятке заведомо исправных плат: поднимайте, пока все зоны остаются зелёными, затем проверьте на платах с известным браком. Раз в 10 секунд программа пишет в консоль строку «[ЗОНА-ПАРА] ... normal N, anomaly M, порог 0.50; худшие q: z17:0.31 ...» — по ней видно, какие зоны ближе всего к границе.

### 5.3. Живой конвейер: плата в любом положении

Галочка **Живой конвейер: плата в любом положении** включает поиск платы по области привязки перед каждым анализом: кадр совмещается с оригиналом, зоны режутся из совмещённого изображения, а на видео рисуются границы области привязки и зоны (зелёные — норма, красные — аномалия). Поле **период, мс** задаёт, как часто искать плату (по умолчанию 1000, на снимке 2000). Индикатор рядом: зелёный «норма · точек N», красный «АНОМАЛИЯ · точек N», оранжевый «плата не найдена» или «нет оригинала — зафиксируйте». Вердикт принимается по одному анализу, без накопления.

Оригинал и область привязки фиксируются той же кнопкой **Зафиксировать оригинал**, что и при съёмке (раздел 4.4); **Оригинал с зонами** открывает его для просмотра. На видео рисуются границы области привязки и голубые опорные точки, по которым сошлась плата. Зоны, вылезавшие за края кадра после выравнивания, пропускаются с меткой SKIP.

### 5.4. По какому сигналу анализировать

Источник темпа всегда один: включая новый, программа снимает предыдущий.

| Способ        | Как включить                                                               | Когда применять                                                                                               |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| По камере     | галочка «По камере»                                                        | непрерывный контроль; темп ограничен ползунком «Анализ в секунду» на вкладке Camera                           |
| По таймеру    | галочка «По таймеру» и интервал, мс                                        | ровный редкий контроль, например раз в секунду                                                                |
| По триггеру   | выбрать связь в списке «Trigger» и фронт «анализ по + на входе» или «по –» | конвейер с датчиком на входе камеры: кадр снимается в момент прихода изделия — самый точный способ (раздел 6) |
| GPU           | галочка «GPU»                                                              | включена по умолчанию; переключение перезагружает модель                                                      |
| Анализ серого | галочка «Анализ серого»                                                    | включается сама для моделей, обученных в сером; вырезки переводятся в серый перед инференсом                  |

### 5.5. Жёлтые зоны: выключить зону кликом

На линии часть зон бывает нужно временно вывести из контроля: элемент не установлен на этой партии, зона закрыта приспособлением, идёт отладка. Для этого не нужно править сетку или модель, зоны выключаются прямо на видео, только на вкладке **Inspect**.

- Щёлкните левой кнопкой по зоне на плитке камеры: зона станет **жёлтой** и выйдет из анализа. Повторный щелчок включает её обратно.
- Группа зон: нажмите левую кнопку и протяните рамку по плате. Все зоны, попавшие в рамку, выключаются; если все они уже были жёлтыми, рамка включает их обратно. Работает и при увеличении колесом.
- Список жёлтых зон хранится в базе по камере и модели, переживает перезапуск программы и переподрючение камеры. В консоль пишется строка «[Зоны] ... выключено зон: N».

Что делают жёлтые зоны, задаёт общий чекбокс **Жёлтые (отключённые кликом) зоны молчат** в окне OUTPUT на вкладке «Звук» (включён по умолчанию):

|         |                      |
|---------|----------------------|
| Чекбокс | Поведение жёлтых зон |
|---------|----------------------|

|                               |                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Включён (по умолчанию)</b> | Зона не анализируется вовсе: вырезка не подаётся в сеть, метка OFF, ни звука, ни ТСР-посылки, ни выхода камеры. В живом конвейере жёлтая зона не влияет на вердикт «норма / аномалия». |
| <b>Выключен</b>               | Жёлтая рамка остаётся только пометкой: зона анализируется и срабатывает как обычная. Удобно, чтобы отметить зоны для проверки, не отключая контроль.                                   |

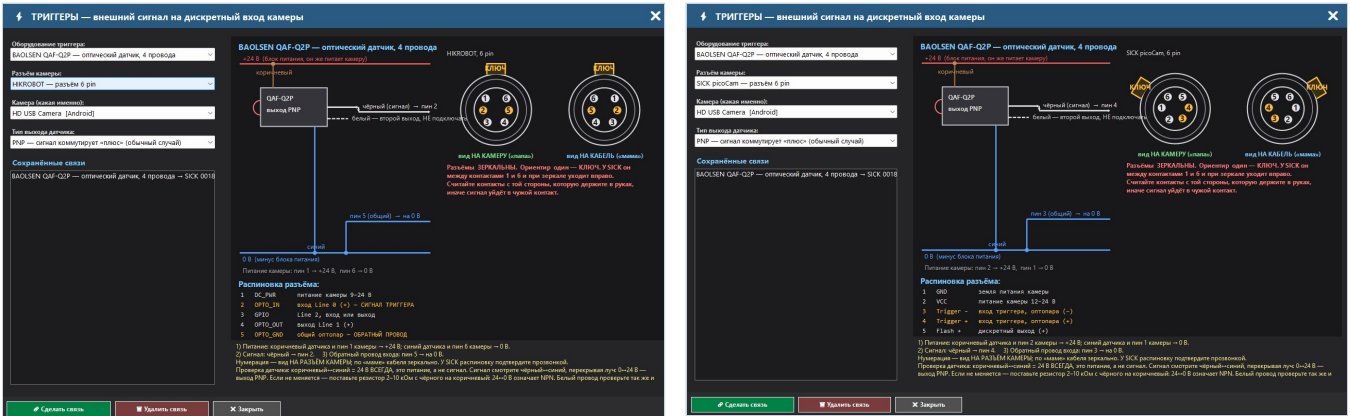
**Совет.** Правила браковщика на жёлтых зонах удалять не нужно: при включённом чекбоксе они просто не получают результатов, а после обратного включения зоны заработают сразу.

## 5.6. Что видно на экране и в консоли

- Над зоной подписан результат; рамка — цветом таблицы зон, при срабатывании по триггеру — красная. Когда зон больше 50, уверенная норма показывается только зелёной рамкой, подписи получают аномалии и неуверенные зоны: сотни подписей на каждом кадре мешали читать картинку и нагружали отрисовку. Жёлтые зоны выключены кликом (раздел 5.5).
- Панель «Анализ по триггеру» внизу вкладки показывает каждую сработку строкой [чч:мм:сс.ммм] Камера вход + ТРИГГЕР 4 мс | ии 12 мс #57 и результат по каждой зоне. В базу эти строки не пишутся.
- Правый клик по зоне на видео: «Класс обнаружения в этой зоне → считать это «...»» переименовывает ответ модели для этой зоны (не исправляет модель, но браковщик и журнал увидят новое имя); там же «Сделать браковщик для этой зоны» и счётчик правил.
- Галочка **Сохранять снимки инспекции** и папка: кадры с нарисованными зонами пишутся файлами inspect\_....jpg, настройка своя у каждой камеры.
- Раз в 10 минут в подпапку diag модели пишется кадр живого конвейера и текстовый список зон, хранятся последние 20 снимков — для разбора спорных случаев без роста папки.

## 6. Триггеры: внешний датчик на вход камеры

Основной режим для конвейера: камера снимает кадр по электрическому сигналу датчика на своём дискретном входе. Это самый точный момент съёмки: изделие всегда в одном месте кадра, а анализ идёт ровно один раз на изделие. Окно **ТРИГГЕРЫ** собирает связь «датчик → камера» и рисует схему подключения под выбранный разъём.



Окно ТРИГГЕРЫ для HIKROBOT (6 pin): датчик PNP, сигнал на пин 2, общий пин 5, распиновка.

То же для SICK picoCam (6 pin): сигнал на пин 4 (Trigger +), общий пин 3 (Trigger -).

- 1
- Нажмите **ТРИГГЕРЫ** над видео. Выберите **Оборудование триггера** (в списке оптический датчик BAOLSEN QAF-Q2P, 4 провода; любой датчик с выходом PNP или NPN подключается так же), **Разъём камеры** (HIKROBOT 6 pin или SICK picoCam 6 pin), **Камера (какая именно)** и **Тип выхода датчика**: PNP — сигнал коммутирует «плюс» (обычный случай), NPN — коммутирует «минус», нужен резистор 1–4,7 кОм на +24 В.
- 2
- Соберите схему по рисунку: питание датчика и камеры от одного блока 24 В, сигнальный провод датчика на вход камеры, обратный провод входа на 0 В. Белый провод датчика — второй выход, его не подключают.
- 3
- Нажмите **Сделать связь**. Связь сохраняется в базе; одинаковые связи не дублируются. Кнопка **Удалить связь** убирает выбранную.
- 4
- На вкладке **Inspect** выберите связь в списке **Trigger** и фронт: «анализ по + на входе» (кадр по появлению 24 В) или «анализ по – на входе». Программа переводит камеру в режим триггера: у HIKROBOT TriggerMode = On, TriggerSource = Line0, у SICK останавливает захват, ставит режим и запускает заново. Кружок рядом показывает уровень на входе.

### Распиновка разъёмов

| Пин | HIKROBOT MV-CS, 6 pin                             | SICK picoCam, 6 pin                            |
|-----|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1   | DC_PWR — питание камеры 9–24 В                    | GND — земля питания камеры                     |
| 2   | <b>OPTO_IN — вход Line 0 (+), сигнал триггера</b> | VCC — питание камеры 12–24 В                   |
| 3   | GPIO — Line 2, вход или выход                     | <b>Trigger – — вход триггера, оптопара (–)</b> |
| 4   | OPTO_OUT — выход Line 1 (+)                       | <b>Trigger + — вход триггера, оптопара (+)</b> |
| 5   | <b>OPTO_GND — общий оптопар, обратный провод</b>  | Flash + — дискретный выход (+)                 |
| 6   | GND — земля питания камеры                        | Flash – — дискретный выход (–)                 |

**Важно.** Разъёмы «папа» на камере и «мама» на кабеле зеркальны. Единственный ориентир — ключ (крупный вырез обоймы); у SICK он между контактами 1 и 6 и при зеркале уходит вправо. Считайте контакты с той стороны, которую держите в руках. Ошибка в контакте означает сожжённый вход: рядом лежат питание и выход. Распиновку SICK подтверждайте прозвонкой.

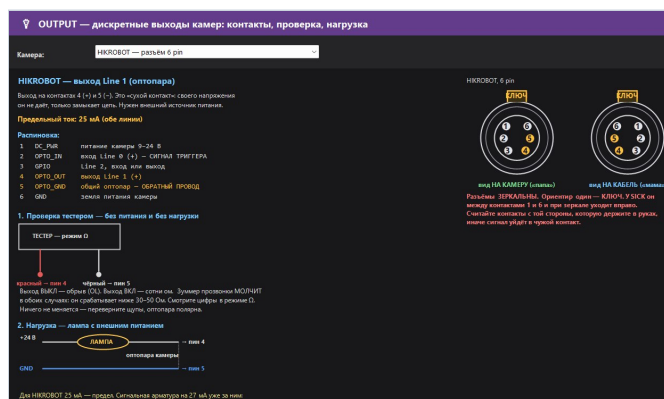
**Совет.** Снимайте по фронту «+», а не по спаду: на реальном стенде разброс момента кадра по фронту составил 4,2 мс, по спаду — 40,7 мс. Проверка датчика: коричневый↔синий всегда 24 В, это питание; сигнал смотрите между чёрным и синим, перекрывая луч. Если он не меняется — поставьте резистор 2–10 кОм с чёрного на коричневый; 24↔0 В при этом означает NPN.

## 7. Выходы: браковщик, дискретные выходы камер и ТСП

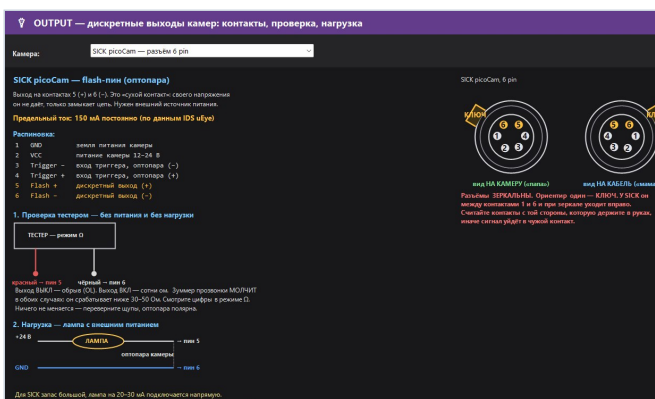
Браковщик превращает результат инспекции в действие. Правило создаётся на конкретной зоне (или сразу на всех зонах модели, класса или отмеченных зонах) и срабатывает, когда модель увидела в этой зоне указанный класс. Действий три: ТСП-посылка роботу или ПЛК, переключение дискретного выхода камеры и звуковое оповещение оператора. Каждое срабатывание пишется в журнал.

### 7.1. Справочник ВЫХОДЫ: контакты и проверка тестером

Кнопка **ВЫХОДЫ** над видео открывает справочное окно, которое ничего не настраивает: оно показывает, на каких контактах выход, как его проверить тестером без питания и как подключить нагрузку.



НИКРОБОТ — выход Line 1 (оптопара) на пинах 4 (+) и 5 (–), предельный ток 25 мА.

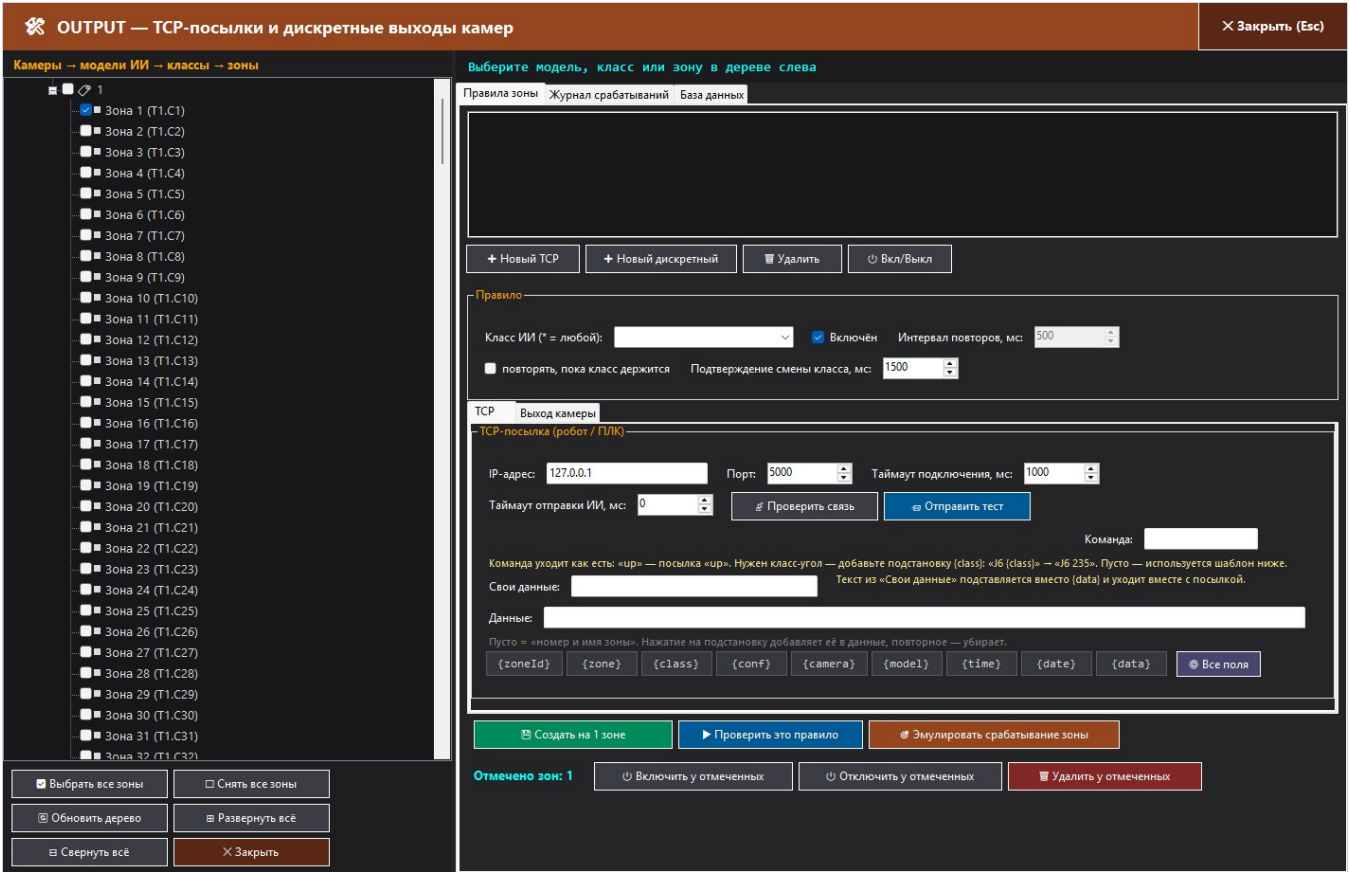


SICK picoCam — flash-пин (оптопара) на пинах 5 (+) и 6 (–), 150 мА постоянно.

- Выход — «сухой контакт» оптопары: своего напряжения он не даёт, только замыкает цепь. Нужен внешний источник питания.
- Проверка тестером в режиме Ω: выход ВЫКЛ — обрыв (OL), ВКЛ — сотни Ом. Зуммер прозвонки молчит в обоих случаях, смотрите цифры. Если ничего не меняется — переверните щупы, оптопара полярна.
- Нагрузка: +24 В → лампа → пин «+», пин «–» → GND. Для НИКРОБОТ 25 мА — предел: сигнальная арматура на 27 мА уже за ним, снизьте питание или поставьте промежуточное реле. Для SICK запас большой, лампа на 20–30 мА подключается напрямую. Рычажок со встроенным реле (24 В / 300 мА) диспетчер не требует.

### 7.2. Окно OUTPUT: правило на зону

Кнопка **OUTPUT** на правой панели (или правый клик по зоне → «Сделать браковщик для этой зоны») открывает окно «OUTPUT — ТСП-посылки и дискретные выходы камер». Слева дерево Камеры → модели ИИ → классы → зоны с галочками на зонах; справа вкладки **Правила зоны**, **Журнал срабатываний**, **База данных**.



Окно OUTPUT: дерево зон слева, список правил зоны, группа «Правило» и вкладка TCP с подстановками.

- 1 Выберите зону в дереве (заголовок справа покажет путь HD USB Camera → model\_5 → 1 → Зона 1 (T1.C1)). Нажмите **+ Новый TCP**, **+ Новый дискретный** или **+ Новый звук**.
- 2 В группе **Правило** выберите **Класс ИИ**, при котором срабатывать (для ЗОНА-ПАРА это anomaly или normal; \* — любой класс), галочку **Включён**, при необходимости **повторять, пока класс держится** с интервалом повторов и **Подтверждение смены класса, мс** (1500 по умолчанию: новый класс должен продержаться столько подряд, чтобы смена была признана).
- 3 Заполните вкладку TCP (раздел 7.3), **Выход камеры** (раздел 7.4) или **Звук** (раздел 7.5).
- 4 Проверьте цепочку без ожидания брака: **Проверить это правило** (шлёт посылку или даёт импульс на выход), **Эмулировать срабатывание зоны** (прогоняет все правила зоны через боевую очередь с антидребезгом и журналом).
- 5 Нажмите **Создать на 1 зоне**. Если отмечены галочками несколько зон, кнопка меняется на **Создать на N зонах**; на узле модели — «Сохранить на всю модель», на узле класса — «Сохранить на класс». Внизу: **Включить / Отключить / Удалить у отмеченных**.

Одна зона может нести несколько TCP-правил (разные приёмники), не более одного правила дискретного выхода на класс и не более одного звука на класс. Правило хранится в базе и работает из потока инференса: правила держатся в памяти, один поиск по адресу зоны на кадр, а сокет и SDK камеры трогает отдельный поток-диспетчер, чтобы анализ не ждал сети.

### 7.3. TCP-посылка роботу или ПЛК

Программа работает как TCP-клиент: подключается к **IP-адрес** и **Порт** приёмника, держит соединение открытым и переиспользует его. При обрыве делает одну попытку переподключения и повтора. Строка уходит в UTF-8 с CR+LF в конце.

| Поле                    | Назначение                      |
|-------------------------|---------------------------------|
| Таймаут подключения, мс | 1000 по умолчанию, 100...10000. |

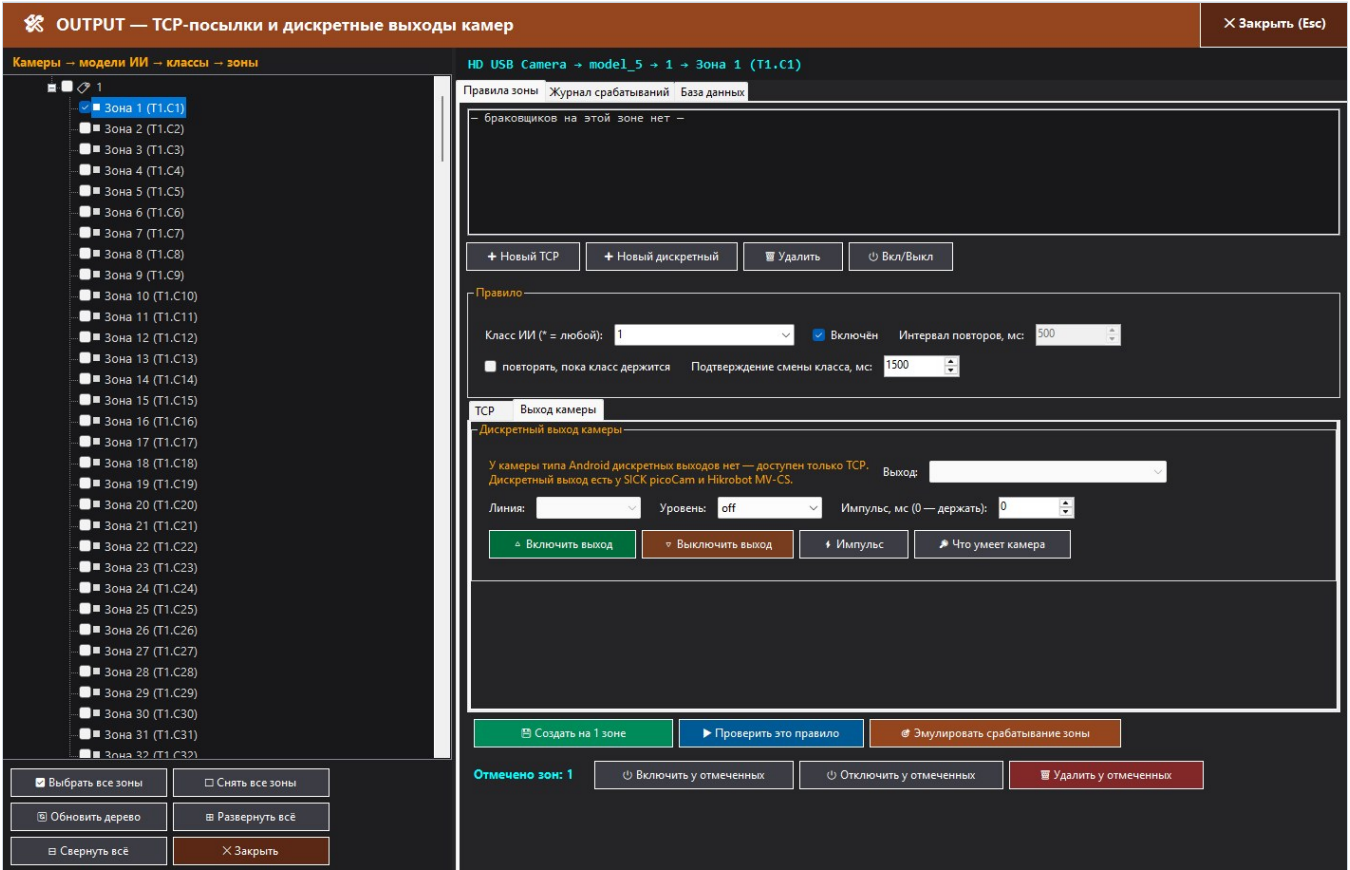
|                                |                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Таймаут отправки ИИ, мс</b> | Минимальная пауза между автоматическими посылками правила; 0 — без паузы. Даже смена класса ждёт эту паузу.                                                         |
| <b>Команда</b>                 | Слово уходит как есть: «up» — посылка «up». Нужен класс-угол — добавьте подстановку: «J6 {class}» → «J6 235». Пусто — используется шаблон «Данные».                 |
| <b>Свои данные</b>             | Произвольный текст, подставляется вместо {data}.                                                                                                                    |
| <b>Данные</b>                  | Шаблон посылки. Пусто = «номер и имя зоны» ({zoneId} {zone}). Нажатие на подстановку добавляет её, повторное — убирает; «Все поля» ставит структурированный шаблон. |

| Подстановка | Значение                               | Подстановка | Значение          |
|-------------|----------------------------------------|-------------|-------------------|
| {zoneId}    | номер зоны (1, 2, 3...)                | {camera}    | имя камеры        |
| {zone}      | имя зоны (редактируется в базе)        | {model}     | имя модели ИИ     |
| {class}     | класс, который увидела модель          | {time}      | время ЧЧ:ММ:СС.мс |
| {conf}      | уверенность, % (точка как разделитель) | {date}      | дата ГГГГ-ММ-ДД   |
| {data}      | текст из «Свои данные»                 |             |                   |

Пример структурированного шаблона: zoneId={zoneId};zone={zone};class={class};conf={conf};camera={camera};model={model};time={time};date={date};data={data}. Числа всегда в инвариантном формате, чтобы «87,6» не ломал разбор на ПЛК.

- **Проверить связь** только открывает сокет и сообщает «соединение установлено» или «нет ответа за N мс».
- **Отправить тест** реально шлёт строку; результат показывается рядом с кнопкой, а не окном.
- **Квитирование.** Без галочки «повторять» правило шлёт одну посылку при смене класса и повторяет её, пока приёмник не ответит строкой ok <посылка>. С галочкой — повтор по интервалу, пока класс держится.
- «Последняя команда побеждает»: если модель успела дать несколько результатов, пока диспетчер занят, уйдёт последний. Очередь ограничена 512 заданиями.

7.4. Дискретный выход камеры



Вкладка «Выход камеры»: способ вывода, линия, уровень, импульс, кнопки ручной проверки. У USB-камер дискретных выходов нет — доступен только TCP.

| Поле                      | Назначение                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Выход                     | Способ: авто, у SICK — Flash-пин (постоянный уровень) или GPIO; у HIKROBOT — UserOutputValue или LineInverter (строб выключен). Модели MV-CS020/016-10GC узла UserOutput не имеют — программа сама выберет LineInverter. |
| Линия                     | Flash-пин / GPIO1...6 у SICK; Line1 (выход), Line2 (двунаправленная) у HIKROBOT; Line0 — только вход.                                                                                                                    |
| Уровень                   | true / false / off. «off» — правило есть, но выход не трогается.                                                                                                                                                         |
| Импульс, мс (0 — держать) | 0 — уровень держится до смены класса; иначе импульс 10...5000 мс с возвратом.                                                                                                                                            |

Кнопки **Включить выход**, **Выключить выход**, **Импульс** проверяют пин тестером или лампой; **Что умеет камера** опрашивает все способы и печатает отчёт. Ручные тесты пишутся в тот же журнал.

**Несколько зон на одном выходе.** Если на один пин повешены правила нескольких зон, выход считает логическое «И»: HIGH только когда все зоны просят HIGH, хотя бы одна LOW — выход LOW. В журнале это расшифровывается строкой «зон на выходе N, требуют LOW k → HIGH/LOW». Так один выход «изделие годное» собирается из сотен зон платы.

**Важно.** У SICK flash-пин один и тот же для дискретного выхода и для подсветки: если к нему подключена импульсная лампа, используйте GPIO. Антидребезг правила — 500 мс по умолчанию (минимум 200), бессобытийные повторы в журнал не пишутся.

## 7.5. Звуковое оповещение: свой звук на каждую зону

Третий тип правила — звук на компьютере с программой. Оператору не нужно смотреть на экран: по сигналу он слышит, что зона ушла в брак, а разные звуки на разных зонах подсказывают, где именно. Звук доступен для любых камер, включая USB и RTSP, у которых нет дискретных выходов.

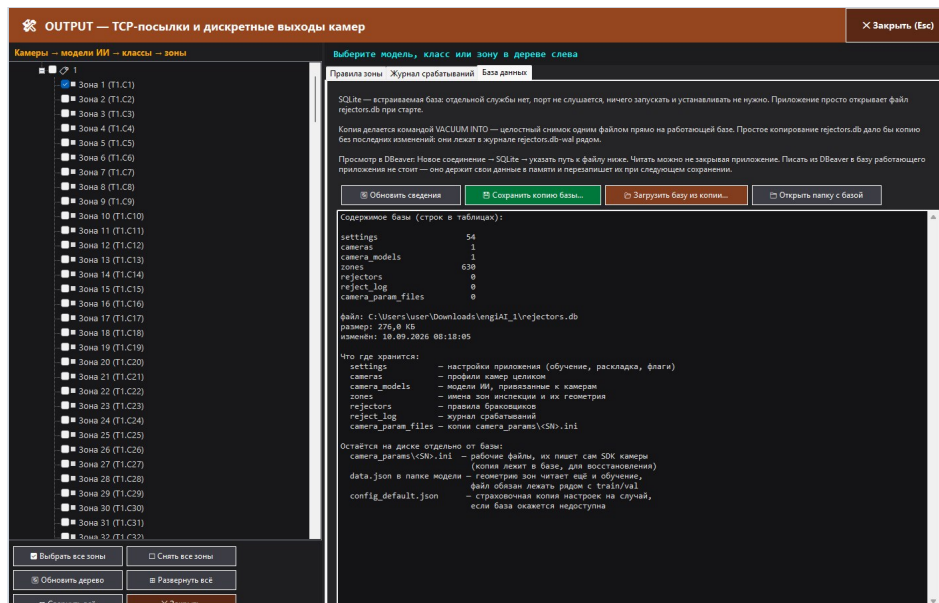
- 1 Выберите зону в дереве и нажмите **+ Новый звук**. В группе «Правило» укажите класс (например, anomaly) и оставьте галочку **Включён**.
- 2 На вкладке **Звук** выберите сигнал из списка. Встроенных десять: короткий, двойной, тройной сигнал, низкий и высокий тон, восходящий и нисходящий, тревога-сирена, длинный гудок, колокольчик. Кнопка **Прослушать** проигрывает выбранный.
- 3 Свой звук: нажмите **Загрузить свой файл...** и укажите WAV, MP3 или WMA. Файл копируется в папку sounds\custom рядом с программой (флешку можно вынимать) и появляется в списке с пометкой «свой». Кнопка **Папка звуков** открывает эту папку: файлы можно класть туда и напрямую.
- 4 Задайте **Пауза между звуками, мс** от 1000 до 10000. В течение этого времени после сигнала звук не повторяется, даже если класс зоны сменился снова: при 10000 мс оператор услышит не чаще одного сигнала в 10 секунд.
- 5 Нажмите **Создать на 1 зоне** или отметьте зоны галочками и создайте правило сразу на всех. На каждую зону — свой звук: повторите с другим сигналом для другой зоны.
- 6 Чекбокс **Жёлтые (отключённые кликом) зоны молчат** под полем паузы включён по умолчанию: зоны, выключенные кликом на вкладке Inspect (раздел 5.5), не звучат и не дают TCP и выхода камеры по всей модели.

| Поведение                                   | Как это работает                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Без галочки «повторять»                     | Звук один раз при подтверждённой смене класса зоны (после «Подтверждение смены класса»). Пока класс держится, тишина.                                                             |
| С галочкой «повторять, пока класс держится» | Сигнал повторяется через «Интервал повторов», но не чаще паузы между звуками, пока зона остаётся в указанном классе.                                                              |
| Несколько зон в браке одновременно          | Каждая зона играет свой звук; сигналы разных зон не гасят друг друга, гасится только повтор одной и той же зоны.                                                                  |
| Журнал                                      | Каждое проигрывание пишется в «Журнал срабатываний» строкой «Звук «...»»; если файл не найден или звуковое устройство отказало — строка с ошибкой, программа продолжает работать. |
| Проверка                                    | <b>Проверить это правило</b> проигрывает звук сразу; <b>Эмулировать срабатывание зоны</b> прогоняет звук вместе с TCP и выходами через боевую очередь.                            |

**Совет.** Ставьте на самые важные зоны (разъёмы, силовые элементы) сирену или тройной сигнал, на остальные — короткие; тогда по одному звуку понятно, бежать ли к линии немедленно. Правило звука на весь класс модели создаётся выбором узла модели или класса в дереве: один сигнал на любой брак.

## 7.6. Журнал срабатываний и база данных

Вкладка **Журнал срабатываний** показывает последние 300 записей строками ЧЧ:ММ:СС.ммм ✓/✗ Камера • Модель • Класс • Зона → Действие [сообщение] и обновляется живьём. Кнопки **Обновить** и **Очистить журнал**.



Вкладка «База данных»: что где хранится, копия и восстановление базы одним файлом.

Вкладка **База данных**: программа хранит всё в файле SQLite rejectors.db рядом с exe — отдельной службы нет, порт не слушается, ничего устанавливать не нужно. Таблицы: settings (настройки), cameras (профили камер), camera\_models (модели на камерах), zones (имена и геометрия зон), rejectors (правила), reject\_log (журнал), camera\_param\_files (копии параметров камер), camera\_presets (наборы настроек камер). **Сохранить копию базы...** делает целостный снимок командой VACUUM INTO прямо на работающей базе; **Загрузить базу из копии...** восстанавливает, предварительно сохранив текущую. Базу можно смотреть в DBeaver, не закрывая программу; писать в неё извне не стоит.

## 8. Другие режимы и задачи

### Обычные модели: normal / anomaly и любые классы

Тот же редактор ROI работает и для обычной классификации: таблетки, крышки, этикетки, детали в ложементе. Классы задаются в диалоге «Новая ИИ модель» (по умолчанию normal и anomaly, имена латиницей), зоны ставятся на изделия, кнопка **Сделать снимок** с числом кругов 1...50, серия **Создать снимки** по камере (кадр/с) или по энкодеру. Панель **Синтетика для ИИ**: точные повороты 90°/180°, полный оборот 360° с шагом и диапазоном, зеркало, «классы по градусам» (каждый угол в свой класс — браковщик отправит угол по TCP), диапазоны яркости и контраста. Обучение — с полными аугментациями Ultralytics. Порог уверенности для таких моделей задаётся там же, где и для ЗОНА-ПАРА — на вкладке Inspect.

### Много-модельная инспекция (слоты 1–20)

На одной камере можно держать до 20 моделей: **Добавить ONNX в слот**, затем **ROI → Добавить класс в выбранную модель** — у каждой модели в слоте своя разметка зон, результаты всех моделей показываются на одном кадре.

**Для ЗОНА-ПАРА слоты обычно не нужны.** Одна модель уже покрывает всю плату: у каждой зоны своя пара классов, поэтому «слияние похожих классов», ради которого раньше заводили несколько моделей, здесь не возникает. Типовой стенд — одна модель ЗОНА-ПАРА на плату, слоты пустые.

Когда много-модельность всё же применяется:

| Ситуация                        | Как настроить                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Разные задачи на одном кадре    | ЗОНА-ПАРА проверяет раскладку и наличие элементов, а обычная модель во втором слоте — маркировку, наклейку, цвет разъёма или направление ключа. Зоны второй модели ставятся отдельно через «ROI → Добавить класс в выбранную модель». |
| Изделие без фиксированной сетки | Таблетки, крышки, детали в ложементе: несколько классов вида изделия в обычных моделях. Похожие классы разводятся по разным слотам, чтобы не сливались.                                                                               |
| Две разные платы в одном кадре  | Две модели ЗОНА-ПАРА в разных слотах, у каждой свой оригинал и своя сетка. Живой конвейер работает с оригиналом основной модели.                                                                                                      |
| Переходный период               | Старая обученная модель остаётся в слоте, пока новая ЗОНА-ПАРА набирает статистику; обе видны на одном кадре, правила браковщика переносятся по мере доверия.                                                                         |

Порог, темп анализа, жёлтые зоны и правила браковщика действуют на все модели камеры. Кнопка **УБРАТЬ МОДЕЛЬ** очищает и слоты, поэтому спрашивает подтверждение; **Удалить выбранную** убирает одну модель из слота, её файлы и зоны в базе остаются.

### Общие модели

Кнопка **ОБЩИЕ МОДЕЛИ** сохраняет набор «камера → модель» под именем: **Создать из текущих моделей**, **Применить ко всем камерам**, **Обновить из текущих**, **Переименовать**, **Удалить набор**. Переход стенда из восьми камер на другое изделие — один выбор. Удаление набора убирает только группировку: папки, ONNX, зоны и правила остаются. Зоны принадлежат паре «камера + модель»: одна модель на восьми камерах — восемь независимых разметок.

### Энкодер и браковщик по конвейеру

Для линий с энкодером на COM-порту (115200, ESP32): подключение **CONNECT ENCODER**, автоподключение, позиция, шаг снимка и коррекция, **Установить ноль + СНИМОК**. Съёмка для обучения и анализ могут идти «По энкодеру» — кадры равномерны по пути изделия. Старый браковщик по времени с задержкой и антиспамом отправляет команду REJECT на контроллер энкодера.

## Запись видео и снимки

Вкладка Settings: [НАЧАТЬ ЗАПИСЬ ВИДЕО](#) с активной камеры в файл `record_дата_время.avi` (MJPG, реальный FPS камеры). Снимки для обучения — `real_....jpg`, снимки инспекции — `inspect_....jpg` с нарисованными зонами.

## 9. Настройки, консоль, требования и лицензия

### Settings

- **СОХРАНИТЬ В ФАЙЛ / ЗАГРУЗИТЬ ИЗ ФАЙЛА** — все настройки (камеры, модели, правила) в JSON, удобно перед переустановкой или для переноса на второй компьютер. Источник истины — база, JSON — страховка на случай её недоступности. Каждое изменение настроек сохраняется автоматически.
- **СБРОСИТЬ НА НАЧАЛЬНЫЕ** — необратимо: удаляет конфиг и раскладку окон.
- Язык интерфейса — 14 языков; главное окно переключается сразу, остальные окна — при следующем открытии.
- Положение, размер и монитор всех окон, позиции разделителей — в базе; при отключённом мониторе окно возвращается в видимую область.

### Console

Галочки «Камеры» и «Триггер» по умолчанию сняты и включают показ соответствующих сообщений (в режиме триггера сообщения камеры идут в «Триггер»); в файлы `logs\engiai-*.log` пишется всё и до фильтров. Консоль рассчитана на недели работы без внимания: на экране держится 800 строк, при 1000 старые 200 удаляются; новые строки собираются пачкой 4 раза в секунду, а не по одной; автопрокрутка вниз включена, пока вы сами не прокрутили вверх; звука у консоли нет. Смены класса зон пишутся не чаще 10 строк в секунду (остальное сворачивается в счётчик), файл журнала делится по 20 МБ, файлы старше 14 дней удаляются при запуске, журнал срабатываний в базе хранит последние 20 000 записей. Необработанные ошибки — в `crash.log`, причины принудительного завершения — в `runtime.log` рядом с `exe`. Если что-то работает не так — смотрите сюда в первую очередь.

### Требования

| Компонент                | Требование                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Операционная система     | Windows 10/11 x64.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Видеокарта для инспекции | NVIDIA с драйвером CUDA; библиотеки CUDA 13 и cuDNN 9 поставляются с программой. Без видеокарты инспекция идёт на процессоре автоматически.                                                                                                                                                                                                       |
| Обучение                 | Python 3 (с галочкой «Add python.exe to PATH» при установке) и пакеты <code>ultralytics</code> , <code>onnx</code> , <code>onnxslim</code> , <code>onnxruntime</code> — программа устанавливает их сама при первом обучении, нужен интернет. GPU для обучения определяется по PyTorch; без CUDA обучение идёт на CPU медленнее, результат тот же. |
| Камеры SICK              | Драйвер IDS uEye; камера должна быть видна в IDS Camera Manager.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Камеры NIKROBOT          | MVS SDK (библиотека поставляется с программой); для GigE — сетевая карта с поддержкой jumbo-кадров.                                                                                                                                                                                                                                               |

### Лицензия и пробный режим

При запуске программа обращается к серверу лицензий `engi.live`; отправляются только хэши идентификаторов оборудования и версии, без серийников и имён пользователей. Если сервера нет, а разрешение закешировано — программа работает по кэшу (для линий без интернета). Без лицензии действует пробный режим 20 минут: в заголовке окна и в строке ИИ идёт отсчёт «ТЕСТ ММ:СС», кнопка **КУПИТЬ** на вкладке Settings открывает страницу покупки. При действующей лицензии отсчёта нет.

## 10. Короткий чек-лист и поиск неисправностей

### Чек-лист с нуля для платы

- 1 КАМЕРЫ → «+ Добавить камеры» → отметить свои камеры → Добавить.
- 2 Вкладка Camera: разрешение → «Авто-настройка для ИИ (по кадру)» (или «Зафиксировать параметры» у USB) → «Сохранить параметры» → «Сохранить как...» набор настроек. По желанию — «Обучать в оттенках серого».
- 3 AI Model → «Создать новую ИИ модель» → имя.
- 4 «ROI → добавить в класс (модель обучения)» → рамка вокруг каждой детали → размер зоны (например, 256) → Enter. Для сотен одинаковых деталей — рамка по всей плате и сетка.
- 5 Галочка «Зафиксировать зоны к изделию по маркерам» → «Зафиксировать оригинал» → обвести на кадре участок платы с деталями (не зоны инспекции) → «✓ Искать зоны по выделенной области».
- 6 «ЗОНА-ПАРА: снимок по зонам» → «Снять». Повторить на 3–5 исправных платах. Ненужные зоны заранее выключить щелчком на кадре (красные).
- 7 «ЗОНА-ПАРА: аномалии зон» → «Создать»: сдвиг и поворот элемента вместе с основанием уже включены. При необходимости бляшки припоя в «Оригинал с зонами».
- 8 TRAIN AI MODEL (Image Size 128, s, 50 эпох) → дождаться 100 % → best.onnx назначен сам.
- 9 Inspect → «ЗОНА-ПАРА: зоны ↔ модель» → проверить соответствие → порог. «По камере» или выбрать триггер. Для подвижной платы — «Живой конвейер».
- 10 OUTPUT → выбрать зоны → правило на класс anomaly (звук, TCP или выход камеры) → «Эмулировать срабатывание зоны» → «Создать на N зонах».

### Если что-то пошло не так

| Симптом                                       | Что проверить                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Камера не появилась в списке                  | питание и кабель; для SICK — IDS Camera Manager и IP из подсети адаптера; для HIKROBOT после аварийного закрытия подождать до 25 с и «Переподключить»                           |
| Картинка тёмная, серая или неправильные цвета | Camera → «Авто-настройка для ИИ»; для цветной SICK — раскладка Байера и баланс белого; у USB — «Типовые», затем «Зафиксировать параметры»                                       |
| Кадры рвутся, Net красный                     | GigE: размер пакета 1500 или jumbo на сетевой карте, межпакетная задержка; меньше FPS или меньше кадр; отдельная сетевая карта на камеру                                        |
| «Плата не найдена» / снимок пропущен          | оригинал не зафиксирован или снят при другом свете; мало опорных точек — взять область привязки больше и с деталями; в область попал стол или конвейер; увеличить период поиска |
| Зоны съезжают на другой плате                 | плата искалась по самим зонам инспекции: перефиксировать оригинал с областью привязки по деталям платы вокруг (раздел 4.4); модель совмещения «Авто»                            |
| Бракует исправные платы другой партии деталей | маркировка на корпусах другая: добавить снимки нормы с этой партии; синтетическую царапину не делать тоньше 3 px (раздел 4.6); проверить, что дефект — смещение, а не цвет      |
| Зоны с меткой NO_ZONE_CLASS                   | сетка менялась после обучения; вернуть сетку или создать новую модель и переснять                                                                                               |
| Все зоны красные на исправной плате           | другая плата или другое положение без живого конвейера; порог слишком высок; снимки сделаны при другом освещении; смешаны цветные и серые файлы                                 |

|                                            |                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Модель не видит сдвиг элемента</b>      | пересчитать px/мм (раздел 1.3): при малом масштабе сдвиг меньше 5 px; уменьшить поле зрения или взять камеру с большим разрешением; не расширять сдвиг нормы                                         |
| <b>Обучение падает или очень медленное</b> | Device = cru, если нет видеокарты NVIDIA; уменьшить Batch Size; смотреть Console; проверить, что Python в PATH                                                                                       |
| <b>Инспекция не срабатывает</b>            | выбран ли best.onnx; включён ли источник темпа (По камере / таймер / триггер); не нажата ли «НЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ИИ»; галочка «AI включён» у камеры                                                      |
| <b>Правило браковщика молчит</b>           | нажато ли «Создать на N зонах»; галочка «Включён»; класс правила совпадает с ответом модели (anomaly / normal); для выхода — уровень не «off»; у USB-камер выходов нет, только TCP                   |
| <b>Звук не играет</b>                      | правило создано и включено; файл есть в папке sounds (или sounds\custom); не идёт ли пауза между звуками; без «повторять» звук играет только при смене класса; громкость Windows и устройство вывода |
| <b>TCP-посылка уходит один раз</b>         | без «повторять» правило ждёт ответа «ok <посылка>» от приёмника; поставьте галочку «повторять, пока класс держится» или настройте ответ на стороне ПЛК                                               |

engiAI Ethernet System. Все названия кнопок и полей в руководстве приведены так, как они отображаются в программе на русском языке. Снимки экрана сделаны на модели «model\_4» (две зоны 256×256: конденсатор C30 и мост BR1), USB-камера 3264×2448, модель обучена в оттенках серого. Редакция 3, сентябрь 2026: пример на двух зонах, формирование папок модели, область привязки, синтетика «элемент с основанием» с картинками «до / после», палитра и толщина линии, красные зоны, консоль.