

# JT KTS-1004-N

Конвекционная печь оплавления припоя  
с азотной средой для SMT-линий



JT KTS-1004-N — промышленная конвекционная печь оплавления, предназначенная для выполнения процессов бессвинцовой пайки печатных плат и электронных сборок. Модель относится к высокотехнологичной серии КТ и использует нагрев циркулирующим горячим воздухом.

Исполнение предназначено для проведения процесса в азотной атмосфере. Контролируемая инертная среда позволяет выполнять термический цикл оплавления при пониженной концентрации кислорода и применяется в технологических процессах, где требуется работа с азотом на протяжении прохождения изделия через печь.



## Таблица технических характеристик

| Технические характеристики               |                                                 |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Параметр                                 | Значение                                        |
| Модель                                   | KTS-1004-N                                      |
| Тип оборудования                         | Печь оплавления припоя (конвекционная, азотная) |
| Технологический процесс                  | Бессвинцовая пайка оплавлением                  |
| Рабочая атмосфера                        | Азот                                            |
| Цвет                                     | белый                                           |
| Габариты (Д×Ш×В)                         | 6622 × 1495 × 1630 мм                           |
| Масса                                    | ~3400 кг                                        |
| Питание                                  | АС 380 В, 3 фазы, 50/60 Гц                      |
| Общая мощность                           | 85 кВт                                          |
| Пусковая мощность                        | 34 кВт                                          |
| Потребляемая мощность                    | 9,5 кВт·ч                                       |
| Допустимый зазор для компонентов над PCB | 30 мм                                           |
| Допустимый зазор для компонентов под PCB | 25 мм                                           |

### Общее описание

KTS-1004-N представляет собой печь оплавления горячим воздухом для бессвинцовой пайки электронных сборок. Оборудование рассчитано на прохождение печатной платы через технологический маршрут термообработки с проведением процесса в азотной атмосфере.

Модель предназначена для применения в технологических линиях поверхностного монтажа, где после установки компонентов требуется формирование контролируемого температурного профиля и последующее оплавление паяных соединений.

### Область применения

ЛТ KTS-1004-N предназначена для:

- бессвинцовой пайки электронных сборок методом оплавления;
- термообработки PCB и PCBA в процессе поверхностного монтажа;
- выполнения процесса оплавления в азотной атмосфере;
- обработки печатных узлов с установленными компонентами высотой до 30 мм над PCB и до 25 мм под PCB;
- интеграции в технологический маршрут производства электронных сборок.



## Конфигурация и состав системы

Основные особенности исполнения KTS-1004-N:

- конвекционный нагрев горячим воздухом;
- технологический процесс бессвинцовой пайки оплавлением;
- азотная рабочая атмосфера;
- допустимый зазор для компонентов над PCB — до 30 мм;
- допустимый зазор для компонентов под PCB — до 25 мм;
- стандартное питание AC 380 В, 3Ф5W, 50/60 Гц;
- альтернативное питание AC 220 В, 3 фазы, 50/60 Гц — опциональное исполнение.

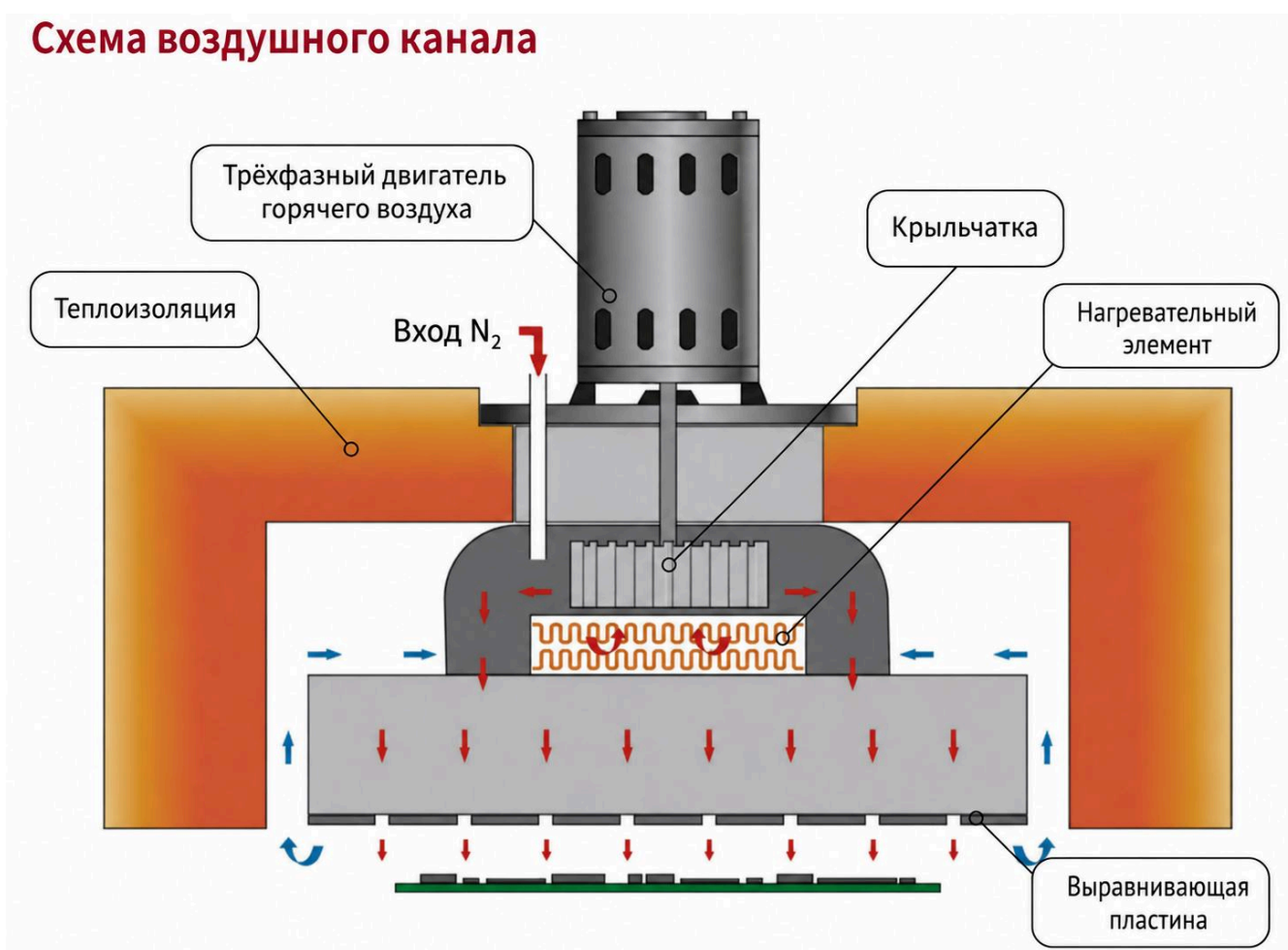
## Принцип работы

Печатная плата поступает в печь и последовательно проходит через термические участки технологического маршрута. Нагрев выполняется за счёт принудительной циркуляции горячего воздуха. Воздушный поток проходит через нагревательную систему, распределяется внутри рабочей зоны и воздействует на электронную сборку, после чего возвращается в контур циркуляции.

Типовой температурный маршрут включает предварительный нагрев, выдержку, участок оплавления и последующее охлаждение. Температурный профиль формируется таким образом, чтобы обеспечить последовательное повышение температуры изделия, проведение основного этапа оплавления и контролируемое снижение температуры перед выходом платы из оборудования.

В азотном исполнении в рабочее пространство подаётся  $N_2$ . Система используется для снижения концентрации кислорода в технологической среде на протяжении процесса пайки. После участка оплавления плата поступает в систему охлаждения и далее передаётся на следующий участок производственной линии.

### Схема воздушного канала



## Азотная система

В оборудовании серии КТ применяется система подачи и контроля азота, предназначенная для поддержания пониженной концентрации кислорода в процессе оплавления.

Контроль концентрации кислорода осуществляется на протяжении технологического процесса. Для температурных зон предусмотрено независимое замкнутое регулирование подачи азота. Рабочая концентрация кислорода может поддерживаться в диапазоне 50–200 ppm.

Для контроля предусмотрена точка отбора пробы, позволяющая измерять концентрацию кислорода в технологической атмосфере.

Применение азота обеспечивает инертную среду вокруг паяных соединений и снижает вторичное окисление поверхностей во время нагрева. Это особенно важно при работе с миниатюрными компонентами и малым шагом выводов, где окисление может оказывать более выраженное влияние на смачиваемость соединений.

Азотная среда также расширяет технологическое окно процесса бессвинцовой пайки. Снижение окисления и изменение условий смачивания позволяют более гибко формировать профиль оплавления и поддерживать стабильность процесса.

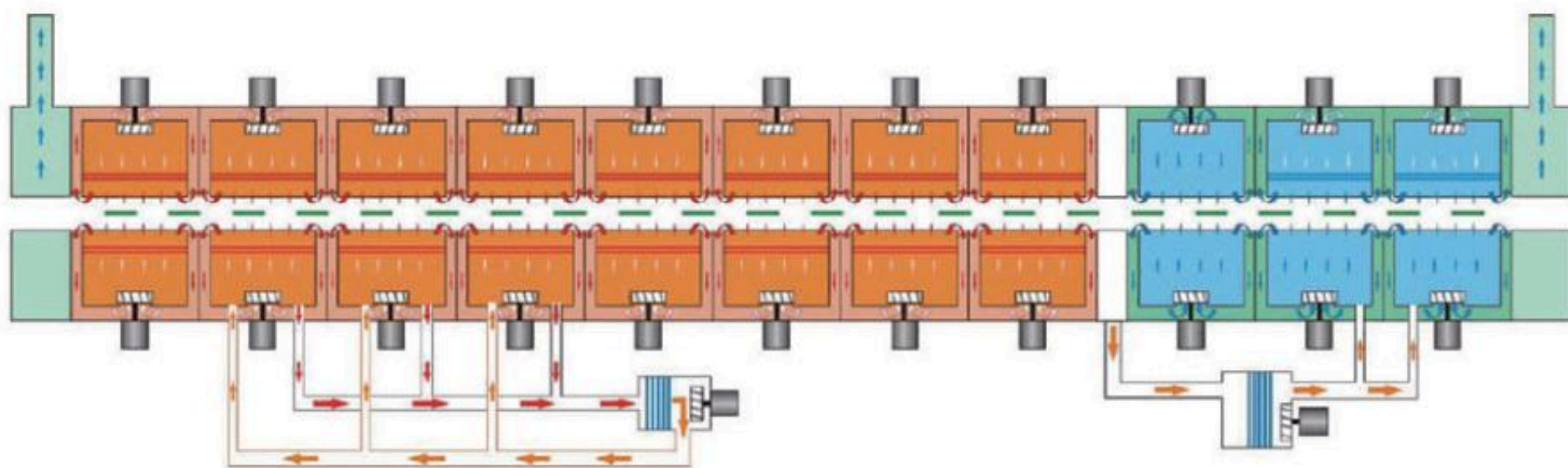


Схема распределения азота и контроля концентрации кислорода

## Система нагрева и формирования температурного профиля

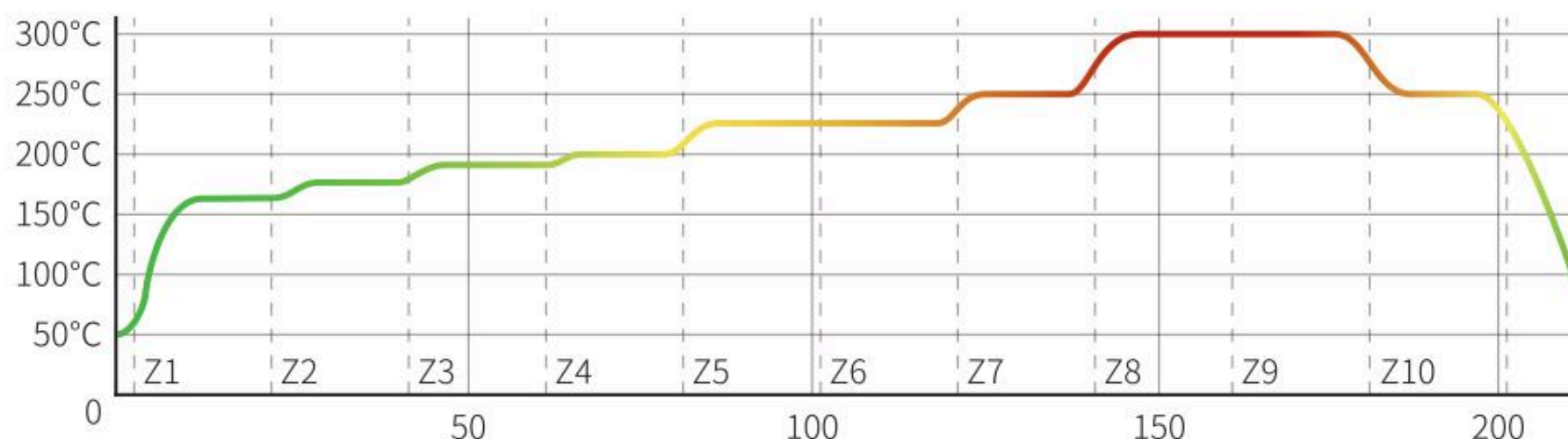
В печах серии КТ используется принудительная конвекция горячего воздуха. Поток создаётся приводом вентилятора и проходит через нагревательные элементы, после чего направляется через систему распределения воздуха к поверхности обрабатываемой платы.

Конструкция воздушного канала включает привод горячего воздуха, рабочее колесо, нагреватель, теплоизоляцию и узлы распределения потока. В азотных исполнениях предусмотрена подача  $N_2$  в циркуляционный контур.

Система рассчитана на сохранение эффективного теплообмена при работе с электронными сборками, на которых установлены компоненты существенно различающихся размеров и теплоёмкости. Высокая эффективность передачи тепла позволяет поддерживать заданный температурный профиль без необходимости чрезмерного увеличения скорости конвекционного потока.

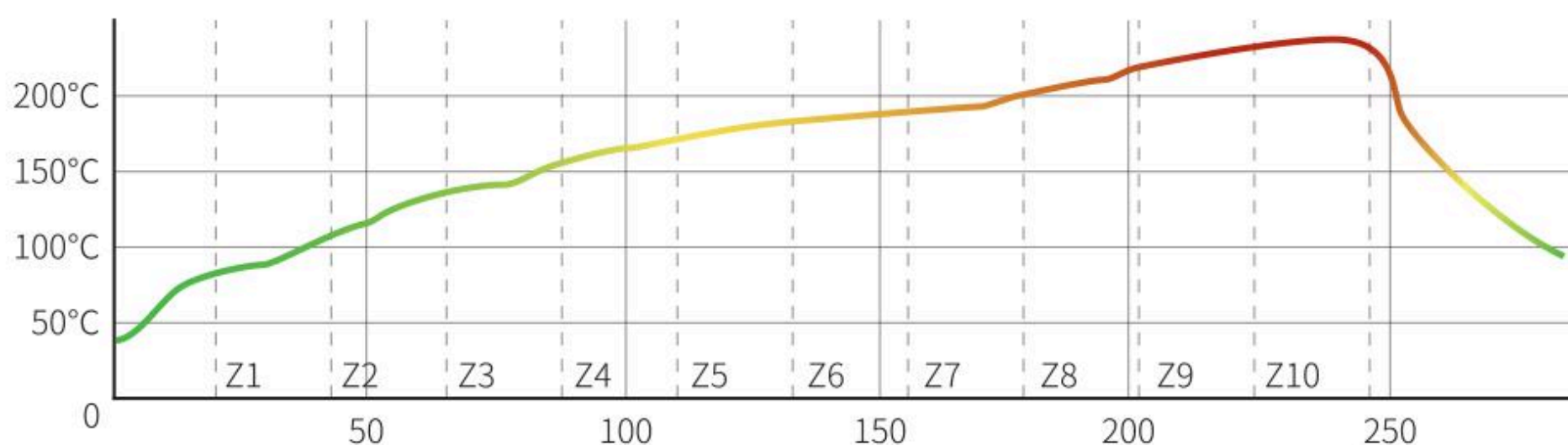


## Равномерность температуры воздушного потока ( $\Delta T = 0,8^{\circ}\text{C}$ )



| Максимальная температура                   |      |        |     |
|--------------------------------------------|------|--------|-----|
| 299.40                                     | -12% | 299.75 | -5% |
| 299.45                                     | -11% | 299.98 | -0% |
| 299.48                                     | -10% | 300.12 | 2%  |
| Разница температур: $0,72^{\circ}\text{C}$ |      |        |     |

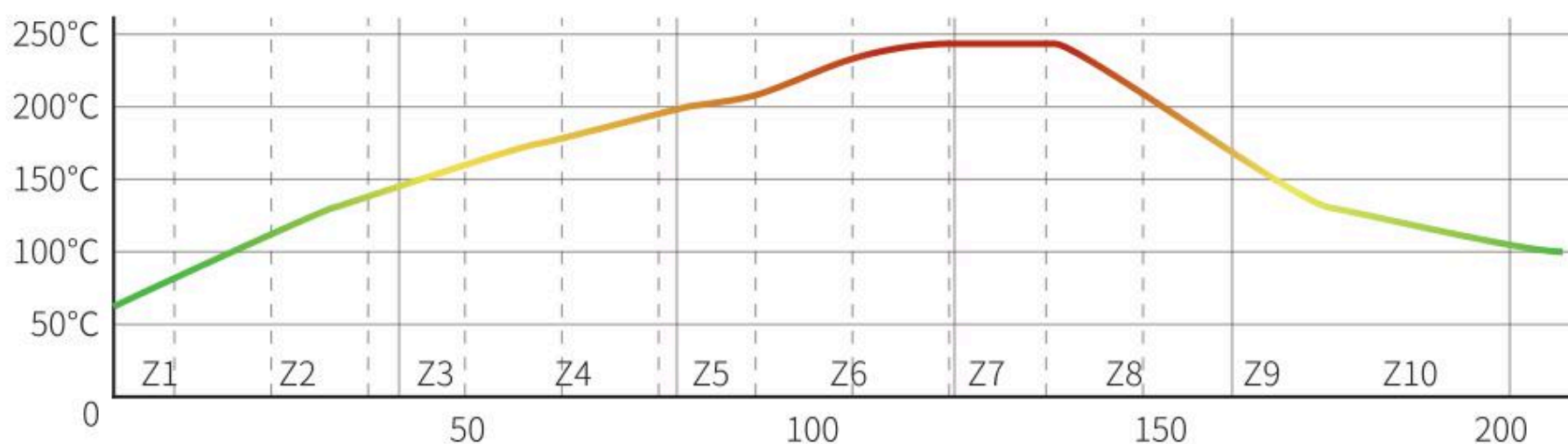
## Равномерность температуры печатной платы (РСВ) ( $\Delta T < 1^{\circ}\text{C}$ )



| Максимальная температура                   |     |        |     |
|--------------------------------------------|-----|--------|-----|
| 237.00                                     | 40% | 237.33 | 47% |
| 237.83                                     | 57% | 237.50 | 50% |
| Разница температур: $0,83^{\circ}\text{C}$ |     |        |     |



## Равномерность температуры металлической пластины ( $\Delta T < 2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )



| Максимальная температура    |      |        |      |
|-----------------------------|------|--------|------|
| 253.06                      | 161% | 252.28 | 146% |
| 254.12                      | 182% | 252.78 | 156% |
| 252.95                      | 159% | 253.62 | 172% |
| Разница температур: 1,84 °C |      |        |      |

## Стабильность температурного регулирования

Система управления нагревом предназначена для точного поддержания заданного режима при изменении тепловой нагрузки.

Для оборудования серии КТ актуальны следующие показатели:

- разница между заданной и фактической температурой — в пределах 1,0 °C;
- изменение температуры при переходе от холостого режима к полной нагрузке — в пределах 1,5 °C;
- колебание температуры при работе без нагрузки и с полной нагрузкой — не более 1,5 °C.

Высокая способность системы к тепловому восстановлению позволяет компенсировать изменение тепловой нагрузки при поступлении плат в печь и поддерживать повторяемость температурного профиля.

## Равномерность нагрева

Результаты контрольных измерений для теплотехнической платформы оборудования:

- равномерность температуры воздушного потока — заявлено  $\Delta T = 0,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; в приведённом испытании фактическая разница составила 0,72 °C;
- равномерность температуры РСВ — заявлено  $\Delta T < 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; в приведённом испытании разница составила 0,83 °C;
- равномерность температуры металлической тестовой пластины — заявлено  $\Delta T < 2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; в приведённом испытании разница составила 1,84 °C.



## Система охлаждения

В оборудовании серии КТ применяется многозонное двустороннее охлаждение. Воздушный поток воздействует на печатную плату сверху и снизу, обеспечивая интенсивный отвод тепла после прохождения участка оплавления.

Такая конструкция предназначена для обработки изделий с повышенной теплоёмкостью и способствует снижению температуры РСВ перед выходом из печи.

Сравнительное испытание двусторонней системы охлаждения и традиционного одностороннего охлаждения показало снижение температуры:

- с 200 до 150 °С приблизительно за 8 секунд;
- с 200 до 100 °С приблизительно за 25 секунд.

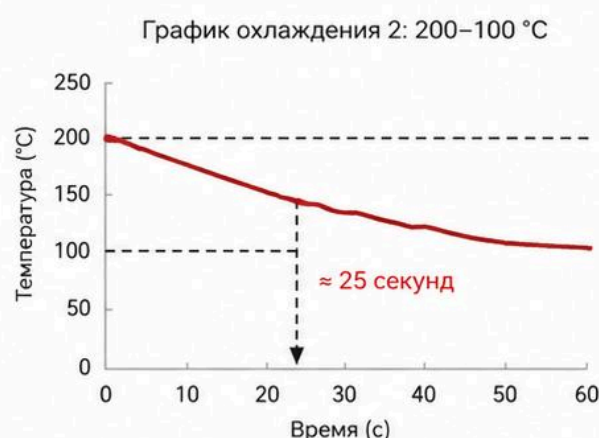
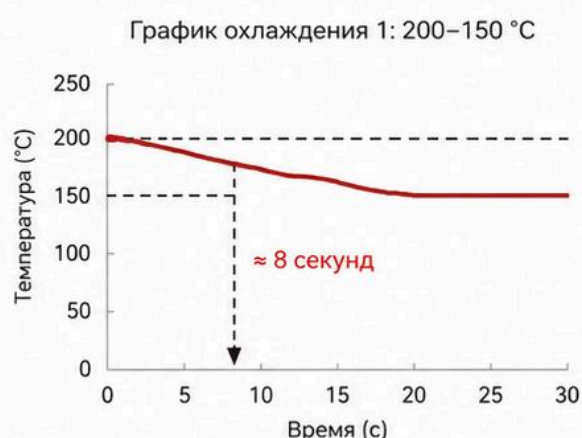
Для сравниваемой традиционной системы приведены значения около 20 и 45 секунд соответственно.

## Сравнение эффективности охлаждения

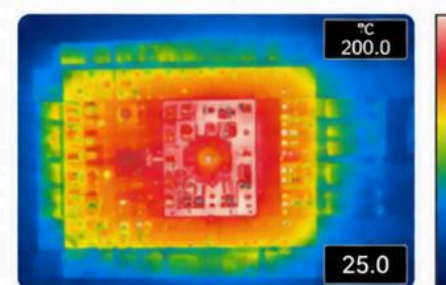
Сравнение скорости охлаждения печатной платы (РСВ) между новой системой двустороннего охлаждения и традиционной системой одностороннего охлаждения.

### Новая система двустороннего охлаждения

(Скорость охлаждения значительно повышена)



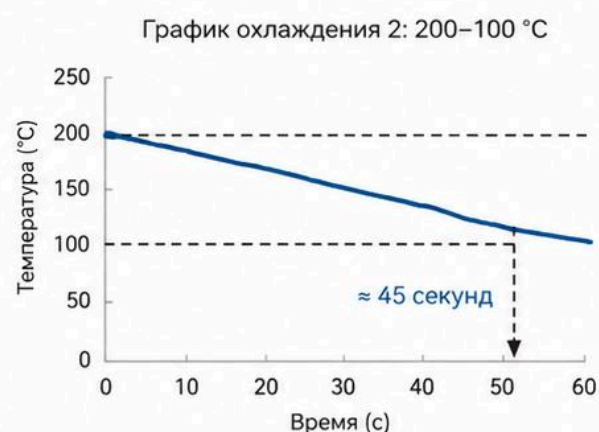
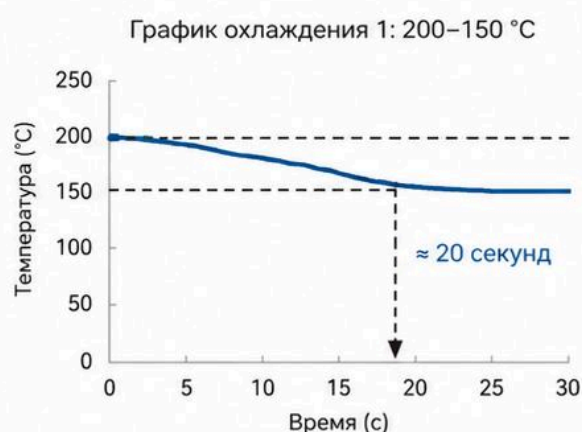
Тепловое изображение РСВ



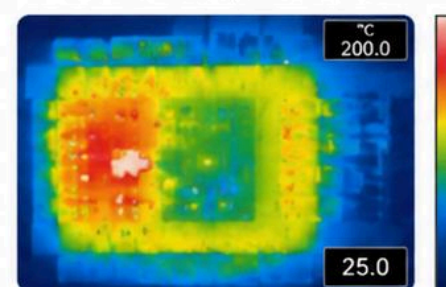
Результат: высокая эффективность охлаждения и равномерность температуры.

### Традиционная система одностороннего охлаждения

(Низкая скорость охлаждения)



Тепловое изображение РСВ



Результат: низкая эффективность охлаждения и неравномерное распределение температуры.



**Примечание:** испытание проведено в соответствии со стандартом JEDEC J-STD-020D, условия: комнатная температура 25 °С, настройка температуры в печи 260 °С.



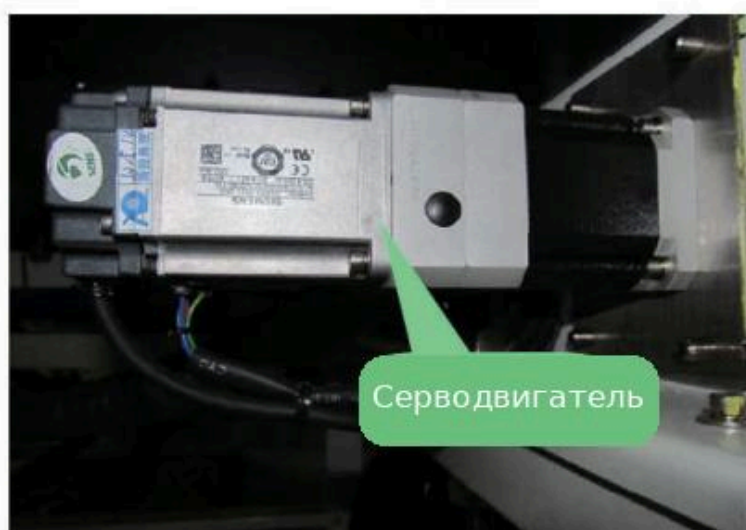
## Транспортная система

Для оборудования серии КТ используется транспортная система с сервоприводом. Такое решение обеспечивает стабильную скорость и плавное перемещение платы через технологические зоны.

Система регулировки направляющих построена с использованием синхронизированного приводного механизма. Жёсткий передаточный вал обеспечивает согласованное изменение положения направляющих, снижая риск нарушения их параллельности.

В направлении транспортировки применяются несколько синхронных винтовых механизмов, предназначенных для согласованного перемещения узлов и предотвращения перекоса направляющих. Для смазки транспортного механизма предусмотрена система стабилизированной подачи масла. В отличие от подачи только под действием силы тяжести, регулируемая подача обеспечивает более равномерное поступление смазочного материала.

В конструкции оборудования также применяется транспортная цепь из нержавеющей стали. Конструктивные решения направляющих предназначены для снижения влияния теплоотвода через транспортный механизм на температурные условия у края печатной платы.



## Система улавливания и возврата флюса

В серии КТ применяется система улавливания продуктов испарения флюса. Её работа основана на ступенчатом отводе и сборе летучих компонентов, выделяющихся в процессе нагрева и оплавления.

Конструкция использует физические свойства испаряющихся компонентов флюса для их отделения из технологического потока.

Дополнительно предусмотрено специальное исполнение нижнего вытяжного патрубка. Оно предназначено для уменьшения накопления конденсата флюса в области вытяжки и предотвращения образования капель, которые могут возвращаться в рабочую зону.

Система работает на протяжении температурного маршрута, в котором испарение флюса начинается на стадии нагрева и продолжается до участка оплавления.



## Теплоизоляция и конструкция печи

В оборудовании применяется многослойная система теплоизоляции — толщина теплоизоляционного слоя увеличена более чем на 50 % по сравнению с базовой конструкцией.

Многослойная структура предназначена для уменьшения передачи тепла на наружные панели оборудования. Для представленной конструкции заявлено снижение температуры наружной поверхности на 10–20 °С; температура корпуса может поддерживаться приблизительно на 5 °С выше температуры окружающей среды.

Такое исполнение уменьшает тепловыделение оборудования в производственное помещение и снижает тепловую нагрузку на окружающую рабочую зону.

## Модульная конструкция нагревательных элементов

Нагревательные элементы выполнены в модульном быстросъёмном исполнении. Конструкция рассчитана на проведение осмотра и технического обслуживания отдельных нагревательных модулей без необходимости разбирать всю печную камеру.

Это упрощает доступ к нагревательным узлам при регламентном обслуживании и сокращает объём демонтажных операций.

## Защита при входе изделия

В конструкции оборудования предусмотрено устройство контроля подачи платы на входе. До достижения печью установленного рабочего состояния система предотвращает поступление изделия в технологическую зону.

Такое решение предназначено для предотвращения прохождения РСВ через печь при неустановившемся температурном режиме и снижения риска дефектов пайки, связанных с преждевременной загрузкой.

## Управление производством и интеграция

Для печи предусмотрены возможности интеграции с производственными информационными системами. Интеллектуальная MES-интеграция предназначена для:

- применения оборудования в производственной инфраструктуре Industry 4.0;
- получения информации о рабочем состоянии оборудования;
- передачи производственных данных;
- контроля состояния оборудования в реальном времени.

Также предусмотрена централизованная система мониторинга, позволяющая объединять оборудование, расположенное на разных производственных линиях и этажах предприятия.

Система централизованного контроля поддерживает:

- удалённый мониторинг оборудования в реальном времени;
- централизованный контроль производственных установок;
- передачу производственных данных;
- статистическую обработку и анализ данных.



## Основные функциональные возможности

Технологическая платформа предусматривает:

- конвекционный нагрев горячим воздухом;
- формирование контролируемого температурного профиля;
- работу в азотной атмосфере;
- независимое регулирование подачи азота;
- контроль концентрации кислорода в технологической среде;
- эффективную теплопередачу при различной теплоёмкости компонентов;
- стабильное температурное регулирование при изменении загрузки;
- быстрое тепловое восстановление;
- многозонное двустороннее охлаждение;
- сервоприводную транспортную систему;
- синхронную регулировку направляющих;
- систему улавливания продуктов испарения флюса;
- многослойную теплоизоляцию;
- модульное исполнение нагревательных узлов для обслуживания;
- возможность производственной интеграции и централизованного мониторинга.

