

## СОКРАЩЕНИЕ ЦИКЛА ВУЛКАНИЗАЦИИ ГЕРМЕТИКА ПРИ СТЫКОВКЕ КОНСОЛЬНОЙ ЧАСТИ КРЫЛА И ЦЕНТРОПЛАНА САМОЛЕТА МС-21

Пидгурский Сергей Николаевич  
Заместитель начальника отдела

### Аннотация.

Целью работы является сокращение времени и трудоемкости процесса вулканизации внутришовного герметика PR1782C12-M в стыке консольной части крыла (КЧК) и центроплана (ЦЕ) изделия МС-21. В ходе проделанной работы был проведен анализ действующего процесса стыковки и сборочных работ. Полученные результаты подтвердили, что данный процесс при цеховой температуре требует значительного времени (до 10 суток) или при применении нагрева требует значительных трудовых ресурсов, так как имеющееся оборудование не обладает возможностью автоматического поддержания температурного режима. Было принято решение об изготовлении и тестировании прототипов оборудования:

- с инфракрасным (ИК) – нагревом;
- с конвективным нагревом.

Результаты испытаний показали, что оборудование с ИК-нагревом уступает оборудованию с конвективным нагревом по уровню автоматизации и эргономике, а также по точности поддержания температурного режима.

Применение для данной ситуации модернизированного оборудования конвективного нагрева с автоматическим регулированием температурного режима и архивацией измеренных значений температуры позволило улучшить процесс:

- сократить цикл вулканизации;
- обеспечить поддержание температурного режима в заданных технологическим процессом пределах;
- обеспечить достоверный (инструментальный) контроль соблюдения требований технологического процесса.

**Ключевые слова:** изделие МС-21, герметизация, вулканизация, конвективный нагрев, ИК-нагрев, температурный режим, стыковка.

### Описание ситуации и пути её решения.

При производстве стыковки консольной части крыла (КЧК) и центроплана (ЦЕ) на их сопрягающиеся поверхности наносится герметик PR1782C12-M, который затем выдерживается (полимеризуется) до достижения заданных параметров твердости (не менее 30 единиц по Шор А). Процесс полимеризации состоит из выдержки нанесенного на поверхности КЧК и ЦЕ герметика в открытом состоянии в течение 24 часов, после чего КЧК и ЦЕ сводятся, и далее возможен один из двух вариантов:

А. «вольная полимеризация», проходящая при цеховой температуре;

В. ускоренная полимеризация, осуществляемая с нагревом и выдержкой места герметизации при температуре  $(50 \pm 5) ^\circ\text{C}$  (вулканизация).

При «вольной полимеризации» время выдержки составляет до 10 суток, а при вулканизации – менее 3 суток.

Для вулканизации применяется оборудование с конвективным нагревом – тепловые пушки, в количестве 3 штук, с ручным управлением. Для поддержания заданной температуры оператор должен периодически (не реже одного раза в 10 минут) измерять температуру в трех местах на КЧК и ЦЕ, производить включение или выключение оборудования, а также осуществлять запись измеренных значений в журнале контроля технологического процесса (ЖКТП). Поставщик герметика PR1782C12-M предлагает

приобрести оборудование с ИК-нагревом для уменьшения времени выдержки стоимостью 1,1 млн евро.

**Проблемы, выявленные до оптимизации:**

– Длительный цикл «вольной полимеризации» герметика (до 10 суток), при отсутствии принудительного нагрева, увеличивающий срок сборки самолета. Указанное время не позволяет выйти на установленные показатели серийной сборки изделий (30 в год или более).

– Высокая трудоемкость поддержания температуры при вулканизации с применением нагревательного оборудования с ручным управлением.

– Высокая стоимость комплекта оборудования с ИК-нагревом (1,1 миллиона евро), рекомендованного поставщиком герметика.

**Цели работы:**

– Сократить в три раза (до трех суток) время полимеризации внутришовного герметика при стыковке КЧК и ЦЕ изделия МС-21;

– Снизить стоимость оборудования, применяемого для вулканизации.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

– Анализ действующего технологического процесса.

– Изготовление и экспериментальное применение прототипов оборудования с ИК-нагревом на образце (имитаторе) КЧК и ЦЕ, и автоматической регистрацией результатов измерений температуры.

– Изготовление устройства с автоматическим управлением работой оборудования конвективного нагрева и автоматической регистрацией результатов измерений температуры.

Реализованные мероприятия позволили изготовить два вида прототипов оборудования для автоматизации процесса:

1) С ИК-нагревом. Общий вид оборудования с ИК-нагревом и имитатором стыка КЧК и ЦЕ приведен на рисунке 1. Результаты измерений температуры в семи точках на имитаторе стыка КЧК и ЦЕ приведены на рисунке 2.

Выполненная работа:

– собраны две единицы панелей ИК-нагрева;

– произведен прогрев имитатора стыка КЧК и ЦЕ с применением панелей ИК-нагрева.

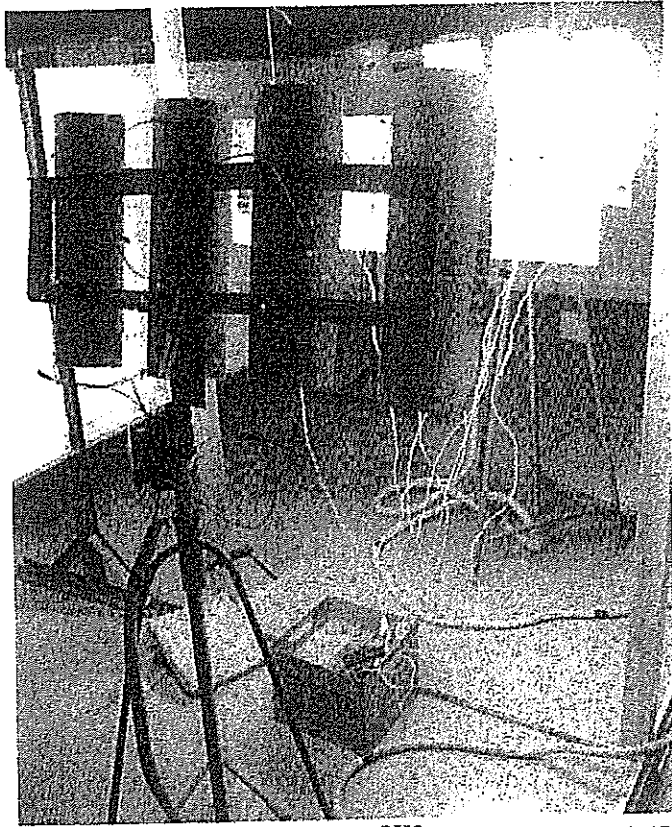


Рисунок 1 – Прототип оборудования с ИК-нагревом во время испытаний

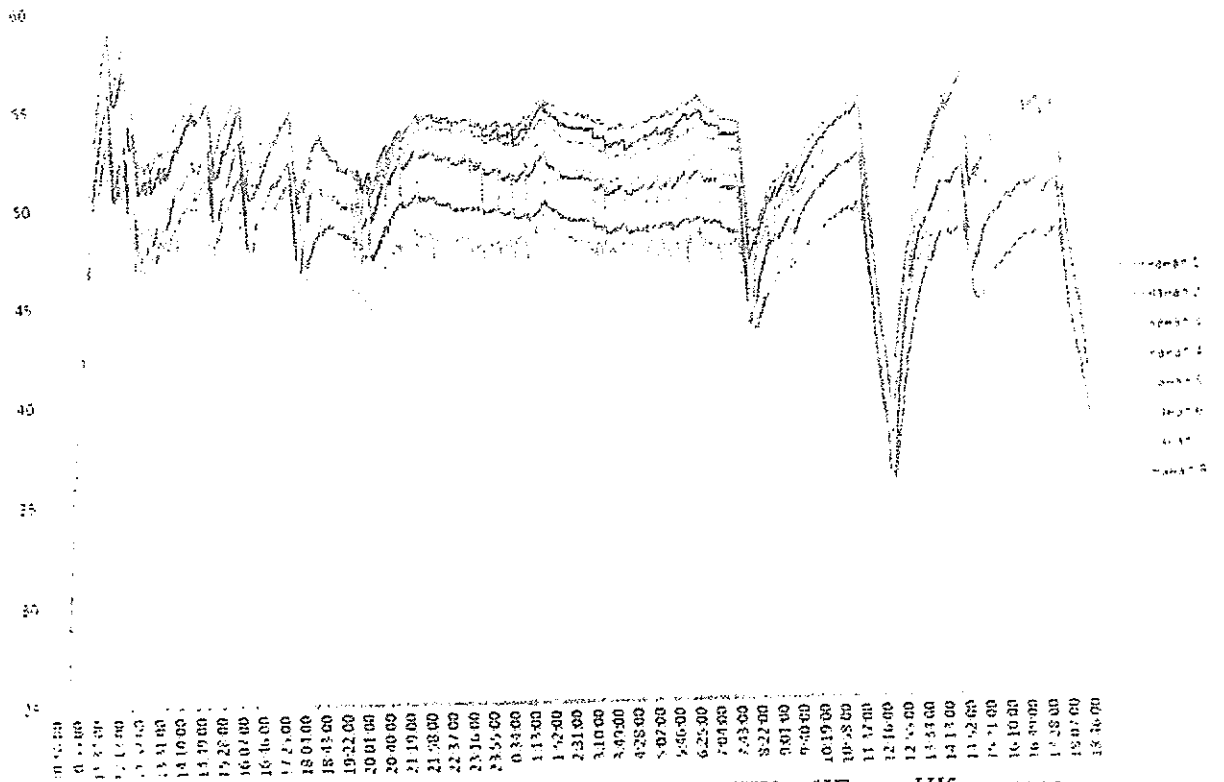


Рисунок 2 – Термограмма прогрева стыка КЧК и ЦЕ при ИК-нагреве

2) С конвективным нагревом.

Выполненная работа.

- доработаны три единицы оборудования конвективного нагрева;
- изготовлена система измерения, управления и архивирования данных по температурным режимам;
- произведена герметизация стыка КЧК и ЦЕ изд. МС-21.

Внешний вид системы автоматического управления оборудованием с конвективным нагревом, а также само оборудование представлены на рисунках 3 и 4.

Результаты измерений температуры, зафиксированные в трех точках измерения температуры на КЧК и ЦЕ системы автоматической регистрации результатов измерений представлены на рисунке 5.

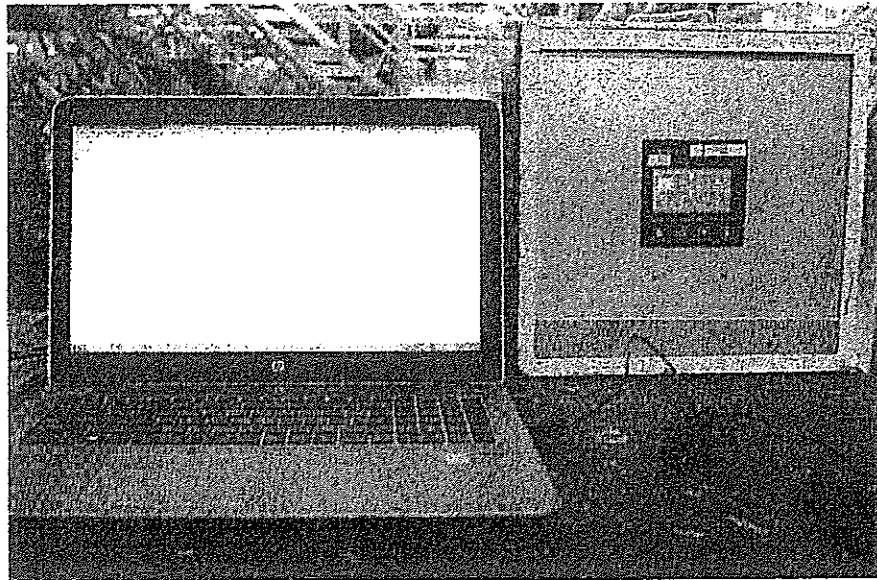


Рисунок 3 – Автоматизированная система управления, измерения и регистрации параметров конвективного нагрева с возможностью отслеживания температурного режима в реальном времени

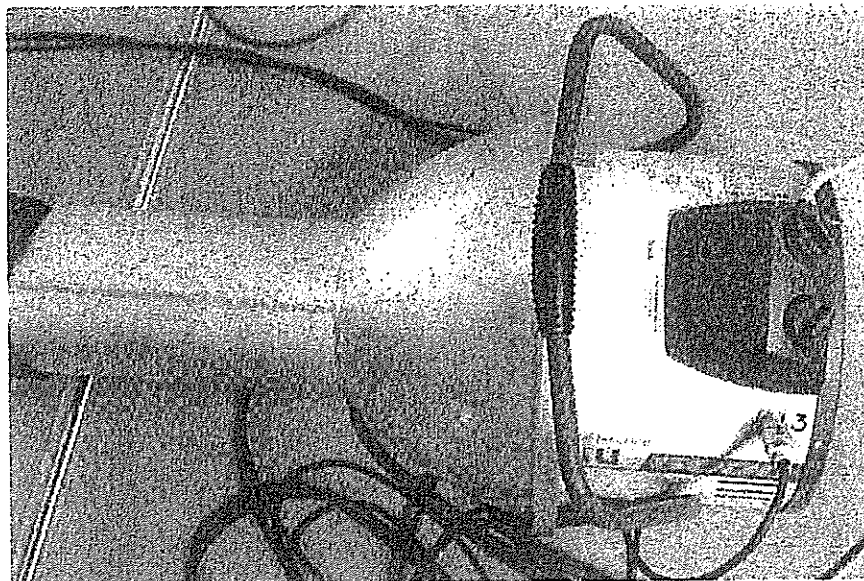


Рисунок 4 – Прототип оборудования для конвективного нагрева

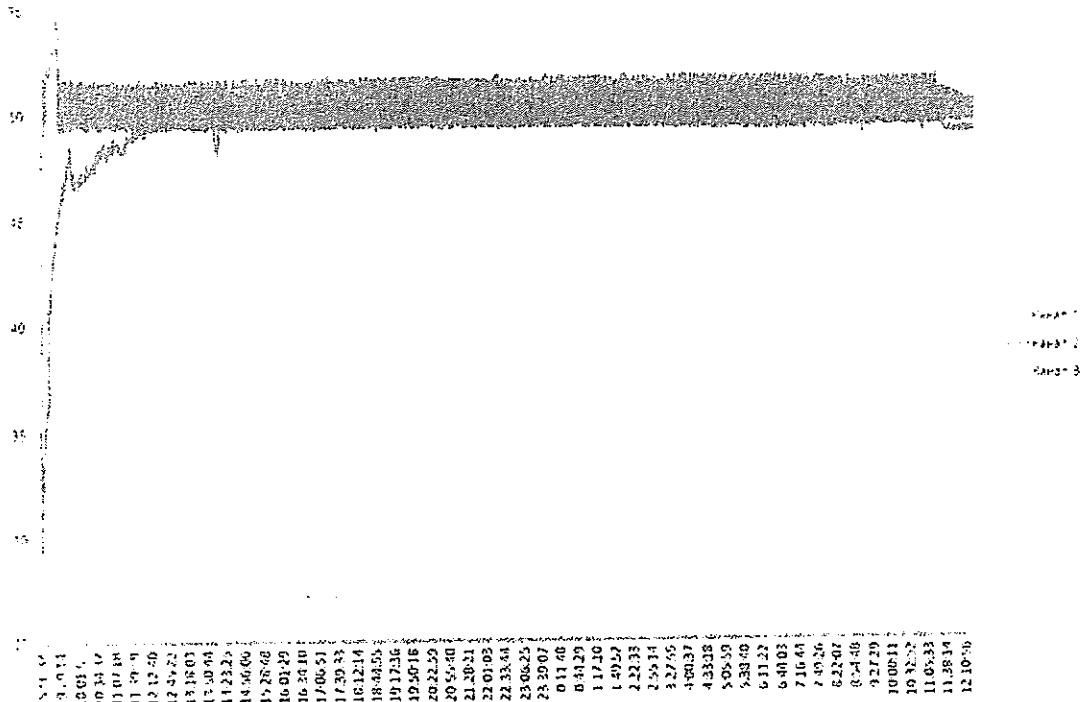


Рисунок 5 – Термограмма прогрева стыка КЧК и ЦЕ при конвективном нагреве

**Результат.**

Результаты применения прототипов оборудования с ИК-нагревом при прогреве имитатора стыка КЧК и ЦЕ и применения прототипов оборудования с конвективным нагревом приведены в таблице 1.

Таблица 1

	<i>ИК-нагрев</i>	<i>Конвективный нагрев</i>
<i>Цикл полимеризации, ч</i>	<i>24+62=86</i>	<i>24+50=74</i>
<i>Достигнутое значение твердости, единиц Шор А</i>	<i>30-38</i>	<i>30-34</i>
<i>Порядок управления и контроля</i>	<i>Периодический контроль параметров температуры оператором вручную непосредственно в зоне нагрева;</i>	<i>Постоянный контроль параметров температуры дистанционно на ПК;</i>
	<i>Ручной режим регулирования;</i>	<i>Автоматический режим регулирования;</i>
	<i>Автоматическая архивация результатов измерений.</i>	<i>Автоматическая архивация результатов измерений.</i>

Сравнение термограмм при ИК-нагреве и конвективном нагреве (рисунки 2 и 5) демонстрирует преимущество системы конвективного нагрева по следующим параметрам:

- стабильность температурного режима (колебания температур);

- равномерность распределения температуры по поверхности объекта нагрева.

**Вывод.**

Достигнутые результаты подтверждают, что применение системы автоматического регулирования и регистрации температуры совместно с оборудованием конвективного нагрева позволило:

- сократить длительность вулканизации внутришовного герметика в стыке КЧК и ЦЕ с 10 до 3 суток, что способствует повышению пропускной способности участка цеха 249 при производстве МС-21 и достижению целевых показателей плана производства.

За счет автоматического поддержания температуры и более равномерного распределения теплоносителя (нагретого воздуха) герметик достиг заданных значений твердости (более 30 ед. Шор А) за меньшее (на 12 часов) время и с меньшей (на 4 ед. Шор А) неравномерностью распределения значений твердости.

Проработка данных результатов позволила сделать вывод о том, что применение панелей ИК-нагрева (рекомендованного поставщиком герметика) для прогрева стыка КЧК и ЦЕ при герметизации – нецелесообразно и принято решение об отказе приобретения данного оборудования.