

**ОСОБЕННОСТИ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОГО ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПКМ**

© 2013 С.М. Качура, О.Л. Бурхан, А.Э. Рахматуллин, Е.К. Никитин

Ульяновский научно-технологический центр Всероссийского института авиационных материалов

Поступила в редакцию 26.09.2013

Рассмотрены особенности функционирования многоканальной автоматизированной системы управления процессом формования ПКМ и микропроцессорного блока обработки информации.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, обогреваемая оснастка, формование, автоматизированная система управления.

В настоящее время авиационная промышленность остаётся одним из наиболее технологичных секторов экономики, потребляющих наукоемкую продукцию [1]. Увеличение объёмов применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) в авиационной технике представляет собой широкомасштабную и комплексную проблему повышения качества изготавливаемых деталей из ПКМ и стабильности их свойств, для решения которой необходима разработка современных технологий серийного производства [2]. Значительно повысить качество деталей из ПКМ может внедрение автоматизированных систем управления и мониторинг технологических параметров в процессе формования деталей из ПКМ на полимерных матрицах [3, 4, 5, 6, 7].

Для решения поставленной задачи была разработана многоканальная система управления, позволяющая независимо управлять нагревом восьми обогреваемых композитных матриц в температурном диапазоне до 200 °С с погрешностью не более  $\pm 1$  °С. Максимальная мощность, отдаваемая в нагрузку, составляет 70кВт. Также составной частью системы является компьютер со специализированным программным обеспечением [8], которое позволяет задавать желаемый график нагрева, а также отображать и сохранять полученные результаты по каждому из каналов. Также программное обеспечение хранит настройки для каждого канала, что позволяет настроить работу под определённую обогреваемую оснастку.

Блок-схема многоканальной системы управления представлена на рис. 1.

---

*Качура Сергей Михайлович, инженер-технолог.*

*E-mail: untcviam@viam.ru*

*Бурхан Олег Леондович, начальник сектора.*

*E-mail: untcviam@viam.ru*

*Рахматуллин Айрат Эмирович, инженер-технолог.*

*E-mail: untcviam@viam.ru*

*Никитин Евгений Константинович, инженер-технолог.*

*E-mail: untcviam@viam.ru*

Многоканальная автоматизированная система управления процессом формования содержит восемь идентичных каналов управления, отличающихся только максимальной мощностью. Это даёт возможность подключать до восьми обогреваемых оснасток или (при соответствующей настройке программного обеспечения) до восьми зон нагрева на одной оснастке. Также система имеет восемь идентичных контрольных каналов не связанных ни с микропроцессорным блоком, ни с компьютером. Контрольные каналы осуществляют мониторинг температуры полимерной матрицы и в случае нештатной ситуации отключают питание соответствующей оснастки [9].

Одной из наиболее важных частей многоканальной системы управления является микропроцессорный блок, обеспечивающий приём и первичную обработку информации полученной от датчиков, выдачу сигналов управления и связь системы с компьютером. Блок-схема микропроцессорного блока многоканальной системы управления представлена на рис. 2.

Для преобразования аналоговых сигналов от датчиков в цифровую форму предусмотрено три шестнадцати разрядных ДУ аналого-цифровых преобразователя (ДУ АЦП). Каждый ДУ АЦП имеет встроенный усилитель с коэффициентом усиления до 256 и 16 аналоговых входов (либо 8 аналоговых входов в дифференциальном режиме). В общем, к системе может быть подключено до сорока восьми датчиков.

Для предотвращения влияния промышленных помех на результаты измерения сигналов от датчиков предусмотрена специальная система усреднения данных, позволяющая добиться заданной точности измерения. Важным атрибутом системы является встроенная защита чувствительных аналоговых входов от электростатического разряда для предотвращения выхода их из строя, что особенно актуально при формовании стекло- и органопластиков

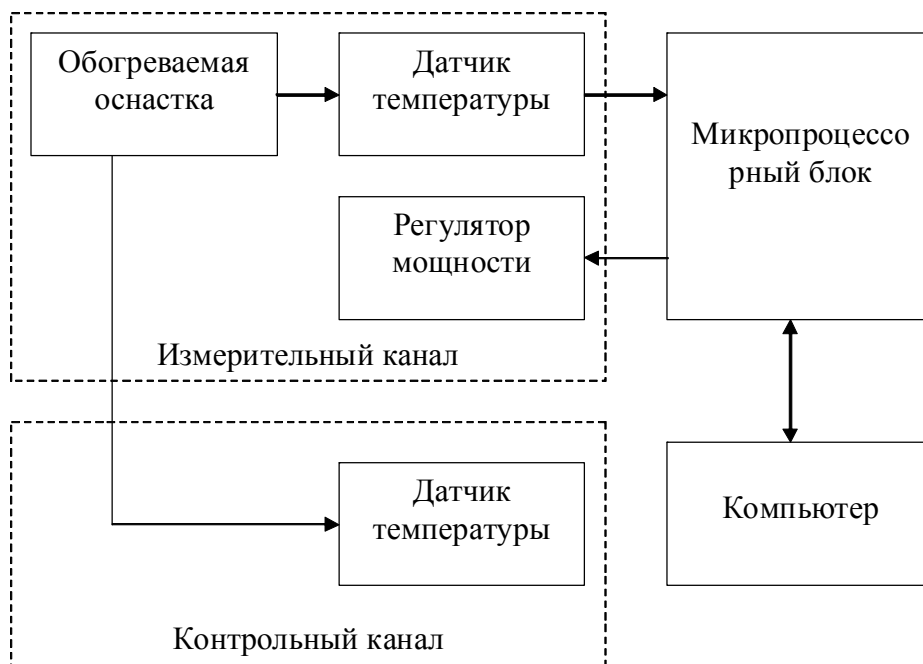


Рис. 1. Блок-схема многоканальной автоматизированной системы управления процессом формирования ПКМ

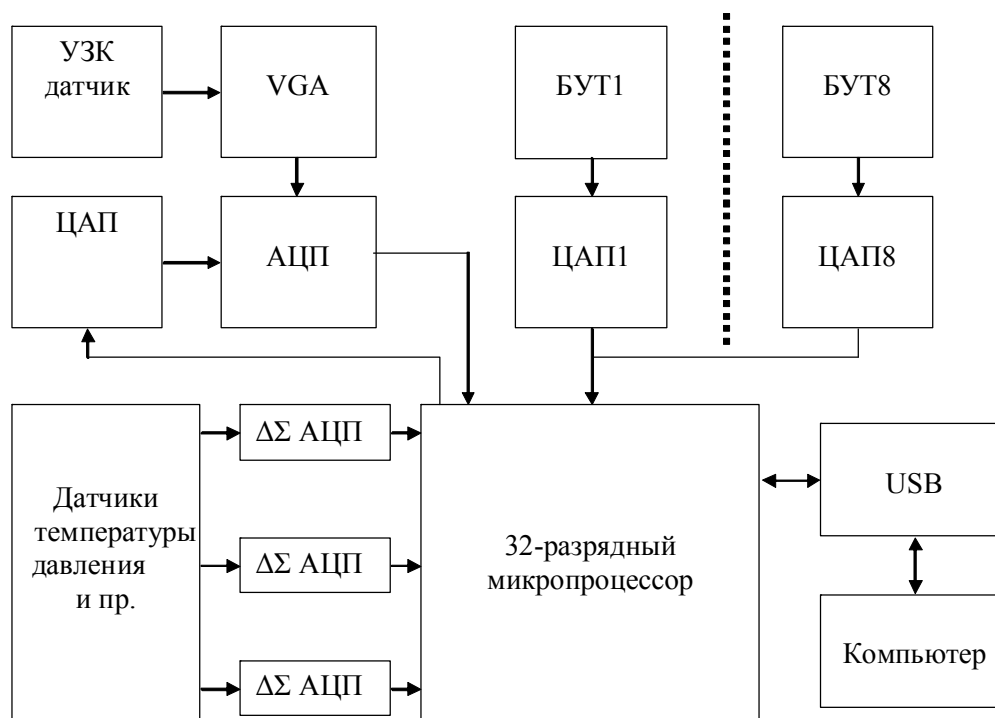


Рис. 2. Блок-схема микропроцессорного блока многоканальной автоматизированной системы управления процессом формирования ПКМ

Для плавного регулирования мощности отдаваемой в нагрузку для нагрева оснастки с заданной скоростью предусмотрены полностью независимые цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП1, ..., ЦАП8), которые в свою очередь выдают управляющие сигналы в блоки управления тиристорами (БУТ1, ..., БУТ8).

Также в состав микропроцессорного блока

входит канал излучения и приёма ультразвукового сигнала, что позволяет использовать систему для автоматизированного неразрушающего контроля свойств ПКМ в процессе отверждения. Сигнал с приёмного ультразвукового датчика поступает на два последовательно включённых малощумящих усилителя с изменяемым коэффициентом усиления (VGA), причём их коэффициен-

ты усиления могут изменяться с помощью 16-разрядных цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) независимо друг от друга, что позволяет достичь усиления до 80dB. Далее через фильтр нижних частот (ФНЧ) сигнал поступает на быстродействующий 10-разрядный АЦП, который преобразует сигнал в цифровой вид со скоростью 100 МГц. Использование ФНЧ позволяет отсеять нежелательные гармоники и значительно повысить соотношение сигнал-шум АЦП. Полученные от быстродействующего АЦП данные сохраняются в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) объёмом 128 Мбит и далее могут быть переданы в компьютер по USB [2, 10, 11].

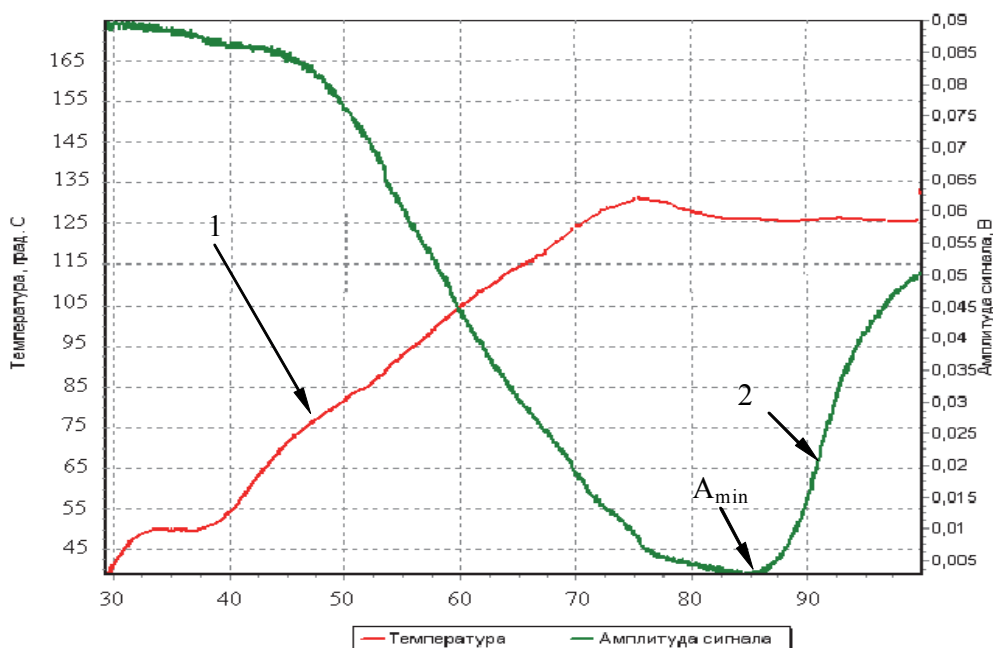
На рис. 3 представлен графики нагрева и амплитуды ультразвукового сигнала при формировании детали из ПКМ. Для получения качественной структуры изготавливаемых деталей необходимо подавать максимальное вакуумное давление в систему (оснастка + формируемый ПКМ) только после того как вязкость связующего после достижения точки с минимальным значением начнёт возрастать при дальнейшем формировании детали, в противном случае значительная часть связующего будет выдавлена в дренажные слои технологического пакета. Полученная деталь будет обладать пониженными прочностными характеристиками и повышенной пористостью, что приведёт к снижению её эксплуатационной надёжности. Ситуация здесь однако осложняется тем, что точка минимальной вязкости полимерного связующего сопровождается сравнительно быстрым последующим наступле-

нием стадии гелеобразования, где формирование пространственной сшивки молекул приводит к резкому росту вязкости и потере связующим текучести. Поэтому для обеспечения качественной структуры формируемых деталей давление следует подавать в промежутке между моментами достижения минимальной вязкости и началом гелеобразования [12]. Начало активного гелеобразования определяется наименьшим значением амплитуды ультразвукового сигнала, а отверждение ПКМ в основном завершается при переходе амплитуды ультразвукового сигнала в постоянное значение [13, 14].

Применение микропроцессорных средств позволяет создавать высокоточные и оптимальные аппаратно-программные средства управления технологическими процессами в зависимости от конкретных условий эксплуатации автоматизированных технологических систем управления, а это приведёт к снижению влияния человеческого фактора при формировании высокоответственных конструкционных деталей и агрегатов из ПКМ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года / Авиационные материалы и технологии: Юбилейный науч.-технич. сб (приложение к журналу "Авиационные материалы и технологии"). 2012. С. 7-17.
2. Качура С.М., Постнов В.И., Бурхан О.Л., Стрельников С.В. Первичная обработка измерительной и уп-



**Рис. 3.** Временная зависимость амплитуды ультразвука в формируемом стеклопластике (Т-10-14 + ЭДТ69Н):

1 – температура; 2 – амплитуда ультразвукового сигнала;  $A_{\min}$  – точка минимума

- правляющей информации автоматизированной системы контроля процесса отверждения полимерной матрицы // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 4-3. С. 840-842.
3. Гращенков Д.В., Чурсова Л.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов / Авиационные материалы и технологии: Юбилейный науч.-технич. сб (приложение к журналу "Авиационные материалы и технологии"). 2012. С. 231-242.
  4. Стрельников С.В., Застрогина О.Б., Вешкин Е.А., Швец Н.И. К вопросу о создании высокоэффективных технологий изготовления панелей интерьера в крупносерийном производстве // Авиационные материалы и технологии. 2011. №4. С. 18-25
  5. Постнов В.И., Никитин К.Е., Петухов В.И., Бурхан О.Л., Орзаев В.Г. Метод и устройство для определения липкости препрегов // Авиационные материалы и технологии. 2009. №3. С. 29-33
  6. Постнов В.И., Никитин К.Е., Петухов В.И., Бурхан О.Л. Установка для изучения липкости препрегов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. Т. 73. № 12. С. 33-35
  7. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. 2-е изд. СПб.: Научные основы и технологии. 2010. 822 с.
  8. Рахматуллин А.Э., Постнов В.И., Бурхан О.Л., Стрельников С.В. Разработка программного обеспечения автоматизированной системы управления параметрами процесса формования изделий из полимерных композиционных материалов // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 4-3. С. 843-846.
  9. Постнов В.И., Бурхан О.Л., Петухов В.И. Особенности управления электрическими нагрузками повышенной мощности в выключных оснастках. // Сборник статей «Проблемы машиностроения и технологии материалов на рубеже веков». Пенза. 2003. Часть 1. С.206-208
  10. Постнов В.И., Бурхан О.Л., Петухов В.И. Способы повышения точности измерительных каналов управляющей системы обогреваемых оснасток. // Сборник статей «Инновации в машиностроении». 2003. С.73-76.
  11. Никитин К.Е., Постнов В.И., Бурхан О.Л., Качура С.М., Рахматуллин А.Э. Методы и средства диагностики технологических процессов изготовления конструкций из ПКМ. // Известия Самарского научного центра РАН. 2008. Т. 1. С.45-46.
  12. Никитин К.Е., Бурхан О.Л., Постнов В.И., Петухов В.И. Лабораторная установка для исследования и отработки режимов формования ИПФ 2003 полимерных композиционных материалов ультразвуковым методом // Заводская лаборатория. 2008. №4. С. 38-40
  13. Стрельников С.В., Застрогина О.Б., Вешкин Е.А., Швец Н.И. К вопросу о создании высокоэффективных технологий изготовления панелей интерьера в крупносерийном производстве // Авиационные материалы и технологии. 2011. №4. С. 18-25
  14. Постнов В.И., Никитин К.Е., Бурхан О.Л., Петухов В.И., Орзаев В.Г. Исследование ультразвуковым методом структурных изменений в ПКМ в процессе формования полимерных композиционных материалов // Авиационные материалы и технологии. 2009. №3. С. 25-28.

## FEATURES MICROPROCESSOR CONTROL OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE PROCESS OF VACUUM FORMING PRODUCTS FROM PCM

© 2013 S.M. Kachura, O.L. Burhan, A.A. Rackmatullin, E.K. Nikitin

Ulyanovsk Scientific and Technological Center of the All-Russian Institute of Aviation Materials

Discussed the features of the of multichannel automated process control system of curing and microprocessor unit of data processing.

Key words: polymer composite materials, FRP, curing, automated process control system.