

На правах рукописи

ПОЛЯКОВА Лариса Юрьевна

**УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕПРЕГА ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

**Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами
(по отраслям)**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа 2007

Работа выполнена на кафедре промышленной автоматики
Кумертауского филиала Уфимского государственного авиационного
технического университета

Научный руководитель	д-р техн. наук, проф. Тюков Николай Иванович
Официальные оппоненты	д-р техн. наук, проф. Каяшев Александр Игнатьевич канд. техн. наук, доц. Никитин Юрий Александрович
Ведущее предприятие	ФГУП «Кумертауское авиационное производственное предприятие»

Защита диссертации состоится «23» мая 2007 г. в 10⁰⁰ часов
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03
в Уфимском государственном авиационном техническом университете
по адресу: 450000, г.Уфа, ул. К.Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета
Автореферат разослан «19» апреля 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д-р техн. наук, проф.

Миронов В.В.

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Высокие темпы развития нефтехимической, перерабатывающей промышленности, машиностроения во многом обусловлены потребностями мировой экономики в различных видах пластмасс и полимерных композиционных материалов (ПКМ), производство которых постоянно растет.

Современные темпы развития производства изделий из ПКМ и растущий интерес к их производству обусловлен их прочностными свойствами в сочетании с низким удельным весом, антикоррозийной стойкостью к действию факторов внешней среды. Качество изделий из ПКМ зависит от качества исходного полуфабриката - препрега.

Препреги – полуфабрикаты полимерных композиционных материалов, представляют собой организованную определенным образом систему волоконистых наполнителей, совмещенных с полимерными связующими.

Изготовление препрега является сложным многофакторным и многостадийным ТП, в ходе которого необходимо управлять одновременно протекающими операциями: подсушки стеклоткани, пропитки стеклоткани, сушки и намотки готового препрега в рулон. Анализ закономерностей и технологических особенностей процесса изготовления препрега позволил установить, что одна из причин снижения качества препрега может быть несогласованность в управлении отдельными операциями технологического процесса (ТП). В связи с этим возникает необходимость автоматизированного управления ТП изготовления препрега.

Основным требованием сегодняшнего дня при проектировании АСУ ТП является управление по показателям качества и технико-экономической эффективности, что обеспечивается системами второго и третьего уровней (SCADA- системы). Составной частью системы управления являются алгоритмы и программы функционирования, учитывающие особенности протекания технологического процесса изготовления препрега на основе математического описания.

Создание автоматизированной системы управления технологическим процессом изготовления препрега позволит повысить качество полуфабриката и эффективность управления, что является актуальной задачей.

Решение этой задачи приводит к повышению качества и надежности изделий из полимерных композиционных материалов, используемых в авиационной технике.

Настоящая работа соответствует приоритетному направлению науки и техники «Производственные технологии» (утверждено Президентом РФ Пр-577 от 30.03.2002), критической технологии «Информационная интеграция и системная поддержка жизненного цикла продукции (CALS-, CAD-, CAM-, CAE-технологии)» и выполнена с проведением научно-исследовательских работ кафедры «Промышленная автоматика» совместно с

Кумертауским авиационным производственным предприятием (КумАПП) (х/д №352/50).

Цель диссертационной работы – повышение качества препрега для изделий авиационной техники путем автоматизации технологического процесса его изготовления.

Задачи исследования. Для достижения цели работы поставлены и решены следующие задачи:

1. Исследование процесса изготовления препрега как объект управления и обоснование контролируемых параметров, определяющих качество препрега.
2. Разработка математической модели технологического процесса изготовления препрега
3. Разработка алгоритма и структуры системы управления технологическим процессом изготовления препрега.
4. Разработка программного обеспечения для реализации алгоритма при компьютерном управлении технологическим процессом.
5. Оценка эффективности результата автоматизации управления технологическим процессом изготовления препрега.

Методы исследования. При решении поставленных в работе задач, использованы методы математического моделирования, методы системного анализа, идентификации, теория цифровых систем управления и методы программирования.

На защиту выносятся:

1. Математическая модель процессов подсушки и сушки стеклоткани.
2. Структура автоматизированной системы управления технологическим процессом изготовления препрега на базе SCADA системы TRACE MODE.
3. Алгоритм управления технологическим процессом изготовления препрега.
4. Алгоритм и программа АСУ ТП на языке функциональных блоков Techno FBD.

Научная новизна решения поставленных задач:

1. Сформировано пространство входных параметров технологического процесса, отличающееся тем, что динамика их изменения связана с показателями качества изготовления препрега.
2. Разработана математическая модель, учитывающая динамику процессов подсушки и сушки и скорости передвижения ткани в сушильной камере.
3. Разработан алгоритм управления, учитывающий одновременность протекания во времени операций технологического процесса изготовления препрега.
4. Разработано программное обеспечение систем диспетчерского управления, на основе математической модели и языка визуального про-

граммирования, позволяющее произвести моделирование и обосновать эффективность системы управления.

Практическая ценность результатов работы:

1. Разработанная система управления позволяет повысить точность протекания технологического процесса изготовления препрега и добиться стабильности показателей качества за счет снижения отклонений температуры процессов сушки и подсушки до 2%.

2. Внедрение частотного управления асинхронным двигателем позволяет стабилизировать скорость движения стеклоткани и обеспечивает повышение качества изготовления препрега.

Внедрение результатов. Основные результаты диссертационной работы внедрены на КумАПП и в учебном процессе Кумертауского филиала Уфимского государственного авиационного технического университета (КФ УГАТУ).

Апробация работы. Основные положения, материалы и результаты работы были представлены и одобрены на Всероссийской научно-практической конференции «Вызовы XXI века и образование» г. Оренбург 2006 г.; XXVI Российской школе по проблемам науки и технологий г. Миасс 2006 г.; Всероссийской научно-практической конференции «Интеграционные евразийские процессы в науке, образовании и производстве» г. Кумертау 2006 г.; на заседании кафедры «Промышленная автоматика» КФ УГАТУ по диссертационной работе в 2006 г.; включены в отчеты о научной работе за 2003, 2004, 2005 и 2006 гг. лаборатории «Автоматизация технологических процессов теплоэнергетических объектов» КФ УГАТУ Стерлитамакского филиала АН РБ.

Публикации. В рамках проводимой научной работы опубликовано 10 печатных работ, в том числе 2 статьи в издании, рекомендованном ВАК.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Изложена на 170 страницах и включает 40 рисунков, 23 таблицы. Список используемой литературы содержит 154 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводится общая характеристика работы: показана актуальность решаемой научной задачи, сформулированы цели и задачи исследования, отмечается научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава посвящена анализу структуры управления технологическим процессом изготовления препрега и существующих методов идентификации объекта управления.

Проведенный анализ состояния вопроса по научно-технической литературе позволил определить контролируемые, возмущающие и управляющие параметры взаимосвязанных технологических процессов изготовления пре-

прега и выявить основные недостатки системы управления для получения препрега с заданными свойствами.

Технологический процесс изготовления препрегов включает в себя операции приготовления связующего, подготовки волокнистого наполнителя и совмещения их пропиткой.

Большой вклад в развитии технологии изготовления изделий из композиционных полимерных материалов внесли ученые Г.С. Головкин, А.И. Горохович, В.А. Гречишкин, О.С. Дмитриев, В.С. Жернаков, М.З. Канович, С.Н. Кострицкий, Ю.С. Первушин, С.Л. Рогинский, М.З. Циркин, О.Г.Цыплаков. Необходимо отметить оригинальные работы Г.А. Андреевской, М.С. Аслановой, А.К. Бурова, М.В. Классен-Неклюдовой по изучению влияния термической обработки и ряда других факторов на прочность стеклянных волокон и материалов на их основе.

Во второй главе рассматриваются вопросы разработки математической модели технологического процесса изготовления препрега. Для этого определены особенности данного процесса и основные задачи моделей для целей оперативного управления и получения препрега с заданными свойствами.

Рассматриваемая модель контролирует четыре процесса при изготовлении препрега, которые являются в значительной степени самостоятельными, хотя и взаимосвязанными процессами:

- подсушка стеклоткани, необходимая для устранения замасливателя;
- пропитка стеклоткани, характеризующаяся показателями связующего;
- сушка стеклоткани, характеризующаяся показателями удаления летучих;
- перемещение стеклоткани с постоянной скоростью и сматывания готового препрега в рулон.

Качество выполнения одного процесса влияет на выполнение последующих операций. Контроль параметров одного процесса осуществляется независимо от других.

Подсушка и сушка стеклоткани являются сложными теплообменными процессами. Влага из влажного материала к поверхности раздела фаз перемещается за счет массопроводности, а от поверхности раздела фаз в ядро газового потока - за счет конвективной диффузии. Диффузия влаги в ткани происходит не только вследствие градиента влагосодержания материала, но и под действием температурного градиента.

Кинетика сушки характеризуется изменением во времени средней влажности ткани. Зависимость между средней влажностью материала и временем сушки изображается кривой сушки (рис.1).

Кривая сушки состоит из нескольких участков, соответствующих различным периодам сушки. A_1B_1 - участок прогрева ткани до температуры

сушки; B_1C_1 – участок постоянной скорости сушки (I период), когда теплота, подводимая к материалу, расходуется на испарение влаги. Этот период продолжается до достижения критической влажности $W_{кр}$. После этого наступает период падающей скорости, когда влажность ткани выражается кривой CE , а температура ткани начинает повышаться по кривой C_1E_1 (II период). При достижении равновесной влажности $-W_p$ прекращается удаление влаги из материала. Температура достигает значения температуры теплоносителя ($t.E_1$). Для достижения равновесной влажности требуется значительное время.

Скорость сушки представляет собой изменение влажности (влажность) в единицу времени: dw/dt (в %/ч), или dx/dt (в c^{-1}).

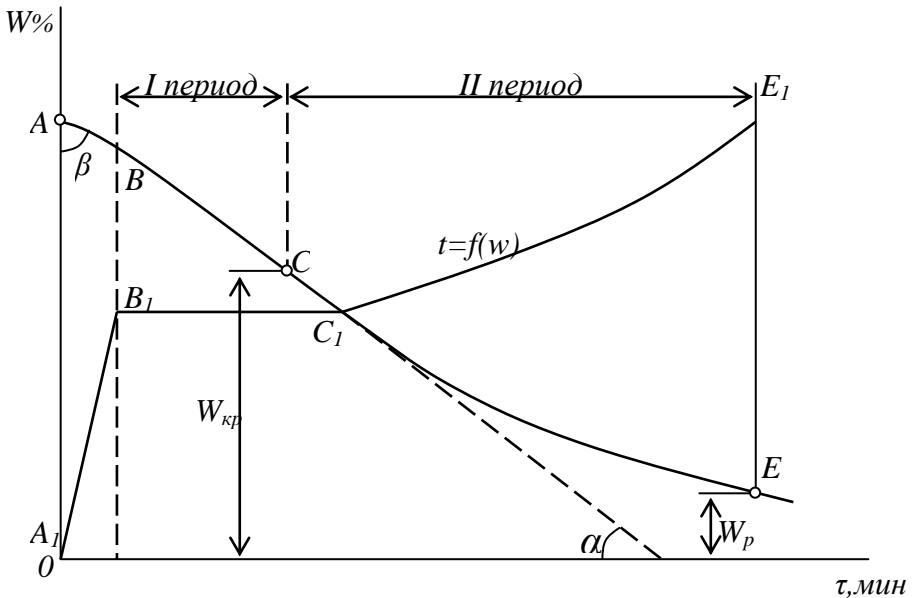


Рисунок 1- Кривая сушки

Из графика кривой сушки следует, что СУ должна быть адаптивно построена для контроля влажности ткани и изменения температуры в сушильной камере в функции $t = f(w)$. Скорость сушки определяет один из важнейших технологических параметров сушки - ее интенсивность. Интенсивность испарения влаги из материала определяется количеством удаляемой влаги в единицу времени с единицы площади поверхности высушиваемого материала:

$$I = \frac{W}{\tau}, [\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}]. \quad (1)$$

Перемещение вещества в капиллярно-пористых материалах может осуществляться одновременно под действием градиентов концентраций и

температур. Последнее обстоятельство вызывает явление термодиффузии, которое особенно сильно проявляется при жестких режимах сушки, когда появляются значительные градиенты температур в материале.

$$i = \frac{dW}{Sd\tau} = \pm k\rho_{m\phi} \left(\frac{\partial X}{\partial l} + \delta \frac{\partial t}{\partial l} \right), \quad (2)$$

где k – коэффициент массопроводности, $m^2/ч$;

$\rho_{тв}$ – плотность абсолютно сухого материала, $кг/м^3$;

X – влагосодержание материала, $кг$ на 1 $кг$ абсолютно сухого материала;

$\partial t / \partial l$ – нормаль к изотермической поверхности;

δ – коэффициент термовлагопроводности, $К^{-1}$;

t – температура, $К$.

Первый член уравнения (2) характеризует перенос вещества под действием градиента концентраций, второй член уравнения под действием градиента температур.

Кинетические коэффициенты k и δ в этом уравнении являются функциями температуры и влажности тела. Поэтому перенос влаги во влажном теле следует рассматривать совместно с распространением теплоты в материале, которое описывается законом теплопроводности Фурье

$$\frac{dQ}{Sd\tau} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}. \quad (3)$$

На основании приведенных уравнений теплопроводности получена система дифференциальных уравнений тепломассопереноса в капиллярно-пористом теле

$$\frac{\partial X}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial l} \left(k \frac{\partial X}{\partial l} + k\delta \frac{\partial t}{\partial l} \right), \quad (4)$$

$$c\rho_{m\phi} \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial l} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial l} \right) + \varepsilon r \frac{\partial X}{\partial \tau}, \quad (5)$$

где $\varepsilon = dX_{\phi}/dX$ – критерий фазового превращения – отношение локального бесконечно малого изменения влагосодержания за счет фазового превращения (испарения или конденсации) к общему локальному изменению влагосодержания;

r – теплота испарения, $кДж/кг$.

Коэффициенты λ , c , ε , r в этом уравнении являются переменными величинами, зависящими от влажности и температуры тела. Первое уравнение описывает скорость изменения влагосодержания в твердом теле под действием градиентов влажности и температур. Второе уравнение характеризует скорость изменения температурного поля за счет теплопроводности и внутреннего испарения.

При конвективной сушке термодиффузионный поток влаги преобладает над концентрационной диффузией. Под влиянием термического градиента ∇t , который развивается быстрее, чем концентрационный ∇X , влага стремится переместиться внутрь тела. Потоки массы влаги и теплоты совпадают по

направлению. В то же время происходит испарение жидкости на поверхности тела, что приводит к увеличению градиента влагосодержания в теле. Когда $\nabla X > \delta > \nabla t$, направление потока влаги изменяется и влага перемещается из внутренних слоев к поверхности тела. Рассмотренный механизм процесса приводит к практическим выводам, а именно: высушиваемый материал должен периодически, а не постоянно находиться в зоне облучения.

Общее время сушки определяется

$$\tau_{\text{ит}} = \tau_1 + \tau_2, \quad (6)$$

где τ_1 – продолжительность сушки в первом периоде, ч;

τ_2 – продолжительность сушки во втором периоде, ч.

Значение τ_1 определяют из основного уравнения теплопередачи

$$\tau_1 = \frac{W}{B_x S \Delta x_{cp}}, \quad (7)$$

где Δx_{cp} – средняя движущая сила процесса;

W – количество испаренной жидкости, кг;

B_x – коэффициент, зависящие от формы поверхности тела на j -м направлении и величины изменения влажности;

S – площадь поверхности контакта фаз, м².

Продолжительность сушки во втором периоде определяется по методу Шервуда–Лькова. Кинетический закон для второго периода имеет вид

$$\tau_2 = \frac{G}{KS} 2,31 \lg \frac{X_{кр} - X_p}{X_k - X_p}, \quad (8)$$

где K – коэффициент скорости сушки, кг/(м²·ч·кг на 1 кг сухого материала);

X_k – влагосодержание материала в данный момент, кг на 1 кг сухого материала;

X_p – равновесное влагосодержание материала, кг на 1 кг сухого материала;

G – масса высушиваемого материала, кг.

Пассивный эксперимент проведен на установке по изготовлению препрега на КумАПП. Данные по процессу сушки представлены в диссертационной работе. Графики, полученные в результате эксперимента, представлены на рис.2

В результате аппроксимации переходной характеристики по методу площадей получили допустимые отклонения, точность аппроксимации составляет $\delta = 3,9\%$. Процесс сушки препрега аппроксимируется передаточной функцией, характерной для колебательного звена

$$W \approx \frac{k}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1}. \quad (9)$$

В результате выполненного экспериментального исследования был дан глубокий анализ модели процесса, осуществлено ранжирование факторов и отсеяно тех факторов, влияние которых на выходные параметры проходит на

нулевом уровне. Выявлены следующие факторы, статистически значимо влияющие на качество препрега:

- x_1 – температура подсушки стеклоткани;
- x_2 – температура сушки стеклоткани;
- x_3 – скорость движения стеклоткани.

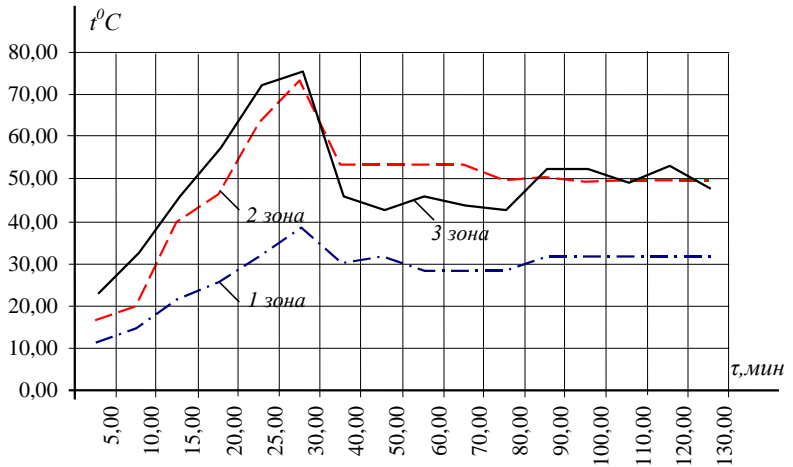


Рисунок –2 Графическое изображение процесса сушки ткани по 3 зонам

Математическая модель представляет собой уравнение, связывающее выходной параметр с факторами, влияющими на качество препрега. Это уравнение, в общем, виде можно записать:

$$y_x = 11,73 + 0,98x_1 + 0,947x_2 + 0,922x_3. \quad (10)$$

Анализ кинетики сушки показал, что процесс сушки пропитанной стеклоткани должен проходить циклами, с увеличением температуры по трем зонам. В результате анализа экспериментальных данных с использованием традиционного математического аппарата выявлено, что необходимо управлять скоростью движения стеклоткани в установке. Операции ТП сушки, подсушки напрямую зависят от скорости движения ткани и в конечном итоге влияют на качество препрега. Для поддержания параметров на заданном уровне необходимо создание автоматизированной системы управления процессом.

В третьей главе проведен анализ процесса перемещения стеклоткани с постоянной скоростью и намотки готового препрега на гильзу приемного устройства.

В результате эксперимента выявлено, что скорость движения стеклоткани влияет на процесс пропитки связующим. Чем быстрее движется ткань, тем меньше времени она находится в пропиточной ванне, и, следовательно,

качество пропитки снижается. При этом натяжение наполнителя растет. Проведенный обзор работ, посвященных вопросам изготовления стеклопластиков, показал важную роль натяжения волокнистого наполнителя методом намотки. Проведенный эксперимент позволяет сделать вывод, что главная задача натяжения – это выравнивание волокон.

В установке по изготовлению препрега электропривод натяжного устройства используется для сматывания полуфабриката в рулон. Для этого рулон должен иметь правильную цилиндрическую форму с ровной боковой поверхностью. Процесс намотки должен проходить при постоянном натяжении и сохранении неизменной линейной скорости в полосе во время всех операций процесса.

На основании проведенного анализа предложено, частотное управление асинхронным двигателем (АД) на основе преобразователя частоты, которое позволит получить регулирование скорости в процессе при изменении диаметра рулона и сохранять неизменным натяжение в полосе.

На сегодняшний день регулирование скорости с изменением частоты для двигателей переменного тока широко используется во многих отраслях промышленности, где необходимо плавное регулирование скорости и как энергосберегающий метод.

В работе рассмотрена функциональная схема регулирования скорости асинхронного двигателя с управлением по вектору потокосцепления. Система имеет два канала управления: модуля вектора потокосцепления и угловой скорости ротора. Это позволяет осуществить независимое раздельное регулирование модуля вектора потокосцепления ротора $|\psi_r|$, а значит, намагничивающего тока статора $I_{sx} = I_u$ и скорости ротора и активного тока статора $I_{sy} = I_a \text{ см}$. Контур регулирования тока I_{sx} является внутренним относительно контура регулирования потока ψ_r , а контур регулирования тока I_{sy} является внутренним относительно контура регулирования скорости ω .

В соответствии с методикой расчета систем подчиненного регулирования, каждый из контуров канала потокосцепления настраивается на модульный оптимум с применением ПИ – регуляторов.

Предложенная система управления двигателя переменного тока позволяет производить установку значений и измерение скорости для различного рода волокнистых наполнителей, используемых для получения препрега, и внедрена на КумАПП. Рассмотренный метод обеспечивает стационарность процесса и позволяет перейти к автоматическому контролю и регулированию скорости движения стеклоткани в процессе.

В четвертой главе разработаны структура автоматизированной системы управления, алгоритмы управления, одновременно протекающими операциями технологического процесса изготовления препрега (рис. 4) и решена задача моделирования ТП с использованием SCADA-системы TRACE MODE.

В работе предложена трехуровневая система управления, с помощью которой можно решить функциональные задачи управления технологическим оборудованием с помощью современных средств автоматизации. Эти средства распространяются на нижний (управление локальным оборудованием) и средний (координированное управление оборудованием) уровни управления и ориентированы на связь с верхним (административным) уровнем.

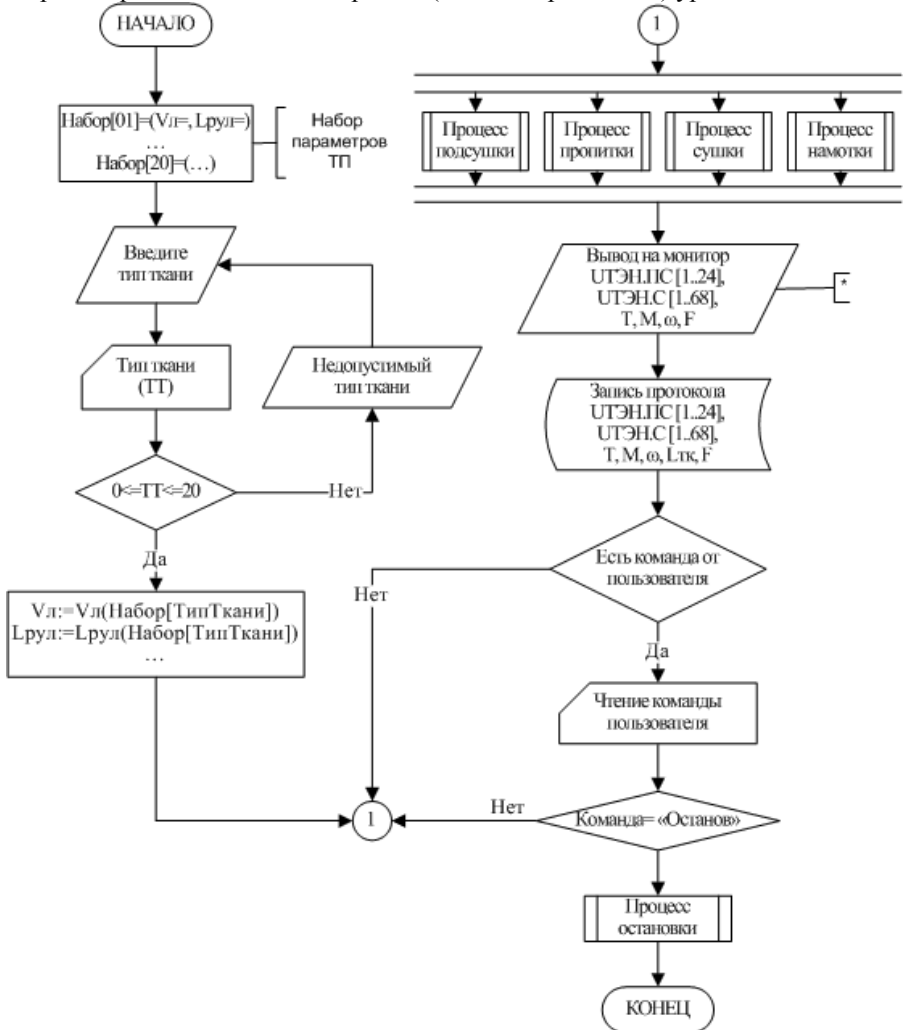


Рисунок 4 – Алгоритм управления ТП изготовления препрега

* – $U_{ТЭН}$ – напряжение на ТЭН в контурах сушки и подсушки;
 Т – натяжение ткани; М – момент двигателя; ω – угловая скорость;
 F – усилие отжимных роликов.

На верхнем уровне АСУ ТП на базе компьютера организованы автоматизированные рабочие места операторов – технологов. Схема функционирования АСУ ТП представлена на рис.5.

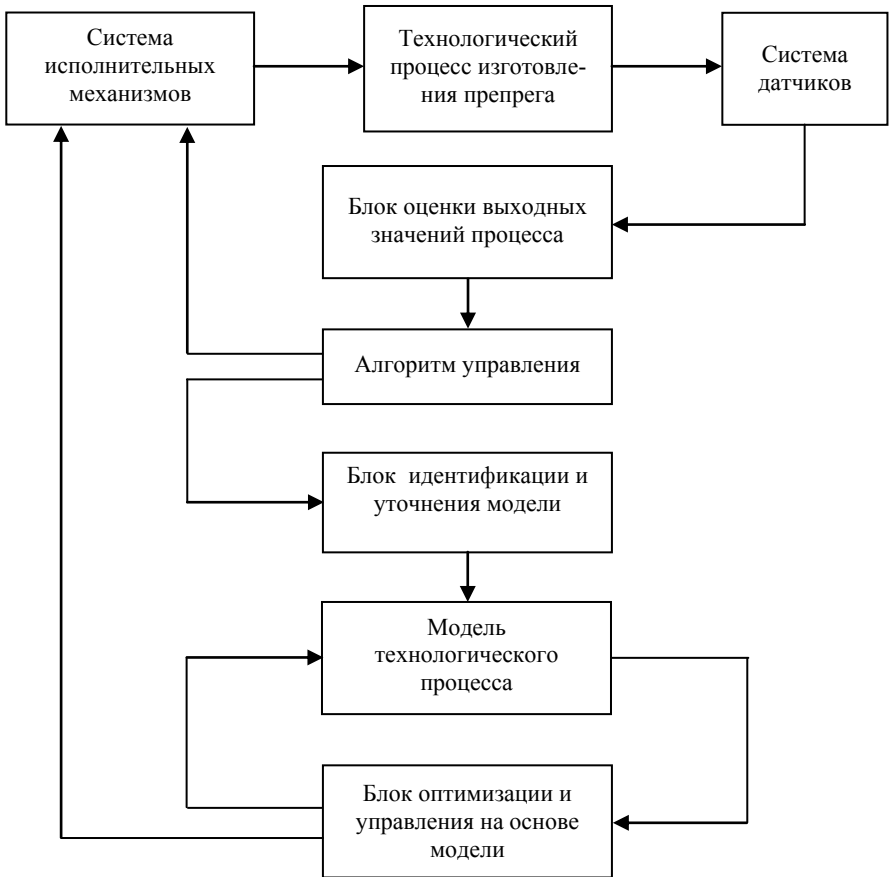


Рисунок 5 - Схема функционирования АСУ ТП

Система управления выполнена на базе программируемых контроллеров SLC-500. Процессор SLC5/03 поддерживает параллельное многопоточное выполнение, самостоятельно распределяя инструкции нескольких потоков между своими внутренними устройствами. В случае использования параллельного языка программирования создается несколько параллельных процессов. В операционной системе определены потоки и процессы, то есть такие системы поддерживают многопоточные процессы. Исполнительная система представляет информацию о потоках программы операционной системе.

Пользовательские потоки превращаются в самостоятельные исполнительные единицы, и задачу их планирования берет на себя операционная система. Это значит, что процессы могут выполняться параллельно на разных процессорах системы.

Практическая реализация, визуализация процесса работы и вмешательство в процесс происходит при помощи SCADA-системы. SCADA-система на основе программного продукта TRACE MODE – это интегрированная система, позволяющая решать задачи автоматизации технологических процессов. Информация от различных датчиков ТП поступает на вход систем SCADA. На этом уровне осуществляется оперативное управление ТП, принимаются тактические решения. Технология TRACE MODE включает в себя графику, внутренние переменные, алгоритмы обработки данных, шаблоны отчетов, библиотеку ресурсов и обеспечивает работу контроллеров в режиме жесткого реального времени. Разработанная мнемосхема АСУ ТП установки изготовления препрега, отражает состояние хода процесса и осуществляет архивацию параметров процесса.

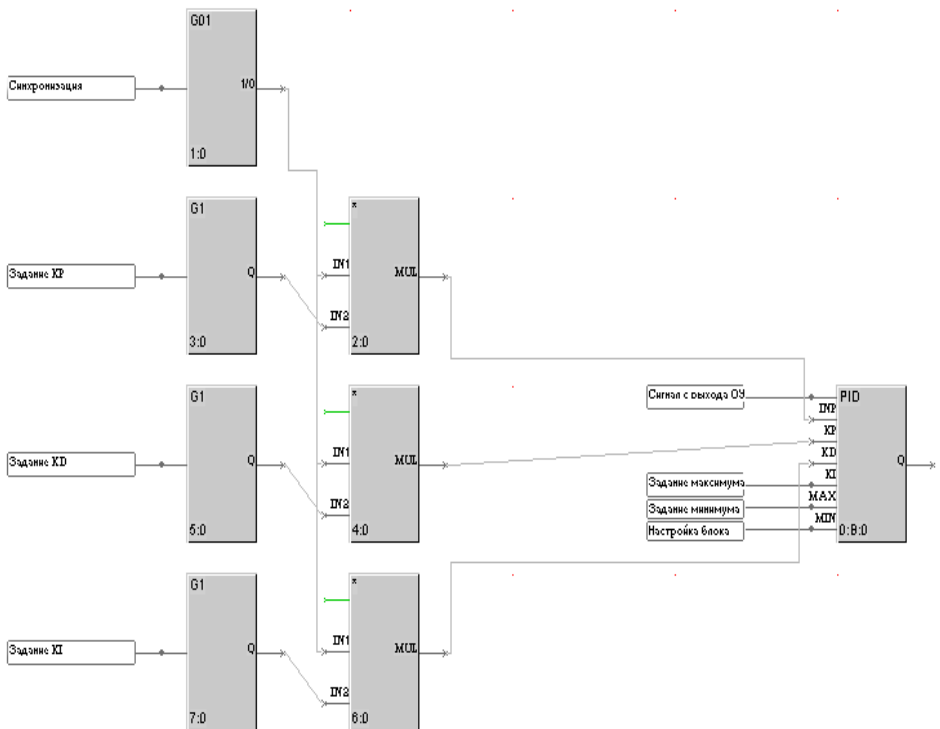


Рисунок 6- FBD – блок адаптивного регулирования

Для программирования SCADA–система TRACE MODE располагает тремя визуальными и двумя текстовыми языками, соответствующими международному стандарту IEC 1131–3. Techno FBD (Function Block Diagram) является языком визуального программирования. Все алгоритмы, написанные с помощью языка функциональных блоков FBD, работают в нормированном времени. Нормирование осуществляется по величине периода квантования (опроса) для данного канала. Величина периода опроса канала может устанавливаться и изменяться оператором при работе монитора реального времени, следовательно, все динамические параметры алгоритмов управления (например, коэффициенты ПИД–регулятора) должны быть пересчитаны в соответствии с новым значением периода. В работе разработан алгоритм управления на основе FBD–блоков с использованием модуля адаптивного ПИД–регулирования, который позволяет автоматически определять оптимальные настройки ПИД–регуляторов для ТП изготовления препрега при различной динамике параметров, и осуществляет непосредственное цифровое управление по алгоритму с фильтрацией данных (рис. 6).

Модуль автоподстройки ПИД–регуляторов позволяет осуществлять автоматическую подстройку параметров ПИД–регуляторов при скачке задания и работает в паре с модулем блока адаптивного регулирования (рис.7).

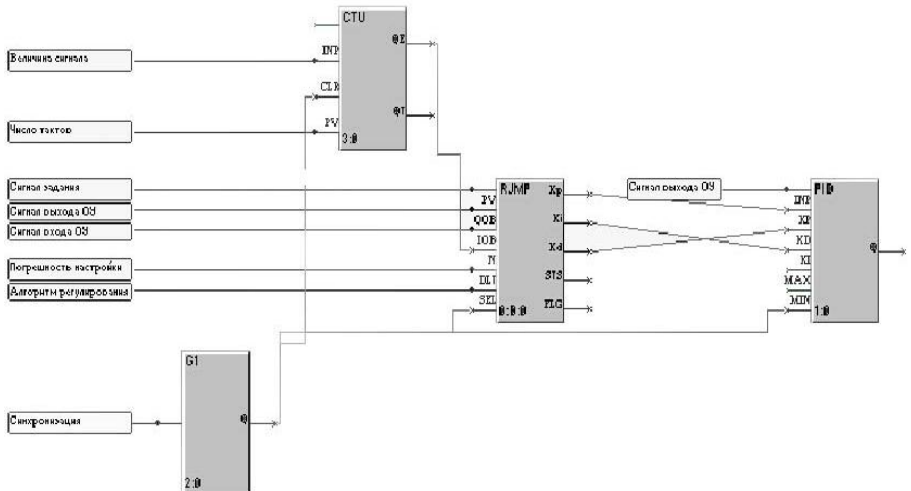


Рисунок 7 – FBD – блок автоподстройки ПИД – регулятора

Результаты полученных переходных характеристик с применением алгоритма адаптивного регулирования для процесса сушки стеклоткани в процессе изготовления препрега представлены на рис.8.

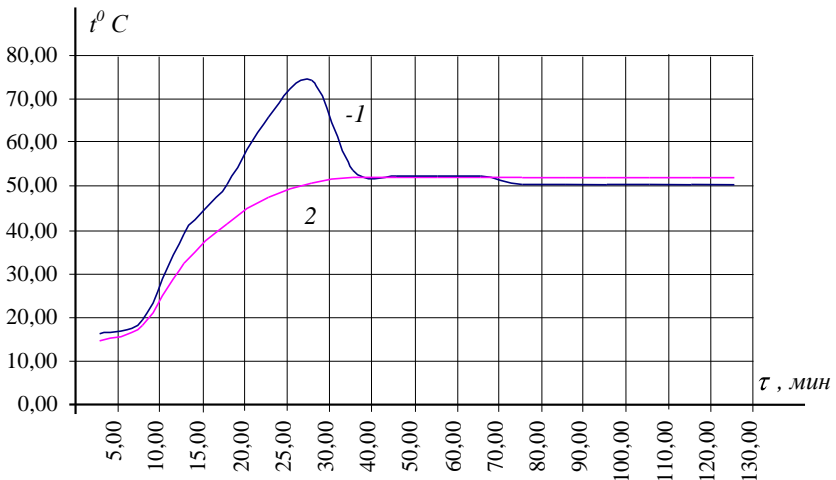


Рисунок 8 – Сопоставление переходных характеристик процесса сушки, полученных: 1 – экспериментальным путем; 2 – с применением алгоритма адаптивного регулирования.

Переходная характеристика процесса сушки, полученная экспериментальным путем, отражает колебательный процесс с величиной перерегулирования 44%. При использовании модуля адаптивного регулирования получен апериодический процесс с уменьшением времени регулирования по зонам на 10-12 мин.

Таким образом, по результатам проведенной работы можно сделать вывод, что использование адаптивного ПИД-регулирования позволяет добиться хорошего качества переходных процессов и автоматически определять оптимальные настройки ПИД-регуляторов для ТП изготовления препрега при различной динамике параметров.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В диссертационной работе поставлена и решена важная для авиастроения задача – автоматизация процесса изготовления препрега, являющегося основой при производстве изделий авиационной техники.

1. На основе анализа существующих технологических процессов изготовления препрега, методов и средств идентификации определены показатели качества препрега, зависящие от физико-химических свойств волокнистых наполнителей, характеристик связующего и параметров динамики процесса.

2. Разработана математическая модель процессов подсушки стеклоткани и сушки препрега, которая связывает параметры скорости, размеры сушильной камеры и времени нахождения ткани в зоне сушки при определенной температуре. Адекватность модели подтверждается результатами эксперимента. В результате

эксперимента выявлены факторы, статистически значимо влияющие на качество препрега.

3. На основе математического описания разработан алгоритм управления, учитывающий многофакторность процесса и разработана структура автоматизированной системы управления по показателям качества.

4. Выполнена программная реализация структуры системы управления по модели, которая позволяет осуществлять адаптацию к изменению внешних факторов.

5. Использование АСУ ТП позволяет улучшить качество препрега, повысить эффективность его изготовления за счет экономии по текущим затратам. Срок окупаемости затрат на создание и внедрение АСУ составляет менее года для стеклоткани Т–25. Экономический эффект от внедрения составляет 94267 рублей за год.

ПУБЛИКАЦИИ, ОТРАЖАЮЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В рецензируемых журналах из списка ВАК

1. Методология проектирования систем автоматизации технологических процессов производства изделий из композитов / Л.Ю. Полякова, А.И. Даутов, Е.А. Закурдаева, Н.И. Тюков. // Вестник Ижевского государственного технического университета. Ижевск : Изд-во ИГТУ, 2007. №2. С.27–31.

2. История и перспективы развития регулируемого электропривода / Л.Ю. Полякова. // История науки и техники. Уфа : Реактив, 2006. №4. С. 62–64.

В других изданиях

3. Оценка состояния механической системы / Л.Ю. Полякова. // Интеграционные евразийские процессы в науке, образовании и производстве : матер. Всерос. науч.–практ. конф. Уфа : Гилем, 2006. С. 114–119.

4. Современные преобразователи частоты / Л.Ю. Полякова. // Интеграционные евразийские процессы в науке, образовании и производстве : матер. Всерос. науч.–практ. конф. Уфа : Гилем, 2006. С. 127–130.

5. Автоматизация системы управления технологическим процессом протяжки стеклоткани / Л.Ю. Полякова, В.В. Матвеевко. // Интеграционные евразийские процессы в науке, образовании и производстве : матер. Всерос. науч.–практ. конф. Уфа : Гилем, 2006. С.101–109.

6. Кинетика сушки препрега / Л.Ю. Полякова, Н.И. Тюков, А.И. Даутов. // Матер. XXI Российской shk. по проблемам науки и технологий: краткие сообщения. Екатеринбург : УрО РАН, 2006. С.142–145.

7. Экспериментальная факторная модель производства полуфабриката полимерных композиционных материалов / Л.Ю. Полякова. // Международный сборник научных трудов. XXXIV вып. Воронеж: ВГПУ, 2006. С.121–125.

8. Разработка алгоритмов и программ АСУ ТП / Л.Ю. Полякова. // Вызовы XXI века и образование : матер. Всерос. науч.–практ. конф. [Электрон. ресурс], Оренбург : 2006. (1CD–RW).

9. Оптимальное управление ТП изготовления изделий из композиционных материалов / Л.Ю. Полякова. // Вызовы XXI века и образование : матер. Всерос. науч.–практ. конф. [Электрон. ресурс], Оренбург : 2006. (1CD–RW).

10. Состояние окружающей природной среды и основные экологические проблемы г. Кумертау / Л.Ю. Полякова, Н.И. Тюков. // Экологические технологии в нефтепереработке и нефтехимии : матер. науч.–практ. конф. Уфа : Изд-во ГУП ИНХП, 2003. С.22–25.

Диссертант

Л.Ю. Полякова

ПОЛЯКОВА Лариса Юрьевна

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕПРЕГА ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами
(по отраслям)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

