

## ОТЗЫВ

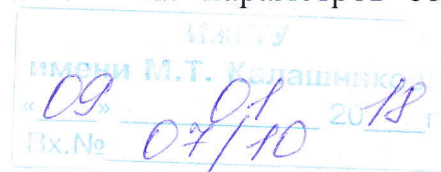
официального оппонента д.т.н. Аношкина Александра Николаевича на диссертационную работу Хариновой Юлии Юрьевны "Методика прогнозирования качества изготовления стеклопластиковых оболочек методом намотки", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - "Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике)"

Диссертационная работа Хариновой Ю.Ю. посвящена разработке комплексной научно-обоснованной методики прогнозирования и управления качеством изготовления стеклопластиковых оболочек методом намотки в условиях серийного производства.

### **Актуальность темы исследования.**

Композиционные материалы различного типа давно и успешно используются при создании деталей и узлов ракетно-космической техники: корпусов двигателей, межступенчатых отсеков, головных обтекателей и тп.. При этом для изготовления оболочек часто применяется технология намотки. Намотка выполняется ровингами и препрегами на основе стеклянных, органических и углеродных волокон. В настоящее время технология намотки стекловолокном широко используется и для создания коррозионно-стойких труб, емкостей для химических производств и баллонов давления различного назначения.

Для обеспечения качества изделий из композиционных материалов, получаемых методом намотки, разработан и используется ряд мероприятий, однако задача повышения качества в условиях серийного производства при этом по-прежнему является актуальной. Это обусловлено сложностью технологического процесса изготовления изделий из композиционных материалов. В процессе изготовления происходит целый ряд механических и физико-химических преобразований в компонентах композиционного материала. Сам композиционный материал создается в едином технологическом цикле вместе с отдельным изделием и свойства его являются, в некоторой степени, уникальными, реализованными в конкретном изделии. Поэтому проблема описания и учета влияния параметров этих



процессов на качество получаемых деталей является сложной. Отдельные аспекты этой проблемы рассматривались в литературе, однако, постановка и решение её в комплексе на основе системного многофакторного анализа в диссертационном исследовании Хариновой Ю.Ю. является актуальным и обладает несомненной научной новизной.

Диссертационная работа имеет объем 195 страниц, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературных источников на 102 наименования и двух приложений.

**В первой главе** диссертационной работы приведен аналитический обзор основных технологий, используемых в производстве стеклопластиковых изделий. Кратко описаны типы основных наполнителей и связующих, технологические методы изготовления стеклопластиковых изделий, рассмотрена технология изготовления стекловолокна и его переработки в стекложгут. Несколько подробнее рассмотрена технологическая схема изготовления корпусных деталей методом намотки. Сформулирована проблема диссертационного исследования, заключающаяся в создании математической модели, учитывающей максимальное количество факторов, для управления качеством наматываемых стеклопластиковых оболочек, и обоснован выбор системного анализа в качестве метода исследований.

**Во второй главе** выполнен системный анализ математических моделей, описывающих технологический процесс изготовления стеклопластиковых оболочек методом намотки. Исследуемый технологический процесс рассмотрен с позиций системного анализа, как сложная техническая система. Разработана структурная схема этой системы, определены её элементы, параметры, комплексы внешних факторов и управляющих воздействий. Описаны функциональные схемы и связи элементов исследуемой системы для достижения поставленной цели – получения качественной оболочки. Разработан алгоритм методики прогнозирования качества стеклопластиковой оболочки по системе критериальных показателей процесса изготовления оболочки. Предложено

разделить все показатели на два класса – качественных и количественных (интегрированных) и получить на основе аддитивного принципа два соответствующих обобщенных показателя. Значения показателей должны определяться с помощью математических моделей и математических зависимостей, в которые входят назначаемые и вычисляемые параметры технической системы. Приведен перечень этих параметров.

**В третьей главе** подробно рассмотрены методы и средства определения параметров технической системы «Изготовление стеклопластиковых оболочек методом намотки». Выделены и установлены интервалы возможных значений параметров управления технической системой.

**В четвертой главе** сформулированы математические выражения для критериальных показателей исследуемой технической системы. Выделены три этапа процесса функционирования системы: пропитка, намотка и отверждение. Для каждого этапа определен набор показателей на основе вышерассмотренных параметров технической системы. Параметры при этом определяются экспериментально по методам, рассмотренным в предыдущей главе, либо вычисляются с помощью приведенных в данной главе известных математических зависимостей.

**В пятой главе** приведен пример решения задачи выбора параметров технологического процесса изготовления конкретной оболочки. С помощью соотношений главы 4 построены зависимости показателей критичности от значений соответствующих параметров технической системы «Изготовление стеклопластиковых оболочек методом намотки». Проанализировано их влияние на показатели критичности и определены значения параметров, обеспечивающие получение оболочки высокого качества. Рассмотрено три варианта оптимизации технологического процесса по критерию минимальная масса, максимальная прочность, максимальная экономичность оболочки.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации** вполне достаточна и следует из анализа содержания научно-квалификационного труда соискателя.

## **Научная новизна**

1) Впервые сформулирована постановка задачи исследования технологического процесса изготовления оболочек методом намотки с позиции системного анализа; разработана структурная схема системы «Изготовление стеклопластиковых оболочек методом намотки», определены её элементы, параметры, внешние факторы, управляющие воздействия.

2) Предложен комплекс критериальных показателей для системы «Изготовление стеклопластиковых оболочек методом намотки», определяемых через параметры системы с помощью известных математических зависимостей или способов измерения; найдены управляющие параметры системы.

3) Разработан алгоритм методики прогнозирования качества стеклопластиковой оболочки по системе критериальных показателей системы. Предложены обобщенные показатели, позволяющие свести многокритериальную задачу прогнозирования качества к однокритериальной задаче и учесть более 150 различных параметров системы.

4) Выявлены закономерности показателей критичности от значений соответствующих параметров для типичного технологического процесса намотки конической стеклопластиковой оболочки. Предложен алгоритм оптимизации технологического процесса намотки оболочки по критериям минимальной массы, максимальной прочности и максимальной экономичности.

**Теоретическая значимость полученных автором результатов** определяется использованием системного анализа для исследования технологического процесса изготовления оболочек методом намотки и разработкой структурной схемы системы «Изготовление стеклопластиковых оболочек методом намотки», включая определение её элементов, параметров, комплексов внешних факторов, управляющих воздействий, критериальных показателей.

**Практическая значимость полученных автором результатов** определяется использованием разработанных математических моделей для

автоматизации расчетов параметров технологических процессов пропитки, намотки и отверждения стеклопластиковых оболочек, изготавливаемых по технологии намотки, и созданием новой методики прогнозирования качества и оптимизации оболочек. Возможности методики проиллюстрированы на практическом примере выбора параметров технологического процесса для обеспечения качества и оптимизации конической стеклопластиковой оболочки. Математические модели и методика использовалась автором для расчета технологических параметров и усовершенствования технологического процесса изготовления стеклопластиковых оболочек на АО «Воткинский завод». Практическая значимость работы подтверждена актом внедрения результатов исследования на указанном предприятии.

#### **Замечания по диссертационной работе.**

По диссертационной работе Хариновой Юлии Юрьевны имеются следующие замечания:

1. Аналитический обзор состояния вопроса является несколько поверхностным. Автор кратко рассматривает историю применения стеклопластиков, основные технологии создания изделий из них и даже основы технологии производства стекловолокна. При этом недостаточно полно проведен обзор по технологии намотки, которая и является предметом настоящего исследования. Не рассмотрены варианты спиральной намотки оболочек с днищами, особенности применения песчано-полимерных оправок. Не обсуждаются возможности использования при намотке оболочек ровингов и препрегов на основе органических и угольных волокон. В связи с этим возникает вопрос: насколько широко ставится задача по разработке методики прогнозирования качества наматываемых изделий, позволяет ли она прогнозировать качество намотанных стеклопластиковых баллонов давления с днищами, труб и фасонных деталей трубопроводов (отводы, тройники), насколько будет возможно обобщение разрабатываемой методики при использовании для намотки органических и углеродных волокон?

2. Во второй главе диссертации, насколько обосновано получение интегральных показателей по аддитивному методу свертки? При этом возможна ситуация «компенсация» уровня качества изделия обусловленного низким значением одного критериального показателя за счет высокого значения другого показателя. Причем это может происходить на нескольких этапах вычисления интегрального показателя. Например, может ли снижение качества за счет значения критериального показателя адгезии стеклопластика к оправке компенсироваться значением критериальными показателями точности размеров оправки? Возможно, для некоторых групп показателей предпочтительней использовать мультипликативный метод вычисления интегрального показателя? Почему интегрированный критериальный показатель получается с использованием весовых коэффициентов для различных групп критериев, а для качественного показателя такой подход не используется?
3. Во второй и третьей главе диссертации, при разработке структурной схемы технической системы «Изготовление стеклопластиковых оболочек методом намотки» и определения её параметров автор использует детерминированный подход. Однако известно, что ряд параметров системы являются случайными величинами. При измерении значений этих параметров стандартными методами предусматривается статистическая обработка результатов - вычисление средних значений и дисперсий. Кроме того и в тексте диссертации автор неоднократно упоминает о «вероятности» появления критической ситуации при определенных значениях критерия, понимая стохастическую природу исследуемого процесса. Возникает вопрос насколько обосновано использование детерминированного подхода в разрабатываемой методике и как следует учитывать дисперсионные характеристики параметров системы, определяемые экспериментально?
4. Из текста диссертации на стр. 131 и 132 не ясно как было установлено оптимальное значения угла смачивания ( $26^\circ$ ) связующим армирующей

основы для полной пропитки? Было ли это выполнено в диссертационном исследовании или другими авторами? Почему на стр. 132 указано, что полная пропитка происходит при некоторых конкретных значениях углов смачивания  $37^\circ$ ,  $51^\circ$ ,  $62^\circ$  и т.д., чем это объяснить? Относится ли это значения угла к конкретной марке связующего и ровинга или эта рекомендация имеет общий характер?

5. Одним из важных параметров, определяющих прочность стеклопластикового изделия, является адгезионная прочность связующего к армирующему наполнителю. Такие изделия имеют низкую трещиностокость, межслоевую прочность, излом стеклопластика имеет характерное распушение волокон. Снижение адгезионной прочности может быть вызвано рядом факторов, например, повышенной влажностью наполнителя, некачественным удалением аппрета и т.п. Одним из косвенных методов прогнозирования адгезионной прочности в готовом изделии на этапе изготовления оболочки мог бы являться угол смачивания связующим армирующей основы. Из диссертации не ясно, учитывается ли параметр адгезионной прочности связующего к армирующему наполнителю в разработанной методике прогнозирования качества стеклопластиковых оболочек?

Сделанные замечания не ставят под сомнение значимость представленных в диссертации результатов и квалификацию исполнителя.

Автореферат диссертации полностью отражает содержание диссертационной работы. По результатам диссертационной работы имеется девять публикаций, в том числе, четыре статьи в журналах, рекомендованных ВАК, из них 3 журнала входят в список Scopus. Диссертационная работа хорошо оформлена, приведена подробная система обозначений и сокращений, обеспечивающее хорошее понимание текста и содержание таблиц, имеется два приложения с актом внедрения и средствами измерения ряда параметров технологического процесса изготовления стеклопластиковых оболочек методом намотки, текст работы написан правильным научным языком.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней».**

Суммируя вышесказанное можно утверждать, что диссертационная работа Хариновой Юлии Юрьевны на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи системного анализа технологического процесса изготовления стеклопластиковых оболочек методом намотки для разработки новой методики прогнозирования и управления качеством изготовления оболочек, имеющей существенное значение для развития машиностроения.

Диссертационная работа Хариновой Ю.Ю. "Методика прогнозирования качества изготовления стеклопластиковых оболочек методом намотки" соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор Харинова Юлия Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - "Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике)".

Официальный оппонент - доктор технических наук, профессор кафедры механики композиционных материалов и конструкций ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
Адрес: 6149900, РФ, Пермский край, г. Пермь – ГСП, Комсомольский пр. 29  
E-mail: [rector@pstu.ru](mailto:rector@pstu.ru), телефон +7(342)2123927

  
А.Н. Аношкин

Докторская диссертация защищена по специальности  
01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела  
Адрес места основной работы:  
6149900, РФ, Пермский край, г. Пермь – ГСП, Комсомольский пр. 29.  
Рабочий телефон: +7(342)2391294; адрес электронной почты:  
[anoshkin@pstu.ru](mailto:anoshkin@pstu.ru)

Подпись А.Н. Аношкина заверяю



  
В.И. Макаревич

В.И. Макаревич