



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ, ОБРАЗОВАНИИ И ЭКОНОМИКЕ

Электронный журнал



**АЗОВ
№ 4 (6), часть 1
2017 г.**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В МАШИНОСТРОЕНИИ, ОБРАЗОВАНИИ
И ЭКОНОМИКЕ**

Электронный журнал

**№ 4 (6), часть 1
2017 г.**

Редакционная коллегия:

Председатель редакционной коллегии:

– **Жуков Сергей Васильевич**, канд. экон. наук., директор ТИ (филиала) ДГТУ в г. Азове

Члены редакционной коллегии:

- **Горис Татьяна Владимировна**, PhD., доцент кафедры «Технология и трудовые ресурсы» Государственного университета Питсбурга (штат Канзас)
- **Николаенко Денис Владимирович**, канд. техн. наук., доцент кафедры «Компьютерная инженерия» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»
- **Маргарита Млчохова**, переводчик Интеграционного центра поддержки иностранцев МВД Чешской Республики
- **Евгений Кирпач**, канд. техн. наук, сетевой аналитик "Clearcable Networks", Дандас, провинция Онтарио, Канада.
- **Таран Владимир Николаевич**, д-р. физ.-мат. наук, проф., зав кафедрой «Вычислительная техника и программирование» ТИ (филиала) ДГТУ в г. Азове
- **Гогитидзе Мери Вахтангиевна**, канд. эконом. наук., зав. кафедрой «Экономика и менеджмент» ТИ (филиала) ДГТУ в г. Азове
- **Долженко Артем Михайлович**, начальник отдела кадрового и общего обеспечения ТИ (филиала) ДГТУ в г. Азове
- **Дроздов Никита Алексеевич**, инженер отдела кадрового и общего обеспечения ТИ (филиала) ДГТУ в г. Азове

С 56 **Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике**
[Электронный ресурс]. 2017. Т. 7. № 4-1 (6). – 29 стр. ISBN 978-1-3702-2406-7

В журнале публикуются материалы в области развития научно-исследовательского потенциала образовательных организаций, обмена знаниями и опытом в области проектирования, внедрения и совершенствования перспективных инновационных методов и технологий в различных областях, формирования научной международной среды обучающихся для дальнейшего сотрудничества и обмена опытом.

ISBN 978-1-3702-2406-7

СОДЕРЖАНИЕ

Кривцова Алена Геннадиевна РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ КРИМИНАЛИСТИКЕ.....	5
Гогитидзе Мери Вахтангиевна Гогитидзе Нино Вахтангиевна СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА МАРКЕТИНГОВЫХ СТРАТЕГИЙ ПРОДВИЖЕНИЯ УСЛУГ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ КЛИНИКИ ООО «ДЕНТАЛ КЛАСС».....	8
Рыбалко Кристина Кястучио Оболенская Анна Александровна Бутрина Екатерина Геннадьевна ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ OPENMVLSHELL.....	12
Оболенская Анна Александровна Рыбалко Кристина Кястучио ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ.....	16
Таран Владимир Николаевич Долженко Артем Михайлович Рыбалко Кристина Кястучио МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	20
Рыбалко Кристина Кястучио МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-АРМИРОВАННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	24
Кирьянко Андрей Александрович ТЕРМОСТАБИЛЬНАЯ ОПОРНАЯ ПЛАТФОРМА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛЕСКОПА.....	27

TABLE OF CONTENTS

Krivtsova Alena Gennadievna ROLE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN MODERN FORENSICS	5
Gogitidze Mary Vahtangian Gogitidze Nino Vahtangian MODERN PRACTICE MARKETING STRATEGIES TO PROMOTE SERVICES DENTAL CLINIC LTD IS "DENTAL CLASS"	8
Rybalko Kristina Kyastuchio Obolenskaya Anna Aleksandrovna Butrina Ekaterina Gennadievna OVERVIEW OF POSSIBILITIES OF OPENMVLSHELL VISUAL MODELING SYSTEM.....	12
Obolenskaya Anna Aleksandrovna Rybalko Kristina Kyastuchio INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF MECHANICALLY DEGREATED STEELS	16
Taran Vladimir Nikolaevich Dolzhenko Artem Mihailovich Rybalko Kristina Kyastuchio* MATHEMATICAL MODELING OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS	20
Rybalko Kristina Kyastuchio MODELING OF TRANSVERSAL-REINFORCED FIBROUS COMPOSITE MATERIALS	24
Kiryanko Andrey Aleksandrovich THERMOSTABLE SUPPORT PLATFORM FROM POLYMER COMPOSITE MATERIALS FOR COSMIC TELESCOPES.....	27

УДК 004

РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОЙ КРИМИНАЛИСТИКЕ

Кривцова Алена Геннадиевна

Донской государственный технический университет,
Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове,
Азов, Россия

Аннотация

В статье проведен анализ негативного влияния развития инновационных технологий на рост преступлений в сфере информационных технологий и защиты информации. Обозначены причины появления и распространения таких преступлений. Рассмотрен вопрос внедрения новейших высокотехнологичных средств в процесс раскрытия преступлений и наиболее точного и скорейшего установления личности лица, совершившего преступления. Анализ показал необходимость оснащения органов внутренних дел современным оборудованием, новейшими компьютерными системами и программным обеспечением, а так же ускорения принятия правовых норм, регулирующих общественные отношения в сфере компьютерной деятельности и защиты информации.

Ключевые слова: *инновационные технологии, защита персональных данных, преступления в сфере информационных технологий, законодательство в области защиты информации, криминалистика.*

ROLE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN MODERN FORENSICS

Krivtsova Alena Gennadiievna

Don state technical University,
Technological institute (branch) of DGTU in Azov,
Azov, Russia

Abstract

The article analyzes the negative impact of the development of innovative technologies on the growth of crimes in the field of information technology and information protection. The reasons for the appearance and spread of such crimes are indicated. The issue of introducing the latest high-tech tools in the process of disclosure of crimes and the most accurate and early identification of the person who committed the crime was considered. The analysis showed the need to equip internal affairs with modern equipment, the latest computer system and software, and accelerate the adoption of legal norms governing public relations in the field of computer activities and information security.

Keywords: *Innovative technologies, protection of personal data, crimes in the field of information technology, legislation in the field of information security, criminalistics.*

В настоящее время в России сложилась и в целом эффективно функционирует правоохранительная система, отвечающая потребностям демократического и правового государства. В то же время правоохранительная деятельность государства требует своего дальнейшего развития и совершенствования форм и методов обеспечения правопорядка и общественной безопасности.

Процесс широкомасштабной компьютеризации при несомненной его прогрессивности имеет и негативные стороны, а именно возрос уровень профессионализма преступников, применением ими в своей преступной деятельности новейших технических достижений, использованием новых организационных форм. Преступления в сфере

информационных технологий в России приобретает серьезные масштабы, и по мнению многих авторов будет развиваться количественно и качественно. Ущерб от компьютерных преступлений может исчисляться суммами, эквивалентными нескольким сотням миллионов долларов США.

Для того, чтобы повысить эффективность работы правоохранительных органов по раскрытию и расследованию преступлений в настоящее время необходимо интегрировать в криминалистику новые компьютерные технологии и другие высокотехнологические средства, позволяющие ускорить и усовершенствовать процесс раскрытия преступлений. Применение современных информационных технологий при расследовании и раскрытии преступлений является важным и перспективным направлением, которое повышает эффективность работы сотрудников органов внутренних дел.

Как отмечает Александр Бастрыкин, СКР в своей работе использует научно-технические достижения в выявлении, закреплении и исследовании объективной доказательственной информации. Кроме того, постоянно расширяются возможности использования достижений науки и техники в административной и следственной практике, позволяют по-новому, на новом уровне решать конкретные вопросы раскрытия и расследования правонарушений.

Особое внимание Главным управлением криминалистики уделяется эффективности применения высокотехнологичной криминалистической техники, поставленной в централизованном порядке во все следственные органы СКР.

Например, «криминалистический источник света», с помощью которого следователи могут «разглядеть» невидимые следы на месте преступления. Особенность прибора в том, что он позволяет выявить следы преступления даже после значительного времени и воздействия различной среды (например, следы крови на сиденье автомобиля, который был затоплен в реке). Есть и специальные приборы, позволяющие считывать информацию с мобильных устройств, а также восстанавливать удаленные электронные документы (комплекс UFED). На вооружении следователей оптические устройства по выявлению скрытых видеокамер «Оптик-2», портативные высокоинтенсивные источники криминалистического света Projektina SL-450, «ИКС-450», «МИКС-450», георадары для дистанционного обнаружения металлических и неметаллических объектов в различных средах. Для обнаружения различных объектов под водой следователи используют эхолоты и тепловизоры. А для поиска электронных устройств есть специальные приборы - нелинейные локаторы. Поиск взрывчатых веществ, их следов обеспечивают портативные анализаторы.

Дактилоскопирование преступников производится на так называемом «живом» сканере, являющемся оптоэлектронным бесцветным устройством. Он формирует точное изображение папиллярного узора каждого пальца, контрольных оттисков, отпечатков ладоней. Полученные таким образом электронные дактилокарты сжимаются и передаются в любую другую АДИС. «Живой» сканер позволяет быстро получить высококачественные дактилокарты, проверить подозреваемого за 1-3 часа после задержания по всем следам с мест нераскрытых преступлений и установить его личность. В последние годы органами внутренних дел России стали использоваться портативные компьютеры, предоставляющие сотрудникам правоохранительных органов быстрый доступ к информации ежедневно обновляемых баз данных федерального и регионального уровней. Такая возможность способствует оперативному выявлению лиц, находящихся в розыске, и угнанного автотранспорта.

Осложнение криминогенной ситуации в сфере использования компьютерной техники ускорило принятие правовых норм, регулирующих общественные отношения, связанные с компьютеризацией человеческой деятельности. Принят Федеральный закон "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" от 27.07.2006 № 149-ФЗ, Федеральный закон "О персональных данных" от 27.07.2006 № 152-ФЗ, Федеральный закон "Об электронной подписи" от 06.04.2011 и 63-ФЗ и, наконец, гл. 28 Уголовного кодекса РФ «Преступления в сфере компьютерной информации». В эту главу включены

следующие составы: неправомерный доступ к компьютерной информации (статья 272), создание, использование и распространение вредоносных компьютерных программ (статья 273), нарушение правил эксплуатации средств хранения, обработки или передачи компьютерной информации и информационно-телекоммуникационных сетей (статья 274).

Все вышеизложенное свидетельствует об актуальности исследования новейших информационных технологий, улучшения использования научно - технических достижений в деятельности органов внутренних дел по предупреждению, раскрытию и расследованию преступлений, в целях предотвращения дальнейшего развития и роста преступлений в сфере информационных технологий и информации.

Литература

1. Российская газета - Федеральный выпуск № 7104 (236).
2. "Уголовный кодекс Российской Федерации" от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 07.06.2017).
3. Ищенко Е. П., Филиппов А.Г.. Криминалистика: Высшее образование; Москва; 2007.
4. Бурцева Е.В., Рак И.П., Селезнев А.В., Терехов А.В. Роль информационных технологий в профилактике и раскрытии преступлений / Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2008. № 2 (58). С. 479-482.

УДК 659.44

СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА МАРКЕТИНГОВЫХ СТРАТЕГИЙ ПРОДВИЖЕНИЯ УСЛУГ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ КЛИНИКИ ООО «ДЕНТАЛ КЛАСС»

Гогитидзе Мери Вахтангиевна, Гогитидзе Нино Вахтангиевна

Донской государственный технический университет,
Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове,
Азов, Россия

Аннотация

В статье представлены результаты применения ООО «Дентал Класс» маркетинговых стратегий продвижения стоматологических услуг на рынке Ростова-на-Дону, а также предложены мероприятия по модернизации маркетинговых стратегий и маркетинговой деятельности клиники в области медицинского обслуживания населения.

***Ключевые слова:** стратегии продвижения стоматологических услуг, стратегии развития рынка стоматологических услуг, средства стимулирование спроса потенциальных клиентов клиники.*

MODERN PRACTICE MARKETING STRATEGIES TO PROMOTE SERVICES DENTAL CLINIC LTD IS "DENTAL CLASS"

Gogitidze Mary Vahtangian, Gogitidze Nino Vahtangian

Don state technical University,
Technological institute (branch) of DGTU in Azov,
Azov, Russia

Abstract

The article presents the results of the application of OOO Dental Class"marketing strategies of advance of dental services on the market of Rostov-on-don, as well as proposed measures for the modernization of marketing strategies and marketing activities of the clinic in the field of medical care.

***Keywords:** promotion strategy for dental services, the strategy of development of the market of dental services, stimulation of demand potential clients of the clinic.*

Введение. Современный рынок стоматологических услуг характеризуется преобладанием высокой конкурентной борьбы, как в области применения инновационных технологий лечения и протезирования, так и принятием управленческих решений в областях кадрового состава клиник, финансового состояния и материально-технической базы стоматологического учреждения.

На сегодняшний день в городе Ростове-на-Дону зарегистрировано более 100 стоматологических клиник и кабинетов, оказывающих стоматологические услуги населению города. Каждая клиника применяет совокупность средств и методов стимулирования спроса, на стоматологические услуги, исходя из конкурентных преимуществ организации. Однако к стоматологическим услугам, как к одному из направлений развития частного бизнеса, следует применять определенные средства продвижения продаж, отличающиеся от сферы сбыта товаров потребительского и производственного назначения. Руководителям стоматологических клиник следует применять комплексный подход к продвижению услуг и стимулированию спроса потенциальных пациентов. В связи с выше сказанным подтверждается актуальность практического освоения современной практики маркетинговых стратегий продвижения услуг стоматологическими клиниками города Ростова-на-Дону.

Объектом анализа статьи выступает стоматологическая клиника ООО «Дентал Класс» оказывающая стоматологические услуги населению города Ростова-на-Дону с 2010 г. Клиника

имеет лицензию на медицинскую деятельность, действует в соответствии с нормативными и законодательными актами Российской Федерации.

Основная цель стоматологической клиники ООО «Дентал Класс» - ежегодное увеличение показателей выручки в среднем на 15%, за счет: повышения конкурентоспособности оказываемых стоматологических услуг; полного и всестороннего анализа рынка стоматологических услуг с целью выработки стратегии предприятия по их удержанию; исследования и прогнозирования текущих, а также перспективных потребностей клиентов для выработки основных направлений деятельности; комплексного воздействия на пациентов стоматологической клиники на всех этапах обслуживания; поддержания положительного имиджа стоматологической клиники; целенаправленных информационно-рекламных мероприятий исследуемого предприятия; обеспечения условий, необходимых для развития творческого потенциала сотрудников стоматологической клиники, а также повышения уровня удовлетворенности проделанной работой.

Стоматологическая клиника ООО «Дентал Класс» оказывает населению целый спектр стоматологических услуг.

В Центральной части города Ростова-на-Дону развернулась конкурентная борьба между следующими стоматологическими клиниками: ООО «Дентал Класс»; ООО «Dental Spa»; ООО «Астро Дент»; ООО «МИЛАН».

Основными преимуществами ООО «Дентал Класс» являются качество оказываемых услуг, наличие компетентных квалифицированных кадров, а также удачное размещение вывески самой клиники, так как она видна с проезжей части дороги. Преимуществом ООО «Dental Spa» перед стоматологической клиникой ООО «Дентал Класс» является оказание такой дополнительной услуги, как выезд стоматолога на дом. Что касается ООО «АстроДент», то указанная клиника оказывает схожий с перечнем стоматологических услуг, реализуемых в стоматологической клинике ООО «Дентал Класс». ООО «МИЛАН» делает ориентацию на взрослое население (18+).

Стоматологическая клиника ООО «Дентал Класс» использует такие средства продвижения сбыта как: реклама в умеренном количестве. Реклама осуществляется через Интернет, через СМИ. Информация об исследуемом предприятии представлена в газете «Из рук в руки».

ООО «Дентал Класс» использует интернет - площадки для размещения рекламы о стоматологической клинике с целью поддержания ее конкурентоспособности, выживания в условиях кризиса. На Рисунке 1 представлены интернет-площадки, используемые стоматологической клиникой ООО «Дентал Класс» для размещения информации о клинике и оказываемых услугах.

Говоря о рекламе, то лучшая реклама это – рекомендации довольных стоматологическими услугами пациентов. Большое количество пациентов стоматологической клиники ООО «Дентал Класс» обращается в стоматологию по рекомендации – 55%. За годы существования исследуемого предприятия, сложился большой круг постоянных пациентов.

На Рисунке 2 представлены применяемые ООО «Дентал Класс» стратегии развития на рынке стоматологических услуг г. Ростова-на-Дону.

Анализ стратегии продвижения услуг стоматологической клиники ООО «Дентал Класс» показал, что для продвижения стоматологических услуг применяется умеренная Интернет-реклама и реклама в газете «Из рук в руки». Однако на предприятии слабо развита система стимулирования сбыта стоматологических услуг. Для ООО «Дентал Класс» целесообразно порекомендовать следующие способы стимулирования потенциальных клиентов:

1. скидки для постоянных клиентов. К примеру, в случае повторного обращения пациента в стоматологическую клинику ООО «Дентал Класс» предоставлять скидку в размере 5%;

2. скидки для пациентов пенсионного и пожилого возраста. Например, целесообразно для граждан пенсионного возраста предоставлять скидку в размере 15-20% от стоимости оказываемой услуги;

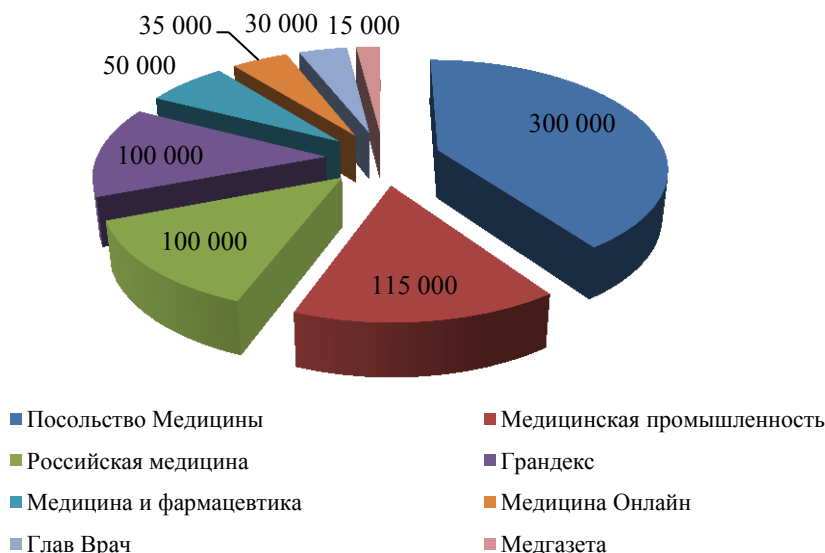


Рисунок 1 - Интернет ресурсы, используемые стоматологической клиникой ООО «Дентал Класс»

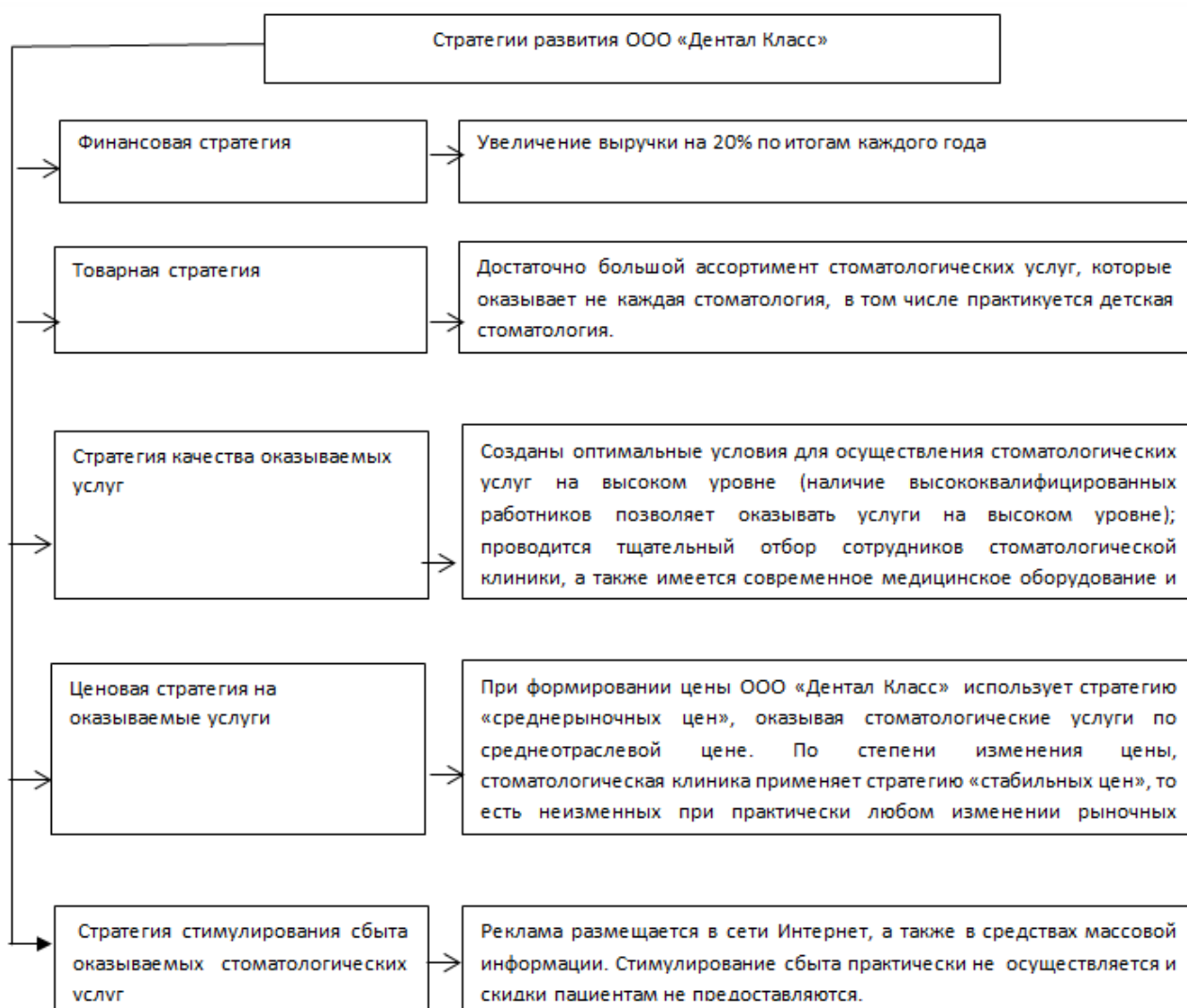


Рисунок 2 - Стратегии развития стоматологической клиники ООО «Дентал Класс»

3. предоставление дополнительного бесплатного обслуживания пациентов в течение одного - трех дней после завершения оказания последней стоматологической услуги.

Что касается затрат на предлагаемые мероприятия, а именно: предоставление скидок для постоянных клиентов и для граждан пенсионного возраста, то они не предусмотрены, что позволит увеличить приток постоянных клиентов и граждан пенсионного возраста. Учитывая тот факт, что средняя трудовая пенсия в 2017 г. в городе Ростове-на-Дону составляет 11 783 рубля, то предоставление скидок гражданам пенсионного возраста увеличит базу клиентов стоматологической клиники данной категорией пациентов.

Следует отметить, что любые мероприятия, направленные на увеличение объемов продаж дадут прирост выручки в худшем случае на 5-7%. В случае эффективности ассортиментной политики, а также политики стимулирования сбыта стоматологических услуг, прирост выручки исследуемого предприятия может составлять и более 10-30%.

Также руководству стоматологической клиники ООО «Дентал Класс» можно предложить осуществить целенаправленное снижение цен один раз в месяц на различные стоматологические услуги. Вопрос относительно вида стоматологических услуг, на которые один раз в месяц будут снижать стоимость, будет решаться директором самостоятельно. К примеру, отбеливание зубов, удаление зубного камня и другие. Со слов руководства ООО «Дентал Класс», к отбеливанию зубов наиболее часто пациенты клиники прибегают в летний период.

Общая сумма затрат на данную рекламную кампанию о снижении цен будет минимальной, так как информация о соответствующей акции будет выкладываться в свободном доступе на уже имеющемся интернет-сайте стоматологической клиники ООО «Дентал Класс». Также на стенде самой стоматологической клиники ООО «Дентал Класс» возле администратора будет размещаться соответствующая информация, в том числе о проводимых акциях будет уведомлять пациентов сам администратор клиники.

Вследствие проведения стоматологической клиникой данной акции планируется ежемесячное повышение выручки на 8%.

Предлагаемое мероприятие послужит инструментом ценовой конкуренции, а, следовательно, повысит конкурентоспособность стоматологической клиники ООО «Дентал Класс» на рынке стоматологических услуг города Ростова-на-Дону.

Последним мероприятием будет обновление существующего сайта стоматологической клиники ООО «Дентал Класс» в сети интернет.

Известно, что процветание организации сферы оказания услуг во многом зависит от эффективной рекламы, то в этой связи для повышения эффективности деятельности исследуемой стоматологической клиники ООО «Дентал Класс» целесообразно обновление существующего сайта в сети интернет с последующим размещением: каталога услуг и цен; мониторинга цен с другими конкурентами на самые распространенные услуги; действующих и планируемых к реализации акций, в том числе «акции месяца»; выполненных стоматологических услуг врачами-стоматологами; контактов; онлайн-запись на прием; уголок потребителей.

Все это может дать исследуемой стоматологической клинике ООО «Дентал Класс» конкурентное преимущество, поскольку реклама является одним из важнейших средств осуществления связи с потребителем.

В мировой практике прибыль организации после обновления существующего сайта в глобальной сети интернет увеличивается на 5%.

В заключении следует отметить, что предложенные выше мероприятия стоматологической клинике ООО «Дентал Класс» по повышению конкурентоспособности исследуемого предприятия будут способствовать увеличению экономических показателей деятельности самой клиники, а также завоеванию лидерских позиций на рынке стоматологических услуг г. Ростова-на-Дону.

Литература

1. Филип Котлер, Гари Армстронг, Вероника Вонг и др. Основы маркетинга. – М.: Вильямс. 2016, 752 с.

УДК 004

ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ OPENMVLSHELL

**Рыбалко Кристина Кястучио^{*}, Оболенская Анна Александровна^{*},
Бутрина Екатерина Геннадьевна^{**}**

^{*}Донской государственный технический университет,
Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове
Азов, Россия

^{**}Департамент продаж ММ АО "Тандер"
Краснодар, Россия

Аннотация

В статье дается обзор функциональных возможностей системы визуального моделирования OPENMVLSHELL. Данный программный продукт относится к свободно распространяемым средам проектирования, однако не позволяет менять программный код, предоставляя лишь возможность подключения собственных библиотек и модулей.

***Ключевые слова:** свободно распространяемое программное обеспечение, системы визуального проектирования.*

OVERVIEW OF POSSIBILITIES OF OPENMVLSHELL VISUAL MODELING SYSTEM

**Rybalko Kristina Kyastuchio^{*}, Obolenskaya Anna Aleksandrovna^{*},
Butrina Ekaterina Gennadijevna^{**}**

^{*}Don State Technical University,
Technological Institute (branch) of DSTU in Azov
Azov, Russia

^{**}Department of sales of MM JSC "Thunder"
Krasnodar, Russia

Abstract

The article gives an overview of the functional capabilities of the OPENMVLSHELL visual modeling system. This software product refers to freely distributed design environments, but it does not allow changing the program code, providing only the ability to connect its own libraries and modules.

***Keywords:** Free Software, Visual Design Systems.*

На сегодняшний день практически во всех областях жизнедеятельности человека применяется компьютерное моделирование. Оно хорошо себя зарекомендовало в связи с тем, что имеет массу преимуществ над натурным экспериментом (это и безопасность, и экономическая целесообразность, и относительная простота реализации). Помимо этого компьютерные модели могут использоваться не только для изучения физических свойств исследуемого объекта, но и как тренажер, имитирующий элементы управления, с которыми должен научиться работать обучаемый (рубка корабля, кабина портового крана). Поэтому на рынке представлено множество сред компьютерного моделирования, отвечающих тем или иным требованиям заказчиков. И актуальным является поддержания быстродействия таких сред на максимально возможном уровне. Практически каждая задача, которая решается разработчиками подобных пакетов, как правило, не имеет однозначного решения, а потому возникает потребность в создании исследовательских инструментов, в которых можно было бы проверить различные гипотезы и выбрать наиболее эффективное из известных решений.

Существуют различные подходы к созданию таких инструментов. Это могут быть внутренние разработки, тестовые приложения, создаваемые и настраиваемые разработчиками по мере необходимости. Более универсальным способом является разработка самостоятельной среды компьютерного моделирования, отражающей все этапы численного эксперимента, на которой возможно было бы проверить какие-либо предположения. Примером такого подхода является пакет OpenModelica, который является дочерним по отношению к коммерческому проекту Dymola и использует тот же язык моделирования Modelica. Данное решение представляется наиболее перспективным, потому как в среде OpenModelica разработчики отказались от поддержки удобного графического интерфейса (он не нужен для проведения исследований и представлял бы излишние накладные расходы на сопровождение), предоставив пользователю только командную строку. Выполняя предопределенные команды, можно инициировать все основные этапы численного эксперимента:

- компиляция описания модели,
- построение исполняющей программы,
- запуск и проведение численного эксперимента.

В качестве результата пользователь можно видеть графики на испытательном стенде. Относительная простота реализации дает возможность наиболее эффективным образом вносить те или иные изменения и получать результат: проверку пользы внедрения новых алгоритмов. В виду того, что разработка не приспособлена для коммерческого использования (создание промышленных моделей в ней было бы значительно более трудоемким, чем в коммерческих средах), разработчиками было принято решение сделать продукт бесплатным, что не маловажно для тех, кто хочет познакомиться с основами объектно-ориентированного моделирования (ООМ) и не имеет возможности покупать лицензии. То есть OpenModelica подходит для обучения.

Пакет OpenModelica закрыт на уровне исходных кодов и позволяет пользователям лишь в ограниченном формате проводить исследование новых разработок: есть возможность присоединять к пакету свои численные методы, собранные в динамические библиотеки. В связи с этим возникает цель создания исследовательской среды компьютерного моделирования, которая бы отвечала следующим требованиям:

- 1) открытость на уровне исходных кодов;
- 2) бесплатность (для тех, кто хочет познакомиться с особенностями ООМ);
- 3) соответствие концепции OpenModelica: обеспечение того базового минимума, который достаточен для проведения всех этапов численного эксперимента;
- 4) соответствие современным разработкам в области компьютерного моделирования, отражение тех решений, которые признаны на сегодняшний день наиболее эффективными;
- 5) развитие гибридного подхода, который хорошо себя зарекомендовал на примере пакета Model Vision Studium, использование языка ООМ Model Vision Language (MVL).

Ключевым является требование открытости на уровне исходных кодов, потому как, опираясь на открытость ведения разработки, можно подключать к совместной работе неограниченное число разработчиков, накапливать исследовательский опыт в открытом формате.

В перспективе ставится цель построить исследовательский инструмент, который обозначал бы собой своего рода стандарт на разработку пакетов компьютерного моделирования и который мог бы использоваться как подручное средство для любого разработчика подобных сред.

На сегодняшний день в рамках проекта OpenMVL были поставлены и решены такие задачи, как:

- 1) создание расширяемой структуры пакета;
- 2) формулирование фундаментальных математических задач, которые главным образом и выносятся на исследование;

3) реализация базового решения в соответствии с заявленной структурой – пакет OpenMVLShell, который будет являться тем стартовым образцом, который включает в себя ряд опорных решений (вероятно, не самых эффективных).

Следует отметить, что к обучению основам моделирования на практике можно подходить различными способами. Наиболее распространенным способом является приобретение учебной лицензии на зарекомендовавшие себя продукты (Model Vision Studium, Matlab, Anylogic и пр.). Данные среды предоставляют удобный интуитивно понятный графический интерфейс, который позволяет быстро создавать модели. Если речь идет об обучении будущих разработчиков моделей, это представляется эффективным способом (достаточно показать, какие кнопки интерфейса следует нажимать, обучить работать с мастерами настройки). Если же обучить нужно на качественно более высоком уровне для того, чтобы обучаемый детально понимал, какими особенностями может обладать язык OOM, тогда полезно было бы заставить пользователя описывать модели на наиболее низком уровне – в текстовой форме. В таком формате как раз позволяет проводить обучение пакет OpenModelica. И в виду того, что проект OpenMVL наследовал свои идеи реализации из OpenModelica, он также может использоваться для «низкоуровневого» обучения основам языка MVL.

В проекте имеется ряд направлений, по которым можно проводить дальнейшие исследования:

- новые алгоритмы поиска трансверсали, сравнение существующих алгоритмов;
- повышение производительности за счет определения структуры матрицы инцидентности (могут выявляться блоки, приводящие к возможности распараллеливания вычислений);
- символьное дифференцирование, которое позволяет понизить индекс системы, к которому чувствительны многие численные методы, предназначенные для решения алгебро-дифференциальных уравнений;
- символьное решение, которое может существенно понизить размерность системы;
- компонентное моделирование (важно для промышленных задач, когда становится необходимой группировка систем уравнений в блоки с «входами»/«выходами» или с «контактами»/«потоками»);
- разработка и сравнение численных методов;
- создания системы тестирования и сравнения.

В структуру оболочки OpenMVLShell так же был добавлен блок оптимизации, который позволяет в пакете при введении соответствующих команд в командной строке производить оптимизацию по различным критериям: одномерная оптимизация, многокритериальная оптимизация, оптимизация методом градиентного спуска и пр. Методы оптимизации представляют собой отдельное интересное направление для исследования, и было показано, что в качестве инструмента исследования может быть использована оболочка OpenMVLShell.

Литература

1. Исаков А.А., Сениченков Ю. Б. Среда визуального моделирования OpenMVL // Материалы международной научно технической конференции, Спб: Изд-во Политехнического Университета. – 2010. – С. 151-153.
2. Сениченков Ю.Б. Численное моделирование гибридных систем, Санкт-Петербург, Издательство Политехнического университета – 2004.
3. Долженко А.М., Костыркин А.В., Анохин Д.В. Применение карт Google в прикладных программах / Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике. 2016. № 1. С. 181-183.

4. Долженко А.М. Виды информационных систем и принципы их создания // Модернизация Российской экономики: финансовый, инновационный и социально-правовой аспекты. Материалы региональной научно-практической конференции. 2012. С. 86-89.

5. Долженко А.М. Использование альтернативных бесплатных программных продуктов в образовательном процессе // Инновационные технологии в образовательном процессе (или "Технологии электронного обучения в образовательном процессе") Сборник научных работ. 2011. С. 42-47.

6. Мишустина Т., Долженко А.М. Использование бесплатных графических редакторов в процессе компьютеризации учебных заведений // Сборник научных работ Азовского технологического института материалы научно-практической конференции. Ответственный редактор: В.А. Лебедев. 2009. С. 298-305.

УДК 620.18

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Оболенская Анна Александровна, Рыбалко Кристина Кястучио

Донской государственный технический университет,
Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове
Азов, Россия

Аннотация

Традиционно материалы на основе железного порошка получают смешиванием составляющих компонентов в различного рода смесителях: конусных, со смещенной осью и др. Такой метод легирования не приводит к равномерному распределению легирующих элементов в основе, а полной гомогенизации материалов достигают при следующих операциях: спекания и термической обработки, для чего в ряде случаев приходится их проводить в течение десятков часов, что неприемлемо с экономической точки зрения. В то же время известен способ получения материалов методом механического легирования в высокоэнергетических смесителях. Способ позволяет равномерно распределить легирующие элементы в основе с одновременным их измельчением, образованием новых упрочняющих фаз и повышением ряда свойств материалов. К сожалению, данный способ наиболее полно изучен при получении материалов на основе меди и алюминия. Сказанное и определило необходимость проведения настоящего исследования.

Ключевые слова: механически легированные стали.

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF MECHANICALLY DEGREATED STEELS

Obolenskaya Anna Aleksandrovna, Rybalko Kristina Kyastuchio

Don State Technical University,
Technological Institute (branch) of DSTU in Azov
Azov, Russia

Abstract

Traditionally, the materials based on iron powder are obtained by mixing the constituent components in various mixers: cone, with a shifted axis, etc. Such a doping method does not lead to a uniform distribution of the alloying elements in the substrate, and complete homogenization of the materials is achieved in the following operations: sintering and heat treatment, For which in a number of cases they have to be spent for tens of hours, which is unacceptable from the economic point of view. At the same time, a method for obtaining materials by mechanical alloying in high-energy mixers is known. The method makes it possible to evenly distribute the alloying elements in the base with their simultaneous grinding, the formation of new strengthening phases and the increase in a number of properties of materials. Unfortunately, this method has been most thoroughly studied in the production of materials based on copper and aluminum. That said, and determined the need for this study.

Keywords: Mechanically alloyed steel.

Из теории и практики порошковой металлургии известно довольно широкое применение метода механического легирования для получения материалов различного назначения. Однако до настоящего времени метод по непонятным причинам применяют для получения материалов на основе меди, алюминия и сплавов на основе железа исключительно для получения порошковых материалов со специфическими свойствами. Процесс получения сталей различного назначения с применением метода механического легирования либо не изучен вообще, либо изучен недостаточно.

Целью данного исследования являлось изучение возможности и целесообразности применения метода механического легирования для получения компактных цементуемых и конструкционных сталей с использованием наиболее часто применяемых легирующих элементов: хрома, молибдена, никеля.

Рассмотрены процессы получения порошковых сталей типа 06ХН2; 05МН2; 40ХН2; 40МН2. Материалы получали по следующей технологической схеме:

- приготовление шихты по двум вариантам:
 - а) загрузка компонентов, взятых в определенном процентном (по массе) соотношении, в смеситель со смещенной осью и смешивание в течение 2 ч (обычное легирование);
 - б) загрузка компонентов в высокоэнергетический смеситель и размол в течение 6 ч (механическое легирование);
- прессование брикетов в стальных фольговых стаканах;
- экструзия брикетов при температуре 1100-1120 °С с диаметра 34 мм в прутки диаметром 10 мм, при нагреве в атмосфере аргона;
- изготовление образцов для механических испытаний и исследования микроструктуры.

В качестве исходных материалов использовали порошки железа ПЖРВ, хромистой стали ПХ30-1, никеля ПНЭ-1, молибдена, карандашного графита. Все порошки применяли в состоянии поставки. Введение графита карандашного необходимо для получения среднеуглеродистых сталей 40ХН2 и 40МН2, так как для получения сталей 06ХН2 и 05МН2 вполне достаточно углерода, содержащегося в исходных порошках железа и сплава ПХ30-1.

Прочность при растяжении определяли на круглых образцах с диаметром шейки 5 мм и базовой длиной 25 мм. Испытания проводили на машине МР-100 при скорости нагружения 0,2 мм/с.

Структуру сталей исследовали с помощью металлографического и дюрOMETрического анализов. Металлографический анализ проводили на металлографическом комплексе на базе микроскопа МКИ-2М-1 фирмы «Планар». В качестве реактива применяли 3 %-ный спиртовой раствор азотной кислоты. Микротвердость определяли на приборе ПМТ-3 при нагрузках на пирамиду 0,245; 0,490; 0,980 Н. Твердость материалов определяли на приборе Роквелла, шкала В.

По данным химанализа содержание углерода в низкоуглеродистых сталях составляло 0,05-0,06 %, в среднеуглеродистых – 0,38-0,42 %.

Исследованиями установлено, что стали, полученные с применением метода механического легирования, обладают достаточно высокими значениями прочности при растяжении, превышающими прочность при растяжении сталей, полученных обычным легированием. Полученные данные приведены в табл. 1.

Таблица. 1. Свойства механически легированных сталей

Механические свойства	Марка стали			
	05МН2	40МН2	06ХН2	40ХН2
Обычное легирование				
Твердость, HRB	80...82	85...87	82...85	86...90
Прочность при растяжении, МПа	470	630	495	620
Относительное удлинение, %	11	8	10	6
Механическое легирование				
Твердость, HRB	83...85	87...89	85...87	90...93
Прочность при растяжении, МПа	555	745	640	680
Относительное удлинение, %	10	6	8	5

Исследование микроструктуры сталей показало, что при механическом легировании как в продольном, так и в поперечном сечениях экструдированного прутка структура

материалов по сравнению с обычным легированием выгодно отличается большей гомогенностью и меньшей зернистостью. В структуре материалов, полученных при обычном легировании имеются нерастворившиеся слаботравящиеся частицы (предположительно частицы ПХ30 и никеля), которые полностью отсутствуют в материалах, полученных механическим легированием.

Еще одно исследование проведено с целью получения путем механического легирования нержавеющей стали марок: 20X18H9; 40X13; 95X18 по двум технологическим вариантам получения шихты: смешиванием исходных компонентов в смесителе со смещенной осью типа «пьяная бочка» в течение 2 ч (обычное легирование); получением шихты в высокоэнергетическом смесителе при амплитуде 10 мм, частоте вращения 1450 мин⁻¹ в течение 6 ч (механическое легирование).

Далее схемы получения компактных материалов и исследование их свойств идентичны и состоят из следующих этапов:

- брикетирование шихты в оболочках из низкоуглеродистой ленты толщиной 0,1 мм в прессовки диаметром 33 мм и высотой 50 мм с плотностью брикета 80...82 % от теоретической;
- нагрев брикетов до температуры 1180 °С в муфельной печи в среде аргона;
- горячая экструзия брикетов с диаметра 34 мм на диаметр 10 мм с получением прутков диаметром 10 мм при степени обжатия по площади 11,6;
- изготовление образцов для испытаний на растяжение с диаметром шейки 5 мм и базовой длиной 25 мм;
- изготовление микрошлифов для исследования микроструктуры.

В качестве исходных материалов в обоих случаях легирования использовали порошок железа ПЖРВ, просеянного через сито 0,315; а также порошки хромистой стали ПХ30-1; электролитического никеля ПНЭ-1; карандашного графита в состоянии поставки. Прессование брикетов производили на прессе ДБ 2634 с максимальным усилием 1МН в съемных стальных прессформах, горячую экструзию – на прессе с усилием 1,6 МН при температуре матрицы 450 °С. В качестве смазки при экструзии использовали смесь синтетического моторного масла «DEA» и карандашного графита.

В результате исследований получены следующие результаты: в исходном после экструзии состоянии стали обладают следующими свойствами.

При получении методом обычного легирования:

- сталь 20X18H9: прочность при растяжении – 600 МПа; относительное удлинение – 8 %; HRB 80...82;
- сталь 40X13: прочность при растяжении – 620 МПа; относительное удлинение – 6 %; HRB 80...82;
- сталь 95X18: прочность при растяжении – 670 МПа; относительное удлинение – 8 %; HRB 85...90.

При получении методом механического легирования:

- сталь 20X18H9: прочность при растяжении – 670 МПа; относительное удлинение – 9 %; HRB 82...85;
- сталь 40X13: прочность при растяжении – 690 МПа; относительное удлинение – 5 %; HRB 89...92;
- сталь 95X18: прочность при растяжении – 700 МПа; относительное удлинение – 5 %; HRB 90...95.

По своим свойствам материалы не уступают полученным по традиционной технологии производства нержавеющей стали аналогичных марок. Во всех случаях применение механического легирования позволяет получить более высокие механические свойства сталей, за исключением относительного удлинения.

Получение более высоких механических характеристик нержавеющей стали при механическом легировании позволяет объяснить анализ микроструктур материалов

проведенных при увеличениях 200, 500, 1000. В результате анализа микроструктур установлено, что материалы, полученные с применением механического легирования, обладают меньшей дисперсностью зерен и отсутствием нерастворившихся включений легирующих элементов. Это, в первом приближении, и определило повышение механических характеристик материалов, полученных с помощью механического легирования, по сравнению с механическими характеристиками материалов, полученных по традиционной технологии.

Проведенное исследование показывает целесообразность и необходимость применения метода механического легирования для получения низко- и среднеуглеродистых конструкционных сталей.

Литература

1. Анциферов В.Н., Горбачев И.И., Оглезнева С.А., Попов В.В. Структурно-фазовый состав и свойства механически легированных высокоазотистых порошковых сталей / Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2010. № 4. С. 9-18.
2. Высоцкий Т.В., Высоцкий В.Т. Технологические процессы изготовления механически легированных порошковых сталей и изделий из них / Вестник Белорусско-Российского университета. 2008. № 3. С. 58-65.
3. Таран В.Н., Долженко А.М. Основные направления и проблемы автоматизации сортировочных процессов // Труды Международной научно-практической конференции «Транспорт-2014» в 4-х частях. 2014. С. 119-120.

УДК 620.18, 51-72

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таран Владимир Николаевич^{* **}, Долженко Артем Михайлович^{*},
Рыбалко Кристина Кястучио^{*}

^{*}Донской государственной технической университет,
Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове,
Азов, Россия

^{**}Ростовский государственный университет путей сообщения,
Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация

Построена математическая модель физико-механических свойств композиционных материалов. Полученные зависимости дают возможность решения задач теплопроводности конструкций из слоистых композиционных материалов и материалов, армированных волокнами.

Ключевые слова: композиционные материалы, тензор теплопроводности, закон теплопроводности Фурье.

MATHEMATICAL MODELING OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS

Taran Vladimir Nikolaevich^{* **}, Dolzhenko Artem Mihailovich^{*},
Rybalko Kristina Kyastuchio^{*}

^{*}Don State Technical University,
Technological Institute (branch) of DSTU in Azov
Azov, Russia

^{**}Rostov state transport University,
Rostov-on-Don, Russia

Abstract

Mathematical model of physico-mechanical properties of composite materials is constructed. The obtained dependences make it possible to solve the problems of thermal conductivity of structures from layered composite materials and materials reinforced with fibers.

Keywords: Composite materials, the thermal conductivity tensor, the Fourier thermal conductivity law.

Рассмотрим применение методики определения эффективных модулей слоистого и армированного волокнами композиционных материалов для определения приведенных параметров теплопроводности композиционного материала, состоящего из чередующихся слоев, в общем случае анизотропных, материалов, связанных между собой без проскальзывания (рисунок 1).

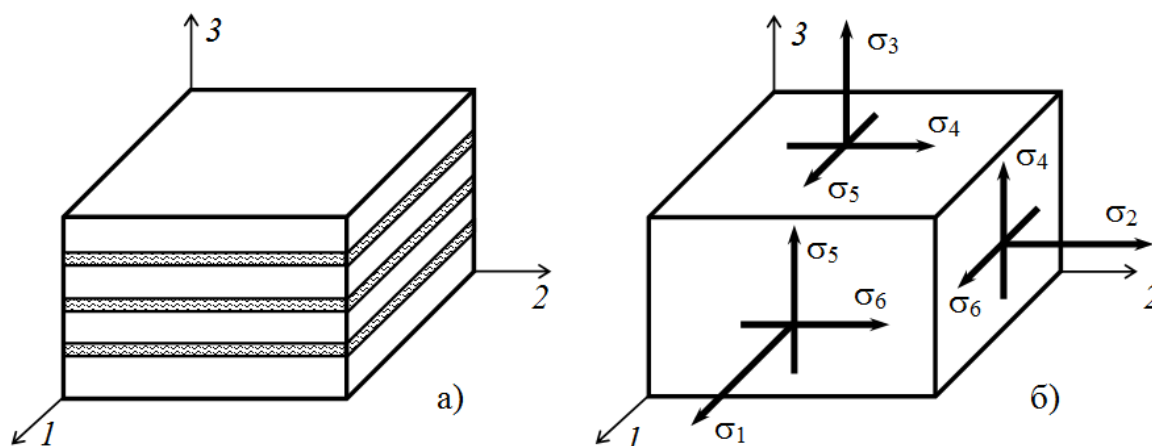


Рис. 1. Представительный объём слоистого композиционного материала

В соответствии с законом теплопроводности Фурье для анизотропного материала коэффициент теплопроводности \mathbf{K} будет тензором второго ранга, и зависимость между вектором теплового потока \mathbf{q} и градиентом температуры $\mathbf{g} \equiv \mathbf{grad}T$ будет иметь вид

$$\mathbf{q} = -\mathbf{K} \cdot \mathbf{g} \quad (1)$$

В матричной форме для материала i -го слоя –

$$\begin{bmatrix} q_1^i \\ q_2^i \\ q_3^i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11}^i & k_{12}^i & k_{13}^i \\ k_{21}^i & k_{22}^i & k_{23}^i \\ k_{31}^i & k_{32}^i & k_{33}^i \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} g_1^i \\ g_2^i \\ g_3^i \end{bmatrix} \quad (2)$$

Предположим, что для слоистого материала, представительный объём которого показан на рисунке 1, зависимость (1) можно представить в аналогичной форме

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Тогда задача определения эффективных компонентов тензора теплопроводности состоит в определении коэффициентов k_{ji} по известным коэффициентам k_{ji}^i ($i=1\dots n$). С учетом малости толщины слоев представительного объёма и непрерывности тепловых потоков на поверхностях раздела слоев можно предположить, что тепловой поток в направлении, перпендикулярном слоям, будет одинаковым в слоях, т. е. $q_3 = q_3^i$, а в направлениях 1, 2 равен сумме потоков в слоях и зависит от относительной толщины слоев $\eta^i = h^i / \sum_{i=1}^n h^i$ в виде $q_j = \sum_{i=1}^n \eta^i q_j^i$, ($j=1, 2$). Градиенты температуры полагаем одинаковыми в направлениях 1, 2, т. е. $g_j = g_j^i$, ($j=1, 2$), и равными сумме градиентов в слоях в направлении 3, т. е. $g_3 = g_3^i$.

Представим матрицы в зависимостях (2) и (3) в блочной форме

$$\begin{bmatrix} q_j^i \\ q_s^i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{jj}^i & k_{js}^i \\ k_{sj}^i & k_{ss}^i \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} g_j^i \\ g_s^i \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} q_j \\ q_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{jj} & k_{js} \\ k_{sj} & k_{ss} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} g_j \\ g_s \end{bmatrix}, \quad (j=1, 2; s=3) \quad (4)$$

Тогда, используя далее введенные выше зависимости, получим для элементов блочной матрицы тензора теплопроводности композиционного материала в виде

$$\begin{aligned} k_{ss} &= \left(\sum_{i=1}^n \eta^i (k_{ss}^i)^{-1} \right)^{-1}; \quad k_{sj} = \left(\sum_{i=1}^n \eta^i (k_{ss}^i)^{-1} \right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^n \eta^i (k_{ss}^i)^{-1} k_{sj}^i \right); \\ k_{jj} &= \sum_{i=1}^n \eta^i k_{jj}^i + \left(\sum_{i=1}^n \eta^i (k_{ss}^i)^{-1} \right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^n \eta^i (k_{ss}^i)^{-1} k_{sj}^i \right) - \sum_{i=1}^n \eta^i k_{js}^i (k_{ss}^i)^{-1} k_{sj}^i; \\ k_{js} &= \left(\sum_{i=1}^n \eta^i k_{js}^i (k_{ss}^i)^{-1} \right) \left(\sum_{i=1}^n \eta^i (k_{ss}^i)^{-1} \right)^{-1}. \end{aligned} \quad (5)$$

Компоненты тензора теплопроводности анизотропного материала при повороте системы координат преобразуются в соответствии с правилом преобразования тензоров второго ранга. Матрица \mathbf{K} в осях, повернутых относительно исходных на угол 90 градусов относительно оси 1 (рисунок 2, а), а затем на угол Φ вокруг оси 3 (рисунок 2, б), определяется выражением $\mathbf{K}_{\alpha=90, \Phi} = \mathbf{T}_{\Phi} \cdot \mathbf{T}_{\alpha=90} \cdot \mathbf{K} \cdot \mathbf{T}_{\alpha=90}^{-1} \cdot \mathbf{T}_{\Phi}^{-1}$.

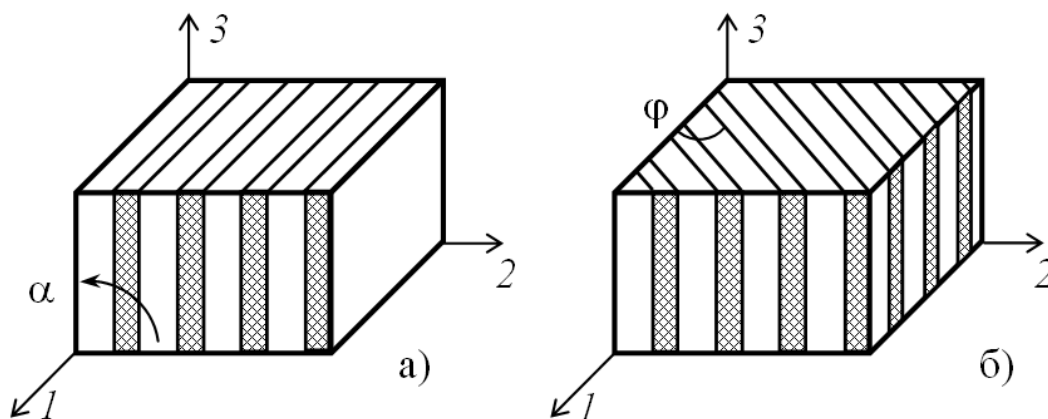


Рис. 2. Преобразование объёма при повороте вокруг осей 1 и 3

Если первоначально слои материалов, составляющие композит, были изотропными, то полученное выражение определяет анизотропный материал, из которого можно, выделив слои малой толщины, составить композиционный слоистый материал с анизотропными слоями, как это предполагалось вначале. Для слоистого материала, первоначально состоящего из двух чередующихся слоев анизотропных материалов, матрица $\mathbf{K}_{\alpha=90, \Phi}$ представляет слой материала, армированного волокнами (рисунок 3).

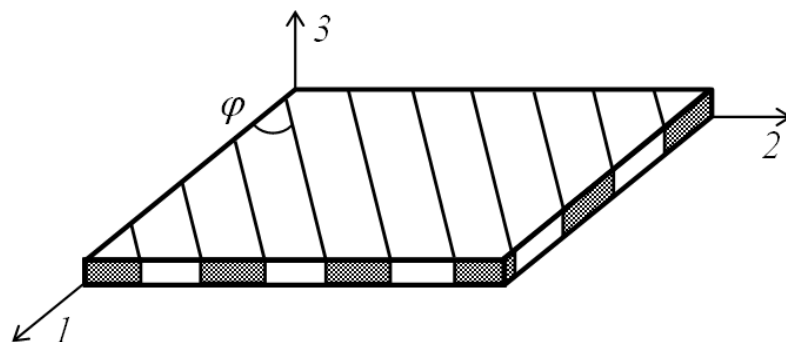


Рис. 3. Монослой материала, армированного волокнами

В итоге, компоненты матрицы тензора теплопроводности для такого материала определяются выражениями:

$$\begin{aligned}
 k_{11} &= \eta^1 k_{11}^1 + \eta^2 k_{11}^2 + \frac{\eta^1 k_{31}^1 k_{33}^1 + \eta^2 k_{31}^2 k_{33}^2}{\eta^1 k_{33}^1 + \eta^2 k_{33}^2}; & k_{22} &= \eta^1 k_{22}^1 + \eta^2 k_{22}^2 + \frac{\eta^1 k_{32}^1 k_{33}^1 + \eta^2 k_{32}^2 k_{33}^2}{\eta^1 k_{33}^1 + \eta^2 k_{33}^2}; \\
 k_{12} &= \frac{\eta^1 k_{12}^1 k_{33}^2 + \eta^2 k_{12}^2 k_{33}^1}{\eta^1 k_{33}^2 + \eta^2 k_{33}^1}; & k_{23} &= \frac{\eta^1 k_{23}^1 k_{33}^2 + \eta^2 k_{23}^2 k_{33}^1}{\eta^1 k_{33}^2 + \eta^2 k_{33}^1}; & k_{13} &= \frac{\eta^1 k_{13}^1 k_{33}^2 + \eta^2 k_{13}^2 k_{33}^1}{\eta^1 k_{33}^2 + \eta^2 k_{33}^1}; \\
 k_{21} &= k_{12}; & k_{31} &= k_{13}; & k_{32} &= k_{23}.
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Таким образом, в статье проведено построение математической модели физико-механических свойств композиционных материалов.

Литература

1. Колесник С.А. Идентификация компонентов тензора теплопроводности анизотропных композиционных материалов / Механика композиционных материалов и конструкций. 2012. Т. 18. № 1. С. 111-120.
2. Колесник С.А., Формалёв В.Ф., Кузнецова Е.Л., Селин И.А. Метод регуляризации при идентификации нелинейных коэффициентов тензора теплопроводности композиционных материалов. Тезисы докладов V международного научного семинара «Динамическое деформирование и контактное взаимодействие тонкостенных конструкций при воздействии полей различной физической природы» Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2016. С. 90-91.

УДК 620.18, 51-72

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-АРМИРОВАННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рыбалко Кристина Кястучио

Донской государственный технический университет,
Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове,
Азов, Россия

Аннотация

Получена математическая модель трансверсально-армированных волокнистых композиционных материалов. Представлено подробное описание полученной модели.

Ключевые слова: *композиционные материалы, распределения усилий по поверхности.*

MODELING OF TRANSVERSAL-REINFORCED FIBROUS COMPOSITE MATERIALS

Rybalko Kristina Kyastuchio

Don State Technical University,
Technological Institute (branch) of DSTU in Azov
Azov, Russia

Abstract

Mathematical model of transversally reinforced fibrous composite materials is obtained. A detailed description of the model obtained.

Keywords: *Composite materials, surface forces distribution.*

Известен способ соединения деталей их композиционных материалов (КМ), основанный на внедрение крепежных микроэлементов в пакет слоев препрега с последующим совместным формованием. При этом в окрестности внедряемого штифта образуется зона с искривленными волокнами и переменным объемным содержанием компонентов, в результате чего физико-механические свойства КМ приобретают выраженную анизотропию по объему детали (рис. 1). Для расчета деталей на прочность необходимо знать значения упругих констант (модулей упругости, коэффициентов Пуассона, взаимного влияния первого и второго рода и линейного температурного расширения), пределов прочности на растяжение, сжатие и сдвиг по всем направлениям, а также осредненных свойств характерных объемов КМ, например, между рядами крепежных элементов для прогнозирования распределения усилий по поверхности.

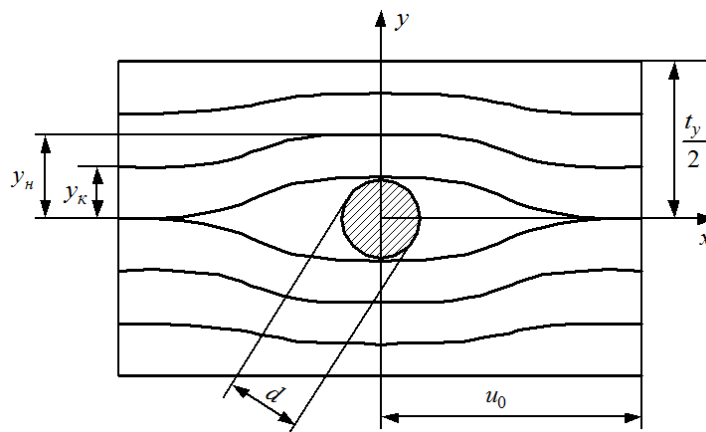


Рисунок 1

В публикации приводится модель, базирующаяся на следующих допущениях:

- внешние границы характеристического объема образованы сечениями, в которых волокна не искривлены (продольные края) и КМ имеет стандартный вид (поперечные края) с равномерным объемным содержанием волокон (см. рис.);
- волокна деформируются как абсолютно гибкие стержни, помещенные в вязкую жидкость, что позволяет записать уравнения их упругих линий;
- при внедрении штифтов и формовании не происходит разрушения волокон.

Записав уравнение упругой линии в виде

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3, \quad (1)$$

из граничных условий $y = y_n$ и $dy/dx = 0$ при $x = 0$, а $y = y_k$ и $dy/dx = 0$ при $x = u_0$ находим коэффициенты уравнения (1).

Тогда

$$y = y_n + (y_k - y_n) \frac{x^2}{u_0^2} \left(3 - 2 \frac{x}{u_0}\right). \quad (2)$$

Отсюда можно легко найти угол наклона волокон в произвольной точке, являющийся местным углом армирования.

Координаты начала и конца какого-либо волокна y_n и y_k , входящие в уравнение (2), определяются из системы уравнений, первое из которых отражает постоянство количества волокон по сечениям

$$\int_{d/2}^{y_n} \theta_n dy = \theta_0 y_k, \quad (3)$$

а вторым – служит уравнение (2).

Здесь θ_n и θ_k – объемное содержание волокон в сечениях $x = 0$ и $x = u_0$ соответственно, которые определяются экспериментально на микрошлифах.

Зная значения объемного содержания и угол наклона волокон в каждой точке, на основе теории армирования можно определить упругие константы микрообъема КМ, а также пределы прочности и коэффициенты температурного расширения для каждого слоя КМ. Впоследствии по известным зависимостям для слоистых материалов вычисляются физико-механические характеристики элементарного столбца с высотой, равной толщине пакета. Этого достаточно для исследования напряженно-деформированного состояния детали в окрестности крепежного микроэлемента.

Экспериментальные исследования объемного содержания в сечении $x = 0$ (см. рис. 1) показали, что значение θ_n с достаточной для практики точностью описывается зависимостями:

$$\theta_n = const = \theta_0 \frac{t_y - 2d}{2t_y} \quad \text{или} \quad \theta_n = \kappa_1 + \kappa_2 y. \quad (4)$$

Это позволяет решить систему уравнений для определения координат y_n и y_k в замкнутом виде и получить аналитические формулы для всех искомых параметров.

Литература

1. Колесник С.А. Идентификация компонентов тензора теплопроводности анизотропных композиционных материалов / Механика композиционных материалов и конструкций. 2012. Т. 18. № 1. С. 111-120.
2. Колесник С.А., Формалёв В.Ф., Кузнецова Е.Л., Селин И.А. Метод регуляризации при идентификации нелинейных коэффициентов тензора теплопроводности композиционных материалов. Тезисы докладов V международного научного семинара «Динамическое деформирование и контактное взаимодействие тонкостенных конструкций при воздействии полей различной физической природы» Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2016. С. 90-91.
3. Таран В.Н., Долженко А.М. Идентификация параметров движения железнодорожного вагона на сортировочных горках // Транспорт-2015 труды международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. 2015. С. 123-125.
4. Ефимочкин И.Ю., Ломов С.Б. Композиционный материал на основе меди. Все материалы. Энциклопедический справочник. 2014. № 3. С. 19-21.

УДК 620.18

ТЕРМОСТАБИЛЬНАЯ ОПОРНАЯ ПЛАТФОРМА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛЕСКОПА

Кирьянко Андрей Александрович

ЗФ ПАО «Норильский никель», рудник «Заполярный»
Норильск, Россия

Аннотация

В статье описан инновационный подход к проектированию опорных платформ для космических телескопов, прошедший испытание в условиях крайнего севера.

Ключевые слова: термостабильная платформа, космический телескоп, углепластиковые обшивки.

THERMOSTABLE SUPPORT PLATFORM FROM POLYMER COMPOSITE MATERIALS FOR COSMIC TELESCOPES

Kiryanko Andrey Aleksandrovich

PB PAO «Norilsk Nickel», mine «Zapolyarniy»
Norilsk, Russia

Abstract

The article describes an innovative approach to the design of support platforms for space telescopes, which was tested in the conditions of the Far North.

Keywords: Thermostable platform, space telescope, carbon plating.

Современный уровень требований по размерной точности и стабильности крупногабаритных космических оптических систем менее 0,1 мм/м в условиях циклического изменения температуры от минус 150 до +100 °С не может быть достигнут без использования специальной системы регулирования температуры или применения в несущих конструкциях интеллектуальных ПКМ, позволяющих за счет управляемого коэффициента термического расширения (КТР) обеспечить заданную термостабильность оптической структуры.

Традиционно задача получения размеростабильной конструкции панельного типа решается посредством достижения "квазиизотропной" термической нейтральности системы. Однако такой подход не всегда может быть реализован для трехслойных конструкций ввиду ограниченных возможностей многонаправленной оптимизации схемы армирования обшивок, содержащих относительно небольшое количество слоев композиционного материала. Для обеспечения размерной точности такого класса конструкций требуются новые проектные методы, основанные на нестандартном подходе к трактовке геометрической стабильности изделия и определению оптимальных по термическим деформациям композитных структур.

Инновационный подход по обеспечению размерной стабильности трехслойной конструкции реализован в опорной платформе оптического модуля космического аппарата "Обзор-О". Конструктивно платформа выполнена в виде диска с наружным диаметром ~1,2 м с алюминиевым сотовым наполнителем и несущими 2 мм углепластиковыми обшивками и предназначена для точной фиксации главного зеркала в трех силовых точках (рис. 1). В соответствии с конструктивным назначением платформы, ее функциональная размеростабильность определяется постоянством геометрического положения опорных точек монтируемого на ней зеркала, то есть их минимальными термическими перемещениями между точками крепления.

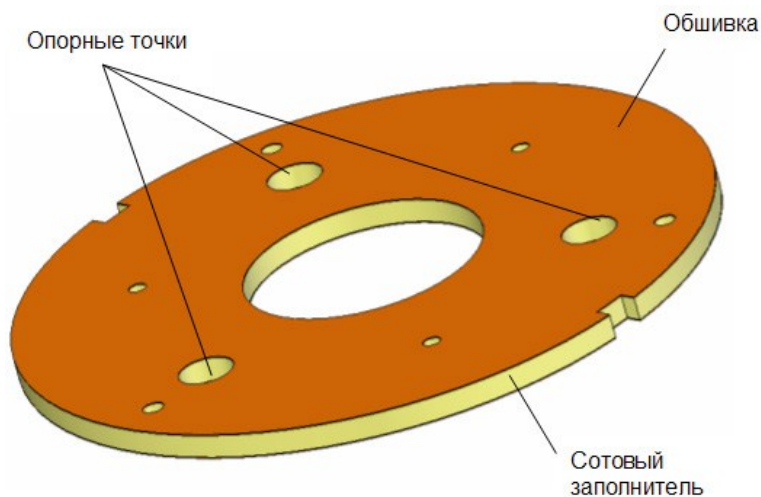


Рис. 1. Общий вид опорной платформы

На основе принципа обеспечения "направленной" размерной стабильности платформы, разработана специальная схема армирования слоев углепластиковых обшивок, которая обеспечивает нулевые КТР (термические перемещения) в направлениях между силовыми точками крепления в заданном температурном диапазоне эксплуатации. При этом предполагалось, что, вследствие относительно малых упругих характеристик сотового наполнителя в плоскости обшивки, параметры размеростабильности всей трехслойной конструкции определяются термическими перемещениями обшивок.

Анализ термических деформаций конструкции, выполненный методом конечных элементов в среде MSC/NASTRAN, показал, что разработанная схема армирования обеспечивает общую размеростабильность платформы с точностью 0,1 мм для заданного интервала эксплуатационных температур, при этом точки крепления зеркала лежат в области абсолютной термонеutrальности (рис. 2, 3).

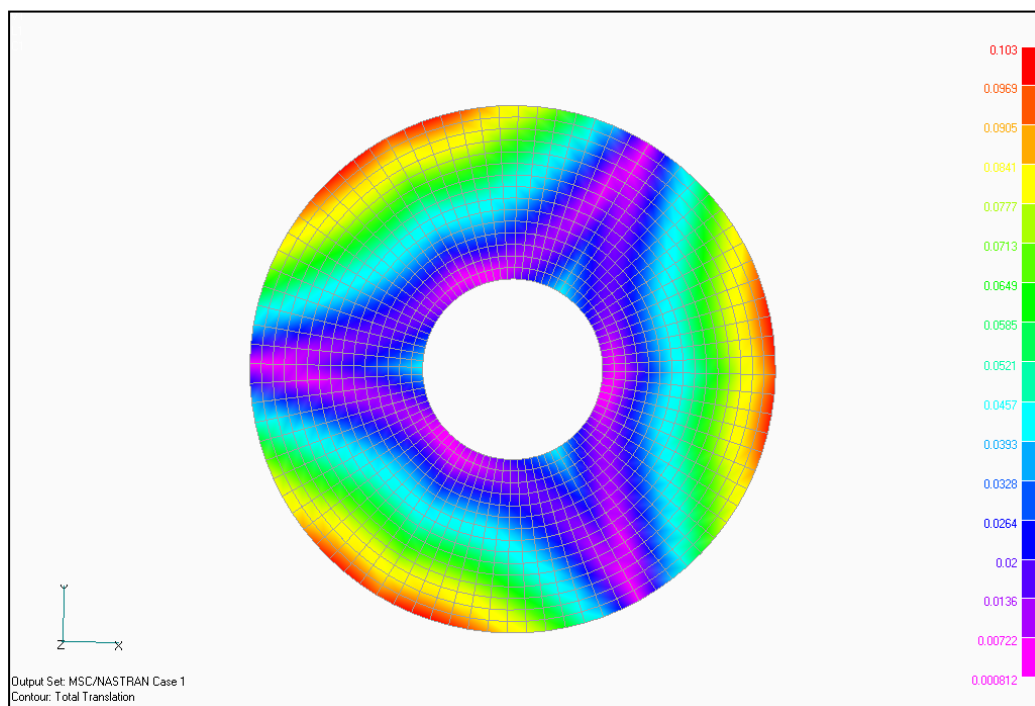


Рис. 2. Распределение суммарных термических перемещений обшивки

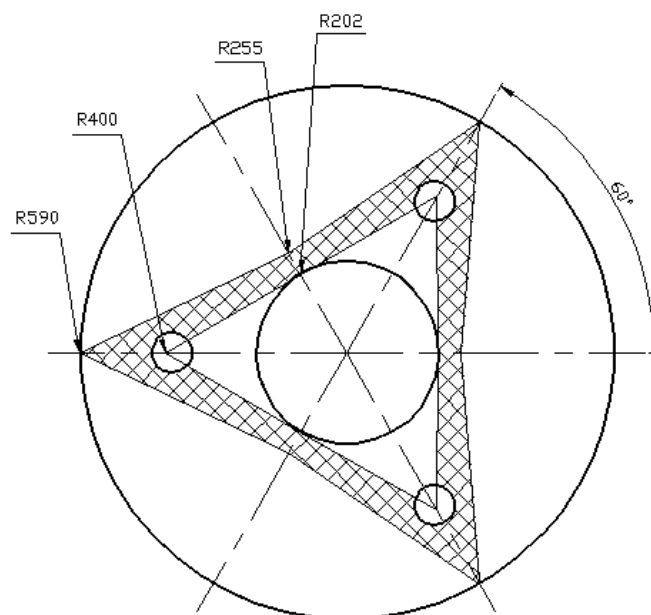


Рис. 3. Положение термонеutralной зоны обшивки

Результатом выполненной разработки является принципиально новое конструктивное решение трехслойной углепластиковой опорной платформы, отвечающей требованиям по обеспечению размерной стабильности в геометрически заданных направлениях и прочностным требованиям, предъявляемым к ней как к силовой конструкции.

Литература

1. Klimakova L., Polovy A., Vymorkov N., Zinoviev P., Catinaccio A. Functional Designing of CFRP Precision Large-Sized Support Structure // Material & Process Technology – the Driver for Tomorrow's Improved Performance: Proceedings of the 25th Jubilee International Europe SAMPE Conference 2004 of the Society for the Advancement of Materials and Process Engineering, March 30th–April 1st 2004, Paris EXPO, Porte de Versailles, Paris. – Europe SAMPE, 2004. – P. 260-265.
2. Климакова Л.А. Концепция проектирования прецизионных размеростабильных несущих конструкций из полимерных композиционных материалов // Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов: Труды международной конференции, 27-30 августа 2003, Москва. – М.: "Знание", 2004. – С. 636-645.