

Реферат

Выпускная квалификационная работа на тему «Применение капиллярных методов неразрушающего контроля изделий из неметаллических материалов» состоит из текстового документа, выполненного на 79 страницах. Текстовый документ содержит 15 таблицы, 17 рисунков, 1 приложение.

Ключевые слова: капиллярный контроль, оптический контроль, радиографический контроль, активный тепловой контроль, ширина раскрытия дефекта, неметалл, композиционный материал, дефект.

Объектом исследования является применение капиллярного метода неразрушающего контроля для оценки качества изделий из неметаллических материалов.

Цель работы – определение возможности применения капиллярного метода контроля для изделий из неметаллов.

В процессе выполнения работы были рассмотрены типы неметаллических материалов, области применения данных материалов, виды дефектов и методы их обнаружения.

Проведение технологии капиллярного метода неразрушающего контроля, с помощью набора дефектоскопических материалов OVERCHECK.

В результате получили сравнительный анализ методов неразрушающего контроля при выявлении поверхностных дефектов неметаллических материалов.

Область применения – капиллярный неразрушающий контроль изделий из неметаллических материалов.

Оглавление

Введение.....	14
1.Контроль качества изделий из неметаллических материалов.....	15
1.1. Применение изделий из неметаллических материалов.....	15
1.2. Дефекты в изделиях из неметаллических материалов	18
1.3. Методы неразрушающего контроля, применяемые для оценки качества изделий из неметаллических материалов	25
2. Капиллярный контроль изделий из неметаллов	31
2.1. Общие сведения о капиллярном контроле.....	31
2.2. Образцы для испытаний средств капиллярного неразрушающего контроля из неметаллических материалов	32
2.3. Контроль изделий из неметаллических материалов капиллярным методом	36
2.4. Сравнение методов неразрушающего контроля	44
3.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	46
3.1. Технологий QuaD	46
3.2. Планирование научно-исследовательских работ	48
3.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	60
4. Раздел «Социальная ответственность».....	63
Введение.....	63
4.1. Производственная безопасность.....	64
4.2. Экологическая безопасность	69
4.3. Организационные мероприятия обеспечения безопасности	69
4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71

Заключение	73
Список публикаций студента.....	74
Список использованных источников	75
Приложения	76

Введение

В настоящее время широко используются неметаллические материалы, например, пластмассы, композиционные материалы, стекло, керамика, так как они обладают повышенной прочностью, низкой стоимостью и малым весом, по сравнению с металлами. Неметаллические материалы используются в различных отраслях промышленности: судостроение, самолетостроение, химическая промышленность и другие. Из них изготавливают корпуса ракетных двигателей, обтекатели самолетов, цистерны для перевозки химических продуктов и пр. А так как они являются опасными объектами, то их необходимо контролировать методами неразрушающего контроля.

Применение неразрушающего контроля безоговорочно помогает справиться с этой задачей. Он обеспечивает надежность, безопасность эксплуатации и качественное функционирование различных технических объектов. Для контроля изделий из неметаллических материалов применяют различные методы неразрушающего контроля, в частности оптический, радиографический, тепловой и другие.

Широкую сферу применения, в наши дни, получил капиллярный контроль. Данный метод применяется как в процессе изготовления, так и в процессе технического обслуживания и ремонта в различных отраслях. Данный метод зарекомендовал себя с лучшей стороны при обнаружении поверхностных дефектов, к тому же он выгоден с экономической точки зрения, так как нет необходимости в приобретении дорогостоящего оборудования. Технологии капиллярного контроля подвергаются объекты разных размеров и форм из всех материалов.

1. Контроль качества изделий из неметаллических материалов

1.1. Применение изделий из неметаллических материалов

В последнее время неметаллические материалы очень часто используют в качестве конструкционных материалов, так как они обладают большей прочностью и износостойкостью по отношению к металлическим материалам. Конструкционными пластмассами (т.е. применяемые в конструкциях) являются материалы на основе природных или синтетических полимеров. Самыми распространенными типами пластмасс являются реактопласты, переработка которых в изделия сопровождается необратимой химической реакцией, приводящей к образованию неплавких и нерастворимых материалов, например эпоксидные смолы, и термопласты, которые после формирования изделия сохраняют способность к повторной переработке при высоких температурах.

Различают наполненные и ненаполненные пластмассы. К наполненным пластмассам относят те, в которых присутствуют другие вещества с целью изменения свойств: повышения прочности, теплостойкости, уменьшения плотности. К ненаполненным – те, в которых отсутствуют такие вещества. Примером пластмасс с воздушным наполнением (наполненные пластмассы) являются пенопласт, поролон. Примером ненаполненных пластмасс могут служить органические стекла, пленки.

Пластмассы выпускают либо в виде полуфабрикатов (порошка, гранул, литевой массы), либо отформованными в заготовки (листы, стержни, трубы, пленки). Основными методами изготовления изделий из полуфабрикатов являются прессование в форму гранул или порошка, нагретых до пластичного состояния, литье в форму, литье под давлением, выдувание (для полых изделий) и т.п. Из заготовок изделия получают путем обработки давлением, резанием. Соединяют пластмассы чаще всего сваркой, клейкой между собой и с другими материалами, применяют также резьбовые соединения и напрессовку[1].

Композиционный материал - искусственно созданный неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов с чёткой границей раздела между ними. Компоненты, входящие в состав композиционных материалов можно разделить на матрицу или связующее, и включённые в неё армирующие элементы или наполнители. Армирующие элементы в композитах обычно обеспечивают необходимые механические характеристики материала (прочность, жёсткость и т. д.), а матрица обеспечивает совместную работу армирующих элементов и защиту их от механических повреждений и агрессивной химической среды [2].

Матрица композиционных материалов, как правило, имеет неметаллическую основу, с заданным расположением в ней упрочнителей или армирующих элементов.

В качестве матрицы в композитах на основе пластмасс используют различные полимеры, обычно синтетические смолы, а в качестве наполнителя - хлопчатобумажные ткани (текстолит), стекло или минералы (стеклопластики, асбопластики), углеродные волокна (углепластики) и т. д. Композиты делятся также по виду наполнителя: волокниты — упрочненные волокнами или нитевидными кристаллами; дисперсионно упрочненные, в которых наполнитель выглядит как порошок или дисперсная частица; слоистые - состоящие из слоев не однородных материалов. Пробразом современных композитов являются железобетон, армированные резиновые изделия. Наполненные пластмассы являются типичными современными композитами.

Наполненные пластмассы также называют многослойными конструкциями. Они состоят из двух или более слоев металлов, пластмасс, керамики. В большом количестве применяются многослойные композиты, внешние слои которых (обшивка) состоят из металла или армированного

пластика, а внутренние - из легкого заполнителя - пенопласта, структуры типа пчелиных сот (из металлической фольги, пластика, бумаги).

Для получения композиционных материалов используют такие процессы, как прессование массы из связующего и наполнителя, намотку на оправку упрочнителя, пропитанного связующим, прессование слоев различного состава, склейку обшивки с легким заполнителем, изготовление каркаса из обшивок или упрочнителя с последующим заполнением этой конструкции связующим под давлением и другие способы. Соединяют композиты между собой и с другими материалами клеейкой.

Изделия из неметаллических материалов применяются во многих отраслях промышленности. Наиболее распространенными являются: ракетостроение, самолетостроение, автомобилестроение, судостроение; производство электрорадиотехники, строительство, производство инвентаря для спорта и отдыха; химическая промышленность; военное дело и средства безопасности [2, 3].

В ракетно-космической отрасли и самолетостроении неметаллические материалы применяются при изготовлении корпусов ракетных двигателей, транспортно-пусковых контейнеров, сопловых блоков, межступенчатых отсеков, контейнеров для зенитных, противотанковых ракетных комплексов, обтекателей, лопаток вентилятора, килей, горизонтального оперения, элеронов руля, закрылок.

В наземном транспорте неметаллические материалы применяются для создания контейнеров для перевозки грузов, элементов для вагонов - рефрижераторов, цистерн, отделки салона поезда, трубопроводов, головных обтекатели вагонов, бамперов, кабин грузовых автомобилей и тракторов, ступенек, грузовых прицепов, деверей, крышки багажника, панелей в автомобильном кузове, компонентов под капотом двигателя.

В судостроении неметаллические материалы применяются для изготовления прогулочных лодок, спасательных шлюпок, катеров, рыболовных судов, минных тральщиков и миноискателей [3, 4].

В производстве электрорадиотехники неметаллические материалы нужны для создания траверсов линий электропередач, рельс железной дороги, метро, магистральных трубопроводов (для электроразрядки), элементов топливных батарей, элементов электронных устройств, защитных колпаков радиолокационных антенн, систем телекоммуникационной связи.

В строительстве применяются неметаллические материалы с целью получения однонаправленных профилей различной формы сечения: стержни, трубы, пластины, уголки, двутавры. Также из неметаллов изготавливают мосты, гаражи, автомобильные стоянки, ограждения.

В химической промышленности неметаллы применяются для создания трубопроводов, емкостей, вентиляционных труб и коробов, воздухопроводов, колб, бочек, резервуаров.

В военном деле и средствах безопасности тоже применяются неметаллические материалы. Их используют для создания бронежилетов, шлемов, щитов, защитных сооружений, а в отрасли спорта и отдыха они применяются для создания спортивного и туристического инвентаря [3].

Широкое применение нашли такие неметаллические материалы, как: стеклопластик, углепластик, органопластик, стекло, полимеры, материалы на основе стеклянных и базальтовых волокон, полиэфирных и эпоксидных смол, керамика, полипропилен.

1.2. Дефекты в изделиях из неметаллических материалов

Дефекты в неметаллических материалах можно условно разделить на макро- и микродефекты. К макродефектам неметаллических изделий можно отнести дефекты типа нарушения сплошности, например расслоения, непрочлеи, трещины, крупные воздушные или газовые раковины, инородные

включения, прочность в зоне которых равна или близка к нулю. К дефектам микроструктуры: поры (зоны повышенной пористости), отклонения от оптимального соотношения матрицы и армирующего наполнителя, низкая степень отверждения связующего при формовании, нарушения ориентации волокон, складки, свили, поверхностные подмятия и царапины и т.п.

Как описано в статье [5] авторов Мурашова В.В. и Румянцева А.Ф. дефекты неметаллических материалов можно разделить:

- по происхождению, т.е. возникающие на стадии изготовления, хранения, транспортировки или эксплуатации;
- местоположению в детали (поверхностные, изолированные или выходящие на кромку детали);
- глубине залегания, раскрытию, размерам в плане данных структурных неоднородностей (макродефекты –размером свыше 60–100 мкм, которые обычно локализованы в объеме материала конструкции, и микродефекты – размером до 60–100 мкм, как правило, распределенные в объеме материала или в значительной его части). Например, пора (микродефект) имеет размер менее 100 мкм, а воздушное включение типа раковины (макродефект) – более 100 мкм;
- по степени опасности [5].

Дефекты, связанные с неполным отверждением матрицы, отнесенные авторами статьи [5] к первой группе по степени опасности, приводит к снижению теплостойкости материала, резкому ухудшению эксплуатационных характеристик, сопротивляемости материала к воздействию агрессивных сред, к изменению характера разрушения материала при усталостном динамическом и статическом нагружении. Изменения в составе материала приводят к существенным изменениям характеристик прочности, упругости и эксплуатационной надежности. Эти изменения зависят от вида деформирования (растяжение, сжатие, сдвиг), характера напряженного состояния (одноосное, плоское, объемное), а также от длительности и цикличности нагружения.

Следующим типом дефектов, возникающих в неметаллических материалах, являются расслоения. Расслоения, возникающие в материале, при растяжении не оказывают влияния на модуль упругости и прочность. Однако, при сжатии материала с дефектом типа расслоение, прочность может существенно снижаться в зависимости от глубины залегания и длины несплошности.

В третью группу по степени опасности относятся трещины. Такие дефекты являются концентраторами напряжений, они нарушают целостность композита, подвергая материал и отдельные его компоненты воздействию окружающей среды, что может привести к расслоению материала.

В следующую группу дефектов включены локальные зоны с повышенным содержанием волокна, матрицы и пор. Степень опасности этих дефектов зависит, в конечном счете, от размера, формы и расположения дефекта.

Складки, свили, раковины, инородные включения, подмятия, стыки и нахлесты армирующего наполнителя включены в пятую группу по степени опасности. В основном оказывают влияние на физико-механические характеристики стыки и нахлесты. Увеличение степени армирования в зоне нахлеста и уменьшение в зоне стыка приводит к образованию в этих зонах концентраторов напряжений. Подмятия, складки, свили и инородные включения тоже влияют на физико - механические свойства материала, так как они приводят к местному искривлению волокон, изменению состава материала в сечении по дефекту. Влияние этих дефектов на прочность и упругость растет с увеличением степени армированности материала. При большем содержании волокон эти дефекты оказывают влияние на большее число слоев материала.

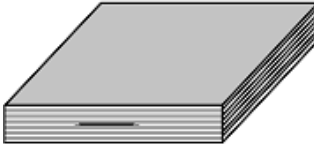
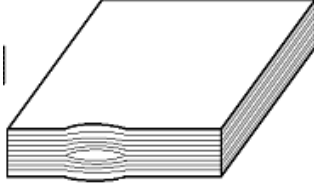
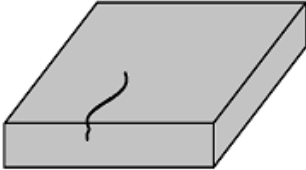
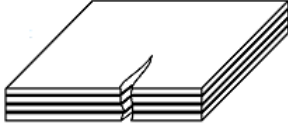
Сколы, надрезы и отверстия, тоже являются концентраторами напряжений и уменьшают несущую способность материала. Исследования показывают, что влияние отверстий, как концентраторов напряжений, на прочность неметаллических материалов уменьшается как при длительном статическом нагружении по мере продолжительности испытания, так и при

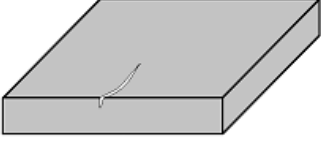
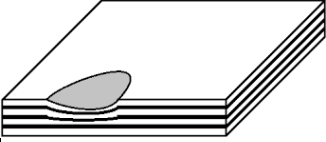
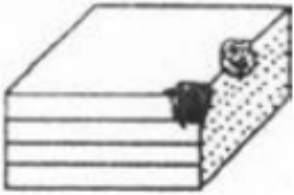
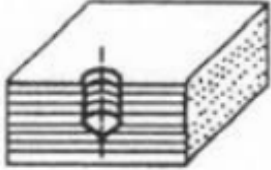
повышении скорости одноразового статического и динамического деформирования. Повышение температуры также приводит к снижению эффективного коэффициента концентрации напряжений неметаллов.

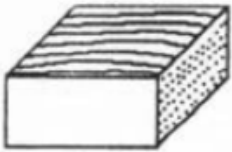
В последнюю группу по степени опасности, включены дефекты, связанные с искривлением волокон в плоскости слоев, с незначительным отклонением угла армирования от заданного значения. Как правило, такие дефекты, не носят масштабный характер, а затрагивают только один или несколько слоев композита, а их размеры значительно меньше размеров элемента конструкции [5].

Таблица 1- Виды дефектов неметаллических материалов

Группа по степени опасности	Вид дефекта	Изображение дефекта	Причины образования
Первая	Низкая степень отверждения матрицы		Отклонение от нормы количества компонентов в матрице

<p>Вторая</p>	<p>Расслоение</p>	 <p>а) расслоение без раскрытия трещины</p>  <p>б) расслоение с раскрытием трещины</p>	<ul style="list-style-type: none"> - недостаточное содержание связующего; - нарушение режима формования при повышенных температурах, высокой скорости охлаждения; - механическое или тепловое воздействие; - плохое адгезионное покрытие
<p>Третья</p>	<p>Трещина</p>	 <p>а) поверхностная трещина</p>  <p>б) сквозная</p>	<ul style="list-style-type: none"> - высокая скорость охлаждения; - превышение допустимых механических нагрузок, обработке, снятии детали с оснастки; - ударные воздействия в процессе эксплуатации

<p>Четвертая</p>	<p>Локальное повышение волокна и матрицы</p>		<ul style="list-style-type: none"> - неравномерное давление при формовании; - неравномерность прикатки
<p>Пятая</p>	<p>Складки, свили, раковины, инородные включения, подмятия, сколы, нахлесты</p>	 <p>а) царапина</p>  <p>б) подмятие</p>	<ul style="list-style-type: none"> - небрежность при транспортировке, механообработке, хранении, снятии детали с оснастки
<p>Шестая</p>	<p>Сколы, надрезы, отверстия</p>	 <p>а) сколы</p>  <p>б) отверстия</p>	<ul style="list-style-type: none"> - неправильная заточка инструмента; - нарушение режима обработки

Седьмая	Искривление волокон в плоскости слоев		<ul style="list-style-type: none"> - ошибка при раскрое и выкладке пакета; - искривление волокон в препреге, - деформирование препрега
---------	---------------------------------------	---	---

1.3 Методы неразрушающего контроля, применяемые для оценки качества изделий из неметаллических материалов

Композиционные материалы применяются в изделиях повышенной опасности, следовательно, нуждаются в контроле. Обнаружить дефекты композиционных материалов можно следующими методами неразрушающего контроля: контроль проникающими веществами; акустический метод контроля; оптический метод контроля; радиационный метод контроля; радиоволновой метод контроля; тепловой метод контроля.

Согласно ГОСТ Р 53696-2009 [6] оптический неразрушающий контроль это неразрушающий контроль, базирующийся на анализе взаимодействия оптического излучения с объектом контроля. Метод оптического неразрушающего контроля базируется на определении параметров оптического излучения, отраженного от объекта контроля. Оптический метод контроля считается довольно эффективным и удобным способом обнаружения поверхностных дефектов: трещины, задиры, локальные вмятины, оборванные нити, складки и полосы, появляющиеся при нарушении технологии укладки поверхностных монослоёв раскрытием более 0,1 мм.

С визуального осмотра начинается контроль объектов. Визуальный метод контроля эффективен для контроля качества дефектов материалов, например, неравномерность толщины листов стеклопластика. Визуальным контролем проверяют поступающий материал в виде труб, отводов, муфт, которые по форме, размерам и качеству обязаны соответствовать требованиям стандарта. Данный контроль осуществляется для решения вопросов о возможности их технической эксплуатации в сварной конструкции или же о необходимости более подробной инструментальной дефектоскопии.

Визуальный контроль швов осуществляется путем сравнения их с контрольными образцами, а также путем измерения наружного сварочного грата швов во взаимнопротивоположных зонах периметра шва. При этом используются шаблоны, штангенциркуль, измерительная лупа, точность которых должна быть не менее 1 %. Контрольные образцы должны храниться на предприятии, выполняющем и контролирующим сварочные работы.



Рисунок 1 – Проведение оптического контроля

Согласно НРБ-99 [7], радиационный контроль — получение информации о радиационной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль). Радиационный метод контроля позволяет обнаруживать дефекты внутренней структуры, такие как: раковины, трещины, газовые поры, недопрессовки и расслоения, складки в системе армирования, инородные тела в связующем и т.д. Радиографический метод контроля базируется на

способности рентгеновских лучей проникать через материал и воздействовать на светочувствительную рентгеновскую пленку, находящуюся с обратной стороны. В местах, где имеются дефекты контролируемого материала, поглощение лучей будет меньше, и они будут более активно воздействовать на чувствительный слой рентгеновской пленки.

Согласно ГОСТ 23829-85 [8] под акустическим контролем понимают неразрушающий контроль, основанный на применении упругих колебаний, возбуждаемых или возникающих в объекте контроля. Акустический метод неразрушающего контроля находит свое применение в широком спектре областей. Он может использоваться для анализа объектов железнодорожного транспорта, в нефтегазовой промышленности, металлургии, на объектах горнорудной промышленности, а также при анализе котлов и химически опасных производств. Ультразвуковой метод контроля является работоспособным способом выявления дефектов внутренней структуры (непроклей и расслоения между монослоями структуры), так и поверхностные (царапины, задиры). Минимальные размеры определяемых дефектов внутренней структуры композиционных материалов вида «непроклей» составляют площадь порядка 0,8 - 1,0 см². Чаще всего ультразвуковой контроль используют для контроля шасси, лопастей и различных деталей корпуса самолетов. Принцип работы ультразвукового контроля заключается в использовании ультразвуковых колебаний исходящие из генератора. Они проходят по всему объекту и выявляют различного рода дефекты, потом приемник принимает ультразвуковые волны и показывает информацию о дефекте.



Рисунок 2 – проведение акустического контроля

Тепловой контроль, согласно ГОСТ 23483–79 [9], вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации и преобразовании инфракрасного излучения в видимый спектр. Тепловой метод используется во всех отраслях промышленности, где по неоднородности теплового поля можно давать заключение о техническом состоянии контролируемых объектов. Тепловой метод предполагает нагрев объекта специальными внешними источниками энергии для создания тепловых потоков, которые являются основным условием применения теплового контроля. Температурное поле поверхности объекта является источником информации об особенностях процесса теплопередачи, которые, зависят от наличия внутренних или наружных дефектов. Этот метод используется, если в процессе эксплуатации контролируемый объект не подвергается достаточному тепловому воздействию (например, детали из композиционных материалов), либо измерение температуры объекта в процессе эксплуатации технически невозможно (лопасти вертолета). Позволяет определять наличие коррозии под краской и между слоями; расслоения и непроклеи; ослабление сцепления между слоями; наличие воды или масла в сотах; пористость; ударные повреждения (например, смятие сот) и т.д.

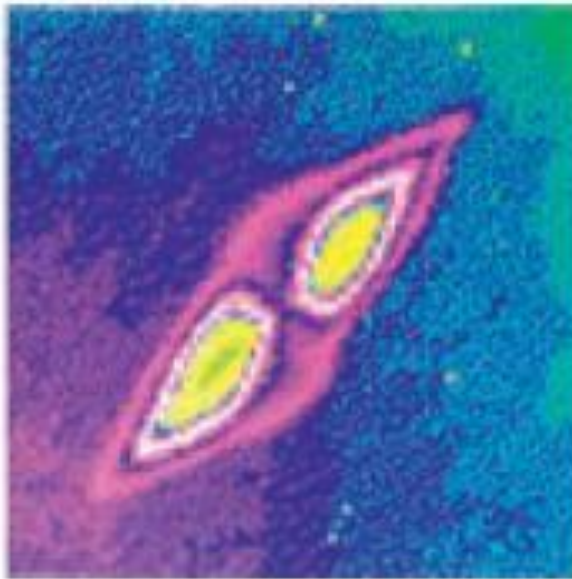


Рисунок 3- Термограммы зон с ударным повреждением углепластикового композита

Согласно, ГОСТ 18442-80 [10] капиллярный метод контроля позволяет контролировать объекты, выполненные из любого материала, в том числе из стекла, керамики, пластмассы, и прочих неметаллических материалов, с шириной раскрытия дефекта до 500 мкм и глубины более 0,02 мм.

Капиллярный контроль бывает цветной и люминесцентный.

Люминесцентный метод контроля, применяется для выявления наружных дефектов, преимущественно трещин, а также для контроля на непроницаемость. Данный метод основан на свойстве некоторых жидкостей флуоресцировать (светиться) под действием ультрафиолетовых лучей. В качестве флюоресцирующих жидкостей используют смеси минерального масла с керосином или бензином. Конечной операцией является осмотр поверхности детали с освещением невидимыми ультрафиолетовыми лучами. Цветной метод контроля (метод красок) основан на том, что обнаружение дефекта осуществляется с помощью растворов красящих веществ, проникающих вглубь дефекта. В отличие от люминесцентных методов цветные методы контроля не требуют источников ультрафиолетовых

лучей и позволяют определять поверхностные дефекты в материалах и изделиях при обычном дневном свете. Эта особенность цветных методов делает их наиболее приемлемыми для использования в полевых условиях [11].



Рисунок 4 - Дефекты, обнаруженные капиллярным методом контроля

Более подробная информация о методах неразрушающего контроля, типах дефектов, области применения представлена в приложении А.

Все вышерассмотренные методы неразрушающего контроля пригодны для контроля качества изделий из неметаллических материалов, однако у каждого из них есть своя более выгодная область применения.

С помощью оптического методы можно определить дефекты с раскрытием более 0,1 мм. Радиографический метод позволяет обнаружить как поверхностные, так и внутренние дефекты с минимальным раскрытием 200 мкм. С помощью акустического метода можно определить дефекты внутренней структуры. Тепловой контроль позволяет обнаружить поверхностные, а так же скрытые внутренние дефекты. С помощью капиллярного контроля можно обнаруживать дефекты, выходящие на поверхность, с раскрытием менее 1 мкм.

А так как к наиболее ответственным деталям и узлам, например, корпус ракетного двигателя, предъявляются повышенные требования к качеству, а также для визуализации дефектов невидимых глазу, появляется необходимость использования капиллярного контроля.

2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

2.1. Технологий QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

- 1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:
 - влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
 - перспективность рынка;
 - перспективы конструирования и производства;
 - финансовая эффективность;
 - правовая защищенность.
- 2) Показатели оценки качества разработки:
 - динамический диапазон;
 - вес;
 - ремонтпригодность;
 - энергоэффективность;
 - долговечность;
 - эргономичность;
 - унифицированность;
 - уровень материалоемкости разработки.

Для сравнения конкурентоспособности методов неразрушающего контроля при контроле изделий из неметаллов выбран капиллярный метод.

Выбранные показатели для оценки конкурентоспособности метода показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	70	100	0,7	0,12
2. Надежность	0,15	90	100	0,9	0,135
3. Уровень шума	0,1	80	100	0,8	0,135
4. Простота эксплуатации	0,05	80	100	0,6	0,06
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
5. Перспективность рынка	0,35	90	100	0,9	0,27
6. Цена	0,05	60	100	0,6	0,02
7. Срок выхода на рынок	0,15	70	100	0,6	0,06
Итого	1				

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i * B_i, \quad (1)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

$$P_{cp} = 0.15 * 70 + 0.15 * 90 + 0.1 * 80 + 0.05 * 80 + 0.35 * 90 + 0.05 * 60 + 0.15 * 60 = 10,5 + 13,5 + 8 + 4 + 31,5 + 3 + 10,5 = 81$$

Показатель $P_{cp} = 81$ говорит о том, что разработка считается перспективной и следует развивать ее.

2.2. Планирование научно-исследовательских работ

2.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 4.

Таблица 4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подготовка образцов для экспериментов	Дипломник
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Дипломник
	7	Сравнение экспериментальных результатов по итогам трех методов неразрушающего контроля	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Расшифровка данных и сравнение с имеющимися показателями	Дипломник
Оформления отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Руководитель, дипломник

2.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_i}{5}, \quad (2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

2.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал} \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}} = 366$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе $T_{\text{ки}}$ округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 5).

Таблица 5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}			Длительность работ в календарных днях, T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{\text{ож}}$, чел-дни				Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3							
Составление и утверждение технического задания	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руковод.	2	2	2	3	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	5	5	5	9	9	9	6,6	6,6	6,6	Дипл.	7	7	7	10	10	10
Выбор направления исследований	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Руковод.	5	5	5	7	7	7
Календарное планирование работ по теме	2	2	2	4	4	4	2,8	2,8	2,8	Руковод	2	2	2	3	3	3
Подготовка образцов для экспериментов	5	5	7	10	10	15	7	7	10,2	Дипл.	4	4	6	6	6	9
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	10	10	15	10	15	25	12	12	19	Дипл.	6	6	10	9	9	15

Продолжение таблицы 5

Расшифровка данных и сравнение с имеющимися показателями	8	5	8	10	10	13	8,8	7	10	Дипл.	5	4	5	7	6	7
Составление пояснительной записки	5	10	15	7	13	25	5,8	11,2	19	Руковод, дипл.	2	4	7	3	6	10

На основе таблицы 5 строим план график

Таблица 6 – Календарный план график проведения НИР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кп} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ													
				Фев.		Март			Апрель								
				2	3	1	2	3	1	2	3						
1	Составление ТЗ	Руковод.	3	■													
2	Изучение материалов	Дипл.	10		□												
3	Выбор направления	Руковод.	7			■											
4	Планирование работ	Руковод.	3			■											
5	Подготовка образцов	Дипл.	9				□										
6	Проведение экспериментов	Дипл.	15				□										
7	Расшифровка данных	Дипл.	7								□						
8	Пояснительная записка	Руковод. дипл.	10										■	□			

■ -руководитель, □ - дипломник

3.2.4. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;

- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

3.2.4.1. Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

– приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;

– покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

– покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

– сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний)

и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i + N_{расхi}, \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 7.

Таблица 7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы(Z_m), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Очиститель	Шт.	1	1	1	450	450	450	540	500	540
Пенетрант	Шт.	1	1	1	600	600	600	720	700	720
Проявитель	Шт.	1	1	1	550	550	550	660	620	660
Салфетки	Шт.	10	10	10	8	8	8	96	90	96
Итого								2016	1910	2016

3.2.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 8. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НИИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 8 – Расчет бюджета затрат на приобретение оборудования для научных работ.

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Шкаф вытяжной	1	1	1	83000	83000	83000	95450	95450	95450
2	Штангенциркуль ШЦЦ-1-125 0.01 губ.40мм SHAN	1	1	1	1900	1900	1900	2185	2185	2185
3	Лупа увеличительная	1	1	1	400	400	400	460	460	460
Итого								98095	98095	98095

3.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 8.

Таблица 8 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Составление и утверждение технического задания	Руковод.	1,8	1,8	1,8	1,46	1,46	1,46	2,63	2,63	2,63
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	6,6	6,6	6,6	0,25	0,25	0,25	1,65	1,65	1,65
3	Выбор направления исследований	Руковод.	4,8	4,8	4,8	1,46	1,46	1,46	7	7	7
4	Календарное планирование работ по теме	Руковод.	2,8	2,8	2,8	2	2	2	5,6	5,6	5,6

Продолжение таблицы 8

5	Подготовка образцов для экспериментов	Дипломник	7	7	10,2	0,79	0,79	0,79	5,53	5,53	8
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Дипломник	12	12	19	0,79	0,79	0,79	9,5	9,5	15
7	Сравнение экспериментальных результатов по итогам двух методов	Дипломник	1,8	1,8	1,8	0,25	0,25	0,25	0,45	0,45	0,45
8	Расшифровка данных и сравнение с имеющимися показателями	Дипломник	8,8	7	10	0,79	0,79	0,79	6,95	5,53	7,9
9	Составление пояснительной записки	Руковод., дипломник	5,8	11,2	19	2,25	2,25	2,25	13	25,2	42,75
Итого									52,31	63,09	90,98

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн}, \quad (8)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные - праздничные	119	119
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p, \quad (10)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $Z_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 10 – расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , тыс. руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , тыс. руб.	З _{дн} , тыс. руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , тыс. руб.
Руководитель	16,751	1,3	1,3	1,3	78,39	4,38	16	70,08
Дипломник	5,708	0	0	1,3	7,42	0,44	28	12,32
Итого З _{осн}								82,4

3.2.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством РФ нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды. На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 11 – отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб
	Исп. 1
Руководитель	70,08
Дипломник	12,32
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1
Итого	
Исполнение 1	22,33

3.2.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 10 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НТИ	2016	1910	2016	
2. Затраты на спецоборудование для научных работ	98095			
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	82400			
4. Отчисления во внебюджетные фонды	22330			
5. Накладные расходы	32774,56	32757,6	32774,56	16% от суммы 1-4
6. Бюджет затрат НТИ	237615,56	237492,6	237615,56	Сумма ст. 1-5

3.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более)

вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (12)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп}}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах, либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{ri} = \sum a_i * b_i \quad (13)$$

где I_{ri} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Таблица 12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Энергоэффективность	0,15	5	5	5
2. Надежность	0,15	5	5	5
3. Уровень шума	0,1	5	4	4
4. Простота эксплуатации	0,05	4	5	5
5. Перспективность рынка	0,35	5	5	5
6. Цена	0,05	4	3	4
7. Срок выхода на рынок	0,15	4	4	4

Итого	1			
-------	---	--	--	--

$$I_{p1} = 5 * 0,15 + 5 * 0,15 + 5 * 0,1 + 4 * 0,05 + 5 * 0,35 + 4 * 0,05 + 4 * 0,15$$

$$= 4,75$$

$$I_{p2} = 5 * 0,15 + 5 * 0,15 + 4 * 0,1 + 5 * 0,05 + 5 * 0,35 + 3 * 0,05 + 4 * 0,15$$

$$= 4,65$$

$$I_{p3} = 5 * 0,15 + 5 * 0,15 + 4 * 0,1 + 5 * 0,05 + 5 * 0,35 + 4 * 0,05 + 4 * 0,15$$

$$= 4,7$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{р1}}{I_{финр}}; I_{исп2} = \frac{I_{р2}}{I_{финр}} \quad (14)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (15)$$

Таблица 13 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,75	4,65	4,7
3	Интегральный показатель эффективности	4,75	4,69	4,7
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,01/1,01	0,99/0,99	0,99/1

Проводя расчет энерго - и ресурсоэффективности и сравнив различные исполнения приходим к выводу, что исполнение №1 является лучшим вариантом.

Список публикаций студента

1. И.Д. Андреев, И.С. Лобанова Методы неразрушающего контроля изделий из полимерных композиционных материалов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: материалы XII Международной научно-практической конференции, Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, 11-15 апреля 2016.
2. И.Д. Андреев, И.С. Лобанова Применение капиллярных методов неразрушающего контроля изделий из неметаллических материалов // VI всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность», Томск 23-27 мая 2016.