

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ОДЕЖДЫ ИЗ РАЗНЫХ ПО ФАКТУРЕ ТКАНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНОГО СТАНКА С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Олькова М.С.

г. Екатеринбург, МАУ ДО ДДТ Октябрьского р-на, 4 «Г» класс

Руководители: Горшков С.А., Бусыгина Ю.А., г. Екатеринбург, МАУ ДО ДДТ Октябрьского р-на, педагоги доп. образования

Данная статья является реферативным изложением основной работы. Полный текст научной работы, приложения, иллюстрации и иные дополнительные материалы доступны на сайте V Международного конкурса научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке» по ссылке: <https://school-science.ru/5/16/34864>.

Я занимаюсь в студии «Театр моды «Дизайнер» Дома детского творчества Октябрьского района города Екатеринбурга. Основной деятельностью нашей студии является моделирование и дизайн одежды. Мы придумываем и создаем коллекции одежды, которые потом показываем на дефиле на разных конкурсах и фестивалях. При создании каждой новой коллекции мы учимся создавать образы, рисовать эскизы, моделировать изделие. И обязательно создаем его полностью своими руками – строим чертежи, раскраиваем, проутюживаем, сшиваем на руках и на швейной машинке, обрабатываем на оверлоке. Для того чтобы наша одежда получилась яркой и незабываемой, чтобы отличаться на подиуме от других, мы сочетаем друг с другом разнообразные материалы, используем нетрадиционные техники, часто экспериментируем. И, конечно, мы постоянно ищем новые оригинальные решения. Так мы начали работу над созданием коллекции одежды из разных по фактуре тканей с использованием современных станков с лазерной резкой.

Актуальность использования лазерной техники при обработке ткани

Универсальным средством для обработки поверхностей являются лазерные станки. Они позволяют работать с разнообразными материалами, в том числе с различными видами текстиля и кожи. Лазерные станки можно встретить как на больших, так и малых предприятиях, в том числе в легкой промышленности и частных дизайнерских ателье. Сложно сегодня представить работу современного предприятия без использования технического оснащения [3]. Несмотря на широкое применение ткани, до сегодняшнего момента текстильная промышленность оставалась сектором с высокой долей ручного труда. Объяснением этому может служить особенность ткани – тонкого, по-

датливого материала. Ведь для обработки станочным способом (например, резанием), необходимо надёжно закреплять заготовку. А как добиться этого для большеформатной ткани – ведь её невозможно закрепить в каждой точке поверхности? Высокопроизводительная автоматическая станочная обработка ткани стала доступной с возникновением технологии обработки лазером.

Лазерный луч способен обеспечить тончайший шов реза – без «махров» или подрывов ткани.

Бесконтактная обработка лазером не предполагает наличие сил резания, а значит, заготовку не требуется крепить. Достаточно лишь расстелить отрезок материи на рабочем столе лазерного станка (для фиксации под собственной тяжестью).

Лазерные станки с ЧПУ могут осуществлять фигурный раскрой ткани – согласно заложенной программе обработки. Простота эксплуатации и широкая универсальность лазерного оборудования позволяют вести сложную обработку с минимумом затрат.

Стоимость лазерного станка (даже большого формата) сравнительно небольшая. А значит, даже малое предприятие может позволить себе высокопроизводительную автоматическую обработку ткани.[9]

Идея проекта

Итак, легкая промышленность становится все более и более технологичной. Нам, будущим дизайнерам и модельерам, необходимо учиться использовать в своей деятельности современное оборудование. Конечно, у нас пока не получится создать новую ткань, но использовать современные технологии для создания элементов одежды мы вполне можем. В Доме детского творчества есть студия «3D моделирования», которая использует в своей работе лазерный станок с элементами ЧПУ. Именно такая техника эффективно используется в процес-

сах обработки ткани на предприятиях. И мы решили создать коллекцию одежды с применением необычной для нас технологии, освоив лазерную технику. Поэтому, мы начали работу над совместным творческим проектом по созданию декоративных элементов для коллекции моделей одежды с помощью станка с ЧПУ. Дополнительно мы поставили себе задачу совместить в изделии ткани кардинально разных, с помощью обычных приемов плохо сочетаемых друг с другом фактур – тонкий шифон и плотную натуральную кожу.

Итак, мы выдвинули гипотезу: при использовании лазерной техники с ЧПУ в одном изделии возможно сочетание ткани кардинально разных фактур. Это приведет к получению новой необычной дизайнерской модели.

Цель проекта: создание первой модели из будущей коллекции одежды с декоративными элементами, выполненными при помощи лазерного станка с ЧПУ.

Задачи проекта:

- разработать эскизы изделия с декоративными элементами (художественный эскиз и технический рисунок декоративного элемента);
- освоить лазерный станок с ЧПУ;
- разработать и создать декоративные элементы изделия на станке с ЧПУ;
- изготовить изделие с элементами декора по созданному эскизу.

Объект проекта: совмещение художественной составляющей дизайна костюма и научно-технической идеи современных инженерных технологий в моделировании одежды, разработанных на лазерном оборудовании.

Предмет проекта: разработка и создание костюма с декоративными элементами, выполненными на станке с ЧПУ.

Теоретическая часть

Особенности использования лазерных станков с ЧПУ при обработке ткани

Преимущества резки ткани на лазерном оборудовании

Бурное развитие лазерных технологий и появление компактных, недорогих и простых в управлении лазерно-гравировальных станков позволило изменить подходы к обработке тканей. Применение лазерных технологий дает три основных преимущества: качество обработки тканей, скорость выпуска изделий, низкую себестоимость процесса. Очень важна лёгкость перенастройки лазерного станка на любую программу производства, возможность работать с рулонными заготовками (без предварительного

раскроя в размер рабочего поля станка) и способность станка выпускать продукцию в любых объёмах (от одного изделия до крупных серий) с неизменно высоким качеством.

Основное преимущество лазерной технологии – получение высочайшего качества обработки ткани. Высокоэнергетический лазерный луч обеспечивает минимальную толщину и аккуратность реза. Программа обработки, включающая траекторию движения головки излучателя, допускает воплощение сложнейших узоров выкройки. Лазерная резка исключает ворсистость краёв реза – напротив, лазер «оплавляет» края ткани, осуществляя своего рода декоративную обработку шва. Автоматизация процесса обработки на 100% исключает наличие брака в готовых изделиях. Специальное программное обеспечение оптимизирует траекторию движения лазерной головки ещё до начала фактической обработки. Это не только повышает скорость обработки (за счёт сокращения холостых ходов инструмента), но и снижает расход материала, обеспечивая минимум отходов [9].

Виды обработки ткани с помощью лазерного оборудования

Существует 2 вида обработки ткани с помощью лазерного оборудования: резка (раскрой) и гравировка.

Во время резки, при «падении» лазерного луча, поверхность ткани в зоне обработки нагревается и мгновенно испаряется – так быстро, что тепло не успевает распространиться на соседние слои материала. Таким образом, ткань прожигается насквозь и «отрезается» лучом по контуру движения головки излучателя. При этом качество обработки мало зависит от вида материала. Поэтому лазерный станок способен работать практически с любым видами ткани, в том числе «трудными» (например, синтетическими смесовыми – «сыпучими») или кожей. [9]

Гравировка ткани становится все более модной. Как маркетинговый ход, технология гравировки ткани оправдывает себя превосходно. Однако на практике вещи с гравировкой очень быстро приходят в негодность (вытираются, мохрятся и т.п.). Ткань является очень тонким материалом. Если его даже чуть-чуть «царапнуть» лазером, это нарушит структуру переплетения волокон ткани. Такое ослабление «несущего каркаса» приводит к потере прочности – ткань начинает сечься, как будто её длительное время интенсивно тёрли. Таким образом, если гравировка изображений на ткани всё же необходима, следует выбирать участки одежды, подверженные минимальному трению [10].

Специализированные ткани

Широкое применение лазерных станков в текстильной индустрии привело к созданию особых моделей тканей, специализированных именно под обработку лазером. Тонкие полимерные материалы обладают прочностью, долговечностью, невысокой ценой, стойкостью к загрязнениям. Такие материалы очень практичны, не вызывают аллергии, легки в уходе. Лазерное оборудование позволяет изготавливать из полимерных тканей практически любые изделия, приближающиеся по качеству к шёлку и другим «благородным» тканям. [9]

Обработка кожи с помощью лазерного оборудования

Кожа – сложный материал для любой обработки, кроме лазерного станка: она упругая и оказывает большое сопротивление любому инструменту, используемому для работы с ней. Лазерный луч легко и быстро справляется с кожаными изделиями, поэтому весь процесс занимает считанные секунды. Лазерные станки используются для оформления или изготовления изделий из кожи: гравировка на кошельках, бумажниках, портфелях, браслетах, ремнях или обуви, также резка заготовок или перфорация на готовых кожаных изделиях. Для лазерной гравировки подходят такие виды ткани, как: натуральная кожа, замша, ворсовая кожа, нубук, синтетическая кожа, алькантара. [6]

Чаще всего с помощью лазера создают разные виды перфорации на коже. Перфорация – это особый способ обработки натуральной кожи, в процессе которого поверхность пробивается небольшими сквозными отверстиями. Для перфорации кожи используют отверстия разной формы. Чаще всего перфорированная кожа используется для создания перчаток и сумок без подкладки. Эти аксессуары требуют хорошего воздухообмена, а перфорированная кожа может обеспечить его лучше всего. Этот способ известен с древнейших времен: в те времена в обуви использовалась перфорация по краям деталей для их украшения или по всей площади – для улучшения дыхания стопы в летний период времени. Современная летняя обувь часто имеет перфорированные детали по всей площади. Перфорированная кожа великолепно смотрится в дизайне платьев, а также разного вида аксессуаров. [7]

К виду перфорированной кожи можно отнести кожу, у которой отверстия не пробиваются насквозь, а всего лишь продавливаются на определенную глубину. Этот вид

кожи не имеет сквозных просечек. При этом кожа получается очень мягкой и эластичной, и может использоваться во многих сферах, например для оформления салонов автомобилей. [4].

Таким образом, перфорированная кожа широко используется в легкой промышленности. При работе с кожей активно используются оба вида лазерной обработки – резка и гравировка. Из разных видов перфорированной кожи могут создаваться как все изделие, так и его часть. В этом случае перфорированная кожа будет выполнять функцию декора (как, например, в нашем проекте).

*Описание технологии работы на лазерном оборудовании**Технология резки ткани*

При использовании лазерного оборудования, на компьютере разрабатываются лекала выкройки для очередной модели. Потом вся информация упаковывается в файл, и оператор вносит их в ЧПУ лазерного станка. Для резки ткани используются форматы: dxt, dst, plt, ai; для гравировки – jpg, bmp, gif (растровые). Далее лазерный станок настраивают по заданным параметрам, выставляя определённые задачи ЧПУ. Уложив материал на рабочее поле, приступают непосредственно к резке ткани. Раскрой производится с предельной точностью. Края срезов получаются ровные и слегка оплавленные. Визуально эта обработка смотрится незаметно и естественно. Но при этом срезы не опускаются и не распускаются, образуя бахрому. На лазерном станке кроят не только основные детали изделия, резке подвергаются и декоративные отделочные элементы, например, аппликация и окантовка [10].

Порядок работы на лазерном оборудовании

Прежде чем приступить к процессу резки, оператор должен подготовить лазерный станок к работе. Заготовка из ткани размещается внутри рабочего поля станка или закрепляется в специальном механизме протяжки – если станок укомплектован системой обработки рулонных заготовок. Эскиз выкройки (или узора для гравировки) оцифровывается в графическом редакторе. В качестве эскиза может быть взято готовое изображение. После этого станок может приступать к обработке в автоматическом режиме. При необходимости оператору следует лишь вынимать готовые изделия и загружать новые заготовки. Если же ткань поступает в рулонах, то процесс ручного труда при обработке на лазерном оборудовании вообще сводится к минимуму [9].

Оптимизация расхода ткани

Современные программные пакеты для подготовки управляющих файлов позволяют оптимизировать расположение изделий на общем поле тканевой заготовки. В результате экономится материал и минимизируется число «обрезков». Обрезки подходящего размера можно снова использовать для производства полноценных изделий. Благодаря быстрой переналадке станка с ЧПУ, можно производить изделия разного вида в любом количестве – от единичного экземпляра, до массовой серии. [9]

Ограничения и особенности при раскрое ткани с помощью лазерного станка с ЧПУ

На лазерном станке с ЧПУ нельзя резать ткань настилами – только в один-три слоя (в зависимости от исходной толщины тканевой заготовки). Когда ткань всё-таки приходится резать слоями, следует применять систему обдува инертным газом. Поскольку инертный газ (к примеру, азот или СО₂) не поддерживает окислительных реакций, то края ткани даже под действием высокой температуры лазера не будут ни обгорать, ни темнеть. Инертный газ можно подавать через штатную систему обдува/охлаждения лазерного излучателя (вместо используемого обычно воздуха). При этом расход газа будет сравнительно небольшой, а значит, себестоимость обработки ткани возрастёт несущественно.

Ещё одной сложностью при обработке ткани лазером (особенно при резке шерсти или кожи) является неприятный запах. При испарении обрабатываемого материала образуется газообразный «остаток», который отводится специальной вытяжной системой станка. В случае с обработкой ткани следует позаботиться об интенсификации отвода газа. [9]

Нельзя обрабатывать лазером ткани, в состав которых входят ПВХ составляющие, так как при их обработке образуются ядовитые вещества (летучие соединения соляной кислоты).

Программа для подготовки дизайнерских эскизов CorelDraw

Для раскроя ткани на лазерных станках большой популярностью пользуется разработка чертежей в CorelDraw, для которого существуют специализированные программы-макросы, способные строить различные чертежи по задаваемым пользователем параметрам. [8] CorelDRAW— графический редактор, разработанный канадской корпорацией Corel. С помощью векторной программы CorelDRAW дизайнером отрисовывается изображение эскиза на компьютере [2].

Программа Lasercut для переноса дизайнерского эскиза на лазерный станок с ЧПУ

Для перенесения эскиза, нарисованного в графическом редакторе CorelDRAW, на станок с ЧПУ, изображение нужно загрузить в программу Lasercut, передающую команды на лазерный станок. В данной программе устанавливаются параметры резки (мощность и скорость лазера под конкретный материал). Параметры устанавливаются опытным путем для каждого конкретного материала. Компания «Лазеркат» с 2009 года поставляет в Россию различные модели лазерного оборудования с чпу. [5]

Практическая часть

Техника безопасности

Техника безопасности при работе на швейной машине

– Одеть косынку. Проверить исправность машины.

– Свет должен падать на рабочую поверхность слева или спереди.

– Сидеть за машиной прямо, на всей поверхности стула. Стул должен стоять так, чтобы игла находилась прямо перед вами. Расстояние между движущимися частями машины и глазами должно быть 20–30 см.

– Нельзя наклоняться во время работы, отвлекаться, передавать инструменты при включенной машине.

– Проверить, не осталось ли в сшиваемых деталях игл или булавок.

– Заправку нитей производить только при выключенной машине.

– По окончании работы нужно выключить машину и убрать рабочее место.

Техника безопасности при работе с электрическим утюгом

– Перед работой утюгом проверить исправность шнура.

– Утюг включать и выключать сухими руками, берясь за корпус вилки.

– Следить за тем, чтобы подошва утюга не касалась шнура.

– Следить за правильной установкой положения терморегулятора.

– Во избежание ожогов не касаться горячих металлических частей утюга.

– Во избежание пожаров не оставлять включенный утюг без присмотра.

– Ставить утюг на подставку. По окончании работы утюг выключить [1].

Технику безопасности при работе на лазерном станке с ЧПУ мы решили не описывать, так как нахождение в помещении со станками и непосредственная работа на них возможна только в присутствии руководителя. Для учащихся ДДТ полностью самостоятельная работа на лазерном станке запрещена.

2.2. Технологическая карта изготовления декоративных элементов на лазерном станке с ЧПУ



Таблица 1

Подготовительный этап выполнения декоративных элементов

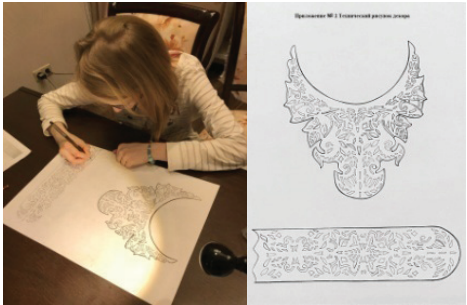
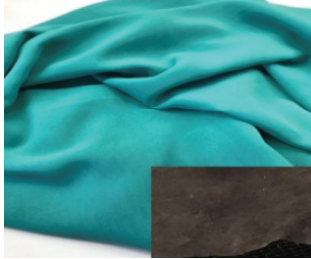
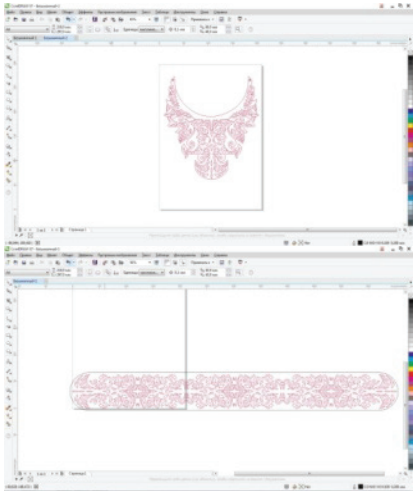
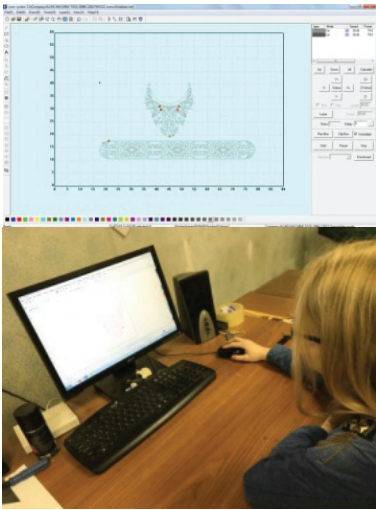
Операция
Подготовительный этап: выбор основных материалов и подготовка рабочего места
Материалы
Кожа (материал от старой куртки), шифон
Оборудование
Персональный компьютер, лазерный станок с ЧПУ, швейная машина, оверлок, гладильная доска
Инструменты
Программы, установленные на ПК (CorelDraw, Lasercut), альбомные листы ф.А4, простые карандаши, акварельные краски, гелевые ручки, ножницы, иголки, нитки, мелок, булавки, лекала, сантиметр, миллим. бумага, утюг

Таблица 2








Конструкторско-технологический этап выполнения изделия


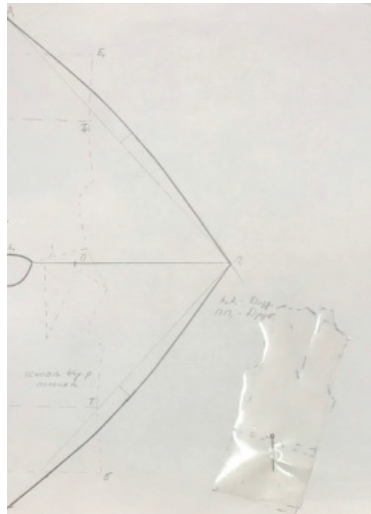


№	Название операции	Технические условия (алгоритм выполнения операции)	Инструменты и материалы	Фотографии выполнения операций
1	2	3	4	5
1.	Создание художественного эскиза изделия	Придумала модель одежды, сделала несколько предварительных набросков. Окончательный вариант оформила в виде эскиза.	Альбомные листы ф. А4, простые карандаши, акварельные краски, гелевые ручки и пр.	 <p>Готовый эскиз дан в Приложении №1.</p>
1.1.	Создание художественного эскиза декора	Продумала рисунок декора. Сделала множество предварительных набросков. Окончательный вариант оформила в виде эскиза	Альбомные листы ф. А4, простые карандаши, акварельные краски, гелевые ручки и пр	 <p>Готовый эскиз дан в Приложении №2.</p>

Продолжение табл. 2



1	2	3	4	5
2.	Технический рисунок	Создала технический рисунок декоративного элемента	Альбом-ный лист формата А4, простой карандаш гелевая ручка.	 <p>Готовый технический рисунок дан в Приложении №3.</p>
3	Подбор материалов – тонкого шифона и плотной кожи	Нашла кусок кожи от старой куртки и купила в магазине подходящую по цвету ткань		
Изготовление декора				
4	Отцифровка декора	Отсканировали технический рисунок, отрисовали его в графическом редакторе CorelDraw, сохранили файл с расширением dfx.	ПК, сканер, CorelDraw	
5	Подготовка файла для передачи на лазерный станок с ЧПУ	Загрузили файл в программу Lasercut на ПК.	ПК, Lasercut	

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
6	Подбор параметров резки, передача программы на лазерный станок с ЧПУ	Опытным путем подобрали и установили мощность и скорость резки. Передали команду на лазерный станок с ЧПУ	ПК, Lasercut, сетевое подключение к станку с ЧПУ	 
7	Положили кожу в станок	Уложили кожу на рабочее поле станка	Кожа, станок	
8	Вырезали декоративные элементы	Закрыли крышку станка, ввели станок в действие, выключили станок	Кожа, станок	
9	Достали готовые декоративные элементы из станка	Открыли крышку станка, достали декор	Станок, декор, кожа	
10	Выветривание неприятного запаха от декора	Оставили декор на воздухе, пока не выветрился неприятный запах	Декор	 

1	2	3	4	5
Пошив изделия				
11	Снятие мерок	Сняли мерки с фигуры: Дл. рук – 52см, Дл. Изд.–75 см. Горловину построили по лекалам 44 р-а.	Резинка на талию, сантиметровая лента	
12	Построение чертежа изделия в М 1:1	Построили чертеж (выкройки) изделия в М 1:1 на миллиметровой бумаге:	Мил. бумага, сантим. лента, линейка метр., лекало закройщика, карандаш, мерки фигуры, ножницы	 Чертеж изделия в масштабе 1:4 дан в Прил. №3.
13	Раскрой изделия	Выкройку наложила на готовое полотно, приколола булавками, обвела мылом, наметила мылом припуски 2см. Вырезала изделие.	Готовая выкройка в М 1:1, полотно, мыло, сантим. лента, ножницы.	
16	Пошив изделия	Обработала застежку Обработала горловину Пришила декор Обработала край изделия	Булавки, нитки, игла, швейная машина, оверлок	

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
17	Окончательное ВТО и чистка изделия	Проутюжила все швы до готовности. Убрала все ниточки.	Утюг, ножницы	 <p>Фотографии готового изделия даны в Приложении №5</p>
18	Самоконтроль	Провела окончательную примерку, сделала оценку своей работы		



Экономический расчет проекта

Таблица 3

Экономический расчет изготовления изделия

№ п/п	Название	Цена (руб.) за 1 м. (1шт)	Расход	Всего, руб.
1	Кожа для декора (б/у)	0		0
2	Шифон	290	1,2	348
3	Нитки	25	0,5	12,5
4	Застежка	20	6	100
Итого пошив		460,5 руб		
Экспертн. стоимость подобного изделия в ателье		3600,00 руб		
Итого экономическая выгода		3139,5 руб.(в 7,8 раз)		

Для создания декоративных элементов мы использовали бывшую в употреблении кожу – кусок старой куртки. Поэтому стоимость изделия оказалась минимальной. При заказе подобного изделия в ателье, его стоимость по экспертной оценке составила бы 3600 рублей. Таким образом, экономическая выгода изделия составила 3139,5 рублей, или нам удалось создать изделие в 7,8 раз дешевле, чем купить. Конечно, мы не смогли учесть амортизацию оборудования и расходы на электричество, но для данного объема работы эта погрешность существенно не изменит экономическую выгоду.

Экологическое обоснование проекта

Для создания основного элемента проекта – декоративных элементов из кожи, вырезанных на лазерном станке с ЧПУ, мы использовали материал старой, отжившей свой срок одежды – кожаной куртки. Это позволило нам подарить вторую жизнь ткани. Мы продемонстрировали, что яркие образы, как и одежду, используемую в быту, можно создавать из вторсырья (направление экодизайн).

Заключение

Выводы

Мы выполнили цель проекта – создали первую модель из коллекции одежды с декоративными элементами, сделанными при помощи лазерного станка ЧПУ. Нам удалось совместить в одном изделии кардинально разные по фактуре ткани. В соответствии с поставленными задачами, мы:

1. Разработали эскизы изделия с декоративными элементами (эскиз художественный и эскиз декоративного элемента). Эскизы приводятся в Приложении 1 и Приложении 2.

2. Освоили работу на лазерном станке с ЧПУ.

3. Разработали и создали декоративные элементы изделия на станке ЧПУ. Этапы создания декоративных элементов приведены в табл. 1 и табл. 2.

4. Изготовили изделие с элементами декора по созданному эскизу. Фотографии готового изделия приведены в Приложении 5.

Новизна проекта

Для Дома творчества Октябрьского района города Екатеринбурга, этот проект стал первым, объединившим работу двух студий разной направленности. В своем проекте мы смогли соединить новые технологии, используемые студией «3D моделирование» и дизайн одежды, разработанный студией «Театр моды Дизлайнер». В результате мы получили новый опыт и качественно новое изделие. Нам удалось использовать в одном изделии такие сложные в соединении фактуры, как легкий шифон и натуральная грубая кожа. И мы получили превосходный результат!

Перспектива проекта

В процессе работы над проектом, мы экспериментировали. В результате нам удалось получить необычное и великолепное изделие! Мы научились работать с натуральной кожей на лазерном оборудовании с ЧПУ. Мы

смогли объединить в одном изделии трудно соединяемые фактуры ткани. И мы решили создать по данной технологии целую коллекцию из различных образов. Это и будет нашей следующей целью работы.

Список литературы

1. Кожина О.А. Технология. Обслуживающий труд: Учебник 5 класс / О.А. Кожина, Е.Н. Кудачова, С.Э. Маркуцкая. – М.: Дрофа, 2014. – 255 с.
2. Комолова Н.В. CorelDRAW X4: Самоучитель / Н.В. Кожина. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 656 с.
3. Актуальность использования фрезерных станков на производстве [Электронный ресурс], – http://skladtehkompлект.ru/jp_147.php.
4. Кожа перфорированная [Электронный ресурс], – <http://otzyvy-otritsatelnye.ru/sovety/prochie-sovety/22937-perforirovannaya-kozha.html>.
5. Компания Lasercut. [Электронный ресурс], – <https://lasercut.ru/>.
6. Лазерная гравировка и резка кожи [Электронный ресурс]. – <https://www.troteclaser.com/ru/oblasti-primeneniya/kozha/>.
7. Перфорированная кожа для создания оригинального и стильного образа [Электронный ресурс]. – <https://www.livemaster.ru/topic/1272267-perforirovannaya-kozha-dlya-sozdaniya-originalnogo-i-stilnogo-obraza>.
8. Практика использования лазера мощностью 5,5Вт [Электронный ресурс]. – <http://3dtoday.ru/blogs/vtaly-ru/the-practice-of-using-a-laser-power-of-55-w12/>.
9. Резка ткани на лазерном станке с ЧПУ [Электронный ресурс]. – <https://infolaser.ru/stati/rezka-tkani>.
10. Технология резки ткани [Электронный ресурс], – <http://sailingunion.ru/tjekhnologija-rjezki-tkani.html>.