

Министерство образования Республики Беларусь
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «ВИТЕБСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
УО «ВГТУ»

УДК 621.317
Рег. № 20200205



УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор
В.А. Жизневский
"24" ноября 2021 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
Разработать универсальный программно-аппаратный комплекс
изготовления шкал для приборостроения
(заключительный)

2021 – пр.г/б-639

И.О. начальника НИЧ

И.В. Берашевич

"24" ноября 2021

Научный руководитель

В. Н. Сакевич

"24" ноября 2021

Витебск, 2021



СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель:
д.т.н., проф. кафедры физики и
технической механики



Сакевич В. Н.
(общее руководство, координация
выполнения, введение, заключение,
общая редакция отчета)
24 ноября 2021 года

Исполнители:

к.т.н., доц.



Кириллов А.Г.
(разделы 1-4)
24 ноября 2021 года

к.т.н., доц.



Буевич Т. В.
(разделы 1-4)
24 ноября 2021 года

Студент



Козлов В. С.
(разделы 1-4)
24 ноября 2021 года

Студент



Поляков А. А.
(разделы 1-4)
24 ноября 2021 года

Студент



Петров Ю. С.
(разделы 1-4)
24 ноября 2021 года

Студент



Пелипей И. Р.
(разделы 1-4)
24 ноября 2021 года

Нормоконтроль



Кудина И.Л.
24 ноября 2021 года

РЕФЕРАТ

Отчет 68 с., 48 рис., 2 табл., 6 источников.

Приборная шкала, пленочная основа, УФ краска, УФ принтер, слоистая система, резка по контуру, лазерная резка, механическая резка, оптическая система обработки изображения, CorelDraw, пэвм, matlab, математическое обеспечение.

Объектом исследований являются технологии:

- ✓ нанесения градуировок, знаков и символов, а также покрытия участков вне контуров градуировок, знаков и символов на приборную шкалу цифровой печатью на УФ принтере;
- ✓ автоматизированной механической или лазерной резки по контуру для вырезания технологических отверстий и самой приборной шкалы;
- ✓ автоматизированного локального нанесения клея на циферблат.

Целью выполнения НИОК(Т)Р служит создание универсального программно-аппаратного комплекса изготовления шкал для приборостроения и внедрение его на ОАО «ВЗЭП».

В процессе работы выполнены экспериментальные исследования по способам нанесения слоистых систем нужного цвета в виде точечного растра, как в проходящем свете, так и в отраженном, путем соответствующего наложения краски на краску на циферблате.

Изучены особенности автоматизированной механической и лазерной резки по контуру для вырезания технологических отверстий и самой приборной шкалы. Разработаны программы.

Разработан способ автоматизированного нанесения клея на соответствующие места тыльной стороны пленочного циферблата. Клей не наносится в местах расположения источников света, осуществляющих подсветку шкалы. Задача точечного нанесения клея в нужные места решена с помощью создания установки для автоматизированного нанесения клея и разработки соответствующего программного обеспечения (ПО).

Разработанная технология защищена патентом РБ на изобретение №23357 от 25.07.2019г. «Способ изготовления приборной шкалы и автоматизированная линия для его осуществления».

В результате выполнения НИОК(Т)Р снижена себестоимость производства приборных шкал более чем в 6,8 раз за счет применения современных технологий при их изготовлении, позволяющих быстро и малозатратно перестраиваться на новые изделия и автоматизировать процесс их изготовления.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	5
1 Выбор материала для пленочных шкал	9
Выводы по разделу 1	12
2 Разработка автоматизированного рабочего места цифровой печати АРМ-1	13
2.1 Методика нанесения слоистых систем на циферблат	13
2.2 Методическое и программное обеспечение для нанесения в виде точечного растра слоистых систем нужного цвета на непрозрачный циферблат	16
2.2.1 Автоматическое формирование рисунков циферблатов, содержащих изменяемые элементы	17
2.2.2 Разработка программного обеспечения для нанесения слоистых систем	18
2.2.3 Хранение информации об изменяемых циферблатах в базе данных	20
2.3 Методическое и программное обеспечение для нанесения в виде точечного растра слоистых систем нужного цвета на прозрачный циферблат	22
2.3.1 Формирование изображений для печати и раскроя единичных шкал	24
2.4 Выбор технологического оборудования для печати	25
2.4.1 Особенности и преимущества УФ-принтера Mimaki UJF-6042 MkII	26
Выводы по разделу 2	32
3 Разработка автоматизированного рабочего места автоматизированной резки по контуру с выполнением технологических отверстий – АРМ-2	33
3.1 Методика механической или лазерной резки циферблата	33
3.2 Методическое и программное обеспечение механической или лазерной резки (раскроя) прозрачных циферблатов	35
3.2.1 Создание раскладки шкал при их раскрое	35
3.2.2 Руководство пользователя	37
3.2.2.1 Подготовка к работе и запуск приложения	37
3.2.2.2 Проверка первого режима выполнения раскладки (для групповых шкал)	39
3.2.2.3 Проверка второго режима выполнения раскладки (для индивидуальных шкал)	40

3.2.2.4	Возможные ошибки в работе программы	41
3.2.3	Руководство программиста	42
3.3	Выбор технологического оборудования для резки по контуру циферблата	43
3.3.1	Технологические особенности лазерной резки пленки из поликарбоната	44
3.3.2	Технологические особенности механической резки пленки из поликарбоната	45
3.3.3	Особенности и преимущества режущего плоттера BIGZEE CUTTER	50
	Выводы по разделу 3	53
4	Разработка автоматизированного рабочего места крепления циферблата с помощью клея – АРМ-3	54
4.1	Установка для нанесения клея на циферблат	55
4.2	Подбор и испытания клеящего состава	57
4.3	Испытания насадок для нанесения клея на установке мод. УКЦ-008-21	59
4.4	Методическое и программное обеспечение для нанесения клея	65
	Выводы по разделу 4	66
	Заключение	67
	Список использованных источников	68

Введение

ОАО «Витебский завод электроизмерительных приборов» изготавливает широкую номенклатуру изделий с различными видами шкал, как на металлической, так и на пленочной основе.

Приборная шкала или циферблат состоит из металлического или пленочного основания, на которое нанесены краски для обозначения градуировок, знаков и символов, а также для покрытия зон за пределами контуров градуировок, знаков и символов.

Традиционная технология изготовления циферблатов на металлической основе включает этапы: подготовка гальваническим способом основы, грунтовка, окрашивание, нанесение изображения шкалы. Нанесение краски осуществляется с помощью шелкотрафаретной, фотохимической или тампонной печати. Используемые способы печати имеют ряд недостатков. Грубость ячеистой сетки не позволяет достигнуть желаемой детализации изображения. Для нанесения изображения требуются краски конкретной цветовой гаммы. Так как приборные шкалы для индикации в автомобиле в большинстве случаев снабжены целым рядом цветных изображений, то возникает необходимость иметь в наличии и хранить на складе краски всех необходимых оттенков, которые для различных индикаторов красок в большинстве случаев различны. При переходе на изготовление новой приборной шкалы возникают большие расходы, связанные с заменой красок. Типографская краска требует естественной сушки либо сушки в условиях вынужденной конвекции, что удлиняет технологический процесс и увеличивает энергозатраты. Высокая стоимость печати указанными способами не позволяет предприятиям изготавливать приборные шкалы в условиях собственного производства и вынуждает заказывать эту услугу на стороне. Таким образом, традиционные способы нанесения изображения имеют ряд существенных недостатков: низкое разрешение качества рисунка (50-90 dpi), высокая материалоемкость и энергоёмкость, сложная передача градиентов цвета и отсутствие возможности прогнозирования цвета готовой шкалы, высокая стоимость процесса.

По новой технологии на предварительно подготовленную гальваническим способом или на пленочную основу лакокрасочное покрытие и изображение наносится за одну технологическую операцию. Универсальный программно-аппаратный комплекс позволяет изготавливать полную номенклатуру постоянных и вариантных (индивидуальных) шкал, табличек, светофильтров, как на пленочной, так и на металлической основе. Для создания на приборных шкалах цветных изображений в местах градуировок, знаков и символов, которые должны восприниматься в определенном цвете, а также покрытие участков вне контуров градуировок, знаков и символов краски наносят цифровой печатью на УФ-принтере. При этом изображения состоят из слоистой системы, образованной одним или несколькими частично

или полностью перекрывающими друг друга прозрачными слоями краски различных цветов, за счет чего становится возможным, используя необходимый минимум основных красок, получать любые цветовые оттенки путем соответствующего наложения краски на краску. Для УФ принтера применяется простейшая цветовая схема CMYK, состоящая из четырех стандартных цветов: голубого, пурпурного, желтого и черного. Отпала необходимость замены красок при переходе на изготовление новой шкалы с другими цветовыми оттенками.

В результате проведенных при создании технологического процесса изготовления циферблатов и шкал опытных работ универсальный программно-аппаратный комплекс позволяет изготавливать полную номенклатуру постоянных и вариантных (индивидуальных) шкал, табличек, светофильтров, как на пленочной, так и на металлической основе. Для каждого циферблата или шкалы разработаны цифровые модели с помощью специального программного обеспечения в среде CorelDraw и отработана послойная печать, обеспечивающие соответствие внешнего вида покрытия, получаемого на принтере УФ-печати, утвержденным образцам.

Для пленочных шкал после нанесения цветных изображений плоская основа с рисунком подвергается резке по контуру с выполнением технологических отверстий. Этот процесс осуществлялся вырубкой на прессе, что нецелесообразно, так как для каждого вида шкалы требуется изготовление большой номенклатуры высокоточной оснастки. На современном уровне эта задача решена с помощью устройства механической резки по заданной программе. Для каждого циферблата или шкалы разработаны и отработаны управляющие резкой программы.

Следующий процесс – нанесение клея на соответствующие места тыльной стороны пленочного циферблата, ранее выполнялся вручную. Клей не наносится в местах расположения источников света, осуществляющих подсветку шкалы. Задача решена с помощью создания установки для точечного автоматизированного нанесения клея в заданных местах и соответствующего программного обеспечения.

Таким образом, для реализации новой технологии изготовления приборных шкал с автоматизацией процесса их производства разработан универсальный программно-аппаратный комплекс, состоящий из трех автоматизированных рабочих мест: места автоматизированной цифровой печати – АРМ-1, места автоматизированной резки по контуру с выполнением технологических отверстий – АРМ-2, места автоматизированного нанесения клея в заданных местах – АРМ-3.

Оборудование АРМ-1, АРМ-2 и АРМ-3 расположено в одном помещении и территориально близко к сборочному производству для уменьшения количества транспортных операций.

Разработанный технологический процесс обеспечивает следующие возможности:

- быструю переналадку программным путем без переоснащения оборудования;
- нанесение многослойного цветового покрытия за один цикл;
- формирование изображения на плоской основе и на объемном предмете;
- изготовление вариантных (индивидуальных) шкал без дополнительной оснастки.

Проведен поиск и анализ патентной и научно-технической информации по способам изготовления циферблатов, нанесения изображения и крепления циферблата. Анализ источников информации показал, что аналоги готовых автоматизированных систем изготовления приборной шкалы и автоматизированной линии для его осуществления в РБ и за рубежом отсутствуют. Идеи, положенные в создаваемую инновацию, защищены патентом РБ на изобретение №23357 от 25.07.2019г. «Способ изготовления приборной шкалы и автоматизированная линия для его осуществления».

В настоящей работе представлены результаты разработки автоматизированной технологии изготовления приборных шкал путем создания трех автоматизированных рабочих мест: места цифровой печати АРМ-1, места резки по контуру с выполнением технологических отверстий АРМ-2, места нанесения клея АРМ-3 для приборов, изготавливаемых ОАО «Витебский завод электроизмерительных приборов».

Список использованных источников

1. Способ автоматической поверки стрелочного измерительного прибора с матричной системой отображения информации и устройство для его осуществления. Алексеев А.Н., Зиновенко В.С., Колпаков В.И., Мозжаров С.Е., Сакевич В.Н. Патент РБ на изобретение №13628 от 23.04.2008 г. Заявитель: ОАО «Витебский завод электроизмерительных приборов».
2. Способ изготовления циферблата стрелочного измерительного прибора и устройство для его осуществления. Алексеев А.Н., Зиновенко В.С., Колпаков В.И., Сакевич В.Н. Патент РБ на изобретение № 19362 от 27.04.2015 г. Заявитель: ОАО «Витебский завод электроизмерительных приборов».
3. Способ изготовления приборной шкалы и автоматизированная линия для его осуществления. Колпаков В.И., Зиновенко В.С., Кириллов А.Г., Сакевич В.Н. Патент РБ на изобретение №23357 от 25.07.2019 г. Заявитель: ОАО «Витебский завод электроизмерительных приборов». УО «Витебский государственный технологический университет».
4. Дьяконов, В. П. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник / В. П. Дьяконов, И. В. Абраменкова. – Санкт-Петербург: Питер, 2002. – 608 с.
5. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – Москва : Техносфера, 2006.
6. Alexey G Kirillov. Automated laser-engraving system for the calibration and manufacturing of nonlinear scales for electrical measuring instruments. / Alexey G Kirillov, Valeriy N Sakevich, Roman Trochimczuk// Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering 2018 10.1177/0954408918812248. P.1-8.

Библиотека ВГТУ

