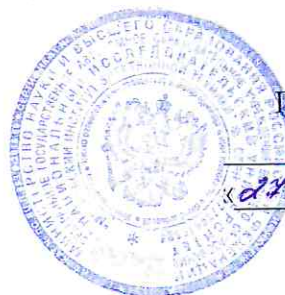


Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Балашов Александр Геннадьевич
Должность: Проректор по учебной работе
Дата подписания: 02.03.2026 14:39:01
Уникальный программный ключ:
159a23a86061c60c9ea58b6d4823a92e747fed78

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
А.Г. Балашов
«02» *марта* 2026 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА -
ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«Основы САПР САМ350»
Объем 72 час.**

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Технологии проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва 2026 г.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы

Цель программы повышения квалификации (далее - ППК) – получение новой компетенции по освоению отечественного САПР САМ350, формирование знаний и умений, необходимых для подготовки к производству печатных плат, HDI-подложек и микросборок в САМ350.

1.2. Характеристика профессиональной деятельности и (или) квалификации

Программа разработана в соответствии с профессиональным стандартом 29.006 «Специалист по проектированию систем в корпусе», утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 сентября 2016 г. № 519н.

Область профессиональной деятельности: 29. Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования.

Наименование вида экономической деятельности: Деятельность в области информации и связи.

Укрупненная группа специальностей и направлений подготовки: 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи.

1.3. Требования к результатам обучения

Перечень профессиональных компетенций, совершенствование которых осуществляется в процессе освоения ППК:

Код и формулировка профессиональной компетенции	Трудовая функция в соответствии с профессиональным стандартом ПС 29.006 «Специалист по проектированию систем в корпусе»	
	наименование	код
ПК-1 – Способен осуществлять подготовку к производству печатные платы, HDI-подложки и микросборки в САМ350	Разработка и сопровождение технологических процессов изготовления печатных плат, микросборок, полупроводниковых приборов и СВЧ-экранов	F/01.7

В результате освоения данной программы слушатель должен:

знать:

- Основные элементы интерфейса и режимы работы САМ350;
- Основные типы графических и САМ объектов;
- Инструменты преобразования графических элементов и слоёв;
- Типы фотошаблонов;
- Технологические требования к шаблонам;
- Основные типы элементов сверления и фрезеровки;
- Технологические нормы в производстве подложек и микросборок;

уметь:

- импортировать данных проектов в САМ350;

- экспортировать графические данные из САМ350;
- работать с объектами, редактировать графические объекты, работать со слоями;
- адаптация шаблонов к технологическим требованиям;
- преобразовывать графики в элементы сверления и фрезеровки;
- Настраивать параметры сверления и фрезеровки;
- Работать с платами в режиме панелизации;
- Настраивать технологической рамки и элементов технологической зоны;
- Настраивать в САМ электрические цепи и проводить их анализ;
- Проводить панелирование подложек и проектирование стриплайнов;

иметь практический опыт:

- создания и проверки проектов печатных плат в САМ350;
- подготовки к производству HDI-подложек и микросборок.

1.4. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы

К обучению по программе допускаются лица, имеющие среднее профессиональное или высшее образование или получающие среднее профессиональное или высшее образование (при наличии соответствующей справки с указанием года окончания).

1.5. Трудоемкость обучения

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе – 72 часа, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

1.6. Форма обучения

Форма обучения: очная с применением дистанционных образовательных технологий

1.7. Режим занятий

Занятия проводятся с частичным отрывом от работы.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план программы

№ п/ п	Наименование учебных дисциплин / модулей	Всего, час	В том числе			Форма аттестации
			аудиторных		самостоя- тельная работа	
			лекции	практические / лабораторные занятия		
1	Основные технологические процессы серийного производства печатных плат. Данные для сверления и фотолитографии. Изготовление фотошаблонов	7	2	-	5	-
2	Основные элементы САМ350, полигоны, апертуры, флэши и графические объекты, выгрузка файлов фотошаблонов GERBER	21	7	4	10	-
3	Подготовка файлов сверления и фрезеровки в САМ350, таблицы сверления и создание перемычек mil tab, выгрузка данных сверления	9	2	3	4	-
4	Панелизация плат. Элементы технологической зоны. Типы панелей	8	3	2	3	-
5	Проверка проекта в САМ. Задание стека, анализ цепей, проверка правил проектирования и технологических параметров (DFM проверка)	11	3	3	5	-
6	Особенности подготовки к производству HDI-подложек и микросборок	7	3	-	4	-
7	Существующие продукты и типы САПР в области подготовки данных к производству. Система подготовки данных для производства Delta CAM	7	4	-	3	-
8	Итоговая аттестация	2	-	-	2	зачет
	Всего	72	24	12	36	

2.2. Календарный учебный график

Учебные недели	1	2
Наименование учебных дисциплин (модулей), практик		
Основные технологические процессы серийного производства печатных плат. Данные для сверления и фотолитографии. Изготовление фотошаблонов	A	
Основные элементы САМ350, полигоны, апертуры, флэши и графические объекты, выгрузка файлов фотошаблонов GERBER	A	
Подготовка файлов сверления и фрезеровки в САМ350, таблицы сверления и создание перемычек mil tab, выгрузка данных сверления	A	A
Панелизация плат. Элементы технологической зоны. Типы панелей		A
Проверка проекта в САМ. Задание стека, анализ цепей, проверка правил проектирования и технологических параметров (DFM проверка)		A
Особенности подготовки к производству HDI-подложек и микросборок		A
Существующие продукты и типы САПР в области подготовки данных к производству. Система подготовки данных для производства Delta CAM		A
Итоговая аттестация		ИА

3. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ), ПРАКТИК/ СТАЖИРОВОК

3.1. Рабочая программа модуля

«Основные технологические процессы серийного производства печатных плат. Данные для сверления и фотолитографии. Изготовление фотошаблонов»

		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
1.1.	Основные технологии серийного производства многослойных печатных плат. Процессы сверления и подготовка данных для сверления. Процессы литографии и изготовления фотошаблонов. Особенности подготовки файлов для изготовления фотошаблонов. Данные для подготовки монтажа и тестирования печатных плат.	2	Интерактивная лекция с демонстрацией

3.2. Рабочая программа модуля

«Основные элементы CAM350, полигоны, апертур, флэши и графические объекты, выгрузка файлов фотошаблонов GERBER»

		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
2.1.	Основные элементы интерфейса и режимы работы CAM350. Апертуры, полигоны и композиты в CAM350. Графические элементы (линии, фигуры, полигоны, вырезы, текст) и CAM объекты (flash, padstack, board outline). Функции работы с объектами, редактирование графических объектов, работа со слоями.	3	Интерактивная лекция с демонстрацией
2.2.	Импорт данных в CAM350 (автоматический импорт, импорт GERBER и Drill, ODB++, DXF). Инструменты преобразования графических элементов и слоёв (работа с композитами, преобразования типов полигонов и апертур).	2	Интерактивная лекция с демонстрацией
2.3.	Технологические требования к шаблонам и адаптация шаблонов к этим требованиям (удаление пересечений, добавление teardrops, масштабирование, компенсация подтравов). Типы фотошаблонов. GERBER и другие форматы выгрузки графических данных из Cam350.	2	Интерактивная лекция с демонстрацией
Всего		7	
Перечень лабораторных работ			
2.1.	Подготовка данных для фотошаблонов в CAM350: работа с графическими элементами, импорт данных, преобразование графических элементов, учёт технологических требований и экспорт данных для фотоплоттера.	4	Имитационное моделирование

3.3. Рабочая программа модуля

«Подготовка файлов сверления и фрезеровки в CAM350, таблицы сверления и создание перемычек mil tab, выгрузка данных сверления»

	Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий		

3.1.	Основные типы элементов сверления и фрезеровки, преобразование графики в элементы сверления и фрезеровки. Настройка параметров сверления и фрезеровки – порядок обработки и таблицы инструментов. Особенности импорта и экспорта файлов сверления.	2	Интерактивная лекция с демонстрацией
Перечень лабораторных работ			
3.1.	Подготовка данных для сверления и фрезеровки: импорт данных из проекта, преобразование порядка сверления и работа с контурами фрезеровки, выгрузка файлов.	3	Имитационное моделирование

3.4. Рабочая программа модуля

«Панелизация плат. Элементы технологической зоны. Типы панелей»

		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
4.1.	Режим панелизации в САМ, задание параметров мультизаготовки. Работа с платами в режиме панелизации. Настройки технологической рамки и элементов технологической зоны.	3	Интерактивная лекция с демонстрацией
Перечень лабораторных работ			
4.1.	Панелизация плат и работа с технологической рамкой.	2	Имитационное моделирование

3.5. Рабочая программа модуля

«Проверка проекта в САМ. Задание стека, анализ цепей, проверка правил проектирования и технологических параметров (DFM проверка)»

		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
5.1.	Задание стека слоёв и настройка электрических цепей, анализ цепей. DRC проверки и сравнение слоёв в САМ. DFF и DFA проверки и устранение ошибок.	3	Интерактивная лекция с демонстрацией
Перечень лабораторных работ			
5.1.	Проверка файлов фотошаблонов: задание стека	3	Имитационное

	слоёв и проверка электрических цепей, DRC проверка и сравнение слоёв, DFF и DFA проверки		моделирование
--	---	--	---------------

3.6. Рабочая программа модуля

«Особенности подготовки к производству HDI-подложек и микросборок»

		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
6.1.	Особенности одиночных подложек под flip-chip монтаж и микросварку. Панелирование подложек, проектирование стриплайнов. Технологические нормы в производстве подложек и микросборок	3	Интерактивная лекция с демонстрацией

3.7. Рабочая программа модуля

«Особенности подготовки к производству HDI-подложек и микросборок»

		Кол-во часов	Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ с указанием часов
Содержание лекционных занятий			
7.1.	Особые форматы и системы проектирования при подготовке шаблонов для микросборок. Существующие варианты САМ систем. Отечественная система подготовки данных для производства Delta CAM.	4	Интерактивная лекция с демонстрацией

4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

4.1. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование необходимого оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и доступом в интернет	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», мультимедийное оборудование, демонстрационный экран. 2. Программное обеспечение:
Компьютерный класс с мультимедийным	Лабораторные работы	

комплексом и доступом в интернет.		- операционная система Windows; - Microsoft Office; - Adobe Reader; - Браузер; - САПР САМ350
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и доступом в интернет.	Самостоятельная работа	
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом.	Итоговая аттестация	

4.2. Учебно-методическое обеспечение программы

1. Сотенко, С.М. Конструирование электронных средств. Создание посадочных мест компонентов для печатных плат в специализированном САПР: учебно-методическое пособие / С.М. Сотенко, Т.В. Матюхина, Т.А. Рыжикова. — Санкт-Петербург: СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2023. — 46 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/381512> (дата обращения: 11.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ланских, Ю.В. Автоматизация моделирования и проектирования электронных схем : учебное пособие / Ю.В. Ланских, В.Г. Ланских. — Киров: ВятГУ, 2023. — 184 с. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/408563> (дата обращения: 11.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Певцов, Е.Ф. Проектирование СВЧ устройств в САПР ADS: Учебно-методические пособия / Е.Ф. Певцов, В.В. Крутов, А.О. Казачков. — Москва: РТУ МИРЭА, 2021. — 69 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/226700> (дата обращения: 11.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Компьютерное моделирование печатных плат с использованием современных САПР: учебное пособие / В.Б. Василевский, А.О. Звонов, К.А. Петухов [и др.]. — Омск: ОмГТУ, 2023. — 212 с. — ISBN 978-5-8149-3600-4. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/421685> (дата обращения: 11.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Кузьмин, С.В. Конструирование устройств СВЧ диапазона: учебное пособие / С.В. Кузьмин. — Санкт-Петербург: СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. — 83 с. — ISBN 978-5-89160-219-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/279392> (дата обращения: 11.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. САМ350: актуальный "долгожитель" на рынке САПР с новыми функциями // Технологии в электронной промышленности. — 2017. — № 4(96). — С. 18-19. — EDN ZCMREJ.
7. Архангельский, А. Программный комплекс для обеспечения электроконтроля печатных плат в рамках системы САМ-350 и методы противодействия "неправильным пчелам" /

А. Архангельский // Технологии в электронной промышленности. – 2021. – № 4(128). – С. 30-35. – EDN ATYDMU.

8. Гриднев, В.Н. Комплексная методика автоматизированного технологического проектирования в среде САМ350 / В.Н. Гриднев, В.П. Жалнин, А.Ю. Козлова // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2017. – № 2(166). – С. 55-66. – EDN YQFSWT.

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения ППК включает итоговую аттестацию обучающихся в форме зачета. На зачете слушатели должны пройти итоговое тестирование и выполнить индивидуальное задание.

К итоговой аттестации допускаются слушатели выполнившие все 4 лабораторные работы.

5.1. Фонды оценочных средств для итоговой аттестации

5.1.1. Теоретические вопросы

Место выполнения - компьютерный класс.

Время на выполнение задания - 20 минут на ответ на 10 вопросов.

Материально-техническое обеспечение - аудитория, оснащенная компьютерам с обеспечением доступа к сети Интернет.

Список литературы и информационных источников: не используются.

Примерные варианты вопросов:

1. Что такое апертура (D-code) и для чего она нужна?
2. Что такое полигон и чем он отличается от апертуры, для чего нужны полигоны?
3. Для чего нужен файл с расширением *.mil и какую информацию он содержит?
4. Для чего нужен формат ODB++ и чем он отличается от формата GERBER?
5. Какое расширение имеют файлы GERBER?
6. Что такое mil-tab и для чего они нужны?
7. Какой тип фотошаблонов понадобится для комбинированной позитивной технологии при условии, что фотоплоттер печатает эмульсией вверх?
8. Что такое технологическая рамка (технологическое поле) и какие функции она выполняет?
9. Что такое кислотная ловушка, как реализовать проверку на наличие кислотных ловушек?
10. Что такое класс точности печатной платы, какие параметры регламентируются классом точности?
11. Что такое DRC и DFM проверки?
12. Что такое Teardrops и для чего они нужны?
13. Какие типы переходных отверстий с точки зрения расположения в стеке платы и технологии изготовления существуют, и является ли ошибкой расположение отверстий друг над другом?
14. Какие существуют форматы файлов для подготовки производства печатных плат и микросборок помимо GERBER, Drill и Mill?

5.1.2. Практические задания

Место выполнения – компьютерный класс.

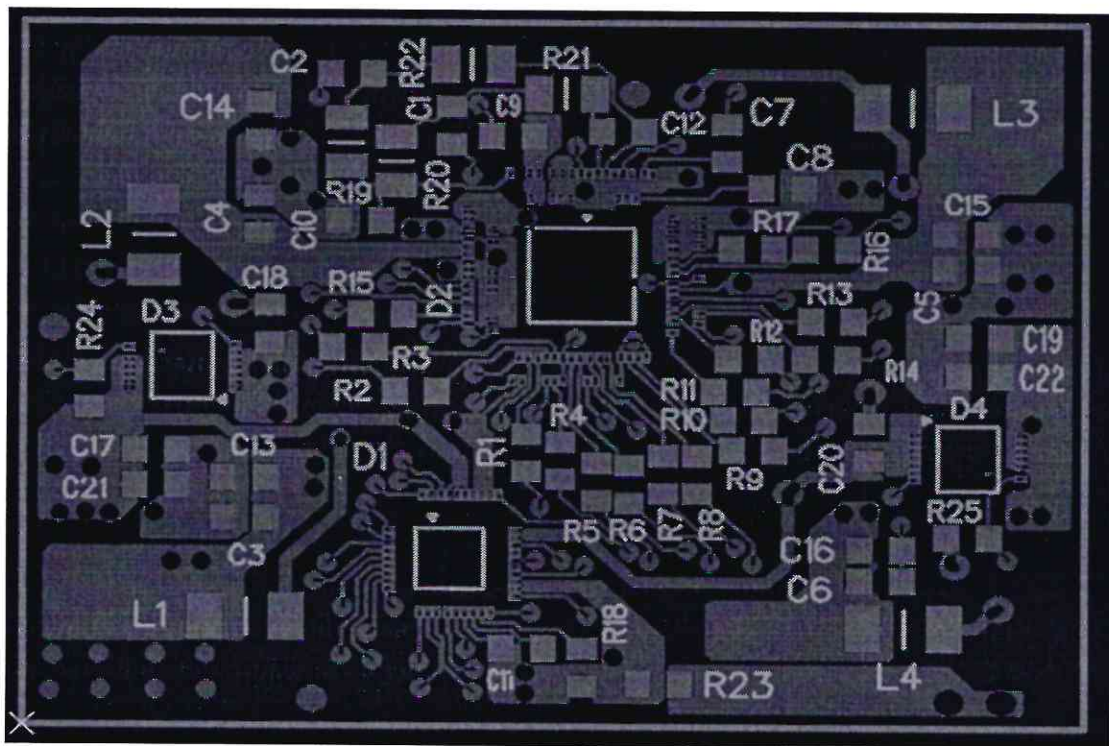
Время на выполнение задания – 1,5 часа.

Материально-техническое обеспечение: аудитория, оснащенная компьютерам с обеспечением доступа к сети Интернет

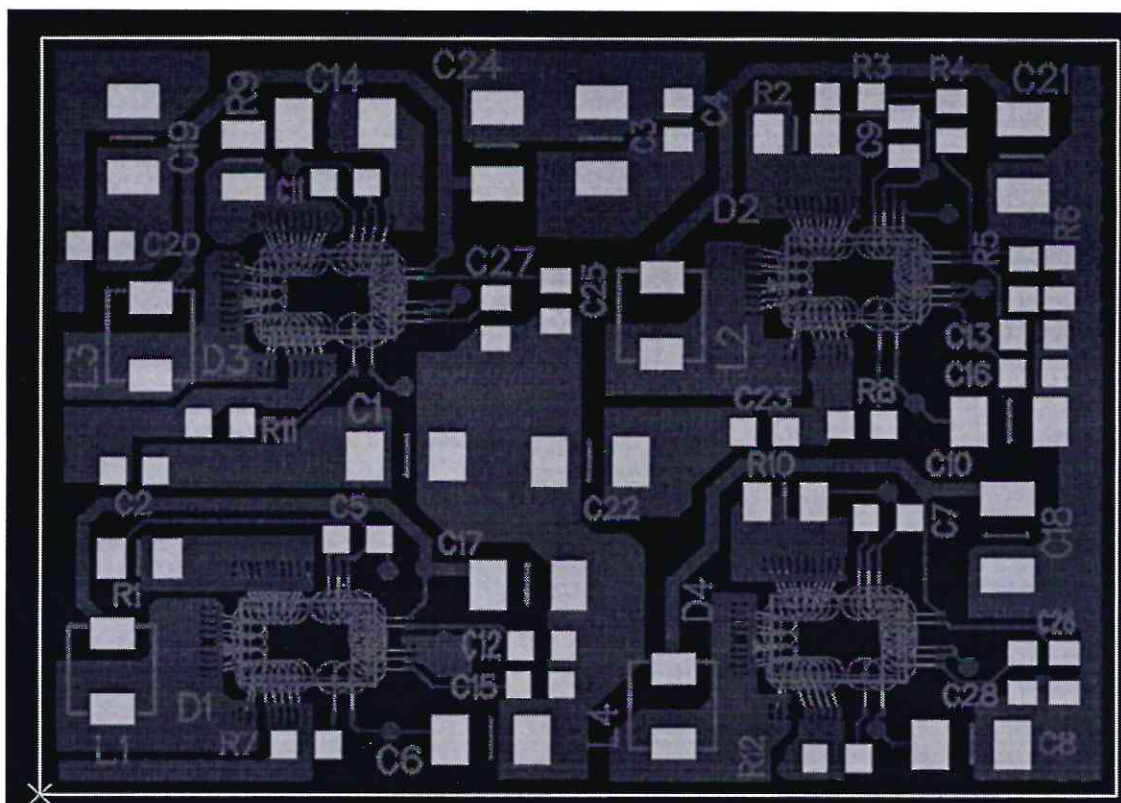
Программное обеспечение: САПР САМ350.

Список литературы и информационных источников: Слушатели могут использовать материалы выполненных ими лабораторных работ.

Индивидуальное задание вариант №1: Устраните ошибки, сформируйте панель, добавьте технологическую рамку и выгрузите данные производства в форматах GERBER, Drill и Mill для представленного в виде GERBER и Drill файлов проекта (файлы исходного проекта на сервере)



Индивидуальное задание вариант №2: Устраните ошибки, сформируйте панель, добавьте технологическую рамку и выгрузите данные производства в форматах GERBER, Drill и Mill для представленного в формате ODB++ проекта (файлы исходного проекта на сервере)



5.1.3. Критерии оценивания

Наименование КМ	Критерий оценивания	Условия начисления баллов	Количество баллов
Тестирование	Знание теории	Верные ответы на 86-100% вопросов	4
		Верные ответы на 70-85% вопросов	3
		Верные ответы на 50-69% вопросов	2
		Меньше 50% верных ответов	0
Индивидуальное задание	Оценка полученных умений и опыта деятельности	Фотошаблоны и файлы сверления созданы в соответствии с представленным методическим описанием лабораторной работы (количество, формат, а также тип фотошаблонов и файлов сверления соответствуют требованиям, выполнены все необходимые проверки и в выгружаемых файлах отсутствуют ошибки проверок DRC, DFF, DFA	4
		Шаблоны и файлы сверления выгружены с неточностями, имеется незначительное количество ошибок	3

		DRC, DFF, DFA, которые слушатель устранил	
		Шаблоны и файлы сверления выгружены с ошибками, ошибки DRC, DFF, DFA не устранены	0

Для получения зачета необходимо выполнить все лабораторные работы, успешно пройти итоговое тестирование и выполнить индивидуальное задание.

Тест считается успешно пройденным, если слушатель правильно ответил не менее чем на 50% вопросов.

Оценка полученных умений и опыта деятельности осуществляется по результатам выполнения слушателем итогового индивидуального задания. Задание считается выполненным, если слушатель получил минимум 3 балла.

Слушатель считается аттестованным, если набрал на итоговой аттестации не менее 5 баллов.

Разработчики программы:

Доцент Института НМСТ,
начальник НИЛ ТКПМ, к.т.н.



Д.В. Вертянов

Ассистент Института НМСТ,
научный сотрудник НИЛ ТКПМ

И.А. Беляков

Согласовано:

Директор ИДСВО, д.т.н., проф.



И.В. Дарда

Директор Института НМСТ, д.т.н., проф.



С.П. Тимошенко