

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

Школа Базовой инженерной подготовки

Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение

Отделение контроля и диагностики

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Программный модуль для функционального контроля микросхем АЦП
УДК 620.192:620.22-419.8:691.327

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Сунь Юйхун		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОКД	Шестаков В.В.	-		

#### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОСГН	Николаенко В.С.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Ларионова Е.В.	К.Х.Н.		

#### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б	К.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

*Планируемые результаты освоения*

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
Р1	<p>Работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-4, 8) CDIO Syllabus (2.3, 3.1, 3.2, 4.7, 4.8)</p> <p>Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования профессиональных стандартов</p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
Р2	<p>Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности для ведения полноценной профессиональной деятельности</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-7, 8; ОПК-1, 3, 10) CDIO Syllabus (1.1., 2.5)</p> <p>Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5, 4.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI Требования профессиональных стандартов</p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
Р3	<p>Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде, в обществе, в т.ч. межкультурном уровне и на иностранном языке</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, 5, ОПК-8, ПК-17)            CDIO Syllabus (3.2)            Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p>Требования профессиональных стандартов            19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н            40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н            40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н            19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н            19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н            06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н            40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
Р4	<p>Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6) CDIO Syllabus (2.4)            Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p>Требования профессиональных стандартов            19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н            40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н            40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н            19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н            19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н            06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н            40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
P5	<p>Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-2, 5-9)  Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI  Требования профессиональных стандартов  19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н  40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н  40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н  19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н  19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н  06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н  40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
P6	<p>Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-5, 6, ПК-1-4). CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 2.3, 2.4)  Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI  Требования профессиональных стандартов  19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н  40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н  40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н  19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н  19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н  06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н  40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
Р7	<p>Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-1-6, 8) CDIO Syllabus (1.2., 1.3, 2.4, 4.1, 4.4)</p> <p>Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p>Требования профессиональных стандартов</p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>
Р8	<p>Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ПК-8-18) CDIO Syllabus (2.4, 4.2, 4.3, 4.5)</p> <p>Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI</p> <p>Требования профессиональных стандартов</p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
Р9	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-7, 19-23)  CDIO Syllabus (4.6.)  Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI</p> <p>Требования профессиональных стандартов</p> <p>19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н</p> <p>40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н</p> <p>40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н</p> <p>19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н</p> <p>19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н</p> <p>06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н</p> <p>40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н</p>

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Базовой инженерной подготовки  
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Мойзес Б.Б.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Сунь Юйхун

Тема работы:

Программный модуль для функционального контроля микросхем АЦП	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	19.12.2017 г. № 9954/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Разработка программного модуля тестирования микросхем АЦП для экспресс контроля функциональных характеристик с использованием преобразования Фурье на языке «VEE».
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Изучение и анализ измерительного комплекса ДМТ-419 2. По результатам анализа выполнить разработку программного модуля 3. Выполнить отладку и настройку модуля. 4. Согласовать программный модуль с измерительным адаптером и оценить его работоспособность.

<b>Перечень графического материала</b>	<b>Схема программного модуля. Презентация Power Point</b>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	<b>20.12.2017</b>
---	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
ст. преподаватель	Шестаков В.В.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
151Б40	Сунь Юйхун		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа \_\_ с., \_\_ рис., \_\_ табл., \_\_ источников, 2 прил.

Ключевые слова:

ДМТ-419, 1273ПВ2АТ, АЦП, интегральная микросхема, измерение параметров.

Объектом исследования является: микросхема 14-ти разрядного АЦП 1273ПВ2АТ.

Предметом исследования являются: разработка программного модуля для оценки функциональных параметров данной ИМС в ходе радиационных испытаний.

Цель работы - разработать средство управления измерительным комплексом для измерения параметров ИМС в сочетании с платой измерительного адаптера, способное ускорить оценку функциональных параметров микросхемы.

В процессе исследования проводился сравнительный анализ уже существующих методов измерений нелинейности и малых токов, разработан модуль тестирования, приведен пример результатов испытаний интегральной микросхемы 1273ПВ2АТ, подтверждающий работоспособность разработанной программы тестирования, в том числе и для других типов АЦП

## Оглавление

Обозначения и сокращения.....	13
Введение.....	14
1.ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	14
2.ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ.....	15
3.СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ALTIUM DESIGNER.....	18
3.1 Исходные данные для разработки 1273ПВ2АТ.....	19
4.НАЗНАЧЕНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА, СТРУКТУРА.....	22
4.1 Назначение и основные возможности .....	22
4.2 Структура.....	23
4.3 Режим работы Комплекса .....	24
4.4 Варианты схем проведения измерений с помощью Комплекса .....	26
4.5 Программное обеспечение Комплекса .....	32
4.5.1 Основные сведения, структура программного обеспечения.....	32
4.5.2 Системное программное обеспечение .....	33
4.5.3 Описание библиотек прикладных функций.....	35
4.6 Краткий список функций библиотек и используемых приборов комплекса .....	36
4.6.1 Генератор сигналов произвольной формы ZT642VXI-00, 4-кан. 16-битн. .....	36
4.6.2 Четырехканальный источник питания постоянного тока N6710А.....	38
4.6.3 Осциллограф 4-х канальный 8-битный MSO6104А.....	39
4.6.4 Мультиметр 6,5 разрядный 34411А.....	41
4.6.6 Библиотека «common».....	42
4.6.7 Библиотека «eventlog».....	43

4.6.8 Библиотека «devices».....	44
4.6.9 Библиотека «report» .....	45
4.6.10 Библиотека «system».....	46
5.ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ. РЕЗУЛЬТАТЫ .....	47
5.1 Блок схема программного модуля.....	47
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСΟΣБРЕЖЕНИЕ.....	48
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	50
6.1.1 Потребители результатов разработки.....	50
6.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований ..	55
Для выделение возможных альтернатив проведения исследования был применен морфологический подход (результат приведен в таблице 13).....	55
6.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	55
6.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	62
6.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	62
6.4.2 Расчет основной заработной платы исполнителей системы .....	63
6.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	67
6.4.4 Контрагентные расходы .....	67
6.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ..	68
6.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	68
Заключение .....	71
7.1 Производственная безопасность .....	73
7.1.1 Повышенный уровень электромагнитного излучения.....	74
7.1.2 Повышенный уровень наличия статического электричества .....	75

7.1.3 Нагрузка, связанная с длительным сидячим положением тела при работе	76
7.1.4 Высокая нагрузка на зрительный аппарат	77
7.1.5 Умственное перенапряжение	77
7.1.6 Отсутствие или недостаток естественного света	78
7.1.7 Электрический ток	80
7.2 Экологическая безопасность	81
7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	81
7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	82
7.4.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности	82
7.4.2 Организационные вопросы обеспечения безопасности	83
7.4.5 Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ для взрослых пользователей	85
Список использованных источников	88
Приложение А	90
Приложение Б	91

## Обозначения и сокращения

- 1.ЭК – электронный компонент;
- 2.БА – бортовая аппаратура;
- 3.КА – космический аппарат;
- 4.Измерительный Комплекс – комплекс измерительный параметров аналоговых микросхем и устройств ДМТ – 419;
- 5.ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;
- 6.АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- 7.ИМС – интегральная микросхема;
- 8.ПЛИС – программируемая логическая интегральная схема;
- 9.КМОП - комплементарный металлооксидный полупроводник;
- 10.АЧХ – амплитудно-частотная характеристика;
- 11.ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина;
- 12.ТУ – технические условия.

## **Введение**

Проблема обеспечения надежности бортовой аппаратуры космических аппаратов связана с требованием обеспечения длительного активного существования и с новыми технологиями производства бортовой электроники. Российская космическая промышленность переходит на разработку космических аппаратов с длительным ресурсом и ростом применения ИМС высокого уровня интеграции, с возможностью их перепрограммирования в ходе космического полета. ЭК должны быть проверены на воздействие дозовых ионизационных эффектов. Данный фактор обычно слабо влияет на стойкость исследуемых изделий при испытаниях разных производственных партий ЭК. Но существует проблема оценки зависимости радиационной стойкости от незначительных изменений в технологии производства ЭК при неизменной топологии полупроводниковой структуры. Целью данной работы является усовершенствование методики экспресс оценки правильности функционирования испытываемых изделий.

Возможность подобных испытаний с учетом влияния радиации реализована в рамках интегрированной испытательной структуры в составе Лаборатории радиационных испытаний Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности ТПУ и Испытательного технического центра ОАО «НПЦ «Полус» (г.Томск).

Для контроля функциональных и параметрических испытаний интегральных микросхем и полупроводниковых приборов используется измерительный комплекс параметров ИМС с наименованием «ДМТ-419» [1].

## **1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Основная задача, которую нужно решить в ходе выполнения выпускной работы, это разработка программного модуля тестирования АЦП в целях предсказания поведения микросхем на орбите или в условиях реальной эксплуатации бортовой аппаратуры.

Для решения поставленной задачи требуются следующие этапы:

- разработка макета измерительного адаптера;

- разработка программы тестирования и измерения параметров 1273ПВ2АТ
- проведения реальных испытаний на радиационную стойкость.

Разработка измерительного адаптера 1273ПВ2АТ осуществляется с помощью комплексной системы проектирования Altium Designer (далее AD).

Разработка программы тестирования производится в среде программирования «Vee Pro 9.3», предназначенной для управления приборами и устройствами измерительного комплекса, автоматизации и анализа результатов измерений.

## **2.ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ**

АЦП широко применяются в различных областях. Они входят в состав цифровых измерительных приборов, систем управления и контроля, устройств ввода информации и для микроконтроллеров и управляющих ЭВМ. Являются основой генераторов, анализаторов спектра и т. д.. Развития цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователей обусловлено распространением микропроцессоров и микроконтроллеров. Объем производства АЦП непрерывно возрастает и улучшаются их параметры, а именно: разрешающая способность, погрешность полной шкалы, нелинейность, смещение нуля, коэффициент преобразования, абсолютная погрешность, время преобразования, дифференциальная нелинейность.

Интегральная нелинейность, характеризуется отклонением  $d_n(x)$  характеристики преобразователя  $f_p(x)$  от прямой линии. При этом  $d_n(x)$  в значительной степени зависит от метода линеаризации. На Рис. 1а показан способ линеаризации, при котором прямая проходит через крайние точки. При этом погрешность линейности (нелинейность  $d_n$ ) является максимальной. На Рис. 1.1 прямая проводится таким образом, что максимальное отклонение характеристики  $f_p(x)$  от прямой в два раза меньше. Для определения нелинейности необходимо знать аналитическую зависимость между выходным цифровым сигналом АЦП и его входом.

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{оп}} (B_1 2^{-1} + B_2 2^{-2} + \dots + B_m 2^{-m}), \quad (1)$$

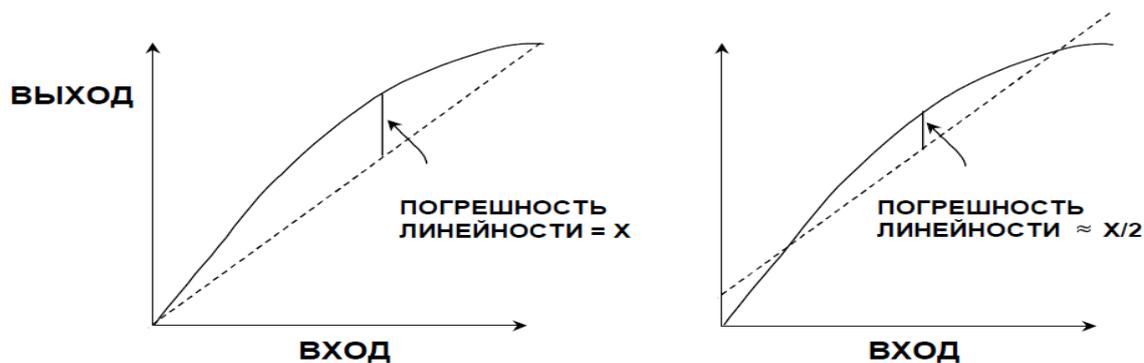


Рис. 1.1) метод конечных точек ; 1.2) метод наилучшей прямой

Дифференциальная нелинейность  $\delta_{нд}$  определяется максимальным отклонением приращения (изменения) выходного сигнала от среднего значения мл. разряда. В идеале дифференциальная нелинейность равна нулю. Т.е., при изменении входного сигнала преобразователя его выходной сигнал должен изменяться на величину младшего разряда. Допустимое значение дифференциальной нелинейности:  $(1/2) \Delta(1/2 \eta$  значения младшего разряда).

Для конкретного  $m$ -разрядного преобразователя, дифференциальная нелинейность вычисляется по формуле  $\Delta p = [U_{п.ш} / (2^m - 1)]$ .

Нелинейность обоих видов присутствует в работе как АЦП, так и ЦАП и важна для оценки качества преобразователей.

Квантование.

ЦАП и АЦП являются цифровыми устройствами, поэтому сигнал всегда подвергается квантованию.  $N$ -разрядное слово представляется  $2^N$  возможных состояний. Разрешающая способность АЦП выражается различными способами: весом младшего разряда (LSB). милливольтами (мВ) и т.д.. Величина младшего значащего разряда (LSB) для с различных приборов приведена на Рис. 2. [5].

Для ускоренной оценки функциональной работоспособности преобразователей часто применяют быстрое преобразование Фурье. На его основе возможна оценка следующих параметров:

SFDR – Динамический диапазон свободный от паразитных составляющих

SINAD - Отношение сигнал / шум и коэффициент искажения

THD – Коэффициент нелинейных искажений

Измерение данных параметров является основной задачей данной выпускной

квалификационной работы.

Разреш. способность N	$2^N$	Напряжение (10В FS)	ppm FS	% FS	dB FS
2-бит	4	2.5 В	250,000	25	-12
4-бит	16	625 мВ	62,500	6.25	-24
6-бит	64	156 мВ	15,625	1.56	-36
8-бит	256	39.1 мВ	3,906	0.39	-48
10-бит	1024	9.77 мВ (10 мВ)	977	0.098	-60
12-бит	4096	2.44 мВ	244	0.024	-72
14-бит	16384	610 мкВ	61	0.0061	-84
16-бит	65536	153 мкВ	15	0.0015	-96
18-бит	262144	38 мкВ	4	0.0004	-108
20-бит	1048576	9.54 мкВ (10 мкВ)	1	0.0001	-120
22-бит	4194304	2.38 мкВ	0.24	0.000024	-132
24-бит	16777216	596 нВ*	0.06	0.000006	-144

\*600 нВ – это шум Джонсона при ширине полосы 10 КГц, R=2.2 кОм и при 25°C

Рис. 2

### 3.СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ALTIUM DESIGNER

Для проведения измерений с помощью измерительного комплекса ДМТ-419 требуется создание измерительного адаптера на основе печатной платы с необходимыми разъемами для подключения к комплексу и коммутации сигналов.

Altium Designer - комплексная система проектирования печатных плат, которая позволяет разработчику создавать принципиальные схемы, проводить моделирование полученных схем, подготовить файлы для производства. Возможно отслеживать изменения в различных частях проекта и синхронизировать их. В состав «AD» входят:

Редактор схем с расширенным инструментарием позволяет создавать проекты любой сложности. Все схемы иерархической структуры могут принадлежать к определенной специальной области на плате (Room), а все шины объединяются в классы цепей, что значительно упрощает работу. При разработке схем имеется возможность задать конструктивные параметры платы, формировать классы цепей и группы компонентов, а также создавать дифференциальные пары проводников. На созданные классы можно установить правила, например длину и толщину, а также определенное значение импеданса трассируемых проводников.

Редактор библиотек. Встроенные библиотеки содержат более 90000 компонентов, причем имеется с возможностью импорта готовых библиотек из старых версий данной системы (устаревшее название: PCAD). Имеется возможность создавать собственные библиотеки.

Анализ целостности сигналов основан на предварительном расчете импеданса и возможных отражений и может быть выполнен и до этапа компоновки и трассировки печатной платы, предотвращая возможные проблемы на ранних стадиях проектирования. Отражения и возможные перекрестные отражения перерасчитываются на заключительном этапе разработки.

Редактор печатных плат. С помощью системы задания правил проектирования пользователь может точно описать область действия правил, и установить приоритеты для каждого правила. У пользователя есть возможность описания требуемой толщины

проводников и зазоров между ними. Данные правила будут соблюдаться во время как интерактивной, так и автоматической трассировки. Интерактивная трассировка, трассировка параллельных проводников (Multiple Traces), разводка дифференциальных пар проводников, значительно упрощают работу разработчика. В режиме интерактивной трассировки возможно использование следующих технологий: Технология «Push and Shove» – позволяет «расталкивать» уже существующие проводники и переходные отверстия. Технология «Walkaround» - позволяет располагать трассы максимально близко к существующим, «Hugging» - уплотнение существующей топологии. Все режимы интерактивной трассировки применимы для трассировки дифференциальных пар и для трассировки шин. В режиме трассировки для дифференциальных пар возможна установка переходных отверстий. Встроенный топологический трассировщик обладает обширным инструментарием для решения подобных задач в т.ч. для печатных плат с высокой плотностью компоновки элементов. Возможна прокладка печатных проводников по неортогональным направлениям с интеллектуальным выбором слоев. В данном трассировщике встроен гибкий, легко управляемый и настраиваемый алгоритм. Топологические алгоритмы трассировки очень эффективны даже при использовании плат и компонентов сложной формы. [4]

### **3.1 Исходные данные для разработки 1273ПВ2АТ**

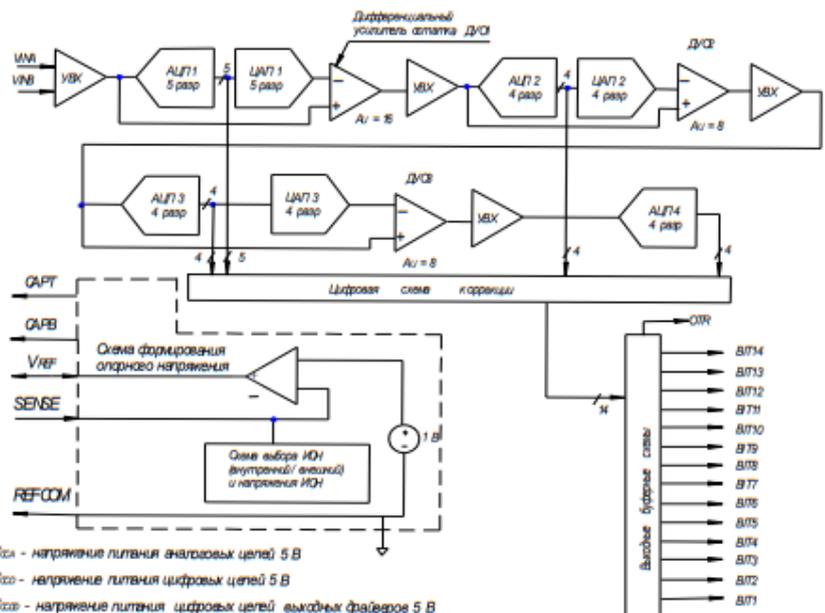
1273ПВ2АТ 14-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с частотой выборки 3 МГц, работающий от одного источника питания. АЦП выполнен по недорогой, быстродействующей КМОП технологии и по новой архитектуре, что позволило достичь уровня разрешения и быстродействия существующих гибридных реализаций при меньшей потребляемой мощности и стоимости. :

- производительность до 125 миллионов выборок в секунду;
- дифференциальные токовые выходы;
- выходной ток полной шкалы от 2 мА до 20 мА;
- внутренний температурно-компенсированный 1.2В источник опорного напряжения;

- возможность подключения внешнего источника опорного напряжения;
- напряжение питания  $+3\text{ В} \pm 10\%$  или  $+5\text{ В} \pm 10\%$ ;
- отдельные выводы питания для цифровых и аналоговых цепей
- режим останова;
- срабатывающие по положительному фронту тактового сигнала входные триггеры-защелки;
- совместимость с 3 В и 5 В КМОП логическими схемами. [6]

Таблица 1. Основные параметры (при  $AVDD=DVDD=5\text{В}$ )

Параметр	Обозначение	Значение (число)	Единица измерения
Интегральная нелинейность	INL	$\pm 6.5$	МЗР
Дифференциальная нелинейность	DNL	$\pm 4.5$	МЗР
Максимальная частота обновления выходных данных	$f_{\text{MOUR}}$	125	MSPS
Задержка распространения выходного сигнала	$t_{\text{PD}}$	1.0	нс
Время нарастания и спада выходного сигнала	$t_{\text{R}}, t_{\text{F}}$	2.5	нс
Опорное напряжение	$U_{\text{REF}}$	$1.2 \pm 0.12$	В
Аналоговый ток потребления (выходной ток 20 мА)	$I_{\text{AVDD}}$	30	мА
Цифровой ток потребления ( $f_{\text{CLK}} = 25\text{ МГц}$ )	$I_{\text{DVDD}}$	4	мА
Ток потребления в режиме останова	$I_{\text{AVDD}}$	8.5	мА
Диапазон рабочих температур	$T_{\text{A}}$	- 60...+ 85	$^{\circ}\text{C}$



$V_{CC}$  - напряжение питания аналоговых цепей 5 В  
 $V_{CCD}$  - напряжение питания цифровых цепей 5 В  
 $V_{CCDD}$  - напряжение питания цифровых цепей выходных драйверов 5 В  
 AGND - "аналоговая" земля  
 DGND - "цифровая" земля  
 DDGND - "цифровая" земля выходных драйверов  
 OTR - Выходное аналоговое напряжение равно  $V_{REF}$

3	CLK	ADC	CML	38
40	VINA(+)		BIT14 BIT13 BIT12 BIT11 BIT10 BIT9 BIT8 BIT7 BIT6 BIT5 BIT4 BIT3 BIT2 BIT1	4
41	VINB(-)			5
28	$V_{REF}$			8
29	REFCOM			9
27	SENSE			10
36	CAPT			11
34	CAPB			12
25, 48	$V_{CCA}$			13
26, 46	AGND			14
47	$V_{CCD}$			15
45	DGND			16
2	$V_{CCDD}$			17
1	DDGND			21
				22
			OTR	23

Рис. 4 Условно графическое изображение микросхемы

Таблица 2. Функциональное назначение выводов.

Номер вывода	Обозначение	Назначение вывода
23	OTR	Логический выход. Активен высоким уровнем при выходе входного аналогового сигнала за пределы диапазона
24	NC	Не используется
25	V <sub>ССА</sub>	Напряжение питания 5 В аналоговых цепей ИС
26	AGND	Аналоговый «общий». «Общий» источника питания аналоговых цепей ИС
27	SENSE	Логический вход. Управляет выбором источника опорного напряжения (внутренний/внешний) и выбором режима внутреннего ИОН
28	V <sub>REF</sub>	Аналоговый выход/вход опорного напряжения
29	REFCOM	Общий провод источника опорного напряжения
30	NC	Не используется
31	NC	Не используется
32	NC	Не используется
33	NC	Не используется
34	CAPB	Вывод для подключения отрицательной обкладки конденсатора фильтрации опорного напряжения
35	NC	Не используется
36	CAPT	Вывод для подключения положительной обкладки конденсатора фильтрации опорного напряжения
37	NC	Не используется
38	CML	Аналоговый выход. Выдаёт напряжение, равное половине аналогового питания
39	NC	Не используется
40	VINA	Неинвертирующий аналоговый вход
41	VINB	Инвертирующий аналоговый вход
42	NC	Не используется
43	NC	Не используется
44	NC	Не используется
45	DGND	Цифровой «общий». «Общий» источника питания цифровых цепей ИС
46	AGND	Аналоговый общий. «Общий» источника питания аналоговых цепей ИС
47	V <sub>ССД</sub>	Напряжение питания 5 В цифровых цепей ИС
48	V <sub>ССА</sub>	Напряжение питания 5 В аналоговых цепей ИС

## 4. НАЗНАЧЕНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА, СТРУКТУРА

### 4.1 Назначение и основные возможности

Программно–аппаратный комплекс, объединяющий в своем составе аналоговые и цифровые каналы измерения параметров сигналов, каналы воспроизведения сигналов, четыре канала источников питания постоянного тока и канал калибратора -

мультиметра.

Конструктивно комплекс выполнен в виде шкафа с установленными в него отдельными приборами, объединенных с помощью интерфейсных шин управления (RS232, GPIB, USB, IEEE1394) в единый измерительный комплекс под управлением внешней управляющей ПЭВМ.

Возможна работа совместно с цифровыми тестерами такими, например, как PXI NI, ETC-780 (ETC-868) и другими.

Назначение комплекса:

- воспроизведение и измерение аналоговых сигналов;
- измерение до 16 каналов цифровых сигналов;
- подаче аналоговых сигналов на измеряемое устройство;
- измерение отклика измеряемой ИС или устройства на поданный сигнал;
- измерение параметров АЦП и ИМС смешанных технологий.
- измерение спектральных и шумовых параметров
- автоматизированное построение АЧХ измеряемых ИМС и устройств;
- воспроизведение и измерение постоянного напряжения или тока;
- измерение аналоговых ИМС и устройств со сложными формами воспроизводимых сигналов;
- совместная работа с цифровыми тестерами при измерениях параметров ЦАП, АЦП и смешанных ИМС [2].

## 4.2 Структура

Комплекс является изделием с постоянным составом измерительных приборов. Комплекс обеспечивает задание и измерение колебаний заданного вида.

В состав Комплекса входят:

1. шкаф TS-8 с измерительной аппаратурой в нем в соответствии с таблицей 3;

Таблица 3.

Обозначение	Наименование	Количество
E4428C	Генератор синусоидальных сигналов	1
E1421B	VXI мэйнфрейм в нем:	1
E8491B	Преобразователь интерфейса IEEE-1394 в VXI	1
ZT532VXI-00	Четырехканальный генератор сигналов произвольной формы	1
ZT412VXI-50	Четырехканальный осциллограф/дигитайзер	1
E1472A	Шесть четырехканальных мультиплексоров	1
MSO6104A	Осциллограф четырехканальный с 16 канальным логическим анализатором	1
E4402B	Анализатор спектра	1
34411	Цифровой мультиметр	1
N6710B	Четырехканальный источник питания постоянного тока N6710B в составе:	1
	Базовый модуль N6700B	1
	Модуль источника питания N6752A-АТО-054	1
	Модуль источника питания N6752A-АТО-054	1
	Модуль источника питания N6761A-АТО	1
2400	Калибратор/мультиметр	1
DS360	Генератор сигналов специальной формы	1
CG635	Генератор сигналов	1
	Комплект кабелей электропитания, интерфейсных кабелей и ВЧ кабелей	1
ДМТ-БФУП-0002020000-0/Н-Р	Блок фильтрации и управления электропитанием Комплекса	1

2.управляющая ПЭВМ с монитором;

3.кабельное хозяйство Комплекса;

4.вспомогательное оборудование (источник бесперебойного питания, развязывающий трансформатор и т.д.).

### 4.3 Режим работы Комплекса

ДМТ-419 является сложным программно–аппаратным комплексом, в состав которого входит большое количество приборов и элементов. В данном разделе рассматривается работа всего Комплекса в целом.

Комплекс проводит измерения в двух режимах:

- в ручном режиме;
- в автоматическом режиме под управлением внешней управляющей ПЭВМ.

Ручной режим измерения является не основным для проведения измерений с помощью Комплекса. При подготовке к работе Комплекса в ручном режиме собирается

схема измерения, устанавливаются требуемые параметры приборов вручную, а затем в требуемой последовательности подают сигналы и питание на измеряемое устройство. При работе в ручном режиме управляющий ПЭВМ или отсутствует или не осуществляет управление каналами Комплекса и анализа полученных результатов.

В автоматическом режиме измерений Комплекс подключается к внешней управляющей ПЭВМ, производится сборка схемы измерения, затем на внешней управляющей ПЭВМ устанавливаются следующие установки:

- выбор каналов Комплекса задействованных в измерениях;
- требуемые параметры каналов Комплекса;
- порядок включения и выключения каналов Комплекса и измеряемого устройства;
- порядок проведения измерений;
- оформление отчетности о проведенных измерениях.

Преимущество автоматического режима измерений заключается:

- в гибком порядке измерений;
- в возможности быстрой корректировки порядка измерений и параметров каналов Комплекса;
- в возможности обработки результатов измерений с помощью управляющей ПЭВМ;
- в предоставлении пользователю самостоятельно создавать варианты измерений, запоминать схемы и порядок измерений;
- в возможности хранения большого количества результатов измерений, с последующей их обработкой и анализом;
- в возможности проведения дистанционного управления проведением измерений, а также передачи результатов измерений по компьютерной сети.

Все каналы Комплекса управляются с помощью внешней управляющей ПЭВМ по интерфейсным шинам GPIB, USB, IEEE-1394 и VXI, и по этой же шине передают на управляющую ПЭВМ результаты измерений, данные о состоянии каналов Комплекса и их параметрах.

Подключение измеряемых ИМС или устройств к Комплексу обычно производится через так называемый измерительный адаптер или DUT.

Адаптер представляет собой печатную плату с установленным на ней вспомогательными элементами (переключателями, реле, резисторами, конденсаторами и прочими элементами), контактирующим устройством для измеряемой ИМС и разъемами для подключения внешних приборов и систем. Адаптер предназначен для подключения к ресурсам Комплекса и реализации требуемой схемы включения. Функциональный контроль и измерение электрических параметров ИМС и устройств заключается в следующем:

- 1) Подача питающих напряжений на ИМС или устройство и вспомогательное оборудование (адаптер);
- 2) Перевод ИМС или устройство и адаптера в требуемый режим;
- 3) Подача входных воздействий;
- 4) Измерение параметров;
- 5) Повторение пунктов 2–4 при необходимости изменения режимов работы или каналов измеряемой ИМС или устройства;
- 6) Снятие питания с измеряемой ИМС или устройства, и адаптера.

Измерение электрических параметров аналоговых ИМС требует наличие следующих основных ресурсов приведенных в Таблице 4.

Таблица 4.

Тип ресурса	Назначение ресурса
Источники постоянных напряжений и токов	Обеспечение измеряемой ИМС или устройства и вспомогательного оборудования напряжением питания. Подача постоянных напряжений смещения на измеряемую ИМС или устройство для перевода в нужные режимы.
Источники переменного напряжения	Подача входных и управляющих сигналов на измеряемую ИМС или устройство.
Измерители стационарных значений напряжений и токов	Измерение статических параметров у измеряемой ИМС или устройства. Контроль режимов измеряемой ИМС или устройства и вспомогательного оборудования.
Измерители динамических значений напряжений	Измерение динамических параметров. Контроль режимов измеряемой ИМС или устройства и вспомогательного оборудования.

#### 4.4 Варианты схем проведения измерений с помощью Комплекса

Схемы измерения активных и пассивных элементов и устройств подобны, но при

исследовании активных элементов и устройств необходим источник питания (в Комплексе для этого используется четырехканальный прецизионный Источник питания N6710B, который имеет возможность работать как стабилизатор напряжения или тока).

Ниже приведены варианты схем измерения элементов и устройств. При этом в схемах показана внешняя управляющая ПЭВМ с соответствующим программным обеспечением. При работе в ручном режиме управляющий ПЭВМ или отсутствует или не осуществляет управление каналами Комплекса и анализа полученных результатов.

Наиболее сложная схема измерений осуществляется при измерении и анализе сложных устройств, например демодулятора со сложным видом модуляции. Кабели показаны черными линиями, при этом тип кабеля его длина и другие параметры выбираются пользователем в зависимости от условий измерений.

Общая структурная схема Комплекса и измеряемой ИМС или устройства с адаптером представлена на рисунках ниже.

Рис. 5. Варианты схем измерений измеряемых ИМС или устройств представлены на

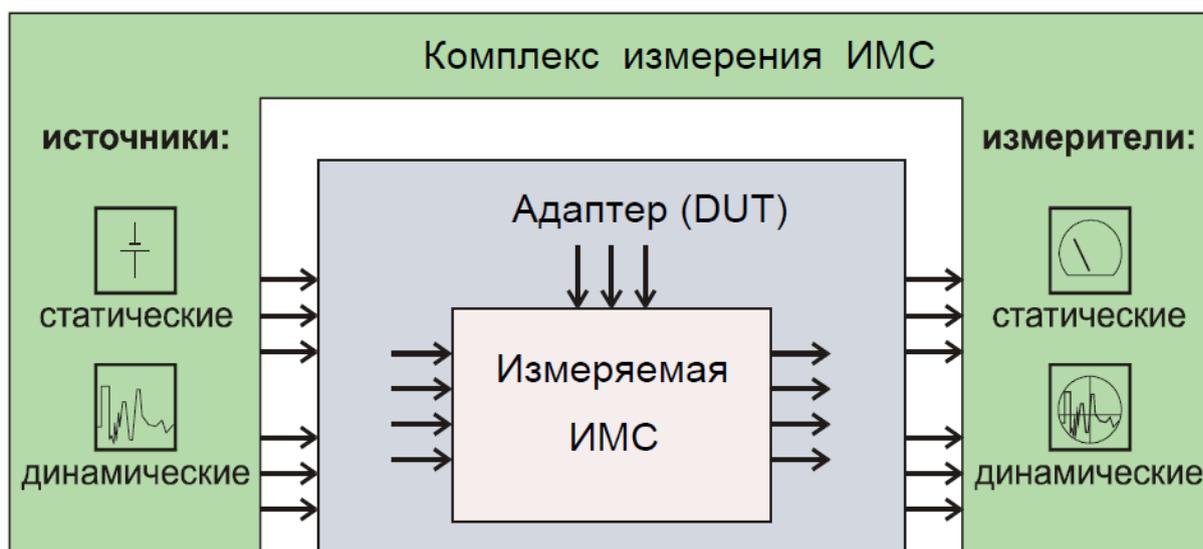


Рис. 6 отображает схему измерения параметров пассивных элементов с помощью Комплекса.

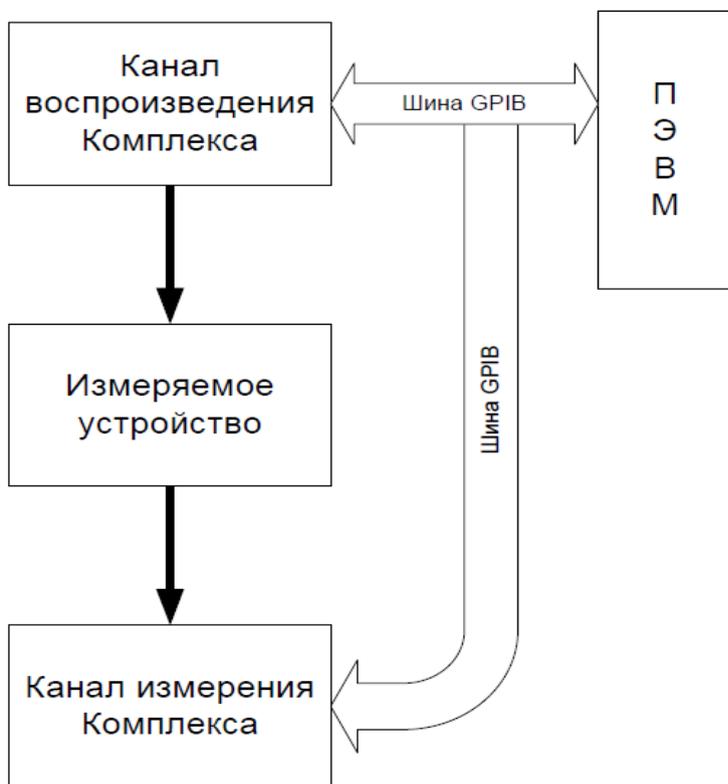


Рис. 7

Варианты исследования активных элементов и ИМС, а также их параметры и характеристики исследуются с помощью схем измерения представленных на Рис. 7 - Рис. 10.

При этом Рис. 7 показывает общую схему исследования активных элементов с помощью одного канала воспроизведения сигнала и одного канала измерения.

У всех схем исследования активных элементов и ИМС питание исследуемого устройства осуществляется по четырехпроводной схеме, что обеспечивает точное питание исследуемого устройства.

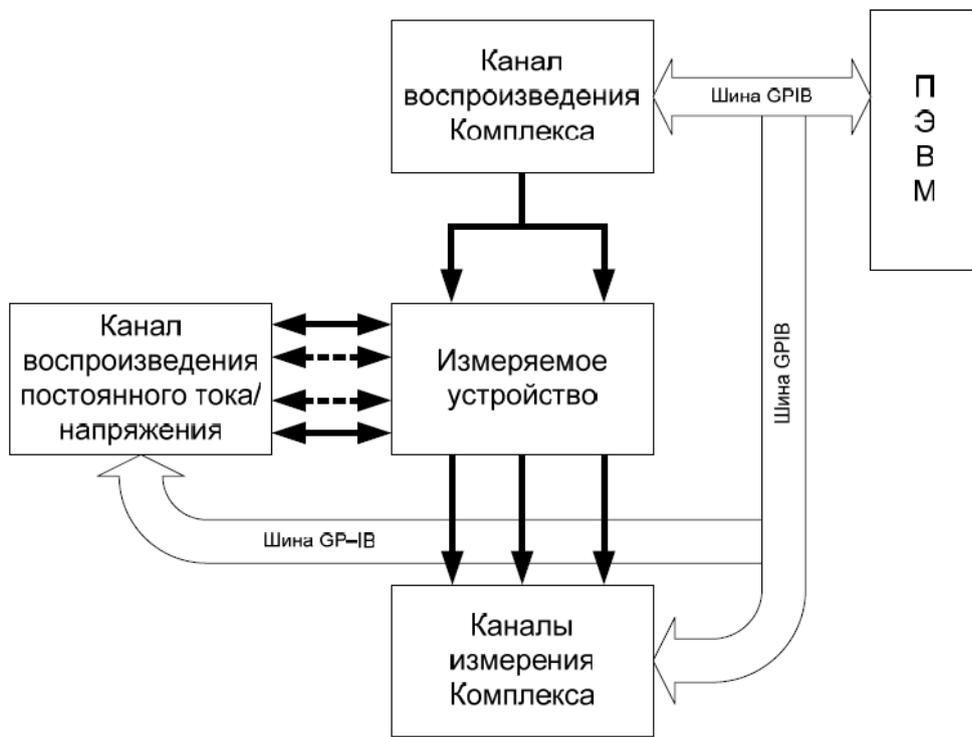
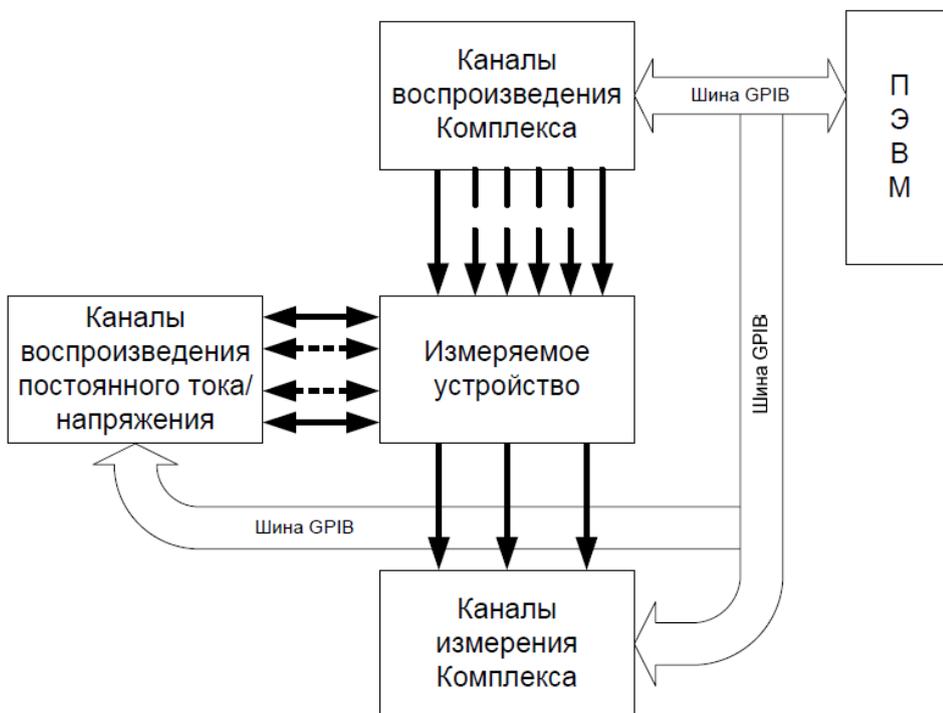


Схема исследования активных элементов с использованием нескольких генераторов для воспроизведения измерительных сигналов и нескольких измерительных каналов одновременно показана на Рис.8.



Для исследования многоканальных устройств и ИМС, например, многоканальный операционный усилитель, используется схема представленная на Рис. 9. Данная схема измерения позволяет проводить измерения взаимного влияния и паразитные связи

между исследуемыми каналами.

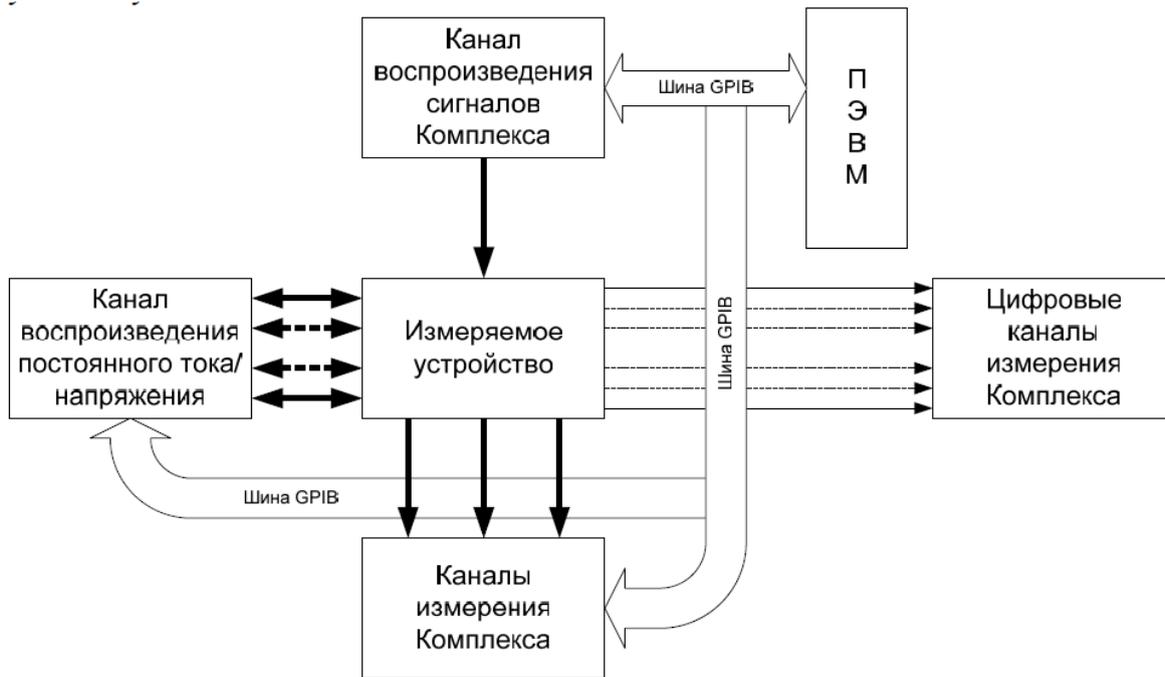


Рис. 9

При исследованиях устройств и ИМС смешанного типа (АЦП, ЦАП, устройства цифровой кодирования и декодирования сигналов и т.д.) Комплекс позволяет работать совместно с цифровыми тестерами. Рис. 10

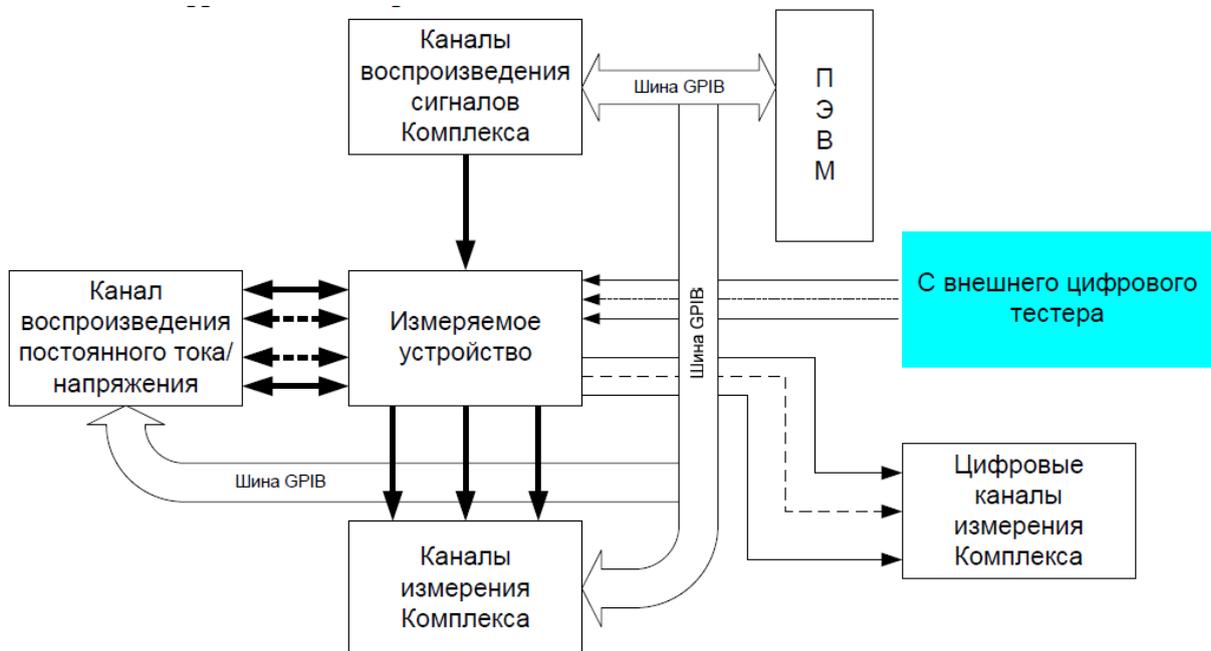


Рис. 10

Варианты схем исследования в этом случае представлены на Рис. 9 и Рис. 10. Отличие в схемах является то, что в первом случае (Рис. 9) источником сигнала

является канал воспроизведения сигналов Комплекса, а измерения осуществляются с помощью либо цифрового тестера, либо Каналами измерения Комплекса с 11 по 26 (Рис. 11).

Во втором варианте исследований устройств смешанного типа (Рис.10) источником сигнала является цифровой тестер или каналы воспроизведения сигналов №1 – №4 (Рис. 11) и вспомогательные каналы воспроизведения сигналов данного прибора, а измерительным устройством являются каналы измерения Комплекса.

Применение тех или иных внешних источников генерирования сигналов или измерительных каналов Комплекса обусловлено требованиями к исследованию параметров измеряемого устройства.

Комплекс имеет гибкую схему синхронизации, позволяющая конфигурировать схему синхронизации, что обеспечивает жесткую связь между приборами их приоритет в управлении измерениями.

Структурная схема синхронизации приведена на Рис. 11. Данная схема синхронизации обеспечивает пользователю выбор приоритета сигналов синхронизации от каналов воспроизведения и измерения комплекса или от внешнего источника опорной частоты.

Управление модулем синхронизации осуществляется управляющей ПЭВМ Комплекса, при этом пользователь может выбрать опорный канал синхронизации всего Комплекса, при необходимости частоту опорного сигнала.

Схема синхронизации позволяет осуществлять внешнюю синхронизацию Комплекса, а также осуществлять синхронизацию приборов и устройств, подключаемых к Комплексу.

Данное построение схемы синхронизации обеспечивает точный временной анализ исследуемого устройства, что в свою очередь позволяет определять время задержки распространения сигнала через исследуемое устройство[2].

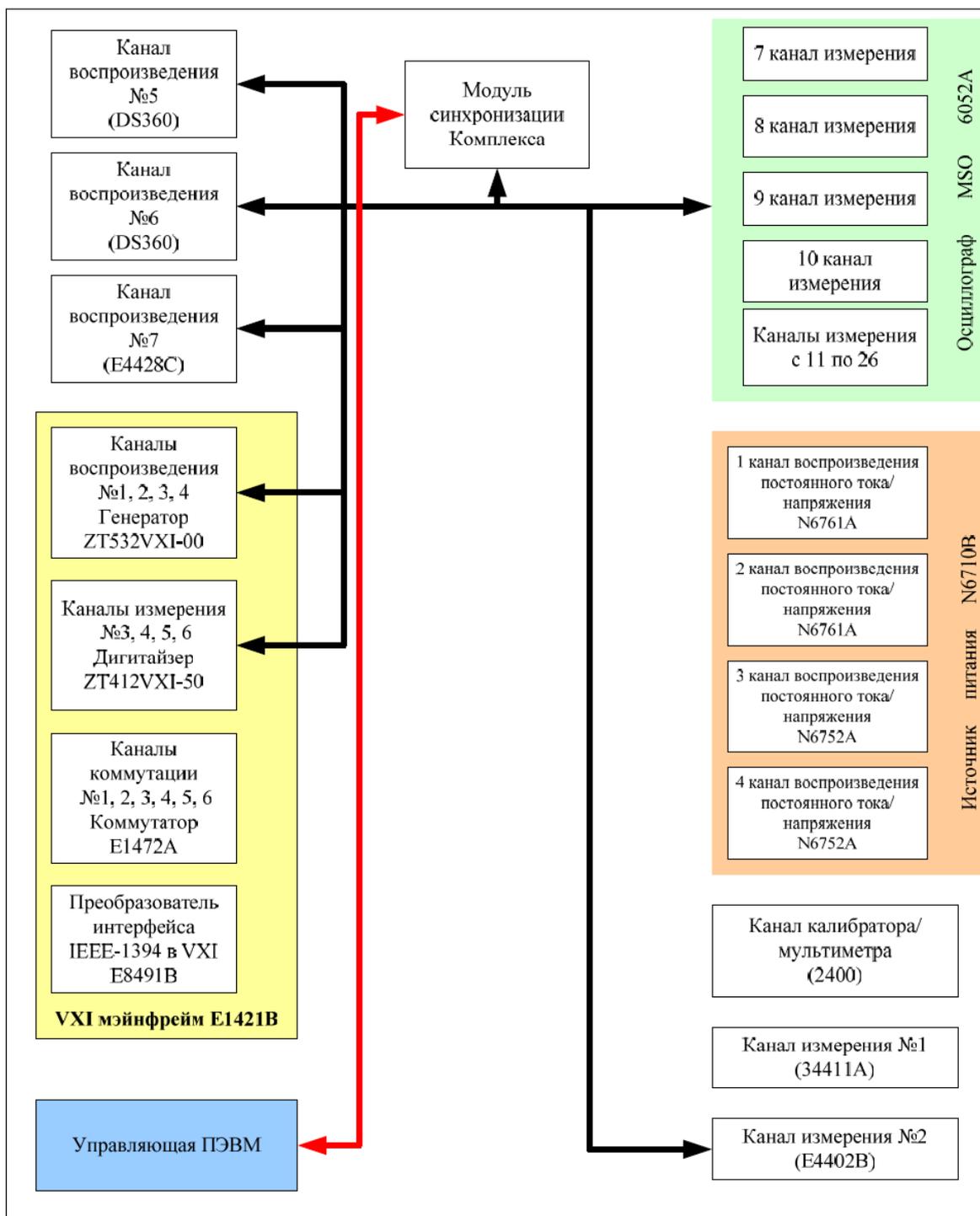


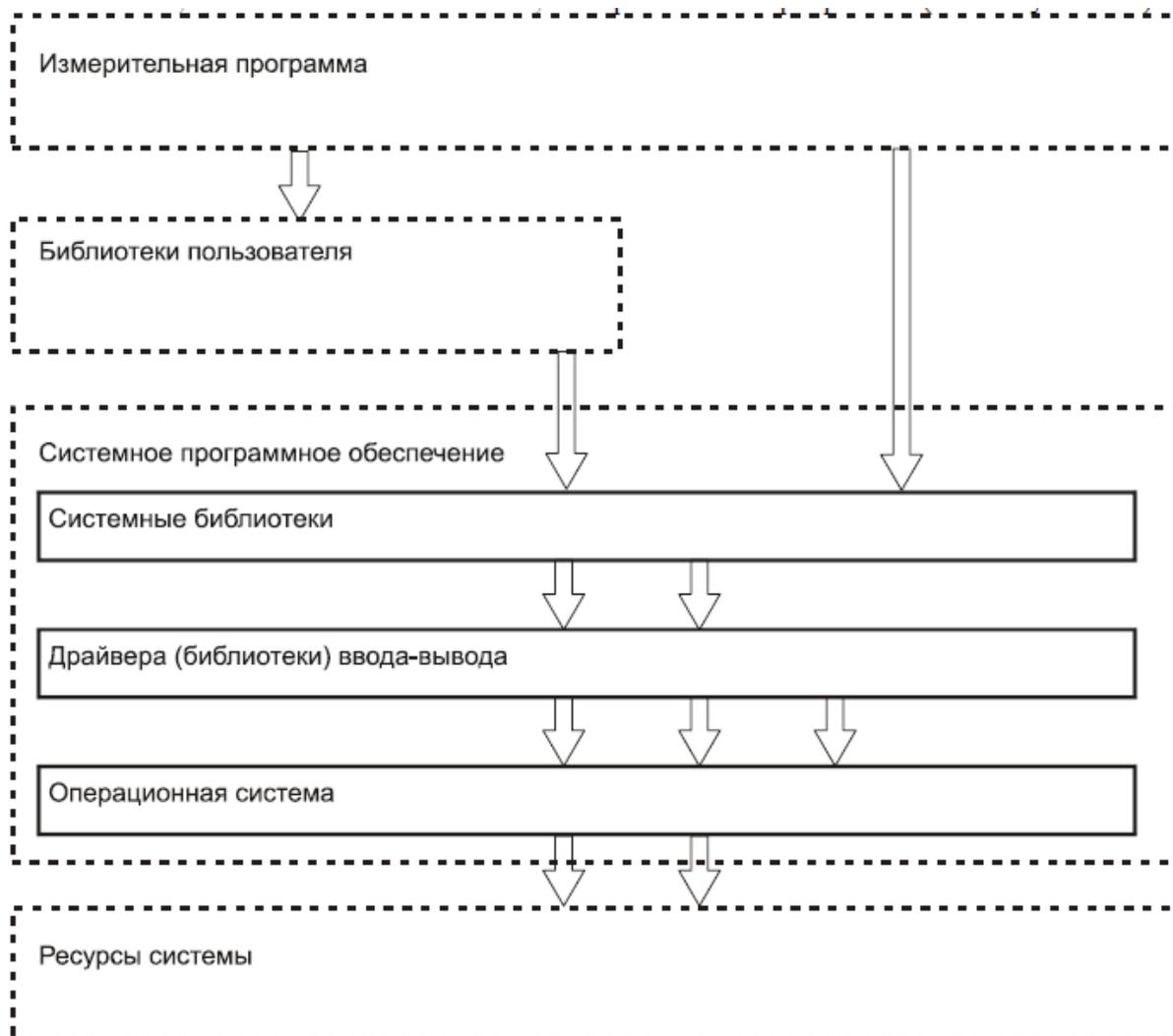
Рис. 11

## 4.5 Программное обеспечение Комплекса

### 4.5.1 Основные сведения, структура программного обеспечения

Комплект программно-математического обеспечения Комплекса (ПМО) предназначен для решения задач сбора, регистрации, оперативного отображения и

обработки измерительной информации Комплекса. Программное обеспечение тестера разделяется на системное программное обеспечение, библиотеки пользователя, измерительные программы (Рис.12).



#### 4.5.2 Системное программное обеспечение

Системное программное обеспечение предназначено для непосредственного управления всеми аппаратными средствами комплекса, создания среды для разработки/отладки/выполнения измерительных программ, хранения/записи измерительных программ и результатов. Включает в себя операционную систему, драйвера (библиотеки) ввода/вывода, среду исполнения (Agilent VEE Pro), системные библиотеки.

Системное программное обеспечение поступает в комплекте с Комплексом. Оно устанавливается на внешней управляющей ПЭВМ, после инсталляции программного

продукта, создавая на ПЭВМ рабочие каталоги, приложения, библиотеки и папки. Программирование для обеспечения измерений Комплекса осуществляется с помощью создания программ измерений на внешней управляющей ПЭВМ. Текст программ создается в оконном редакторе управляющей ПЭВМ с помощью команд.

Язык программирования VEE Pro 9.3 - это мощная графическая инструментальная среда программирования, предназначенная для решения задач управления устройствами и приборами Комплекса, автоматизации процесса измерения, анализа результатов измерений, создания различных инструментальных тестов. Мощные средства анализа модуля MATLAB®, полностью интегрированного в язык VEE, предоставляют пользователю широкий выбор функций цифровых вычислений, обработки сигнала и инженерной графики. Язык VEE позволяет легко реализовывать каждодневные задачи по управлению измерительным оборудованием, проведение измерений и составление отчетов. Развитые средства системной интеграции, отладки, структурный вид программ и удобная документация позволяет значительно упростить разработку задач измерений. Язык VEE автоматизирует процесс конфигурации измерительных приборов, ускоряет процесс создания интерфейсов оператора, рационализирует тестовые последовательности и упрощает процесс распределенного создания программ.

Основная особенность в технике программирования на языке программирования VEE это простота изучения и программирования на данном языке и наглядность программ. Если обычные программы состоят из набора строк, разобраться в которых довольно сложно, то программы на языке программирования VEE выглядят подобно блок-схемам и понятны людям, не писавшим данную программу. Язык программирования VEE Pro 9.3 поддерживает средства управления ActiveX, что позволяет использовать новые программные интерфейсы к управляемым ресурсам, таким как измерительное оборудование и прочее, а также упрощает решение специфических задач.

В комплексе серии ДМТ-419 используются операционные системы Windows 2000 Professional или Windows XP Professional, установленные на управляющей ПЭВМ класса, IBM PC. В качестве системных драйверов ввода/вывода используется

программное обеспечение Agilent IO Libraries версии 16.3, а также встроенные в ОС драйвера устройств. Системные библиотеки, библиотеки пользователя и измерительные программы выполняются под управление визуальной среды программирования Agilent VEE Pro версии 9.3[8].

### **4.5.3 Описание библиотек прикладных функций**

Библиотека прикладных функций предназначена для выполнения основных действий с измерительными приборами Комплекса без необходимости подробного изучения набора команд приборов и знания программного интерфейса к приборам. Функции библиотеки сохранены в прикладной программе.

Библиотеки управления комплексом:

- common
- veelibs
- eventlog
- devices
- dio
- exec
- report
- switch
- system

Библиотеки управления измерительными ресурсами:

- awg
- fg
- osc
- ps
- sa
- hilevel

Библиотеки пользователя содержат дополнительные модули, которые обеспечивают выполнение обособленных типовых задач (прикладные вычисления, математическая обработка, визуализация и протоколирование результатов).

Прикладная библиотека разрабатывается в среде VEE Pro с учетом требований, предъявляемых к системным библиотекам. В состав библиотек, поставляемых с комплексом ДМТ-419, входит прикладная библиотека для измерения параметров аналого-цифровых преобразователей (библиотека «adc»).

Измерительные программы непосредственно выполняют поставленные задачи. Обеспечивают последовательность действий, необходимую для выполнения методики измерений. Измерительные программы разрабатываются, отлаживаются и выполняются в среде VEE Pro. Для взаимодействия с комплексом измерительные программы используют системные и прикладные библиотеки.

## **4.6 Краткий список функций библиотек и используемых приборов комплекса**

### **4.6.1 Генератор сигналов произвольной формы ZT642VXI-00, 4-кан. 16-битн.**

Системное имя: awg16b\_1.

Позволяет создавать и воспроизводить сигналы, заданные набором амплитуд (формой). Разрядность 16 бит, размах сигнала до 5 В (на нагрузку 50 Ом), постоянное смещение до 2,5 В (на нагрузку 50 Ом).

Сегменты сигнала для каждой пары каналов (1 и 2, или 3 и 4) должны быть одинаковой длины. Размах и смещение устанавливается независимо для всех каналов. Частота следования точек формы (Sample Frequency) задается в диапазоне 10 кГц до 160 МГц.

Управляющая библиотека для этого класса приборов: awg

Список функций библиотеки «awg»:

awg.ChannelFilter

Настраивает частоту среза ФНЧ.

awg.Channellmpedance

Задаёт номинальное сопротивление нагрузки.

awg.ChannelOffset

Устанавливает постоянное напряжение смещения.

awg.ChannelOnOff

Включает/выключает выход генератора.

awg.ChannelSampleFreq

Задает частоту выборки (частоту сэмплирования) генератора.

awg.ChannelSkew

Задает временной сдвиг канала относительно первого канала.

awg.ChannelVpp

Задает размах (peak-to-peak) сигнала.

awg.ChannelWaveform

Назначает форму сигнала.

awg.ConfigRecall

Восстанавливает предварительно сохраненную конфигурацию.

awg.ConfigReset

Сбрасывает настройки прибора в стандартные настройки (по-умолчанию).

awg.ConfigSave

Сохраняет текущую конфигурацию.

awg.ExecRun

Запускает прибор в соответствии с установленным режимом работы.

awg.ExecStop

Останавливает работу прибора.

awg.FGSetup

Настраивает параметры сигнала в режиме функционального генератора.

awg.SyncClockReference

Устанавливает источник опорной частоты 10МГц.

awg.SyncClockSource

Устанавливает источник частоты сэмплирования форм.

awg.SyncTrigInImmediate

Производит запуск прибора.

awg.SyncTrigInSetup

Настраивает режимы запуска прибора.

## 4.6.2 Четырехканальный источник питания постоянного тока N6710A

Системное имя: ps4ch\_1.

Обеспечивает электрическое питание четырех каналов потребителя. Диапазон 1-го и 2-го каналов (N6761A-АТО): напряжение до 50 В, ток до 1.5 А, мощность до 50 Вт. Диапазон 3-го и 4-го каналов (N6752A-АТО-054): напряжение до 50 В, ток до 10 А, мощность до 100 Вт. Все 4 канала гальванически развязаны. Значения тока и напряжения задаются для всех каналов независимо друг от друга, но с учетом ограничения мощности.

Управляющая библиотека для этого класса приборов: ps

Список функций библиотеки «ps»:

ps.ChannelOverCurrent

Устанавливает порог срабатывания защиты по току.

ps.ChannelOverVoltageClear

Сбрасывает блокировку канала, вызванную превышением напряжения.

ps.ChannelOverVoltageSet

Устанавливает порог срабатывания защиты по напряжению.

ps.ChannelOverVoltageTripped

Запрашивает состояние защиты по напряжению.

ps.ChannelUnregulated

Запрашивает наличие установившегося питания на выходе.

ps.ConfigRange

Устанавливает диапазон.

ps.ConfigRecall

Восстанавливает предварительно сохраненную конфигурацию.

ps.ConfigReset

Сбрасывает настройки прибора в стандартные (по-умолчанию).

ps.ConfigSave

Сохраняет текущую конфигурацию.

ps.MeasureCurrent

Измеряет ток по каналу.

ps.MeasureVoltage

Измеряет напряжение на канале.

ps.SourceCurrent

Настроить источник тока (ограничение по току).

ps.SourceOnOff

Включить/выключить канал.

ps.SourceVoltage

Настроить источник напряжения (ограничение по напряжению).

ps.SourceVoltCurr

Настроить источник тока и напряжения (ограничение по току и напряжению).

### **4.6.3 Осциллограф 4-х канальный 8-битный MSO6104A**

Список функций библиотеки «osc»:

osc.ChannelDigitalSetup

Настраивает цифровой канал (для bxxx).

osc.ChannelEnable

Включает/выключает канал.

osc.ChannelSampleFreq

Задаёт частоты дискретизации.

osc.ChannelSetup

Настраивает параметры входа прибора.

osc.ChannelSetVoltage

Устанавливает шкалу напряжений (размах).

osc.ChannelTime

Устанавливает шкалу времени.

osc.ChannelWaveformSetup

Настраивает параметры запоминания формы сигнала.

osc.ConfigAutoscale

Производит автоматический выбор шкал напряжения и времени (bxxx, ZT412).

osc.ConfigRecall

Восстанавливает предварительно сохраненную конфигурацию.

osc.ConfigReset

Сбрасывает настройки прибора в стандартные (по-умолчанию).

osc.ConfigSave

Сохраняет текущую конфигурацию.

osc.ExecCount

Устанавливает ограничение на количество запусков.

osc.ExecRun

Запускает прибор (переводит в активное состояние).

osc.ExecStop

Останавливает прибор (переводит в пассивное состояние)..

osc.ExecWait

Приостанавливает работу программы, ожидает окончания оцифровки сигнала.

osc.MeasureArrayVTIM

Произвести измерение параметра VTIM по множеству точек.

osc.Status

Получить состояние прибора.

osc.Measure

Произвести измерение параметра.

osc.SyncClockFrequency

Задает частоту преобразования.

osc.SyncClockReference

Задает источник опорной частоты 10 МГц.

osc.SyncClockSource

Задает источник частоты преобразования.

osc.SyncTrigInDelay

Устанавливает задержку запуска и положение формы относительно запуска.

osc.SyncTrigInImmediate

Производит запуск прибора.

osc.SyncTrigInSetup

Настраивает параметры запуска.

osc.SystemLockOnOff

Включает/выключает блокировку клавиатуры.

osc.WaveformGetData

Получить оцифрованные данные формы.

osc.WaveformGetScale

Получить масштабные данные формы.

#### **4.6.4 Мультиметр 6,5 разрядный 34411A**

Системное имя: dmm\_1.

Управляющая библиотека для этого класса приборов: dmm.

#### **4.9.5 Библиотека «hilevel»**

Для обеспечения совместной работы с тестером ETC–780, на его управляющей ПЭВМ должно быть установлено соответствующее программное обеспечение:

1. Agilent VEE Pro версии 9.0 (или выше)
2. ETS2K v7.24 USB (или выше) или ETS2K v6.22 (или выше)
3. Библиотека hilevel (hilevel\_loader.vxe)
4. Файл конфигурации hilevel.ini, который должен размещаться в том же каталоге,

что и hilevel\_loader.vxe

Список функций библиотеки «hilevel»

hilevel.ActClose

Закрывает текущую сессию доступа к тестеру.

hilevel.ActGetOperatorName

Возвращает имя оператора.

hilevel.ActInitialize

Инициализирует текущую сессию доступа к тестеру и сам тестер.

hilevel.ActLoadTestSetup

Загружает .SET файл (конфигурация теста).

hilevel.ActLoadTRNFile

Загружает .TRN файл (транслированные вектора).

hilevel.ActPMURunTest

Запускает указанный тест PMU.

hilevel.ActLoadVECFFile

Загружает .VEC файл (не транслированные вектора).

hilevel.ActReadDeviceOutput

Получает из тестера данные, выданные от DUT.

hilevel.ActRunFunctionalTest

Запускает функциональный тест.

hilevel.ActSetStartVectorAddress

Указывает вектор начала выполнения.

hilevel.ActSetStopVectorAddress

Указывает вектор прекращения выполнения.

hilevel.ConfigRecall

Загружает сохраненную конфигурацию.

hilevel.ConfigReset

Сбрасывает настройки тестера в стандартные (по-умолчанию). Аналог ActInitialize

hilevel.FileExist

Проверяет существование локального файла.

#### **4.6.6 Библиотека «common»**

Библиотека «common» предназначена для выполнения часто используемых функций.

Список функций библиотеки «common»:

common.Delay

Задерживает выполнение программы.

common.Explode

Преобразует строку с символами-разделителями в соответствующий массив строк.

common.Implode

Преобразует массив строк в строку с символами-разделителями.

`common.Pow`

Возведение в степень.

`common.ValueToString`

Преобразует переменную в строку.

Список функций библиотеки «veelibs»

Библиотека «veelibs» предназначена для управления системными и пользовательскими библиотеками.

`veelibs.CloseLibs`

Выгружает все загруженные через `veelibs.ImportLibs` библиотеки. Вызывать необязательно.

`veelibs.EnumerateLibraries`

Найти и получить список библиотек (служебная функция, пользователю неприменять).

`veelibs.GetFilename`

Получить имя файла, откуда была загружена библиотека.

`veelibs.ImportLibs`

Импортирует все библиотеки.

#### **4.6.7 Библиотека «eventlog»**

Библиотека предназначена для ведения протокола работы программ. Обеспечивает раздельное ведение протокола по различным файлам в зависимости от важности протоколируемого сообщения и вызывающей подсистемы. При сохранении сообщения в протокол работы используются два понятия: класс (Class) и подсистема (Subsystem). Класс сообщения определяет важность (критичность) сообщения и может иметь три значения: "I" (информация), "E" (ошибка), "W" (предупреждение). Подсистема – часть программы, которая может иметь (а может не иметь) отдельный файл протокола. Библиотека позволяет назначать имя файла для протокола в зависимости от класса и (или) подсистемы.

Список функций библиотеки «eventlog»:

`eventlog.BuildSignatureClassSubsystem`

Возвращает сигнатуру класса и подсистемы (служебная функция, пользователю не применять).

eventlog.GetFilename

Возвращает имя файла для записи сообщения с указанным классом и подсистемой (служебная функция, пользователю не применять).

eventlog.SetFilename

Назначает имя файла для записи сообщения с указанным классом и подсистемой.

eventlog.Store

Сохраняет сообщение в протокол для указанного класса и подсистемы.

#### **4.6.8 Библиотека «devices»**

Библиотека «devices» предназначена для управления измерительными и вспомогательными приборами. Обеспечивает адресацию приборов по системному имени, ввод вывод при помощи стандартных SCPI-команд, регистровый VXI ввод/вывод.

Список функций библиотеки «devices»:

devices.ConfigSetTimeout

Устанавливает время ожидания (таймаут) для данного прибора.

devices.Enumerate

Прочитать конфигурацию приборов и инициализировать внутренние структуры (служебная функция, пользователю не применять).

devices.GetAddress

Получить адрес прибора.

devices.GetID

Получить конфигурационную информацию о приборе (служебная функция, пользователю не применять).

devices.SCPI

Произвести доступ к прибору по SCPI.

devices.VXIREG

Произвести доступ к прибору регистровым вводом/выводом.

#### 4.6.9 Библиотека «report»

Библиотека предназначена для создания отчетов о проведенных измерениях. Отчет создается в отдельном каталоге, в виде файла report.txt, в него вносятся все значения и таблицы, изображения с графиками сохраняются в том же каталоге, имя указывается в отчете.

Список функций библиотеки «report»:

report.AppendPlot2D

Добавить двухмерный график.

report.AppendString

Добавляет текстовую строку в протокол.

report.AppendTableBegin

Начинает добавление таблицы.

report.AppendTableData

Добавляет данные в таблицу, для стиля "columns" добавляется одна строка, для стиля "rows" – все строки.

report.AppendTableEnd

Завершает добавление таблицы.

report.AppendValue

Добавляет название и величину параметра в отчет.

report.CloseReport

Закрывает файл отчета.

report.ConfigSetDivider

Устанавливает текстовый разделитель между значениями.

report.NewAttachFilename

Создает новое имя файла для приложения к отчету (служебная функция, пользователю не применять).

report.NewReport

Создает новый отчет.

report.Plot2D

Добавляет график к изображению (служебная функция, пользователю не

применять).

report.Plot2DToFile

Записать двухмерный график в файл (служебная функция, пользователю не применять).

report.TimeNowID

Выдает текстовую строку с обозначением текущего времени (GMT).

#### **4.6.10 Библиотека «system»**

Библиотека «system» предназначена для управления системными ресурсами измерительного комплекса (мультиплексоры, маршрутизация). Для переключения мультиплексоров используется номер пользовательского мультиплексора, которые расположены в верхнем ряду и нумерованы от 01 до 04. Для настройки маршрута синхронизации используется тестовая строка с запятыми-разделителями вида «имя прибора источника, канал синхронизации источника, имя прибора потребителя, канал синхронизации потребителя» (без пробелов). Панель коммутации обозначается как «aux».

Список функций библиотеки «system»:

system.DeviceDefaults

Получить параметры для настройки прибора (служебная функция, пользователю не применять).

system.Mux

Переключает мультиплексор.

system.SyncClockInEXTSetup

Настраивает прибор на получение внешнего тактирования (служебная функция, пользователю не применять).

system.SyncClockOutEXTSetup

Настраивает прибор на генерацию внешнего тактирования (служебная функция, пользователю не применять).

system.SyncRoute

Устанавливает маршрут синхронизации.

system.SyncClockInEXTSetup

Настраивает прибор на получение внешнего запуска (служебная функция, пользователю не применять).

system.SyncTrigOutEXTSetup

Настраивает прибор на генерацию внешнего запуска (служебная функция, пользователю не применять). [3].

## **5.ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ. РЕЗУЛЬТАТЫ**

Для проведения испытаний на дозовые эффекты выборка обычно составляет 10 микросхем и 1 контрольный образец. Данное количество обеспечивает необходимую достоверность оценки радиационной стойкости исследуемой партии с учетом заранее заданного значения достоверности. Испытания регламентируются базовым документом - программой испытаний согласованной с разработчиками и учитывающим технические условия (ТУ) [7] на испытуемый компонент. Испытания проводятся с пошаговым набором дозы с периодическим измерением параметров ЭК после каждого шага вплоть до отказа (функционального или параметрического) или достижения заданной нормы испытаний.

Результаты испытаний оформляются в виде базы данных, содержащих информацию о измеренных параметрах каждого испытуемого объекта или микросхемы и электрическом режиме при проведении измерений. Возможно проведение последовательности из нескольких тестов без ограничения количества. Пример представления результатов испытаний микросхемы приведен в приложении А. Разработанный программный модуль отображает следующие параметры:

SFDR – Динамический диапазон свободный от паразитных составляющих

SINAD - Отношение сигнал / шум и коэффициент искажения

THD – Коэффициент нелинейных искажений

### **5.1 Блок схема программного модуля**

Блок схема разработанного программного модуля приведена в приложении Б. Данный модуль проводит последовательную настройку приборов комплекса:

- Включается генератор аналогового сигнала, который подается на вход АЦП
- Осциллограф настраивается в режим работы с цифровыми данными (14 бит)
- Производится захват данных
- Производится считывание данных из памяти осциллографа
- Данные обрабатываются для последующей обработки при помощи функции быстрого преобразования Фурье
  - Производится отображение сигнала в исходном виде после восстановления из цифрового образа (из памяти осциллографа)
  - Производится отображение графика Фурье – преобразования

Дальнейший анализ данных позволяет определить качество преобразования сигнала и таким образом судить о правильности функционирования АЦП.

## **6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБРЕЖЕНИЕ**

Приложение *DailyReport* используется на предприятии ООО «Водоканал» г. Новокузнецка, осуществлявшего поставку питьевой воды жителям и организациям города.

Приложение *DailyReport* позволяет формировать различные отчеты, содержащие анализ ключевых параметров. Ввод ключевых параметров осуществляется вручную начальниками смены водозаборных и очистных цехов при непосредственном доступе к приборам учета, что влечет за собой следующие негативные факторы:

- трудоемкость процесса;
- вычислительные ошибки; Автоматизированное преобразование данных позволяет:
- снизить вероятность вычислительной ошибки;
- значительно сократить время получения ключевых параметров;
- осуществлять запись параметров в режиме реального времени;
- повысить скорость доставки обработанных данных руководителю

тех-нологического отдела предприятия, что позволит более оперативно реагировать на изменение параметров.

Целью данной работы является разработка программного модуля преобразования данных инженерных служб для приложения *DailyReport* на языке *Delphi*.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- 1 изучить существующую структуру приложения *DailyReport* и схему ба-зы данных приложения;
- 2 изучить среду для разработки программной части модуля;
- 3 изучить среду для работы со схемой данных приложения, а так же с хранимыми пакетам

- 4 разработать и реализовать алгоритм преобразования данных, отвечающий требованиям заказчика;
- 5 разработать и протестировать оптимальный алгоритм обмена массива данных из приложения *DailyReport* с базой данных *Oracle*;
- 6 реализовать графический интерфейс модуля, отвечающий требованиям заказчика.

К реализации программного модуля является технически актуальной.

Таким образом, к разработке можно предъявить следующие критерии эффективности:

- надежность;
- скорость;
- время обработки;
- качество обслуживания.

## 6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

### 6.1.1 Потребители результатов разработки

Модуль преобразования данных разрабатывался для существующего приложения *DailyReport*, используемого на предприятии ООО «Водоканал» г. Новокузнецка.

Целевой рынок разработки – служба главного инженера ООО «Водоканал» г. Новокузнецка. Качество новой разработки можно оценить при помощи *QuaD* технологии. Технология *QuaD* представляет собой гибкий инструмент изменения характеристик, описывающих качество новой разработки и её перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. Оценка качества и перспективы проекта приведена в таблице 7 [11].

Таблица 7 – Оценка качества и перспективности проекта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значения
Показатели оценки качества разработки					
Надежность	0,3	85	100	0,85	0,255
Скорость передачи данных	0,2	90	100	0,9	0,18
Простота эксплуатации	0,05	95	100	0,95	0,0475
Стабильность	0,2	85	100	0,85	0,17
Качество интерфейса	0,05	95	100	0,95	0,0475
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Сопровождение	0,08	87	100	0,87	0,0696
Цена	0,04	70	100	0,7	0,028
Наличие аналогов	0,08	95	100	0,95	0,076
Итого:					0,8736

Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки равно 0,8736. Это означает, что разработка является перспективной.

*SWOT*-анализ отражает сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. *SWOT*-анализ по данной разработке приведен в таблице 8.

Таблица 8 – SWOT-анализ

	<p>C1. Разработка представлена в виде встроенного модуля, а не отдельной программы; C2. Высокая скорость преобразования большого объема данных; C3. Надежность преобразования данных; C4. Возможность доработки под дополнительные условия заказчиков в рамках сопровождения.</p>	<p>Сл1. Счетчики фиксируют некоторое значение даже тогда, когда насосы отключены. Эти значения так же импортируются. Сл2. Работа модуля преобразования напрямую зависит от работоспособности баз данных, предоставляющих данные; Сл3. Настройка параметров преобразования данных производится непосредственно при подключении к базе данных.</p>
<p>B1. Автоматизация всех показателей; B2. Отсутствие встраиваемых аналогов под существующее на предприятии программное приложение; B3. Настройка импорта данных по расписанию.</p>	<p>C2-B1. Реализовать автоматизацию всех показателей. C3-B1B2. Реализовать преобразование данных под настраиваемое расписание.</p>	<p>Сл1-B3. Реализовать преобразование данных под настраиваемое расписание. Благодаря этому «лишние» показания не будут импортироваться.</p>
<p>У1. Поломка баз данных, предоставляющих данные; У2. Неактуальность приложения, в которое встроен разрабатываемый модуль, в связи с появлением лучших аналогов конкурентов.</p>	<p>C1C4-У2. Систематизировать релиз обновлений с постоянным усовершенствованием текущего алгоритма и добавлением нового функционала.</p>	<p>Сл2-У1. Организовать мониторинг работоспособности баз данных, предоставляющих данные. В случае непредвиденных поломок, максимально быстро восстанавливать их работоспособность. Сл3-У2. Реализовать графический интерфейс для администратора. Это повысит удобство пользования и актуальность приложения в целом (запросы сможет добавлять даже обычный пользователь).</p>

При помощи интерактивной матрицы были рассмотрены всевозможные комбинации взаимосвязей областей *SWOT*-матрицы.

В таблице 9 показана интерактивная матрица проекта полей «Сильные стороны и возможности».

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта (С-В)

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	-	+	+	+
	В2	+	-	-	-
	В3	-	-	+	+

В таблице 10 показана интерактивная матрица проекта полей «Слабые стороны и возможности».

Таблица 10 – Интерактивная матрица проекта (Сл-В)

Слабые стороны проекта				
Возможности и проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	-	-	-
	В2	-	-	-
	В3	+	-	-

В таблице 11 показана интерактивная матрица проекта полей «Сильные стороны и угрозы».

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта (С-У)

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	-	-	-	-
	У2	+	-	-	+

В таблице 12 показана интерактивная матрица проекта полей «Слабые

стороны и угрозы».

Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта (Сл-У)

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	+	-
	У2	-	-	+

## 6.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Для выделения возможных альтернатив проведения исследования был применен морфологический подход (результат приведен в таблице 13).

В рамках данного исследования были выделены три альтернативных варианта проведения исследования.

Таблица 13 – Морфологический анализ исследования

	1	2	3
А. Разработчик	Инженер	Руководитель	Передать проект на аутсорсинг
Б. Количество человек, участвующих в разработке	1	2	3
В. Встраиваемость разрабатываемого решения	Встраиваемый приложение <i>DailyReport</i>	Отдельное программное приложение	
Г. Среда разработки программного модуля	<i>Microsoft Visual Studio</i>	<i>Delphi XE3</i>	
Д. Алгоритм передачи данных серверу <i>Oracle</i>	алгоритм на основе вставок кортежей	алгоритм на основе передачи одного массива	алгоритм на основе передачи отдельных массивов данных

Варианты решений:

- 1) А1Б2В1Г2Д3
- 2) А2Б1В1Г2Д1
- 3) А3Б3В2Г1Д2

## 6.3 Планирование научно-исследовательских работ

Перечень этапов работ и распределение исполнителей приведено в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Разработка задания.	Руководитель
Изучение исходных данных	2	Изучение архитектуры подключаемых модулей приложения <i>DailyReport</i> .	Исполнитель
	3	Изучение источников входных данных.	Исполнитель
	4	Рассмотрение результатов преобразования данных.	Исполнитель
	5	Изучение требований к графическому интерфейсу.	Исполнитель
	Разработка процесса преобразования данных	6	Разбиение процесса преобразования данных на подпроцессы.
7		Проектирование первого подпроцесса: получение параметров от пользователя.	Исполнитель Руководитель
8		Реализация первого подпроцесса: получение параметров от пользователя.	Исполнитель
9		Проектирование второго подпроцесса: формирование серии запросов к СУБД.	Исполнитель Руководитель
10		Реализация второго подпроцесса: формирование серии запросов к СУБД.	Исполнитель
11		Проектирование третьего подпроцесса: хранение <i>SQL</i> -запросов для выборки данных	Исполнитель Руководитель
12		Реализация третьего подпроцесса: хранение <i>SQL</i> -запросов для выборки данных	Исполнитель
13		Проектирование четвертого подпроцесса: сохранение данных в базу данных <i>DailyReport_output</i> .	Исполнитель Руководитель

Продолжение таблицы 14

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка процесса преобразования данных	14	Реализация четвертого под-процесса: сохранение данных в базу данных <i>DailyReport_output</i> .	
Выбор и тестирование алгоритмов передачи преобразованных данных серверу <i>Oracle</i>	15	Проектирование алгоритмов передачи преобразованных данных серверу <i>Oracle</i>	Исполнитель Руководитель
Реализация и тестирование алгоритмов передачи преобразованных данных серверу <i>Oracle</i>	16	Реализация и тестирование алгоритмов передачи преобразованных данных серверу <i>Oracle</i>	Исполнитель
Проверка результатов преобразования данных	17	Тестирование результатов исследования	Исполнитель

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования [11].

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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\max i} + 2t_{\min i}}{5},$$

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

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой

работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн [11].

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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

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

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел [11].

В таблице 15 представлен план работ с рассчитанной длительностью каждого этапа работы в календарных часах Таблица 15 – перечень длительности этапов и работ разработки

№	Содержание работ	Должность исполнителя	Кол-во челоло-век	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{ож i}$	$T_{pi}$	$T_{ki}$	№ вар
1	Разработка задания.	Руководитель ВКР	1	0,25	0,75	0,45	0,45	0,665	B1
		Руководитель	1	0,5	1	0,7	0,7	1,034	B2
		Руководитель	1	0,5	1	0,7	0,7	1,034	B3
2	Изучение архитектуры подключаемых модулей приложения <i>DailyReport</i> .	Исполнитель	1	1,2	1,5	1,32	1,32	1,951	B1
		Руководитель	1	1	1,3	1,12	1,12	1,655	B2
		Инженер	3	1,1	1,2	1,14	0,38	0,562	B3

Продолжение таблицы 15

№	Содержание работ	Должность исполнителя	Кол-во челоло-век	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ож } i}$	$T_{pi}$	$T_{ki}$	№ вар
3	Изучение источников входных данных.	Исполнитель	1	1,2	2	1,52	1,52	2,246	B1
		Руководитель	1	0,7	1,5	1,02	1,02	1,507	B2
		Инженер	3	0,8	1,9	1,24	0,41	0,611	B3
4	Рассмотрение результатов преобразования данных.	Исполнитель	1	1,5	3	2,1	2,1	3,103	B1
		Руководитель	1	1	2	1,4	1,4	2,069	B2
		Инженер	3	0,9	2,1	1,38	0,46	0,68	B3
5	Изучение требований к графическому интерфейсу.	Исполнитель	1	0,8	1	0,88	0,88	1,3	B1
		Руководитель	1	0,5	1	0,7	0,7	1,034	B2
		Инженер	3	0,5	1	0,7	0,23	0,345	B3
6	Разбиение процесса преобразования данных на подпроцессы.	Исполнитель, Руководитель ВКР	2	2,5	3,8	3,02	1,51	2,231	B1
		Руководитель	1	2,2	3	2,52	2,52	3,724	B2
		Инженер	3	2,8	3,5	3,08	1,03	1,517	B3
7	Проектирование первого подпроцесса: получение параметров от пользователя.	Исполнитель, Руководитель ВКР	2	3,5	4,9	4,06	2,03	3	B1
		Руководитель	1	2,9	3,5	3,14	3,14	4,64	B2
		Инженер	3	3,1	4,5	3,66	1,22	1,803	B3
8	Реализация первого подпроцесса: получение параметров от пользователя.	Исполнитель	1	10	12,6	11,04	11	16,31	B1
		Руководитель	1	9,7	13	11,02	11	16,29	B2
		Инженер	3	11,5	13	12,1	4,03	5,96	B3
9	Проектирование второго подпроцесса: формирование серии запросов к СУБД.	Исполнитель, Руководитель ВКР	2	2	3,5	2,6	1,3	1,921	B1
		Руководитель	1	2,3	4	2,98	2,98	4,404	B2
		Инженер	3	3	3,8	3,32	1,11	1,635	B3
10	Реализация второго подпроцесса: формирование серии запросов к СУБД.	Исполнитель	1	6	8,6	7,04	7,04	10,4	B1
		Руководитель	1	5,6	8,5	6,76	6,76	9,99	B2
		Инженер	3	5,7	8,9	6,98	2,33	3,438	B3
11	Проектирование третьего подпроцесса: хранение <i>SQL</i> -запросов для выборки данных.	Исполнитель, Руководитель ВКР	2	3	4	3,4	1,7	2,512	B1
		Руководитель	1	3,5	5	4,1	4,1	6,059	B2
		Инженер	3	1,5	2,1	1,74	0,58	0,857	B3

Продолжение таблицы 15

№	Содержание работ	Должность исполнителя	Кол-во челоло-век	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{\text{ож } i}$	$T_{pi}$	$T_{ki}$	№ вар
12	Реализация третьего подпроцесса: хранение <i>SQL</i> -запросов для выборки данных	Исполнитель	1	7	8,5	7,6	7,6	11,23	B1
		Руководитель	1	7	8,3	7,52	7,52	11,11	B2
		Инженер	3	3,9	4,7	4,22	1,41	2,079	B3
13	Проектирование четвертого подпроцесса: сохранение данных в базу данных <i>DailyReport_output</i> .	Исполнитель, Руководитель ВКР	2	10	13	11,2	5,6	8,276	B1
		Руководитель	1	14	15,7	14,68	14,7	21,69	B2
		Инженер	3	6	7,3	6,52	2,17	3,212	B3
14	Реализация четвертого под-процесса: сохранение данных в базу данных <i>DailyReport_output</i>	Исполнитель	1	15	17,5	16	16	23,64	B1
		Руководитель	1	14	16,4	14,96	15	22,11	B2
		Инженер	3	9	10,1	9,44	3,15	4,65	B3
15	Проектирование алгоритмов передачи преобразованных данных серверу <i>Oracle</i> .	Исполнитель, Руководитель ВКР	2	5	6,1	5,44	2,72	4,02	B1
		Руководитель	1	6,5	8	7,1	7,1	10,49	B2
		Инженер	3	4	5,5	4,6	1,53	2,266	B3
16	Реализация и тестирование алгоритмов передачи преобразованных данных серверу <i>Oracle</i> .	Исполнитель	1	10	12,6	11,04	11	16,31	B1
		Руководитель	1	9,8	10,5	10,08	10,1	14,9	B2
		Инженер	3	8	9,3	8,52	2,84	4,197	B3
17	Тестирование результатов исследования	Исполнитель	2	0,5	0,9	0,66	0,33	0,488	B1
		Руководитель	1	0,4	0,7	0,52	0,52	0,768	B2
		Инженер	3	0,5	0,9	0,66	0,22	0,325	B3
Итого календарных дней:	Исполнитель, Руководитель ВКР (Вариант 1)							109,6	
	Руководитель (Вариант 2)							133,5	
	Инженер (Вариант 3)							35,1	

На рисунке 25 изображен календарный план-график для максимального по длительности исполнения работ (вариант 2).



Рисунок 25 - Календарный план-график для максимального по длительности варианта исполнения работ

## 6.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В состав бюджета выполнения работ по научно-технической работе включает вся себя стоимость всех расходов, необходимых для их выполнения. При формировании бюджета используется группировка затрат по следующим статьям:

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы [11].

### 6.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$(\quad) \Sigma$$

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

$N_{расхи}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$Ц_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по до-

ставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д [11].

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 16.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изме- мере- ре- ния	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на матери- алы, ( $Z_M$ ), тыс.руб.		
		Ис- п.1	Исп. 2	Исп. 3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп. 1	Исп.2	Исп. 3
Амортизация оборудования	шт	1	1	0	3300	3300	3300	3300	3300	0
<i>Delphi XE3</i>	шт	1	1	0	1200	1200	1200	1200	1200	0
<i>PL/SQL Developer</i>	шт	1	1	0	3900	3900	3900	3900	3900	0
Итого								8400	8400	0

В ходе разработки использовалось имеющееся оборудование, поэтому в материальные расходы внесены затраты на его амортизацию за 4 месяца.

Также в материальные расходы занесены затраты на приобретение лицензий для используемого программного обеспечения.

Третий вариант предполагает передачу разработки на аутсорсинг, поэтому по нему нет материальных затрат.

#### 6.4.2 Расчет основной заработной платы исполнителей системы

В данную статью расходов включается заработная плата научного руководителя и студентов, а также премии и доплаты. Расчет выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины почасовой оплаты работы исполнителей [11].

Основной расчет фонда заработной платы выполняется по формуле:

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:

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. часов.

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб [11].

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы

№	Содержание работ	Должность исполнителя	Кол-во человек	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс.руб.	№ вар
1	Разработка задания.	Руководитель ВКР	1	0,5			В1
		Руководитель	1	0,7	3500	2450	В2
		Руководитель	1	0,7	3500	2450	В3
2	Изучение архитектуры подключаемых модулей приложения DailyReport.	Исполнитель	1	1,3	1200	1584	В1
		Руководитель	1	1,1	3500	3920	В2
		Инженер	3	1,1		0	В3
3	Изучение источников входных данных.	Исполнитель	1	1,5	1200	1824	В1
		Руководитель	1	1,0	3500	3570	В2
		Инженер	3	1,2		0	В3
4	Рассмотрение результатов преобразования данных.	Исполнитель	1	2,1	1200	2520	В1
		Руководитель	1	1,4	3500	4900	В2
		Инженер	3	1,4		0	В3
5	Изучение требований к графическому интерфейсу.	Исполнитель	1	0,9	1200	1056	В1
		Руководитель	1	0,7	3500	2450	В2
		Инженер	3	0,7		0	В3

Продолжение таблицы 17

№	Содержание работ	Должность исполнителя	Кол-во человек	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс.руб.	№ вар
6	Разбиение процесса преобразования данных на подпроцессы.	Исполнитель, Руководитель ВКР	1	3,0	1200	3624	В1
		Руководитель	1	2,5	3500	8820	В2
		Инженер	3	3,1		0	В3
7	Проектирование первого подпроцесса: получение параметров от пользователя.	Исполнитель, Руководитель ВКР	1	4,1	1200	4872	В1
		Руководитель	1	3,1	3500	10990	В2
		Инженер	3	3,7		0	В3
8	Получение параметров от пользователя.	Исполнитель	1	11,0	1200	13248	В1
		Руководитель	1	11,0	3500	38570	В2
		Инженер	3	12,1		0	В3
9	П: Формирование серии запросов к СУБД.	Исполнитель, Руководитель ВКР	1	2,6	1200	3120	В1
		Руководитель	1	3,0	3500	10430	В2
		Инженер	3	3,3		0	В3
10	Р: Формирование серии запросов к СУБД.	Исполнитель	1	7,0	1200	8448	В1
		Руководитель	1	6,8	3500	23660	В2
		Инженер	3	7,0		0	В3
11	П: Хранение SQL-запросов для выборки данных.	Исполнитель, Руководитель ВКР	1	3,4	1200	4080	В1
		Руководитель	1	4,1	3500	14350	В2
		Инженер	3	1,7		0	В3
12	Р: Хранение SQL-запросов для выборки данных	Исполнитель	1	7,6	1200	9120	В1
		Руководитель	1	7,5	3500	26320	В2
		Инженер	3	4,2		0	В3

Продолжение таблицы 17

№	Содержание работ	Должность исполнителя	Кол-во человек	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс.руб.	№ вар
13	П: сохранение данных в базу данных DailyReport_output.	Исполнитель, Руководитель ВКР	1	11,2	1200	13440	В1
		Руководитель	1	14,7	3500	51380	В2
		Инженер	3	6,5		0	В3
14	Р: сохранение данных в базу данных DailyReport_output.	Исполнитель	1	16,0	1200	19200	В1
		Руководитель	1	15,0	3500	52360	В2
		Инженер	3	9,4		0	В3
15	Проектирование алгоритмов передачи преобразованных данных серверу Oracle.	Исполнитель, Руководитель ВКР	1	5,4	1200	6528	В1
		Руководитель	1	7,1	3500	24850	В2
		Инженер	3	4,6		0	В3
16	Реализация и тестирование алгоритмов	Исполнитель	1	11,0	1200	13248	В1
		Руководитель	1	10,1	3500	35280	В2
		Инженер	3	8,5		0	В3
17	Тестирование результатов исследования	Исполнитель	1	0,7	1200	792	В1
		Руководитель	1	0,5	3500	1820	В2
		Инженер	3	0,7		0	В3
Итого	Вариант 1 (включая ЗП Руководителя ВКР = 20 час * 220 = 4400)					111104	
	Вариант 2					316120	
	Вариант 3					2450	

Для третьего варианта рассчитывается заработная плата только на разработку технического задания, которое в последующем передается на выполнение сторонней организации.

### 6.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работни-ков. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фон-ды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2017 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-

ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30% [11].

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.		
	Вар. 1	Вар.2	Вар. 3
Руководитель ВКР	4400	-	-
Исполнитель	106704	-	-
Руководитель	-	316120	2450
Итого:	111104	316120	2450
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3		
Коэффицие нт:			
Вариант 1:	33331,2		
Вариант 2:	94836		
Вариант 3:	735		

### 6.4.4 Контрагентные расходы

Третий вариант исполнения исследования предусматривает передачу реализации на аутсорсинг.

Третий вариант при исполнении группой разработчиков из трех преду-сматривает 35,1 календарных дня исполнения.

Расходы на оплату услуг составят

#### 6.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Сумма затрат по всем статьям расходов рассчитывается заносится на данном этапе в таблицу 19.

Таблица 19 – Бюджет затрат научно-исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1. Материальные затраты НТИ	8400	8400	0
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	111104	316120	2450
3. Отчисление во внебюджетные фонды	33331,2	94836	735
4. Контрагентные расходы	0	0	401122,8
5. Накладные расходы	24453,63	67096,96	64689,25
Бюджет затрат НТИ	177288,83	486452,96	468997,05

#### 6.5 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.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \Phi_{\text{max}}^{\text{р}i}$$

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

$\Phi_{\text{р}i}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги) [11].

Вариант 1: \_\_\_\_\_

Вариант 2: \_\_\_\_\_

Вариант 3: \_\_\_\_\_

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения

объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_{pi}$$

Где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_{pi}$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 20).

Таблица 20 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1) Встраиваемость реализуемого модуля		0,15	5	5	0
2) Скорость преобразования данных		0,25	5	2	4
3) Насколько язык разрабатываемого модуля соответствует стандартам предприятия ООО «Водоканал»		0,1	5	5	0

Продолжение таблицы 20

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
4) Сопровождение модуля преобразования данных	0,25	5	3	2
5) Цена	0,2	5	1	2
6) Скорость реализации	0,05	2	1	5
ИТОГО	1			

$$I_{p-вар1} = 0,15*5+0,25*5+0,1*5+0,25*5+0,2*5+0,05*2 = 4,85$$

$$I_{p-вар2} = 0,15*5+0,25*2+0,1*5+0,25*3+0,2*1+0,05*1 = 2,75$$

$$I_{p-вар3} = 0,15*0+0,25*4+0,1*0+0,25*2+0,2*2+0,05*5 = 2,15$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Исп *i* определяется на основании интегрального показателя

ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}$$

$$I_{вар1} = 4,85 / 0,36 = 13,47$$

$$I_{вар2} = 2,75 / 1 = 2,75$$

$$I_{вар3} = 2,15 / 0,96 = 2,23$$

Полученное значение интегрального показателя эффективности исполнения разработки превысило максимальный балл оценки. Таким образом, результат работы можно считать положительным, так как оценка интегрального показателя ресурсоэффективности близка к максимальной, при этом стоимость разработки ниже, чем у ряда аналогов, рассмотренных при анализе конкурентных решений.

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\Theta_{cp} = \frac{I_{исп.1\_i}}{I_{исп.2\_min}}$$

Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,36	1	0,96
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	2,75	2,15
3	Интегральный показатель эффективности	13,47	2,75	2,23
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	6	1,2	1

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности [11].

Наиболее эффективным для разработки является первый вариант.

### Заключение

В процессе оценки перспективности и альтернатив проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения коммерческого потенциала была произведена оценка качества и перспективности проекта благодаря инструменту *QuaD* технология. Были проанализированы сильные и слабые стороны решения, его возможности и угрозы, а также корреляция этих показателей в ходе *SWOT*-анализа. Полученные показатели позволили определить направление развития разработки для достижения наибольшей востребованности среди целевой аудитории. Результаты *SWOT*-анализа показали, что необходимо направить развитие приложения в сторону кроссплатформенности и адаптивности под различные мобильные устройства.

Были рассмотрены три различных варианта исполнения задачи выпускной квалификационной работы. После проведения анализа выявлено,

что первый вариант, описывающий реализацию задачи в выпускной квалификационной работе, является наиболее эффективным.

## 7.1 Производственная безопасность

Разработка и использование программного модуля преобразования данных приложения *DailyReport* предполагает наличие компьютера и специально оборудованного рабочего места. В связи с этим, возникает влияние на человека вредных и опасных факторов, приведенных в таблице 22.

Таблица 22 - Опасные и вредные факторы при использовании, проектировании и реализации алгоритма процесса преобразования данных

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Разработка и эксплуатация программного модуля: 1) длительная работа с персональным компьютером; 2) работа в помещениях не (или не достаточно) пропускающих естественный свет.	1) повышенный уровень электромагнитных излучений [12]; 2) повышенный уровень наличия статического электричества [12]; 3) нагрузка, связанная с длительным сидячим положением тела при работе; 4) высокая нагрузка на зрительный аппарат; 5) умственное перенапряжение [12]; 6) отсутствие или недостаток естественного света [12].	1) Электрический ток	Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы устанавливаются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03I [13]. Требования к освещению рабочих мест устанавливаются ГОСТ Р 55710-2013 [14]. Требования к электромагнитным полям в производственных условиях устанавливаются СанПиН 2.2.4.1191-03 [15]. Средства защиты от статического электричества определяются ГОСТ 12.4.124-83 [16].

### 7.1.1 Повышенный уровень электромагнитного излучения

ПЭВМ являются источниками вредных излучений, негативно сказывающихся на здоровье человека. ПЭВМ является источником таких излучений, как:

- ультрафиолетового 200-400 нм;
- видимого 400-700 нм;
- ближнего инфракрасного 700-1050 нм;
- радиочастотного 3 кГц – 30 МГц;
- электростатических полей.

Превышение норм этих излучений приводит к таким негативным последствиям, как головная боль, дерматит кожи, перегрев тканей, повышение температуры тела. Предельно допустимые значения ЭМП характеристик устанавливаются СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» [15]. Предельно-допустимые значения приведены в таблице 23.

Таблица 23 - Предельно допустимые значения характеристик ЭМП

Наименование параметров	Допустимое значение
Напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора	10 В/м
Напряженность электромагнитного поля по магнитной составляющей на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать для взрослых пользователей	20 кВ/м
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической	

составляю- щей должна быть не более: - в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц; - в диапазоне частот 2 – 400 кГц.	25 В/м 2,5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более: - в диапазоне частот 5 Гц – 2кГц; - в диапазоне 2 – 400 кГц.	250 нТл 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

ПЭВМ на которых ведется разработка проектируемого модуля или его эксплуатация должны соответствовать требованиям санитарных правил [13].

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03I временные уровни электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых ПЭВМ, не должны превышать значений, указанных в таблице 24 [13].

Таблица 24 - Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электрический потенциал экрана видеомонитора		500 В

### 7.1.2 Повышенный уровень наличия статического электричества

В кабинетах, оборудованных ПЭВМ токи статического электричества часто возникают при прикосновении к любому из элементов ПЭВМ. Небольшие токи опасности для человека не представляют, только могут вызвать неприятные ощущения. Однако, они могут привести к выходу оборудования из строя, в

худшем случае к возникновению пожара.

Для нейтрализации статического электричества необходимо использовать заземляющие устройства, нейтрализаторы, увлажняющие устройства, антиэлектростатические вещества, экранирующие вещества [17]. Так же поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием [13].

### **7.1.3 Нагрузка, связанная с длительным сидячим положением тела при работе**

При длительном сидячем положении тела, велика нагрузка на позвоночник. В сидячем положении страдают все отделы позвоночника. Суставы, связывающие отдельные позвонки между собой, при отсутствии нагрузки теряют эластичность, высыхают. Результатом это становится возникновение таких болезней, как искривление позвоночника, остеохондроз, радикулит. Всё это сопровождается болевыми симптомами в пояснице и позвоночнике. Из-за малого количества движений может возникнуть венозная недостаточность.

Для снятия нагрузки, связанной с длительным сидячим положением тела при работе, конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейноплечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ [13].

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего

края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию [13].

#### **7.1.4 Высокая нагрузка на зрительный аппарат**

Зрительный анализатор - это совокупность органов и тканей, обеспечивающая восприятие, кодирование и декодирование зрительной информации.

Во время работы, пользователь ПЭВМ долгое время может быть сосредоточен на мониторе, выполняя работу. Чем больше времени затрачено на сосредоточенное наблюдение, тем выше нагрузка на зрительный аппарат. Все структуры зрительного анализатора, участвующие непосредственно в зрении, имеют свои резервные возможности. После длительной зрительной нагрузки необходим определённый период отдыха и восстановления. В зрелом возрасте наступает истощение резервных возможностей глаза, которое проявляется в повышенной зрительной утомляемости; если такое состояние сохраняется в течение длительного времени, то создаются предпосылки развития хронических глазных заболеваний.

Для снятия нагрузки на зрительный аппарат экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов [13]. Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м [13].

#### **7.1.5 Умственное перенапряжение**

Длительная сконцентрированная работа без отдыха может приводить к умственному перенапряжению. Развитие умственного перенапряжения протекает в

три стадии:

- первая стадия - появляются субъективные признаки – нарушается сон (человеку трудно заснуть, он быстро просыпается, а утром сложно проснуться), пропадает аппетит. Уставший не выдерживает физические и психические нагрузки.
- вторая стадия - усталость ярко выражена, приводит к неприятному дискомфорту, снижению качества жизни. Кроме того, что человек быстро устает, его беспокоят неприятные ощущения в сердца, после физических нагрузок дрожат конечности, появляется спазм. Если свое-временно не принять меры, у человека начнут изменяться все органы, при этом нарушается сон, постоянно беспокоят кошмары. Иногда на этой стадии появляются всплески работоспособности – рано утром или поздно вечером. Кроме того, на этой стадии возникают сбои в обмене веществ, человек резко теряет вес, появляются проблемы с давлением, ухудшается внешний вид.
- третья стадия – на этом этапе человек страдает от бессонницы, постоянно устает, нарушается работа внутренних органов, человек полностью выбивается из нормальной жизни.

#### **7.1.6 Отсутствие или недостаток естественного света**

Выполнение зрительной работы при недостаточной освещенности рабочего места может привести к развитию некоторых дефектов глаз: близорукость ложная и истинная; дальнозоркость истинная и старческая. К производственному освещению независимо от источника света предъявляются следующие требования:

- достаточная освещенность, т. е. освещенность объекта должна обеспечить комфортные условия для общей работоспособности;
- равномерность освещения, т. е. освещенность должна быть равномерной во

времени и пространстве;

– отсутствие блескости в поле зрения работающих. Рассмотрим некоторые характеристики освещения.

Освещенность – поверхностная плотность светового потока; единица освещенности – люкс.

Яркость – поверхностная плотность силы света в данном направлении, которая определяется из отношения силы света излучаемой поверхности в этом направлении к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению. Единица яркости – кандела на квадратный метр. Коэффициент отражения  $p$  характеризует способность поверхности отражать падающий на нее световой поток. Если  $p < 0,2$  – фон считается темным; если  $0,2 < p < 0,4$  – средним; при  $p > 0,4$  – светлым.

Контраст объекта с фоном  $K$  определяется из соотношения яркостей рассматриваемого объекта и фона.

Контраст объекта с фоном считается малым, если  $K < 0,2$ , средним – при  $0,2 < K < 0,5$  и большим при  $K > 0,5$ .

Освещение в производственных помещениях в светлое время суток осуществляется естественным источником света – небосводом. Естественное освещение может быть боковым (через окна), верхним (через зенитные фонари) и комбинированным. Применение той или иной системы естественного освещения зависит от назначения и размеров помещения, расположения его в плане здания, а также от светового климата местности. Интенсивность естественного освещения оценивается коэффициентом естественного освещения (КЕО), показывающего, во сколько раз освещенность в помещении меньше освещенности наружной. При недостатке или отсутствии естественного света, его дополняют искусственным

освещением. Для рабочих мест, оборудованных персональными компьютерами или мониторами, допустимые значения габаритной яркости осветительных приборов (ОП), отражающихся в экранах мониторов, в зависимости от яркости экранов/мониторов приведены в таблице 25 [15].

Таблица 25 - Таблица зависимости осветительных приборов в зависимости отяркости экранов/мониторов

Класс представления информации	Габаритная яркость ОП, кд/м <sup>2</sup>	Яркость экранов/мониторов, кд/м <sup>2</sup>
А – темные знаки на светлом фоне	До 1500 включ. “3000”	До 200 включ. Св. 200
В – светлые знаки на темном фоне	“1000” “1500”	До 200 включ. Св. 200

Примечание - Значения габаритной яркости ОП определяют под углом не менее 65° от вертикали для рабочих мест, в которых находятся дисплейные экраны с углом наклона 150°. Для рабочих мест, для которых необходимы более чувствительные экраны или экраны с регулируемым наклоном, значения габаритной яркости ОП определяют под углом не более 55°.

### 7.1.7 Электрический ток

Особую опасность для пользователей и разработчиков системы может представлять электрический ток. Влияние электрического тока может быть незначительным, а может привести к трагическим последствиям.

При обычном пользовании персональным компьютером, электрический ток не оказывает влияние на пользователя. Опасность удара электрическим током может возникнуть только в случае разбора устройств и непосредственного контакта с питанием. Защитить сотрудника от влияния электрического тока можно обеспечив должностной инструкцией, в которой необходимо запретить сотруднику предприятия вмешиваться в работу техники, нарушая её целостность или разбирая детали.

## **7.2 Экологическая безопасность**

Защита окружающей среды является важным вопросом современного общества. Реализуемый программный модуль преобразования данных не оказывает прямого воздействия на окружающую среду. Однако при разработке и эксплуатации программного модуля используются персональные компьютеры (ПК). Персональные компьютеры имеют ограниченный срок эксплуатации, после которого устройство приходит в негодность и дальнейшая его эксплуатация становится невозможной. На этом этапе и возникает вопрос о влиянии на окружающую среду. Оргтехника содержит в себе различные металлы (свинец, ртуть, сурьма, мышьяк, кадмий), которые под воздействием внешних условий, переходят в органические и растворимые соединения, которые представляют сильнейшие яды.

Согласно Федеральному закону от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды», отходы производства и потребления подлежат сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению, условия и способы которых должны быть безопасными для окружающей среды и регулироваться законодательством Российской Федерации [16].

Следовательно, для того, чтобы исключить вредное воздействие на окружающую среду, после прекращения эксплуатации ПК необходимо подвергнуть утилизации в соответствии с методикой проведения работ по комплексной утилизации драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники, утвержденной Государственным комитетом РФ по телекоммуникациям (от 19 октября 1999 г.) [18].

## **7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В процессе реализации или пользования реализуемым программным

решением может возникнуть такая чрезвычайная ситуация, как пожар.

Алгоритм действий при пожаре:

Необходимо немедленно вызвать пожарную охрану по телефону "01", сообщив свой точный адрес, объект пожара и встретить пожарную охрану;

Если горение только началось, необходимо его потушить следующими способами: водой, толстым одеялом, покрывалом, песком, землей;

Ни в коем случае не тушить водой горящие электропроводку и электроприборы, находящиеся под напряжением;

При усилении пожара, срочно покинуть помещение;

Запрещено прятаться в задымленном помещении в укромные места[19].

При возникновении прочих чрезвычайных ситуаций (землетрясение, ураган и т.д.) необходимо совершать действия в соответствии с ГОСТ Р 22.0.01-94 и ГОСТ Р 22.3.03-94 [20, 21].

## **7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **7.4.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности**

В системе обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе их трудовой деятельности основная роль принадлежит нормативным правовым актам по охране труда. Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами. Согласно трудовому кодексу РФ:

- продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю;
- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения [19].

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральной службы по труду и занятости населения;
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей благополучия человека и др.

## **7.4.2 Организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **7.4.2.1 Требования к помещениям для работы с ПЭВМ**

Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при наличии расчетов, обосновывающих соответствие нормам естественного освещения и безопасность их деятельности для здоровья работающих [18].

Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации [18].

Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др [13].

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - 4,5м [13]. Для

внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка - 0,7-0,8; для стен - 0,5-0,6; для пола - 0,3-0,5 [13].

#### **7.4.2.2 Требования к микроклимату, содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ.**

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ [13]. Уровни положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещений, где расположены ПЭВМ, должны соответствовать действующим санитарно-эпидемиологическим нормативам [13].

#### **7.4.2.3 Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ**

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева [13].

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения [13]. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [13].

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м [13].

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1-5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1 [13].

#### **7.4.2.4 Общие требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ**

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м [13]. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5-0,7 [13].

#### **7.4.5 Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ для взрослых пользователей**

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680-800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм [13].

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его

высоте, равной 725 мм [13].

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм [13].

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400-550 мм и уг-лам наклона вперед до 15° и назад до 5°;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах  $\pm 30^\circ$ ;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260-400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50-70 мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах  $230 \pm 30$  мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350-500 мм [13].

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы [13].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был выполнен анализ существующих методов тестирования ИМС АЦП и ЦАП. Проведено изучение измерительного комплекса ДМТ-419, изучен принцип работы и его функциональная схема. На основании этого был разработан программный модуль на языке «VEE», позволяющий управлять процессом оценки функциональных параметров объекта измерений в ходе радиационных испытаний.

Проведена отладка программного модуля в сочетании с измерительным адаптером. Проведено испытание интегральной микросхемы 1273ПВ2АТ, подтверждающий работоспособность разработанной программы тестирования, в том числе и для других типов АЦП

Проведена экономическая оценка качества и перспективности разработки с помощью технологии QuaD. Проведен SWOT-анализ, его результаты учтены при разработке структуры выпускной квалификационной работы.

Поставленная цель была достигнута в полной мере, был разработан универсальный модуль, который позволит ускорить экспресс оценку функциональных параметров микросхем АЦП в ходе испытаний и сократить временные затраты на их проведение.

## Список использованных источников

1. Белов А.В. Разработка устройств на микроконтроллерах AVR. – СПб.: Наука и техника, 2013. – 528с.:ил./
2. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. – Л.: Энергоатомиздат., 1988. – 304 с.
3. Шляндин В. М. Цифровые измерительные устройства — М.: Высш. школа, 1981. – 335с.
4. Орнатский П. П. Автоматические измерения и приборы. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. –560 с.
5. Гёлль. П. Как превратить компьютер в измерительный комплекс: Пер. с фр. – 2-е изд, испр. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 144с.: ил.
6. Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника: учебник / Ю.Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. Я. Гуров. - М. : «Горячая линия - Телеком», 2004.
7. Никамин, В. А. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Справочник - СПб. : КОРОНА принт; М.: «Альтекс-А», 2003. - 224 с.
8. Соболевский А.Г. Измерения при настройке радиоаппаратуры— М.: Энергия, 1980.— 144с.
9. Райс Вольфганг (WolfgangReis, WBCGmbH) Журнал "Компоненты и технологии", № 3'2005
- 10.КестерУ «Аналого-цифровое преобразование»: Техносфера, 2007.-1016 с.  
Москва.
- 11.ГОСТ 30494-2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
- 12.ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
- 13.СанПиН 2.2.1/2.1.1.567-96 «Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий. планировка и застройка населенных мест».
14. ОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
- 15.ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения».

16. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

## Приложение А

Пример протокола испытательной программы:

Тестер № 0           Дата измерения кристалла    24.05.18 15:22:18

Кристалл (микросхема) № 23

```
|IccA |1||           20.46|0.00|23.00|mA|UccA=4.75B|ГОДЕН|
|IccD |2||            4.11|0.00|5.00|mA|UccD=4.75B|ГОДЕН|
|IccDD |3||           1.40|0.00|4.00|mA|UccDD4.75B|ГОДЕН|
|IccA |4||           20.67|0.00|23.00|mA|UccA=5B|ГОДЕН|
|IccD |5||            4.30|0.00|5.00|mA|UccD=5B|ГОДЕН|
|IccDD |6||           1.49|0.00|4.00|mA|UccDD5B|ГОДЕН|
|IccA |7||           20.90|0.00|23.00|mA|UccA=5.25B|ГОДЕН|
|IccD |8||            4.51|0.00|5.00|mA|UccD=5.25B|ГОДЕН|
|IccDD |9||           1.49|0.00|4.00|mA|UccDD5.25B|ГОДЕН|
|Uref |10||           1.002|0.986|1.014|B|Uref=1B, Ucc=4.75B|ГОДЕН|
|Uref |11||           1.002|0.986|1.014|B|Uref=1B, Ucc=5B|ГОДЕН|
|Uref |12||           1.002|0.986|1.014|B|Uref=1B, Ucc=5.25B|ГОДЕН|
|Uref |13||           2.503|2.465|2.535|B|Uref=2.5B, Ucc=4.75B|ГОДЕН|
|Uref |14||           2.503|2.465|2.535|B|Uref=2.5B, Ucc=5B|ГОДЕН|
|Uref |15||           2.504|2.465|2.535|B|Uref=2.5B, Ucc=5.25B|ГОДЕН|
|SFDR |16||           10.5|-100.0|100.0|_|Ucc=5B|ГОДЕН|
|SINAD |16||           -0.0|-100.0|100.0|_|Ucc=5B|ГОДЕН|
|THD |16||           -10.0|-100.0|100.0|_|Ucc=5B|ГОДЕН|
|EL01 |16||           -0.02|-3.70|3.70|LSB|Ucc=5B|ГОДЕН|
|ELD |17||            0.12|-1.00|1.00|LSB|Ucc=5B|ГОДЕН|
|UI0 |18||            0.15|0.00|0.30|%FS|Ucc=5B|ГОДЕН|
|GE |19||            0.25|0.00|0.75|%FS|Ucc=5B|ГОДЕН|
```

Измерение успешно завершено

## Приложение Б