

ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ УСПЕШНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СЛОЖНЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

В.М. Гукасов, гл. науч. сотр. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, д-р биол. наук, gvad@extech.ru

Д.В. Леонов, асп. каф. НИУ «МЭИ», strat89@mail.ru

В.А. Фин, ст. науч. сотр. НИИ точных приборов холдинга «Ракетно-космические и информационные системы» Федерального Космического Агентства, канд. техн. наук, VAF1934@rambler.ru

На примере разработки современных ультразвуковых медицинских диагностических устройств (УЗМДУ) экспертного класса перечисляются основные предпосылки успешного выполнения современных сложных инвестиционных проектов.

Отмечается, что наряду с традиционными предпосылками (компетентность, научно-технический задел, инвестиции, кадры, инфраструктура и пр.) не меньшее значение имеют морально-нравственные и организационно-технологические предпосылки.

Обсуждаются также вопросы импортозамещения элементной базы, необходимой для разработки современных конкурентоспособных УЗМДУ.

Ключевые слова: мораль, честность, технологическая схема (дорожная карта) разработки, импортозамещение, квалиметрия, ультразвуковые медицинские диагностические устройства.

THE MAIN PREREQUISITES FOR THE SUCCESSFUL IMPLEMENTATION OF TODAY'S COMPLEX INVESTMENT PROJECTS

V.M. Gukasov, Chief Scientific Researcher, SRI FRCEC, Ph.D. of Biology, gvad@extech.ru

D.V. Leonov, Post Graduate Student, «Bases of radio engineering», National Research University «MEI», strat89@mail.ru

V.A. Fin, Senior Researcher, Institute of Precision Instruments of the holding company «Rocket and Space and Information Systems», Federal Space Agency, Doctor of Engineering, VAF1934@rambler.ru

On the example of the development of modern ultrasonic medical diagnostic devices (USMD) of expert class, the main prerequisites are listed for successful implementation of today's complex investment projects. It is noted that along with the traditional prerequisites (competence, scientific and technological potential, investments, human resources, infrastructure, etc.) equally important are the moral and organizational-technological prerequisites. There are also discussions of import element base needed to develop a modern competitive USMD.

Keywords: morality, honesty, technological scheme (roadmap) development, import substitution, qualimetry, ultrasonic medical diagnostic devices.

Введение

Возрастание сложности инвестиционных проектов требует новых подходов проведения их экспертизы.

Многие современные инвестиционные проекты характеризуются огромными стоимостью, наукоемкостью и трудоемкостью. Причем, сложность и стоимость новых проектов из года в год возрастают. Примерами таких современных сложных инвестиционных проектов может быть разработка различных систем вооружения (например, систем ПРО, атомных

подводных лодок, истребителей и самолетов других типов нового поколения, радиолокационных станций с синтезированием апертуры антенны (РСА) [1] и т. п.). Быстро усложняются и гражданские объекты. Примерами здесь могут быть космические корабли, атомные ледоколы, спутники, очень протяженные газопроводы, морские платформы для глубоководного бурения, сложные вычислительные комплексы, включая их операционные системы, Керченский мост, современные высокотехнологические медицинские диагностические и терапевтические комплексы, в частности, ультразвуковые медицинские диагностические устройства (УЗМДУ), изоморфные РСА космического базирования, и т. п. Для всех таких проектов необходима рациональная организация работ, которая обеспечивала бы существенную экономию финансовых и трудовых ресурсов при одновременном повышении качества и сокращении сроков выполнения проекта и сведения практически к нулю его коммерческого риска. Требуется и соответствующее улучшение экспертизы таких проектов, добавления новых подходов и методов, компьютеризация. Стоимости сложных и крупных современных проектов составляют сотни млрд руб. Поэтому эффект от выбора лучших вариантов проектов и рационализации разработки может быть очень большим.

В настоящее время каждая подобная разработка – фактически искусство, а не наука; руководитель разработки – это как бы дирижер, управляющий работой большого коллектива. Большинство разработок – уникальные; во всех классах проектов и в самих проектах имеется своя специфика: в строительных – своя, в программотехнических – своя, и т. п. Но есть некоторые общие правила, условия и предпосылки успешного выполнения любого современного сложного инвестиционного проекта, а также общие методы формализации и оптимизации процедуры их выполнения. Математической основой формализации и рационализации разработок являются методы многокритериальной оптимизации и квалиметрии [2–9 и др.]. Оптимизация выполнения сложных инвестиционных проектов – очень сложная задача, имеющая много аспектов. Этой задачей плодотворно занимались такие известные ученые, как Р. Белман, С. Бир, Ф.П. Брукс, Л.А. Заде, Р.А. Кини, О.И. Ларичев, И.П. Норенков, Х. Райфа, и многие другие. Очень ценны также практические наблюдения и рекомендации практиков в этой области.

Вопросы добротной экспертизы проектов и организации разработок всегда были актуальны, так как у государства никогда не было лишних денег. Сейчас дополнительную актуальность этим вопросам придает усложнение проектов, насыщение их передовой электроникой и очень сложным и дорогим программным обеспечением, которые сейчас лучше развиты за рубежом. Дополнительную актуальность придает ухудшение международной обстановки и введение санкций против РФ. Президент РФ В.В. Путин на заседании Госсовета 19 сентября 2014 г. потребовал сделать рывок в развитии реального сектора экономики, разработать и за 1,5–2 года реализовать программу импортозамещения. На том же заседании Госсовета были рекомендованы многие важные и очень полезные макроэкономические методы, такие как конкурентоспособные условия финансирования бизнеса, стимулирование работодателей к организации профессионального образования с приобретением навыков практической работы на предприятиях, щедрое финансирование инвестиционных проектов, дополнительная поддержка инвесторов и производителей экспортопригодной продукции и пр. Все это эффективные методы инвестиционного развития. Но эти методы должны быть, по нашему мнению, дополнены улучшением организации труда и повышением эффективности научно-исследовательской и проектной работы. Достаточный объем финансирования является необходимым, но не достаточным условием успешного выполнения сложного наукоемкого проекта. Деньги сами по себе автоматически не решают всех проблем. Должен быть комплексный подход. Да, и как говорится, «надо брать не числом, а умением». Задача – сложная. Надо также иметь в виду, что конкуренты не будут стоять на месте, а будут развиваться.

В советское время вопросам научной организации труда (НОТ) уделялось большое внимание: на предприятиях были отделы НОТ, на стенах учреждений часто можно было увидеть плакаты с высказываниями В.И. Ленина по вопросам НОТ. В постсоветское время интерес к этим вопросам угас, молча стали предполагать, что рыночная экономика сама все поправит. Но это не так. В крупных зарубежных фирмах и корпорациях очень большое внимание уделяется вопросам организации труда. В частности, на этапе эскизного проектирования наряду с эскизным проектом, посвященном тому, *что* будет разрабатываться, выпускается еще эскизный проект по вопросам, *как* это будет разрабатываться. Да по-иному и нельзя. Ведь в больших проектах могут участвовать десятки тысяч специалистов сотен специализаций и надо организовать их слаженную работу. Должна быть разработана необходимая нормативная база и регламентирован документопоток между группами специалистов, а, именно, определено и зафиксировано в письменном виде *кто, кому, какие документы, в какие сроки и в каком виде* передает.

Основные предпосылки успешного выполнения крупных и сложных наукоемких инвестиционных проектов

Основные предпосылки успешного выполнения крупных и сложных инвестиционных проектов показаны на рис. 1.



Рис. 1. Предпосылки для успешного выполнения сложного инвестиционного проекта

Формально составление, обсуждение и согласование технического задания (ТЗ) должно предшествовать собственно проектированию. Однако на практике составление и согласование ТЗ часто входят в процедуру проектирования. Это объясняется как субъективными причинами (например, недостаточной квалификацией и недоработкой Заказчика, трудностями составления им формального задания), так и объективными факторами (например, сложностью и многопрофильностью проекта). Но в любом случае проектирование обязательно должно выполняться в соответствии с ТЗ.

К традиционным предпосылкам относятся:

- компетенция коллектива в предметной области; наличие научно-технического задела;
- наличие кадров разработчиков (например, для разработки радиоэлектронных комплексов или радиоэлектронных подсистем это должны быть коллективы, в которые входят специалисты в предметной области, системотехники, алгоритмисты, программисты, схемотехники различных специализаций (антенн, аналоговой электроники, цифровых устройств, вычислительной подсистемы, интерфейсов, вторичных источников питания и пр.));
- достаточные и своевременные инвестиции,
- наличие необходимой инфраструктуры. К последней, в частности, относятся: наличие помещений для выполнения проектных работ, парк персональных компьютеров, различные системы автоматизации проектирования (САПРы) и другое программное обеспечение;
- информационное обеспечение (отдел технической информации, научно-техническая библиотека, патентный отдел);
- договорный отдел;
- юридический отдел;
- опытное производство;
- социальная инфраструктура и пр.

Все эти предпосылки, каждая сама по себе и их комплекс, очень важны; подробнее они рассмотрены в работе [6].

Морально-нравственная обстановка в коллективе, честность и порядочность в межличностных отношениях – основной фактор успешного выполнения сложных инвестиционных проектов. Это азбучная истина. Тем не менее, об этом приходится время от времени напоминать.

Здесь уместно вспомнить ответ акад. Я.Б. Зельдовича, который был непосредственным начальником акад. А.Д. Сахарова на объекте в г. Сарове. Когда у Я.Б. Зельдовича спросили, почему водородная бомба была разработана именно в группе А.Д. Сахарова, ведь были и другие очень сильные научные группы (акад. Л.Д. Ландау, акад. Н.Н. Боголюбова и др.), он ответил: «В группе А.Д. Сахарова был выше нравственный уровень!».

Руководители разработки на всех уровнях административной иерархии – от Генерального директора предприятия и до начальников лабораторий и начальников научно-исследовательских групп, включая начальников отделений и отделов, должны быть очень честными, правдивыми и порядочными людьми, государственниками, для которых интересы государства должны быть выше личных интересов. Они должны быть компетентными, должны быть энтузиастами в своей области деятельности и должны рассматривать свою работу не только как средство своего материального обеспечения и получения личного дохода, а как юридическую и моральную обязанность развивать вверенную им область народного хозяйства или обороны страны.

Деятельность руководителей должна быть нацелена на сокращение расходов на разработку при одновременном повышении ее качества и на уменьшение интенсификации труда сотрудников.

Руководители должны обеспечить разумную периодичность и открытость обсуждения выбора научных направлений и отдельных научно-технических решений, гласность, состязательность.

Как известно, в любом деле будущее за молодежью. В особенности это относится к современным научным и высокотехнологичным областям. Знания и квалификация быстро устаревают. Руководители должны активно и смело выдвигать молодых сотрудников, помогать им, гордиться ими, реализовывать ротацию кадров.

Нужно поощрять и поддерживать обмен опытом и знаниями, стремление к учебе и повышению квалификации.

В советское время вопросам повышения квалификации уделялось очень большое внимание; на предприятиях существовали отделы технического обучения, были созданы различные курсы повышения квалификации при ведущих организациях и вузах. При МГУ им. М.В. Ломоносова на нескольких факультетах существовали так называемые инженерные потоки, куда принимали инженеров на трехгодичное обучение по университетским программам.

В то время переводилось на русский язык много основных научно-технических журналов (Electronics, серия Proceeding of IEEE и пр.) и специальной технической литературы. На предприятиях регулярно проводились дни информации, выписывалось много иностранных журналов. Организовывались научно-технические конференции, семинары. Все это, как и публикация статей и тезисов докладов, были бесплатными.

На крупных предприятиях были парторги ЦК КПСС, независимые от администрации, к которым можно было обратиться.

Лучшие и полезные традиции советского периода целесообразно сохранять и развивать.

Учет предпосылок успешного выполнения крупных инвестиционных проектов для оптимизация технологической схемы разработки УЗМДУ

Основные этапы технологической схемы разработки. Укрупненная технологическая схема разработки УЗМДУ включает, в частности, этапы:

– медицинской постановки задачи. Именно от врачей должна исходить постановка задачи: какие устройства, для каких целей и с какими медико-техническими, эксплуатационными и стоимостными параметрами они им нужны, будут ли они востребованы отечественной медициной, конкурентоспособны ли они, будет ли у них экспортный потенциал;

– маркетинговые исследования, т.е. анализ того, какие аналогичные устройства имеются на рынке, изучение и сравнительное рассмотрение их медико-технических, эксплуатационных и стоимостных параметров;

– системотехническое проектирование УЗМДУ в целом. Оно базируется на теоретических положениях радиолокации. Здесь выполняются инженерные расчеты и определяются основные технические параметры УЗМДУ: несущая частота заполнения зондирующих импульсов, их форма, амплитуда, длительность и период повторения, коэффициент усиления и чувствительность приемного устройства, тактовая частота работы и разрядность АЦП и пр. Эти технические параметры определяются, исходя из требуемых медико-технических параметров УЗМДУ (разрешающей способности, максимальной глубины зондирования, отношения сигнал/шум выходного УЗ изображения, частоты кадров УЗ изображений, параметров каналов доплеровских измерений, и пр.). Для расчетов используются уравнения радиолокации, в первую очередь, уравнение дальности [1, 10–11];

– выбор элементной базы; разработка и автономная проверка аппаратных средств;

– разработка и автономная проверка программных модулей математического обеспечения, включающая необходимые предварительные исследования, разработку и проверку алгоритмов, разработку программных средств, реализуемых на вычислительных средствах УЗМДУ (программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС), цифровом сигнальном процессоре (ЦСП) и персональном компьютере). Этот этап выполняется одновременно и, даже, перед разработкой аппаратных средств;

– проверка УЗМДУ в целом;

– технические приемочные испытания,

– клинические испытания,

– опытная эксплуатация и доводка,

– квалиметрия (количественная интегральная оценка качества разработанного УЗМДУ [4–7]), сравнение с аналогами;

– создание товаропроводящей сети. Коммерческая реализация разработанных устройств;

– организация сервисной службы; сопровождение.

Вопросы оптимизации технологической схемы разработки. Оптимизация технологической схемы разработки УЗМДУ состоит в:

- распараллеливанию работ по разработке аппаратных и программных средств;
- структуризации ПО;
- структуризации коллектива разработчиков;
- разработке базовых программных модулей;
- организации параллельных вычислительных процессов;
- тестировании и верификации программного обеспечения;
- выборе форматов представления данных;
- анализе вычислительных ошибок;
- определении документопотока;
- разработке нормативной документации;
- разработке способов уменьшения коммерческого риска;
- исключении напрасных трудозатрат;
- максимально возможном объединении разработки УЗМДУ, УЗ дефектоскопов и РСА.

Квалиметрия и использование метода квалиметрии для избежания коммерческих рисков проектирования при импортозамещении на примере использования микросхем

Квалиметрия. В очень многих областях народного хозяйства, решении оборонных задач, практической производственной и повседневной бытовой деятельности человека приходится делать выбор из набора альтернатив, т.е. выполнять сравнительное рассмотрение различных сложных объектов, часто описываемых большим количеством параметров (критериев), часть из которых может и не иметь количественного измерения. Примером таких ситуаций может быть сравнение конкурсных заявок сложных инвестиционных проектов. Другие примеры: планирование разработки новых видов вооружения, сравнение между собой различных организаций или подразделений одной и той же организации, рейтинги различных учебных заведений, выбор оптимального варианта из набора экономических проектов, выбор оптимального варианта среди набора возможных инженерных решений, выбор стратегии оптимального поведения на работе или дома, и т.п. Таким образом, это типовая и весьма массовая задача. Параметры могут иметь различную размерность. Примерами параметров, вообще не имеющих количественного измерения, т.е. не метрических параметров, может быть наличие или отсутствие какого-нибудь признака или свойства, например, наличие или отсутствие какого-то режима работы для технических устройств. Требуется метод многокритериального сравнения и квалиметрии (оценки качества)¹ [4].

В первую очередь, метод должен существенно повышать объективность оценки. Нужно, чтобы метод ставил всех претендентов в одинаковые условия, в максимальной степени исключал бы или существенно уменьшал возможность коррупции, лоббирования выбора окончательного варианта. Чтобы существенно уменьшить возможность лоббирования, эксперты должны быть отодвинуты от обсуждения вариантов проектов в целом, что присуще методу экспертных оценок, а должны принимать активное участие только в выработке критериев и их парциальных коэффициентов значимости, одинаковых для всех участников конкурса. Причем, для практического использования желательно, чтобы этот метод был простым, наглядным, экономичным (в смысле объема необходимых вычислений), достаточно точным, чувствительным к изменению значений критериев, позволял бы ранжировать варианты в единой шкале, например, единичной или 100-бальной. Процедура экспертизы должна хорошо документироваться, чтобы была сохранена возможность возможных обоснований, объяснений, разбирательств после конкурса. Рутинная работа по вычислению итогов

¹ Когда говорят об одном объекте, используют термин «квалиметрия»; когда речь идет о множестве объектов – используются термины «многокритериальное сравнение», «многокритериальная оптимизация». При квалиметрии производится сравнение с гипотетическим вариантом, значения параметров которого наилучшие.

вого значения квалиметрии или выбора лучшего варианта должна быть возложена на компьютер. С использованием компьютера заметно изменяется сам стиль работы эксперта; его работа должна становиться более творческой. У экспертов появятся возможности увеличивать количество критериев, более точно выполнять сравнения, освободиться от рутинной работы по оформлению экспертизы.

На практике количество критериев может быть очень большим. Например, количество только основных параметров, описывающих современные ультразвуковые медицинские диагностические устройства (УЗМДУ) экспертного класса, превышает 110. Причем, обычно имеется много вариантов таких устройств. С каждым годом проекты усложняются, становятся дороже. В этой ситуации достоверно выбрать «на глазок» оптимальный вариант трудно. Обычно сроки на выполнение экспертиз очень сжатые. Все эти обстоятельства говорят о том, что необходима компьютерная программа поддержки решений экспертов.

Основы метода квалиметрии

Входная и выходная информация метода квалиметрии приводится на рис. 2. Итоговое значение квалиметрии вычисляется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^I k_{n,i} \cdot \left(\sum_j^{M_i} n_{i,j} \right), \quad (1)$$

где

I – количество групп близких по смыслу параметров;

M_i – количество параметров в i -ой группе;

$k_{n,i}$ – коэффициент парциальной значимости i -ой группы параметров;

$n_{i,j}$ – конкретное значение j -параметра i -ой группы.

Слагаемые, относящиеся к параметрам, увеличение которых ухудшает проект, не прибавляются, а вычитаются.

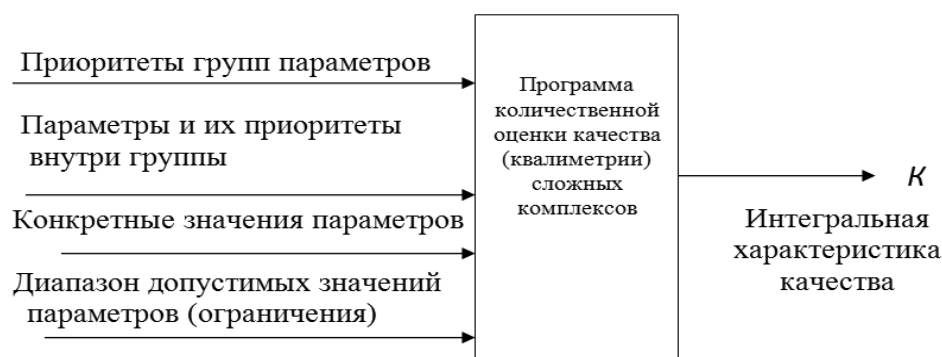


Рис. 2. Входная и выходная информация программы квалиметрии

Общая процедура квалиметрии включает следующие этапы: разбиение множества параметров на группы близких по смыслу параметров, ранжирование внутри группы, нормировка, вычисление величины K .

Подробнее вопросы квалиметрии рассмотрены в работах [2–7].

В связи с введением США и их союзниками санкций против РФ вопросы срочного добротного импортозамещения комплектующих (дискретных компонентов и микроэлектронной элементной базы) при выполнении современных инвестиционных проектов выходят на

передний план. Это обусловлено тем, что без современных зарубежных комплектующих создать конкурентоспособную продукцию невозможно. Отечественной же замены им, пока, просто нет.

Проблема импортозамещения комплектующих – очень серьезная, комплексная, наукоемкая и трудоемкая, она имеет много аспектов. Вопросы необходимости разработки отечественной элементной базы микроэлектроники стали подниматься очень давно, еще в Советском Союзе в 60-ые годы прошлого века. Но решить эту проблему не удавалось. Принималось несколько Постановлений Правительства СССР и затем Правительства РФ по этому вопросу. Одно из последних Постановление Правительства РФ № 809 от 26.11.2007 г. «О Федеральной целевой программе “Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 гг.”». Это Постановление также не удалось выполнить в требуемом объеме. Наша страна постоянно отстает от передовых западных стран в вопросах современной микроэлектронной компонентной базы.

Элементная база имеет много разновидностей. Это аналоговые, цифровые, гибридные микросхемы, микросхемы СВЧ, ПЛИС, цифровые сигнальные процессоры, сверхбольшие интегральные схемы (СБИС). В РФ наибольшее внимание уделялось элементной базе цифровых и вычислительных систем компьютеров и элементной базе для построения цифровых антенных решеток для систем активных антенных фазированных решеток (АФАР) радиолокационных комплексов. Выполнять импортозамещение всей номенклатуры элементной -комплектующей базы (ЭКБ), имеющейся на Западе, нецелесообразно, да и очень накладно. Целесообразно составить «дорожную карту» импортозамещения, определить перспективные направления и сконцентрировать на них ресурсы. Вопрос о создании специализированной элементной базы для построения современных отечественных УЗМДУ, а также УЗ дефектоскопов, суммарно имеющих потенциально большой объем рынка, насколько нам известно, даже не поднимался. Здесь мы остановимся именно на этом вопросе.

За рубежом имеется несколько крупных фирм – транснациональных корпораций, занимающихся разработкой и производством специализированных комплектующих для УЗМДУ. Здесь, в первую очередь, надо назвать фирмы США: Analog Device (AD), Texas Instruments (TI), Supertex. Номенклатура компонентов этих фирм огромна. Это диоды, транзисторы, усилители, в частности, малошумящие усилители (МШУ) и операционные усилители, компараторы, счетчики, регистры, фильтры, и пр., различных модификаций (одиночные и сборки, для различного частотного диапазона, различной мощности и т.д.).

В УЗМДУ используется два класса элементных баз: элементная база для построения программируемых аналоговых приемо-передающих модулей (ППМ) и элементная база для построения вычислительной подсистемы. Еще пять – семь лет назад элементная база для построения ППМ УЗМДУ состояла всего из двух МШУ и двух программируемых усилителей каждый в отдельной микросхеме (двухканальный вариант). В настоящее время степень интеграции существенно увеличилась, и появились микросхемы целых приемных и передающих устройств, причем даже не одиночных, а 8-канальных. Появились также микросхемы 8-канальных формирователей УЗ луча и переключателя «прием–передача» [13–16]. Современная тенденция состоит в увеличении степени интеграции, в первую очередь, расширении номенклатуры и сложности входящих функциональных узлов и количества каналов в одной микросхеме; в ближайшие годы, по-видимому, следует ожидать появление 16-канальных микросхем.

Импортозамещение микросхем ППМ УЗМДУ

Для эффективного выполнения указа Президента Российской Федерации от 6 августа 2014 г. № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации» необходимо разработать механизмы перехода от некоторых импортных продуктов на отечественные при выполнении инвестиционных проектов.

Рассмотрим проблему импортозамещения на примере микросхем.

Основными параметрами приемного канала являются [13]:

- коэффициент усиления, дБ – 58;
- минимальный результирующий уровень шума, приведенный ко входу приемного устройства, нВ/(Гц)^{1/2} – 0,9;
- разрядность АЦП – 12;
- частота оцифровки, МГц – 50.

Функциональная схема микросхемы одного приемного канала, дающая наглядное представление об ее сложности, приведена на рис. 3 [13].

На рис. 3 в составе приемного устройства выделены следующие функциональные узлы:

- LNA (Low Noise Amplifier) – МШУ,
 - DVGA (Digital Variable Gain Amplifier) – усилитель с программируемым коэффициентом усиления,
 - ADC (Analog Digital Converter) – АЦП типа Continuous-Time-Sigma-Delta (СТΣΔ);
 - CW Doppler – канал непрерывно-волнового доплера;
 - SPI (Serial Peripheral Interface Protocol) - протокол последовательного периферийного интерфейса;
 - LVDS (Low-Voltage Differential Signaling) – низковольтный дифференциальный интерфейс;
 - PLL (Phase Locked Loop) – система фазовой автоподстройки.
- Имеется также другое оборудование.

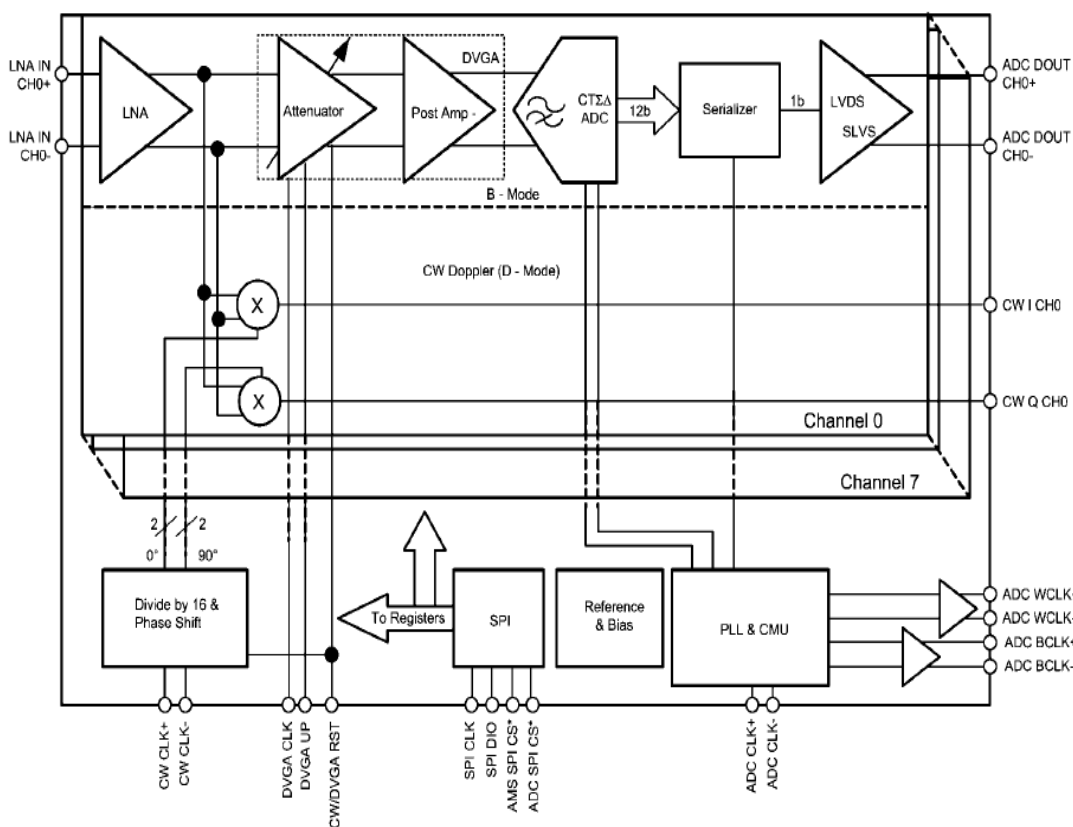


Рис. 3. Функциональная схема одного канала приемного устройства микросхемы LM96511 [13]

Таким образом, микросхема LM96511 – сложное устройство, включающее несколько сложных функциональных узлов.

Основные параметры выходного импульсного усилителя [14]:

- возможность формирования биполярных импульсов,
- амплитуда выходных импульсов, в – 50;
- максимальная величина выходного тока, А – 2.

Основные параметры ключей «прием – передача» [15]:

- коммутация посредством диодного моста,
- проходное сопротивление открытых ключей, Ом – не более 18;
- ослабление в закрытом ключе, дБ – 58.

Основные параметры формирователя луча передающего канала [16]:

- индивидуально настраиваемая задержка в каждом канале,
- шаг задержки, нс – 0,78;
- длина импульсной последовательности – 64,
- возможность регулировки длительности импульса.

На рис. 4 показана функциональная схема 8-канального ППМ УЗМДУ. 128-канальный ППМ УЗМДУ может быть реализован посредством 16-ти 8-канальных микросхем ППМ.

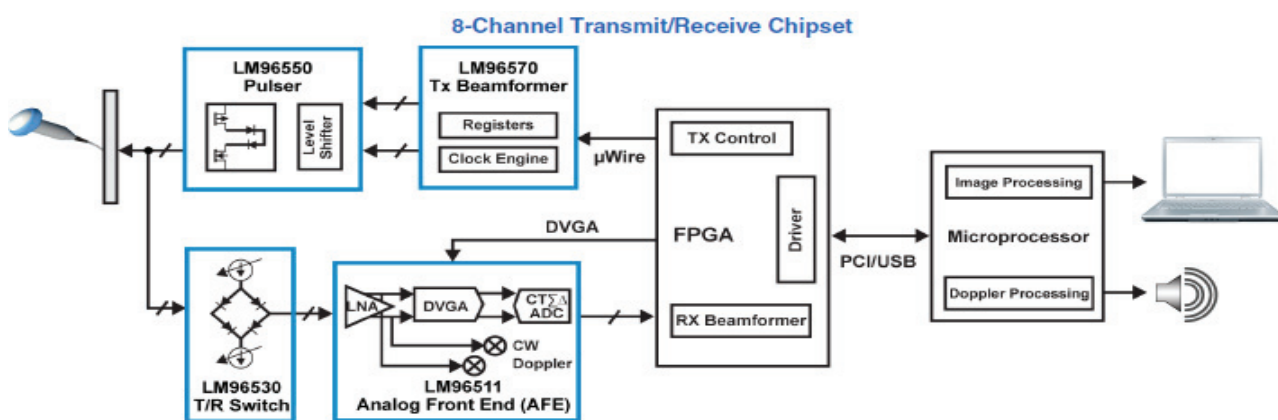


Рис. 4. Функциональная схема 8-канального ППМ

Анализ [14–17] показывает, что набор микросхем характеризуется:

- комплектностью, т.е. возможностью реализовать ППМ УЗМДУ без использования дополнительных комплектующих;
- высокими функциональными характеристиками (коэффициентом усиления, малым уровнем шума и пр.);
- цифровым управлением,
- программируемостью основных параметров,
- использованием потребительных интерфейсов,
- широким температурным диапазоном работоспособности (0 °С – 70 °С);
- малым технологическим разбросом параметров каналов,
- хорошей отработкой и тщательной экспериментальной проверкой,
- хорошей документируемостью,
- низкой стоимостью (менее 150 долл. за восемь каналов, т.е. менее 2000 долл. для 128-канального ППМ).

При рассмотрении проблемы импортозамещения необходимо учитывать, что разработать только упомянутые микросхемы для ППМ УЗМДУ недостаточно; требуется дополнительно создать всю необходимую инфраструктуру. А это:

- схемотехнические САПРы;
- схемы измерения параметров микросхем. Здесь требуется, помимо традиционных, выполнять и много прецизионных измерений (фазовых и шумовых характеристик, «дрожания» и пр.);
- отладочное оборудование;
- технологическое оборудование для изготовления микросхем;
- оборудование для установки (пайки и выпайки) микросхем на печатных платах;
- подготовка очень квалифицированных кадров инженеров – схемотехников, и пр.

Более того, необходимо иметь ввиду, что на смену полупроводниковым (по технологии изготовления) микросхемам начинают приходиться твердотельные сверхбольшие интегральные схемы (СБИС); на их базе создаются, в частности, современные миниатюрные УЗМДУ [17].

Решение проблемы импортозамещения комплектующих для ППМ УЗМДУ нам видится в кооперации ведущих научно-исследовательских и промышленных предприятий бывшего Министерства электронной промышленности (МЭП) с соответствующими кафедрами радиотехнических факультетов ведущих ВУЗов (научно-исследовательских технических университетов) (кафедр основ радиотехники, приемно-передающих модулей, микроэлектроники, полупроводниковой технологии, конструирования РЭА и разработки САПРов и пр.). Головной организацией должна быть, по нашему мнению, мощная организация бывшего МЭПа, имеющая научно-технический задел, кадры специалистов и необходимое технологическое оборудование для изготовления микросхем. Полезна была бы кооперация с фирмами КНР.

Для уменьшения расходов и коммерческого риска проекта, в первую очередь, необходимо разработать технологическую схему («дорожную карту») импортозамещения. Для сравнения наборов микросхем, как и во многих других случаях, целесообразно применять методы квалиметрии.

Рассмотрим пример сравнения микросхем приемного канала. В этом примере при выборе из имеющейся сейчас на рынке элементной базы для приемного канала ППМ УЗМДУ основными параметрами для сравнения нами были взяты: общий коэффициент усиления приемного канала и его динамический диапазон, количество каналов в одном корпусе, уровни шумов входных малошумящих усилителей (МШУ), потребляемые мощности, габариты, стоимость и т.д. Для сравнения были рассмотрены элементные базы ведущих мировых фирм – производителей электронных компонентов таких, как Analog Devices (AD), Supertex, Texas Instruments (TI), National Semiconductors (NS) (теперь в составе TI), Hitachi и т.д.

Известным способом сравнивать предлагаемые элементы по их отдельным основным характеристикам сейчас часто является метод попарного сравнения по показателям качества. В данном методе очень часто применяется графическое отображение получаемых результатов [18], рис. 5.

Показателями качества при попарном сравнении можно выбрать, например:

1. Максимальное общее усиление, дБ.
2. Минимальный результирующий уровень шума, приведенный к входу, $nВ/(Гц)^{1/2}$.
3. Минимальное энергопотребление.

Для сравнения по представленным выше показателям качества выбрано три микросхемы, каждая из которых представляет собой приемное устройство для УЗ сканера (Analog Front End (AFE)):

- 1) LM96511 – фирмы National Semiconductors [13];
- 2) AD9272 – фирмы Analog Devices [19];
- 3) AFE5805 – фирмы Texas Instruments [20].

Все три микросхемы представляют собой полноценные 8-канальные приемные устройства, на базе которых возможна реализация многоканального блока ППМ УЗМДУ.

Сравниваемые характеристики элементов сведены в табл. 1. Сравнение характеристик проводится по максимизации общего усиления, минимизации уровня шумов, минимизации энергопотребления.

Таблица 1

Характеристики микросхем АФЕ

	LM96511	AD9272	AFE5805
Макс. усиление, дБ	58	51,3	50
Результирующий уровень шумового напряжения, нВ/Гц ^{1/2}	0,9	0,75	0,85
Энергопотребление на канал, мВт	208	195	122
Возможность реализации ППМ полностью на элементной базе одной фирмы	да	нет	нет

Из рис. 5 видно, что микросхема LM96511 имеет преимущество по сравнению с другими микросхемами по максимальному усилению, однако проигрывает по остальным показателям качества, так как имеет самый высокий уровень шумового напряжения на входе и самое большое энергопотребление в пересчете на один канал. Остальные микросхемы сильно уступают по усилению, однако выигрывают по остальным параметрам. Очевидно, что при выборе наилучшего варианта в данном случае нужно исходить из желаемого результата и характеристик конечного устройства. Если речь идет о портативном УЗ сканере, то наилучшим вариантом является микросхема AFE5805, вследствие малого энергопотребления и сравнительно малого уровня внутренних шумов.

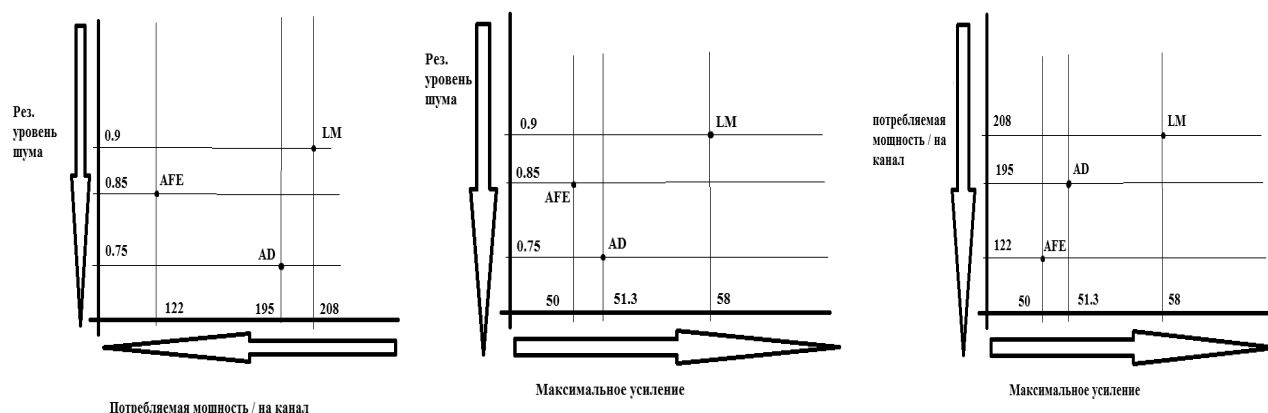


Рис. 5. Сравнение микросхем по двум показателям качества

Пример использования метода квалиметрии при сравнении микросхем приемного тракта ППМ УЗМДУ

Как упоминалось в разд. 4, метод многокритериального (интегрального) сравнения (квалиметрии) элементов (микросхем) по основным параметрам заключается в том, что каждому параметру присваивается тот или иной весовой коэффициент, отражающий степень важности данного параметра для конечной цели, исходя из требований к габаритам, интегрируемости (возможности твердотельного исполнения) схемы, уровню шумов и пр. Параметрам, требующим максимизации, присваиваются коэффициенты с положительным знаком, а па-

параметрам, требующим минимизации, присваиваются коэффициенты с отрицательным знаком. Затем значения параметров умножаются на выбранные коэффициенты и суммируются. Выбор элемента осуществляется по максимальному результату. Таким образом, при заданных весовых коэффициентах $k_1, k_2, k_3 \dots$ параметров x_1, x_2, x_3 элемента будет иметь место следующее выражение, определяющее выбор C [5]:

$$C = \max \{M_j\}, \tag{2}$$

$$M_j = \sum_i^N k_{ij} x_{ij}, \tag{3}$$

где: j – номер элемента; i – номер параметра; N – количество сравнимых параметров рассматриваемых элементов.

Получим интегральную многокритериальную сравнительную численную оценку, применив метод квалиметрии. Численная оценка, зачастую, может не совпадать с интуитивно предполагаемым результатом. Для ее нахождения присвоим коэффициент важности каждому параметру. Затем численные значения каждого параметра каждой микросхемы заменим на относительное значение, сравниваемое с другими микросхемами внутри рассматриваемого параметра.

Таблица 2

Присвоение коэффициентов

Характеристики	Оценки			Коэффициент важности
	LM96511	AD9272	AFE5805	
Макс. усиление	1,0	0,7	0,6	1
Результирующий уровень шумового напряжения	0,7	1,0	0,8	1
Энергопотребление на канал	0,6	0,7	1,0	1
Возможность реализации ППМ полностью на элементной базе фирмы	+	–	–	1

Сравниваются три микросхемы по четырем параметрам. Выбор коэффициентов обычно является решающим фактором. Для конкретности, предположим, что для портативного УЗ прибора эти параметры должны быть равнозначными. Производим сложение и нормировку.

Из табл. 3 видно, что микросхемы AD9272 и AFE5805 заняли одну позицию и отстают относительно LM96511 на 30% по общему показателю.

Таблица 3

Итоговая оценка

Характеристики	Оценки		
	LM96511	AD9272 [18]	AFE5805
Макс. усиление	1,0	0,7	0,6
Результирующий уровень шумового напряжения	0,7	1,0	0,8
Энергопотребление на канал	0,6	0,7	1,0
Возможность реализации ППМ полностью на элементной базе фирмы	1	0	0
Итого	3,3	2,4	2,4
Нормированная оценка	1,0	0,7	0,7

В ходе рассмотрения предлагаемых компонентов был сделан вывод о выборе в качестве элементной базы микросхем LM965xx фирмы National Semiconductors (TI). Одними из главных достоинств выбранной элементной базы являются ее комплектность, полная интегрируемость и возможность построения ППМ на основе одних только четырех микросхемах LM965xx, что сокращает затраты на разработку и производство.

Выводы

1. Современные инвестиционные проекты с каждым годом усложняются, становятся все дороже, а руководство ими – все труднее.

2. Для успешного выполнения таких проектов требуется набор условий (предпосылок).

3. Наряду с традиционными и очевидными предпосылками, такими, как достаточный объем инвестиций, наличие научно-технического задела, наличие инфраструктуры и кадров квалифицированных специалистов и т. п., необходимы еще дополнительные условия. Это рациональная технологическая схема разработки («дорожная карта разработки»), методика квалиметрии (объективного многокритериального количественного сравнения вариантов проектных решений) и, главное, государственный подход к работе руководителей всех уровней, их честность и порядочность.

4. Предложен практически универсальный метод квалиметрии, сводящий к минимуму влияние человеческого фактора (лоббирования) на результат сравнения, который может быть использован в качестве инструмента для сравнения и экспертизы вновь создаваемых отечественных микросхем.

5. В связи с введением санкций против РФ необходимо срочное импортозамещение элементной базы и комплектующих (ЭКБ). Это весьма сложный вопрос, требующий совместных усилий ведущих научно-исследовательских и промышленных предприятий и профильных кафедр ведущих ВУЗов. Здесь требуется своя «дорожная карта», определение приоритетных направлений и концентрация ресурсов на этих перспективных направлениях.

Статья подготовлена по результатам выполнения госзадания Минобрнауки России.

Список литературы

1. Кондратенков Г.С., Фролов А.Ю. Радиовидение (радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли). Учебное пособие для вузов. М., Радиотехника, 2005.

2. Саати Т, Керис К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: «Радио и связь», 1991.

3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2002.

4. Фомин В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация. Учебное пособие. М., Изд-во «Ось-89», 2002.

5. Гукасов В.М., Пирский Г.В., Фин В.А. Метод многокритериальной экспертной оценки сложных инвестиционных проектов. Ж-л «Медицина и современные технологии». 2012, № 3.

6. Гукасов В.М., Пирский Г.В., Фин В.А. Параметры квалиметрии НИИ радиоэлектронного профиля. Инноватика и экспертиза. Научные труды. ФГБНУ. Москва. Вып. 2, 2012.

7. Гукасов В.М., Леонов Д.В., Фин В.А. Программа поддержки решений экспертов, выполняющих квалиметрию или многокритериальное сравнение сложных объектов. Инноватика и экспертиза. ФГБНУ. Москва. Вып. 2, 2013.

8. Брукс Ф.П. Как проектируются и создаются программные комплексы. М., Наука, 1979.

9. Таганов А.И. Научные основы идентификации, анализа и мониторинга проектных рисков качества программных изделий в условиях нечеткости. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. РГРТУ, Рязань, 2011.

10. Скольник М. Введение в технику радиолокационных систем. М., Мир, 1965.

11. Финкельштейн М.И. Основы радиолокации. М., Р. и С., 1983.

12. Радиолокационные станции воздушной разведки. Под ред. доктора техн. наук Г.С. Кондратенкова. М., Военное изд-во МО, 1983.

13. Ultrasound Receive Analog Front End (AFE) LM96511. Техническое описание. National Semiconductors. [Electronic resource]. Available at: <http://www.national.com>.

14. Ultrasound Transmit Pulser LM96550. Техническое описание, National Semiconductors: [Electronic resource]. Available at: <http://www.national.com>.

15. Ultrasound Transmit/Receive Switch LM96530. Техническое описание. National Semiconductors: [Electronic resource]. Available at: <http://www.national.com>.

16. Ultrasound Configurable Transmit Beamformer LM96570. Техническое описание, National Semiconductors: [Electronic resource]. Available at: <http://www.national.com>.

17. Vscan. Портативный аппарат фирмы GE. [Electronic resource]. Available at: <http://www.ge.com>.

18. Кандырин Ю.В. Методы и модели многокритериального выбора вариантов САПР. М. Изд-во МЭИ. 2004.

19. Техническое описание микросхемы AD9272, Analog Devices: [Electronic resource]. Available at: <http://www.analog.com>.

20. Техническое описание микросхемы AFE5805, Texas Instruments: [Electronic resource]. Available at: <http://www.ti.com>.

References

1. Kondratenkov G.S., Frolov A.Y. (2005) *Radiovidenie (radiolokatsionnye sistemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli). Uchebnoe posobie dlya VUZov* [Radio-vision (radar remote sensing system). Textbook for High Schools]. *Radiotekhnika* [Radio]. Moscow.

2. Saaty T., Keris K. (1991) *Analiticheskoe planirovanie* [Analytical planning. Organization systems]. «Radio i svyaz» [«Radio and Communication»]. Moscow.

3. Larichev O.I. (2002) *Teoriya i metody prinyatiya resheniy* [Theory and methods of decision-making]. *Logos* [Logos]. Moscow.

4. Fomin V.N. (2002) *Kvalimetriya. Upravlenie kachestvom. Sertifikatsiya. Uchebnoe posobie* [Qualimetry. Quality control. Certification. Textbook]. *Izd-vo "Os'-89"* [Publishing House of the «Axis-89»]. Moscow.

5. Gukasov V.M., Pirsky G.V., Finn V.A. (2012) *Metod mnogokriterial'noy ekspertnoy otsenki slozhnykh investitsionnykh projektov* [The method of multicriteria expert evaluation of complex investment projects]. *Zh-l «Meditsina i sovremennye tekhnologii»* [JL «Medicine and modern technology»], no. 3.

6. Gukasov V.M., Pirsky G.V., Finn V.A. (2012) *Parametry kvalimetrii NII radioelektronnoy profilya* [Options qualimetry NII electronic profile]. *Innovatika i ekspertiza. Nauchnye trudy. FGBNU* [Innovation and expert examination. Scientific Papers of SRI FRCEC]. Moscow, no. 2.

7. Gukasov V.M., Leonov D.V., Finn V.A. (2013) *Programma podderzhki resheniy ekspertov, vypolnyayushchikh kvalimetriyu ili mnogokriterial'noe sravnenie slozhnykh ob"ektov* [Program of decision support experts performing. Qualimetry or multicriteria comparison of complex objects]. *Innovatika i ekspertiza. FGBNU* [Innovation and expert examination. Scientific Papers of SRI FRCEC]. Moscow, no. 2.

8. Brooks F.P. (1979) *Kak projektiruyutsya i sozdayutsya programmnye komplekсы* [The way software systems are designed and built]. *Nauka* [Nauka]. Moscow.

9. Taganov A.I. (2011) *Nauchnye osnovy identifikatsii, analiza i monitoringa projektnykh riskov kachestva programmnykh izdeliy v usloviyakh nechetkosti. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk* [Scientific bases for identification, analysis and monitoring of project risks of the quality of software products in the conditions of vagueness. Abstract of thesis for the degree of Ph.D. of Engineering]. *RGRTU* [RSREU]. Ryazan.

10. Skolnick M. (1965) *Vvedenie v tekhniku radiolokatsionnykh sistem*. [Introduction to the technique of radar systems]. *Mir* [Mir]. Moscow.

11. Finkelstein M. (1983) *Osnovy radiolokatsii*. [Fundamentals of radar]. *R. i S.* [R., S.]. Moscow.

12. (1983) *Radiolokatsionnye stantsii vozduшной razvedki. Pod red. doktora tekhn. nauk G.S.Kondratenkova.* [Radars of aerial reconnaissance stations. Ed. Ph.D. of Engineering G.S. Kondratenkov]. *Voennoe izd-vo MO* [Military Publishing House of the Ministry of Defense]. Moscow.
13. Ultrasound Receiver Analog Front End (AFE) LM96511. *Tekhnicheskoe opisanie* [Technical Description]. National Semiconductors. [Electronic resource]. Available at: <http://www.national.com>.
14. Ultrasound Transmit Pulser LM96550. *Tekhnicheskoe opisanie* [Technical Description]. National Semiconductors. [Electronic resource]. Available at: <http://www.national.com>.
15. Ultrasound Transmit/Receive Switch LM96530. *Tekhnicheskoe opisanie* [Technical Description.] National Semiconductors. [Electronic resource]. Available at: <http://www.national.com>.
16. Ultrasound Configurable Transmit Beamformer LM96570. *Tekhnicheskoe opisanie* [Technical Description]. National Semiconductors. [Electronic resource]. Available at: <http://www.national.com>.
17. Vscan. *Portativnyy apparat firmy GE* [Portable device company GE]. [Electronic resource]. Available at: <http://www.ge.com>.
18. Kandyrin Y. (2004) *Metody i modeli mnogokriterial'nogo vybora variantov SAPR.* [Methods and models of multi-criteria choices CAD]. *Izd-vo MEI* [Publishing House of the MEI]. Moscow.
19. *Tekhnicheskoe opisanie mikroskhemy AD9272* [Technical description of the chip AD9272]. Analog Devices. [Electronic resource]. Available at: <http://www.analog.com>.
20. *Tekhnicheskoe opisanie mikroskhemy AFE5805* [Technical description of the chip AFE5805], Texas Instruments. [Electronic resource]. Available at: <http://www.ti.com>.