



# **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ: ИСТОРИЯ, РЕАЛЬНОСТЬ, ИННОВАЦИИ**

Материалы VIII Всероссийской  
научно-практической конференции



Нижний Новгород, 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

АРЗАМАССКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННИКОВ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ

АССОЦИАЦИЯ УЧЕНЫХ г. АРЗАМАС

# **Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации**

*Сборник статей по материалам  
VIII Всероссийской научно-практической конференции*

*Посвящается 105-летию НГТУ им. Р.Е. Алексева*

© Нижегородский государственный  
технический университет  
им. Р.Е. Алексева, 2022

**Нижний Новгород 2022**

**УДК 338: 316: 34**  
**ББК 65+60+67**

**Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации:** сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции / Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2022. – 1 электрон. диск (CD-ROM): зв., цв., 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486; ОЗУ 8 Мб.; операц./ система Windows 95; CD-ROM дисковод; мышь. – Загл. с экрана. – 200 экз.

Настоящий сборник включает в себя статьи студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей высших учебных заведений, руководителей и специалистов предприятий ОПК, основанные на докладах VIII Всероссийской научно-практической конференции «Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации», прошедшей 12-13 апреля 2022 г. в г. Арзамасе. Среди авторов – ученые из городов Арзамас, Нижний Новгород, Саров, Жуковский, Казань, Тула, Воронеж, Москва и др. Статьи отражают актуальные проблемы исторического, социально-экономического и технического развития современного оборонно-промышленного комплекса России.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

канд. экон. наук, доц. Е.Г. Моисеева (отв. редактор),  
канд. ист. наук, доц. И.В. Филипчук  
канд. тех. наук, доцент М.В. Кангин

Редактор О.В. Пугина

Электронное издание подготовлено ЦДОТ НГТУ им. Р.Е. Алексеева, компьютерная верстка – С.А. Зубкова

**ISBN 978-5-502-01559-2**

Адрес издающей организации:

НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

© **Нижегородский государственный  
технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, 2022**

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

<i>Капустин А.А., Гусева И.Б., Далёкин П.И.</i> Превентивные меры минимизации брака продукции оборонных предприятий как важнейший способ обеспечения ее высокого качества.....	7
<i>Лавричев О.В., Моисеева Е.Г., Гусева И.Б.</i> Основные проблемы инновационного развития ОПК в регионе (на примере Нижегородской области).....	13
<i>Корнилов А.В., Маслов И.С., Столяров В.Д.</i> Актуальные вопросы импортозамещения в авиационном приборостроении.....	19
<i>Кангин М.В.</i> Образование через науку: развитие научно-исследовательской деятельности студентов в Арзамасском политехническом институте.....	23

### 1 СЕКЦИЯ

#### ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС: ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

<i>Маслов П.С., Егошина Д.А.</i> Военно-техническое сотрудничество России и Китая.....	27
<i>Субботина И.А.</i> Женщина в космосе: исторический опыт соотечественниц .....	30
<i>Пакишина Н.А.</i> Пионер советской радиотехники – Владимир Васильевич Татаринцов.....	33
<i>Хорева Н.В., Яшина М.О.</i> Формирование промышленно-производственного персонала на предприятиях малых городов Горьковской области в 1950-е – 1970-е годы.....	37
<i>Фадеев А.В.</i> ЗАТО как колыбель зарождения новых наукоёмких отраслей ОПК (на примере ЗАТО Саров).....	41
<i>Филипчук И.В.</i> Перевод предприятий ОПК Горьковской области на выпуск гражданской продукции в первую послевоенную пятилетку .....	46

### 2 СЕКЦИЯ

#### СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ОПК НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

<i>Дрямова Е.Е.</i> Социальные, экономические и технологические проблемы оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации в период 2022-2030 годов .....	50
<i>Есин А.С.</i> Проблемы импортозамещения отечественных электронных компонентов.....	53
<i>Крюкова Т.М.</i> Управление конкурентоспособностью промышленных предприятий и предприятий ОПК на основе вовлечения в хозяйственный	

оборот объектов интеллектуальной собственности .....	58
<i>Крюкова Т.М., Глебова О.В.</i> Приоритетные направления развития науки, техники и технологий на предприятиях ОПК Российской Федерации .....	60
<i>Моисеева Е.Г., Карвасовская Е.А.</i> Повышение результативности НИОКР на предприятиях ОПК .....	64

### 3 СЕКЦИЯ

#### ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОПК

<i>Гришина О.В., Гришин С.Н.</i> Актуальные проблемы молодых специалистов на предприятиях ОПК.....	73
<i>Егошина Е.А.</i> Психологический аспект языковой подготовки IT-специалиста.....	76
<i>Лисенкова Т.В., Баранова А.В.</i> Профессиональные компетенции как средство повышения уровня образования.....	79
<i>Пакина Н.А., Емельянова Ю.П.</i> Реализация принципа наглядности при сопровождении аудиторных занятий в прошлом и настоящем .....	83
<i>Правдина М.В., Трутнева А.Н.</i> Проблемы формирования профессиональной направленности студентов вузов.....	89
<i>Тишкина Н.А., Порошина Н.Б.</i> Спортивный клуб как фактор повышения эффективности физкультурно-оздоровительной деятельности студентов технических вузов.....	93
<i>Филипчук И.В.</i> Развитие креативности как одной из составляющих инженерного мышления студентов технического вуза.....	99
<i>Якишина М.В., Пакина Н.А., Огородников К.О.</i> Интерактивная система на базе видеоклипов, текстов и web-технологий.....	103

### 4 СЕКЦИЯ

#### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОПК

<i>Андреев В.В., Платонов А.В.</i> Исследование способов технологического обеспечения качества на примере детали «корпус прибора».....	108
<i>Блинов А.А.</i> Разработка исполнительного механизма системы управления движением подводного беспилотного аппарата.....	114
<i>Богусонов Д.В.</i> Исследование частотных характеристик модернизированной платформы для выставки трех систем БИНС-СП-2 на борту самолета АН-124-100.....	120
<i>Болтоков Д.О., Самуль А.Г., Гилета В.П.</i> Сравнительный анализ методов поверхностного пластического деформирования: алмазное выглаживание и ультразвуковое пластическое деформирование.....	125
<i>Гусев М.Н.</i> Математические методы в оптическом одомере.....	128

<b>Егунова Е.П.</b> Экспериментальные исследования влияния вибрации на погрешность нуля волнового твердотельного гироскопа.....	131
<b>Зубков Н.В., Кечин Е.С., Кочетков И.Е., Лазарев А.Е.</b> Разработка конструкции компенсационного акселерометра на малые диапазоны измеряемого ускорения.....	136
<b>Кечин Е.С., Зубков Н.В., Кочетков И.Е., Лазарев А.Е.</b> Бактерицидная сушилка для рук.....	141
<b>Киселева Х.Н.</b> Разработка генератора сетки опорных частот с цифровой стабилизацией.....	146
<b>Костюк В.И., Эварт Т.Е.</b> Синтез адаптивного закона наведения на основе машинного обучения с подкреплением.....	152
<b>Клочнева Т.В.</b> Принцип «ступенчатости» для формирования межуровневых переходов и мест пересечения проводников.....	162
<b>Коптева И.А.</b> Разработка архитектуры цифровой подстанции.....	168
<b>Корнишев Н.И., Рябикина Т.В., Старостина О.Н.</b> Модернизация конструкции пружины пневмопривода с целью повышения силовых характеристик.....	171
<b>Красильников А.В.</b> Разработка схемы пульта проверки изделия формователя сигнала ликвидации.....	176
<b>Кукушкина О.М., Баранова А.В.</b> Проектирование автоматизированной системы контроля усилительного устройства.....	180
<b>Малкин И. О.</b> Разработка и исследование конструкции каркаса для размещения аппаратуры из состава комплекса ПрНПК-124М.....	185
<b>Мангилев Л.С., Эварт Т.Е.</b> Создание графического интерфейса в Visual Studio 2019 для решения алгоритмических задач с использованием различных сортировок.....	188
<b>Маслов И. Н.</b> Сходимость последовательности нечётких чисел.....	192
<b>Маслов И.С., Столяров В.Д.</b> Создание интеллектуальных авиационных систем для легких летательных аппаратов и беспилотных летательных аппаратов гражданского и военного назначения.....	196
<b>Панченко А.Н., Мельникова О.Ю.</b> Координатный стол станка плазменной резки. Оптимизация конструкции.....	202
<b>Плотников А.А., Шабашов А.А.</b> Методика синтеза контура стабилизации БПЛА с заданным качеством переходных процессов.....	207
<b>Рознов А.С.</b> Разработка и исследование распределительной информационной системы.....	210
<b>Рубченков М.В.</b> Разработка модуля для компенсации погрешности блока акселерометров.....	211
<b>Рустамов В.А.</b> Разработка блока управления полупроводниковыми лазерными излучателями.....	219

<b>Рябов А.В., Платонов А.В.</b> Концепция проектирования заготовок металлических деталей с использованием CAD/CAM систем.....	224
<b>Саляева П.М., Сорокин И.М., Субботина И.А.</b> Применение инновационных технологий в развитии оборонно-промышленного комплекса.....	229
<b>Сизов Б.С., Платонов А.В., Клоков И.И.</b> Исследование методов повышения износостойкости режущих пластин инструмента, используемого при механической обработке заготовок.....	233
<b>Филькин Н.М.</b> Повышение опорной проходимости колесной транспортной машины на грунтах с малой несущей способностью.....	240
<b>Хаустов А.Н., Хаустова Н.М., Рябикина Т.В.</b> Разработка платформы беспилотного летательного аппарата с применением адаптивных технологий.....	244
<b>Чернега А.А., Иванников Е.Д., Рыжков В.В.</b> Перспективы применения керамических композиционных материалов в авиакосмической технике.....	249
<b>Шабашов А.А., Плотников А.А.</b> Методика поиска коэффициентов передачи контуров стабилизации беспилотных летательных аппаратов...	253
<b>Шкилёва В.Д.</b> Управление с итеративным обучением однозвенным манипулятором с гибким звеном с использованием наблюдателя состояния.....	259

### КОНКУРС ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

<b>Блохина А.С., Сычев К.С.</b> Разработка мобильного робота для поддержания чистоты тротуаров, проезжих частей и дворовых территорий в различные временные периоды.....	264
<b>Клоков И.И., Платонов А.В., Ямпурин Н.П.</b> Комплексная система управления качеством SMD-монтажа печатного узла датчиков .....	269
<b>Селяткин Д.В., Гайнов С.И.</b> Система автоматизированного управления гидропонной установкой.....	274
<b>Сычев К.С.</b> Частотный регулятор асинхронного двигателя для систем водоснабжения.....	280
<b>Харитонов Л.С., Курненьков А.В., Глухова А.Ф.</b> Создание приложения дополнительной реальности для демонстрации внутреннего устройства прибора с помощью AR-платформы VUFORIA в межплатформенной среде разработки видеопигр UNITY3D .....	284

## ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

### ПРЕВЕНТИВНЫЕ МЕРЫ МИНИМИЗАЦИИ БРАКА ПРОДУКЦИИ ОБОРОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КАК ВАЖНЕЙШИЙ СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕЕ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА

*А.А. Капустин<sup>1</sup>, И.Б. Гусева<sup>1,2</sup>, П.И. Далёкин<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup>*АО «Арзамасский приборостроительный завод им. П.И. Пландина»*

<sup>2</sup>*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

<sup>3</sup>*Арзамасский филиал Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского*

В статье рассмотрены: первоочередные проблемные вопросы управления браком продукции оборонных предприятий Российской Федерации, акцент сделан на превентивных мерах, обеспечивающих минимизацию брака военной продукции, что, в конечном счете, приведет к росту эффективности выпуска продукции военно-технического комплекса страны.

**Ключевые слова:** оборонно-промышленный комплекс, причины возникновения брака, классификатор брака, акт анализа брака, автоматизация производства, система качества

В условиях глобальной конкуренции современное предприятие в процессе своей производственно-хозяйственной деятельности заинтересовано в непрерывном росте качества выпускаемой продукции. Мировой рынок вынужден системно диктовать жесткие правила, т.к. реализация продукции предприятия-изготовителя напрямую зависит от постоянно возрастающих требований потенциальных клиентов [4,5]. И, даже несмотря на проблемы кооперации, на любом современном предприятии по-прежнему остается вероятность появления брака, причем на разных стадиях цепочки ценностей выпускаемого продукта.

Известно, что брак в производстве может классифицироваться по нескольким признакам. Например, по месту обнаружения брак может быть как внутренний, который можно выявить до отправки продукции покупателю, так и внешний, который потребитель может обнаружить уже только в результате использования.

Далее, с точки зрения возможности исправления, выделяют исправимый и неисправимый типы брака:

- исправимый, к которому можно отнести изделия, детали, полуфабрикаты, комплектующие, которые в результате обработки могут использоваться по прямому назначению;
- неисправимый, который невозможно исправить, или затраты на исправление которого будут выше, чем затраты на изготовление новой продукции.

По критерию «возмещение ущерба» брак относят: на конкретного испол-

нителя, на предприятие, на поставщика и изготовителя брака продукции.

Теоретически существуют многочисленные классификации брака продукции, каждое предприятие делает акцент на выделении определенных критериев, позволяющих анализировать и минимизировать брак. В целях минимизации подобных ситуаций на предприятиях существуют службы контроля качества [1, 2].

В основе анализа брака продукции предприятий военно-промышленного комплекса (ВПК) лежит соответствующий стандарт организации (СТО), так называемый классификатор брака, изначально сформированный на основании «Инструкции по учету брака в производстве на предприятиях авиационной промышленности» (циркулярное письмо Министерства авиационной промышленности от 26 июня 1968 г., № ЦП-118).

Классически в данном нормативном документе по каждому шифру брака указаны: причины брака; представлена краткая характеристика брака; виновник брака; документ, содержащий анализ причин брака; субъект, с которого должен быть возмещен ущерб. Понятно, что данный нормативный документ конкретного субъекта оборонно-промышленного комплекса (ОПК) должен периодически обновляться. Более того, периодически по проблемным шифрам брака необходимо проводить ретроспективный анализ с целью снижения потерь на брак и выработки своевременных управленческих решений, направленных на минимизацию брака по соответствующим шифрам, имеющим рост или значительный удельный вес в общей сумме брака.

Остановимся подробнее на одном из регистров классификатора брака, документе, содержащем анализ причин брака, так называемом акте анализа брака, цель составления которого – своевременное документальное подтверждение выявленного брака продукции и разработка мер по его снижению. Для документального оформления внутреннего брака унифицированной формы не существует, поэтому предприятие разрабатывает ее самостоятельно и утверждает в своей учетной политике. Чаще всего данный документ называется актом анализа брака, в нем должны быть заполнены следующие реквизиты: дата утверждения, обозначение изделия, сборочной единицы, классификация дефекта (шифр брака), результаты анализа, принятые меры, название подразделения, стадия отказа (возврата).

В целях устранения брака необходимо определить и проанализировать причины его возникновения, которые фиксируются в разделе «результаты анализа» актов анализа брака. К основным причинам появления брака в производстве относят следующие:

- уровень качества сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих, не соответствующий требованиям заказчиков;
- низкий уровень автоматизации и механизации промышленного производства;
- морально устаревшее оборудование, не обеспечивающее современные требования к качеству выпускаемой продукции;

- сбой в работе оборудования (отсутствие или формализм единой системы планово-предупредительного ремонта (ЕСППР));
- старые, требующие пересмотра технологии производства;
- не соответствующие современным стандартам условия для работы персонала на предприятии;
- недостаточный уровень профессионализма и безответственность персонала на всех стадиях создания цепочки ценностей продукта;
- недостаточно высокая эффективность работы служб предприятия, отвечающих за качество;
- отсутствие системы менеджмента качества;
- не выявленные (прочие) причины брака.

Основные причины возникновения брака и мероприятия по его устранению представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Основные причины возникновения брака продукции  
и пути их устранения**

<b>Основные причины возникновения брака</b>	<b>Пути устранения брака</b>
Некачественное сырье, материалы, покупных комплектующих изделий (ПКИ), полуфабрикаты, комплектующие	1. ABC-анализ поставщиков на регулярной основе. 2. Пересмотр условий договорных отношений с поставщиками (включить пункт штрафных санкций за поставку некачественных материалов).
Низкий уровень автоматизации и механизации промышленного производства	1. Повышение степени автоматизации и механизации промышленного производства. 2. Внедрение автоматизированных систем типа ERP
Устаревший парк оборудования	1. Плановое обновление парка оборудования. 2. Работа на современном оборудовании по аутсорсингу. 3. Лизинговые схемы.
Отсутствие или формализм ЕСППР	1. Внедрение ЕСППР оборудования. 2. Персональная ответственность за невыполнение плановых сроков ремонтов и межремонтного обслуживания оборудования.
Устаревшие конструкции и технологии производства	1. Внедрение в производство новых инструментов конструкторско-технологического блока, работающих на информационных платформах
Несоответствующие современным стандартам условия для работы персонала предприятия	1. Внедрение инструментов Бережливого производства (БП). 2. Проведение аудитов Системы менеджмента Бережливого производства (СМБП) и Системы менеджмента качества (СМК) в подразделениях предприятия. 3. Внедрение на предприятии мероприятий (проектов) с использованием инструментов БП.

Окончание табл. 1

<p>□</p> <p>Недостаточный уровень профессионализма и безответственность персонала</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установление и внедрение системы штрафов, в т.ч. с виновников брака.</li> <li>2. Внедрение и развитие на предприятии системы личного клейма для работников, не допускающих брак.</li> <li>3. Мотивация (например, через надбавки) работников с личным клеймом.</li> <li>4. Внедрение системы «Бриллиант», при которой: <ul style="list-style-type: none"> <li>- на этапе входного контроля работник должен самостоятельно предоставить оценку качества тех заготовок, которые поступили ему для работы; в случае дефекта заготовки работник сразу же отказывается от ее использования, что снижает стоимость производственного брака;</li> <li>- выходной контроль данной системы заключается в том, что работник должен самостоятельно оценить качество проделанной работы, то есть каждой изготовленной детали. При обнаружении брака он должен сообщить об этом мастеру участка, соответственно, наказание в данном случае не предусмотрено;</li> <li>- брак, обнаруженный работником в процессе производства, с его заработка не вычитается, но если бракованная продукция попала к клиенту, тогда с участка, ответственного за брак, снимается стопроцентная стоимость изделия, а также его повторная доставка клиенту.</li> </ul> </li> </ol>
<p>Недостаточно высокая эффективность работы служб предприятия, отвечающих за качество</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внедрение современных инструментов контроля, внедрение системы КРІ в премиальное положение отдела технического контроля (ОТК) предприятия</li> </ol>
<p>Отсутствие системы менеджмента качества</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внедрение Системы менеджмента качества на предприятии.</li> <li>2. Проведение аудита СМБП в подразделениях предприятия.</li> </ol>
<p>Устаревшая нормативная документация</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обновление нормативной документации всеми службами, от деятельности которых напрямую зависит качество выпускаемой продукции современного предприятия</li> <li>2. Уход от формализма (строгое выполнение СТО, Положений, рабочих инструкций, методических указаний в области качества и т.д.)</li> </ol>
<p>Недостаточное использование современных инструментов управления браком продукции</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Использование: статистических методов, методологии решения проблем 8D, ABC-анализа, XYZ-анализа, EOQ-модели, SQA, VI-инструментов и т.д.</li> </ol>
<p>Не выявленные (прочие) причины брака</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проведение специально созданной комиссией углубленного комплексного анализа не выявленных причин брака.</li> <li>2. Установление уровня существенности для прочих причин брака (не более 3% / 5% от общего уровня)</li> </ol>

Формирование на предприятии единой системы контроля качества, охватывающей три основных элемента: оргструктуру, техническое и методическое сопровождение, является необходимым условием эффективной работы по предупреждению брака. Иначе, создание на предприятии системы контроля качества заключается в разработке технических, методических и административных мероприятий, направленных на производство высококачественной продукции. При этом должны быть назначены ответственные лица службы системы контроля качества, определены их задачи, функции, обязанности, а операции контроля должны включать в себя не только современные инструменты в области контроля качества, но и учитывать соответствующие сроки, необходимые для выполнения операций контроля.

При этом выделяют следующие уровни контроля качества [3, 6]:

- 1-й уровень – контроль на этапе проектирования (характерен для производства новых изделий; обеспечивает формирование технической документации, гарантирующей выпуск изделий высокого уровня качества);
- 2-й уровень – входной контроль сырья, материалов, комплектующих изделий (необходим для оценки качества поступившего сырья и материалов);
- 3-й уровень – контроль над состоянием технологического оборудования (обеспечивает бесперебойную и качественную работу оборудования);
- 4-й уровень – операционный контроль (контроль качества и соответствия требованиям на всех технологических процессах производства);
- 5-й уровень – контроль приемки готовой продукции (проверка готовой продукции с точки зрения удовлетворения качественных характеристик заказчика);
- 6-й уровень – выходной контроль (направлен на проверку состояния продукции при отгрузке на сторону).

За каждый из перечисленных уровней контроля качества на оборонных предприятиях отвечают соответствующие службы, например: отдел технического контроля, бюро входного контроля, военная приемка, отдел материально-технического снабжения, служба метрологии, отдел планирования и снабжения производства, служба безопасности и т.д.

Следует также отметить, что игнорирование использования современных инструментов управления браком продукции в ОПК (статистических методов, методологии решения проблем 8D; инструментов оценки поставщиков: ABC-анализа, XYZ-анализа, EOQ-модели, SQA (система обеспечения качества поставок)) сегодня не только крайне нежелательно, но и небезопасно, т.к. может привести к уменьшению военных заказов, другими словами – к потере существующих позиций на рынке ВПК.

Необходимо также:

- ежегодно пересматривать нормативную документацию всех служб, от деятельности которых напрямую зависит качество выпускаемой продукции современного предприятия;
- проводить не реже 1 раза в год оценку действующих поставщиков;
- в отношении отдельных поставщиков периодичность оценки даже может быть увеличена;
- в вопросе пересмотра реестра поставщиков скоординировать совместную работу заинтересованных служб предприятия (ОТК, службы безопасности и т.д.).

Таким образом, комплекс превентивных мер, направленных на минимизацию брака продукции оборонных предприятий, включает в себя три основных составляющих:

- организационного характера (пересмотр условий договорных отношений с поставщиками; внедрение системы менеджмента качества; инструментов БП; системы личного клейма для работников, не допускающих брак; внедрение современных инструментов контроля; внедрение системы КРІ в премиальное положение ОТК; внедрение системы «Бриллиант» и т.д.);
- технического характера (повышение степени автоматизации и механизации промышленного производства; планомерное обновление парка оборудования; работа на современном оборудовании по аутсорсингу; внедрение ЕСППР оборудования и т.д.);
- методического характера (разработка, обновление существующих СТО, Положений, рабочих инструкций, методических указаний в области качества и т.д.). Только системная работа вышеуказанных блоков позволит современному оборонному предприятию удерживать свои позиции на мировом рынке ВПК и планомерно увеличивать свои объемы выпуска.

#### Библиографический список

1. **Акцораева, Н.Г.** Менеджмент качества продукции оборонно-промышленного комплекса в сборнике: «Социальная сфера, экономика и управление: вопросы теории и практики»/Н.Г. Акцораева, П.Н. Груздева/ Сборник статей. Йошкар-Ола. – 2017. – С. 9-13.
2. **Афанасьев, В.Б.** Организация оценки показателей качества и надёжности продукции предприятия оборонно-промышленного комплекса/ В.Б. Афанасьев, Т.К. Воробьёв, В.А. Мамаев, В.М. Медведев, С.Н. Остапенко, Г.В. Палихов/ Известия Российской Академии ракетных и артиллерийских наук. – 2020. № 3 (113). – С. 18-24.
3. **Бочарова, С.В.** Направления актуализации стандартов на системы менеджмента качества предприятий ОПК/ С.В. Бочарова/ Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2017. № 5 (69). – С. 46-49.
4. **Глебова, О.В.** Выявление взаимосвязи между эффективностью деятельности оборонных предприятий и различными типами диверсификации/ О.В. Глебова, О.В. Грачева, А.В. Симонов / MODERN ECONOMY SUCCESS. – 2019. – №4. С. 29-36.

5. **Моисеева, Е.Г.** Роль предприятий ОПК в развитии промышленности Нижегородской области. Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации / Межвузовский сборник статей по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции. Нижний Новгород. – 2020. – С. 59-63.
6. **Попова, Л.Ф.** Изучение подходов к анализу результативности систем менеджмента качества отечественных предприятий ОПК/Л.Ф. Попова/ Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2017. № 3 (67). – С. 87-91.

## **ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОПК В РЕГИОНЕ (НА ПРИМЕРЕ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

*Лавричев О.В.<sup>1</sup>, Моисеева Е.Г.<sup>2</sup>, Гусева И.Б.<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Городская Дума г. Нижнего Новгорода*

*<sup>2,3</sup>Арзамасский политехнический институт (филиал)*

*ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева», г. Арзамас*

В статье рассмотрены: основные проблемы инновационного развития оборонно-промышленного комплекса (ОПК) в регионах РФ (на примере конкретного региона – Нижегородской области): недостаточное регулирование инновационной деятельности ОПК в регионе; бюрократизм инновационной среды в ОПК; недостаточно развитая инновационная инфраструктура региона; недостаточное финансирование инноваций ОПК; дефицит высококвалифицированных кадров в инновационной среде Нижегородского бизнеса; низкий уровень защиты интеллектуальной собственности в регионе; высокие риски и непредсказуемость инновационной среды в ОПК. По каждой из вышеобозначенных проблем разработан пакет мероприятий, направленный на их минимизацию.

**Ключевые слова:** оборонно-промышленный комплекс, инновационное развитие, регион, региональное финансирование, инновационная инфраструктура, проблемы развития, высококвалифицированные кадры

Проблемы инновационного развития ОПК в регионах РФ вызывают интерес у большинства исследователей. Это связано с тем, что в условиях информатизации современного общества инновационная активность оборонных предприятий определяет конкурентоспособность не только отдельного региона, но и государства в целом. Соответственно, принятая правительством РФ Стратегия инновационного развития науки и техники РФ должна способствовать росту инновационной активности не только отдельных хозяйствующих субъектов, в том числе в сфере ОПК, но и регионов страны в целом [8].

Следует также отметить, что в последние десятилетия лидирующие позиции в сфере развития науки и техники в РФ упущены, а современное состояние экономики страны характеризуется отставанием по многим научно-техническим позициям. Это наносит неизгладимый след и на развитие инновационного поля ОПК. Сегодня положительная тенденция прослеживается в том, что задача повышения инновационного вектора ОПК становится актуальной на уровне государства. Этому способствует все большее нарастание напряженной

обстановки в мире, в первую очередь, продолжающийся рост конфронтации между Россией и НАТО.

Нижегородская область является одним из крупнейших промышленных центров РФ с развитым тяжелым машиностроением и комплексом оборонно-промышленных предприятий. Уникальные промышленные производства, в т.ч. оборонные предприятия, научно-исследовательские подразделения, благоприятное геополитическое и экономико-географическое положение делают Нижегородскую область инвестиционно- и инновационно-привлекательной [1]. Однако до сих пор существует ряд проблем, которые негативно сказываются на инновационной деятельности предприятий ОПК в Нижегородской области.

1. Недостаточное регулирование инновационной деятельности ОПК в регионе.

Управление инновационными процессами на уровне региона реализуется путем взаимодействия органов управления субъекта РФ и федеральных органов исполнительной власти. В свою очередь, на федеральном уровне приняты некоторые нормативно-правовые акты, направленные на развитие научно-технического и инновационного потенциала регионов. Однако из-за отсутствия на федеральном уровне федерального закона об инновационной деятельности, вопросы касательно регулирования данного вида деятельности в регионе необходимо решать в комплексе. При этом следует учесть, что законы отдельных субъектов РФ характеризуются низким уровнем юридической техники и в некоторых случаях не способны с высокой вероятностью определить предмет правового регулирования, установить четкий понятийный аппарат. Поэтому на уровне регионов не обеспечивается единообразное применение норм права при регулировании инновационной деятельности как в целом, так и в ОПК в частности.

Для совершенствования аппарата регулирования инновационной деятельности в Нижегородской области необходимо проведение ряда следующих мероприятий:

- создание и принятие федерального закона об инновационной деятельности, содержащего в себе положение, которое будет предусматривать соответствие других законов и нормативно-правовых актов данному закону;
- проведение систематизации и упорядочения законодательной базы с целью выработки единого механизма инновационного регулирования и т.д.

2. Бюрократизм инновационной среды в ОПК.

Одной из серьезных проблем при получении государственной поддержки в инновационном секторе страны по-прежнему остается коррупция. Уровень коррупционных угроз для инновационных предприятий выше, чем для традиционных, поскольку их деятельность носит высокую степень новизны, в результате чего возникает больше преград в области разрешительной документации на стадии создания данных субъектов хозяйствования. Если инновации связаны с регистрацией нематериальных активов, то коррупционные угрозы растут на каждом этапе согласования в рамках государственных органов.

В ОПК коррупция и бюрократизм проявляются: в продлении до бесконечности сроков исполнения контрактов, в превышении в десятки раз объемов финансирования; в достаточном количестве отчетности; в необходимости прохождения многих, иногда малозначимых согласований; в дублировании документации разными структурами; в непрозрачности критериев оценки степени инновационности проектов и принятия решений об их финансировании; в задержке исполнения обязательств на 3–7 месяцев и более и т.д. [1]. И, как результат, продукция ГОЗ по стоимости получается «золотая».

### 3. Низкий уровень спроса на товары и услуги инновационной сферы.

По мнению руководителей инновационных предприятий, отсутствует достаточный уровень спроса со стороны государства и рынка: «b2b» (от англ. «business to business» - «бизнес для бизнеса» - деятельность одной компании по обеспечению другой услугами, оборудованием, а также средствами производства) и «b2c» (от англ. «business to consumer» - «бизнес для потребителя» - тип коммерческого взаимодействия, который направлен на частных или конечных потребителей). Одной из причин возникновения данной проблемы следует выделить также неготовность потребителей и предприятий использовать новейшие разработки. В этом смысле прослеживается ментальный уровень потребителей, что является также серьезным барьером для внедрения инноваций на рынок.

Данная проблема может быть разрешена проведением следующих мероприятий:

- путем создания «Государственной биржи инноваций», осуществляющей комплекс услуг сервисного характера для потенциальных потребителей инновационных товаров;

- путем создания специализированных информационно-торговых площадок;

- путем популяризации инноваций и совершенствования технического регулирования и стандартизации и т.д.

### 4. Недостаточно развитая инновационная инфраструктура региона.

Стратегия развития РФ обуславливает инновационное развитие приоритетных отраслей, в т.ч. ОПК, о чем свидетельствует увеличение объема бюджетных поступлений, принятие и реализация государственных программ, строительство научных центров и многое другое. При этом существующая на сегодняшний день инновационная инфраструктура в полной мере не предоставляет участникам инновационного процесса сбалансированного доступа к необходимым услугам и ресурсам. Это говорит о необходимости создания эффективной инновационной инфраструктуры в целях стимулирования не только инновационной деятельности, но и социально-экономического развития страны в целом.

Решение данной проблемы может быть реализовано путем [5, 6, 7]:

- внедрения современной эффективной инфраструктуры инновационной деятельности региона;

- формирования сбалансированного и устойчиво развивающегося сектора исследований и разработок, территорий инновационного развития.

Это обеспечит расширенное воспроизводство знаний в регионе и повышение эффективности трансфера технологий, а также позволит организациям, занятым исследованиями и разработками, компенсировать отсутствие компонентов, необходимых для успешной инновационной работы, что в дальнейшем даст большие возможности для коммерциализации научно-технических разработок [4].

#### 5. Недостаточное финансирование инноваций ОПК.

Инновационное развитие региона затрудняет тот факт, что более 50% предприятий не дополучают государственное финансирование. Эта проблема касается и предприятий ОПК. Кроме того, по причине недостаточного финансирования большая часть завершенных и готовых к внедрению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), которые необходимы предприятиям для выпуска конкурентоспособной продукции и модернизации производства, не только не пользуются большим спросом, но и со временем претерпевают моральный износ.

Основными источниками финансирования инноваций, в т.ч. в ОПК, были и остаются по-прежнему собственные средства предприятий. Причина, по которой предприятия используют собственные средства, заключается в сложности поиска и малом количестве второстепенных источников финансирования. Другим источником финансирования инноваций может служить кредитная система, однако данный источник финансирования используется недостаточно. Связано это с тем, что банки в основном выдают кредиты на краткосрочный период и под высокие проценты, в то время как инновационные проекты являются дорогостоящими и долгосрочными. Как следствие, предприятия избегают подобных кредитов [5].

Решение данной задачи необходимо искать в совершенствовании механизмов и органов государственного управления инновационной деятельностью в ОПК и государственно-частного партнерства путем:

- замены безвозвратного бюджетного финансирования в ОПК на кредитование на возвратной основе;
- расширения субсидирования НИОКР за счет увеличения перечня тем;
- развития программ финансовой поддержки предприятий ОПК на ранних этапах формирования проектов;
- расширения совместного государственно-коммерческого финансирования инвестиционных и инновационных проектов в целях создания продукции оборонного и гражданского назначения;
- внедрения прогрессивных форм налогового регулирования (например, решение вопросов льготного взимания налога на прибыль, ускоренной амортизации и т.д.);
- основания фондов целевых стипендий поддержки молодежных инициатив и т.д.

Проведение данных мероприятий должно способствовать формированию наиболее привлекательных условий для инвестиций в инновационную сферу деятельности ОПК посредством участия властей региона и государства в фи-

нансировании инновационных проектов оборонного и гражданского назначения, созданию благоприятных условий для использования инноваций ОПК во всех ключевых видах деятельности.

6. Дефицит высококвалифицированных кадров в инновационной среде Нижегородского бизнеса.

Недостаток высококвалифицированного персонала является одним из главных факторов, который тормозит инновационное развитие ОПК региона в последние годы. Проблема низкой компетентности сотрудников беспокоит руководителей инновационных предприятий ОПК. Причина данной проблемы связана, прежде всего, с устаревшей системой профессионального образования, которая развивается отдельно от потребностей рынка труда.

Подход к решению данной проблемы предполагает комплексное развитие кадрового потенциала в сфере науки, образования, технологий и инноваций. Это позволит:

- обеспечить материальные и моральные стимулы для притока наиболее квалифицированных специалистов в инновационный сектор экономики, в т.ч. в ОПК;
- повысить инновационную культуру общества;
- адаптировать систему образования к выработке необходимых для инновационного общества знаний, компетенций, навыков и моделей поведения;
- создать условия для развития системы подготовки и переподготовки кадров в области инноваций и научно-технического предпринимательства, а также привлечения специалистов из других регионов страны.

7. Низкий уровень защиты интеллектуальной собственности в регионе.

Проблема защиты интеллектуальной собственности (ИС) на региональном уровне на протяжении многих лет продолжает оставаться актуальной. Связано это с тем, что зависимость оценки ценности интеллектуальной собственности от уровня защиты прав на нее носит прямой характер. И, как следствие, чем ниже уровень защиты таких активов, тем выше вероятность их кражи, что в свою очередь может привести к снижению стоимости ИС для собственника вне зависимости от используемых методов оценки.

Решение данной проблемы необходимо искать:

- в предоставлении инвесторам право собственности на результаты инновационной деятельности;
- в совершенствовании инновационного законодательства Нижегородской области путем усиления регулирования вопросов охраны интеллектуальной собственности;
- в разработке законодательства в области государственно-частного партнерства в инновационной сфере;
- в усилении антимонопольного регулирования инновационной деятельности и т.д.

Кроме того, законодательство РФ нуждается в дальнейшем развитии вопросов по охране интеллектуальной собственности, регулирующих правоотношения в области коммерческой тайны, служебных и секретных объектов про-

мышленной собственности, открытий, результатов НИР и ОКР, ноу-хау, не подпадающих прямо под закон «Об авторских правах и смежных правах» или «Патентный закон Российской Федерации».

Правовая неурегулированность данных вопросов мешает созданию и использованию изобретений военного, специального и двойного назначения для нужд России, стимулирует несанкционированную передачу сведений о них за рубеж и т.д. [2].

#### 8. Высокие риски и непредсказуемость инновационной среды в ОПК.

Инновационная деятельность тесно связана с риском, так как вероятность достижения благополучного исхода крайне мала. Понятно, что предприятия ОПК в меньшей степени подвержены риск-факторам, поскольку их негативные последствия в определенной степени могут быть скомпенсированы финансовой поддержкой основного заказчика – Минобороны [6]. Государству также необходимо принять комплекс мер для более активного включения ОПК в инновационный климат страны.

Подчеркивая вышесказанное, можно сделать вывод о том, что, несмотря на развитую инфраструктуру, в инновационном секторе ОПК Нижегородского региона существует ряд определенных трудностей и задач, которые еще предстоит решить. Мероприятия, направленные на решение данных проблем, должны носить комплексный характер, чтобы наиболее полно рассмотреть и охватить все их аспекты.

Постоянство процессов разработки и внедрения предложенных мероприятий по регулированию и совершенствованию инновационной деятельности оборонных предприятий региона будет способствовать благосостоянию конкретной области РФ и стимулировать ее дальнейшее развитие.

#### Библиографический список

1. **Гусева, И.Б.** Проблемные вопросы развития инновационной деятельности Нижегородского региона / И.Б. Гусева, П.И. Далекин // Научно-практический журнал: «Развитие и безопасность», №1 (9). Н. Новгород, НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2021. – С.75-82
2. **Капустин, А.А.** Проблемы инновационного развития оборонно-промышленного комплекса РФ / А.А. Капустин, О.В. Лавричев, И.Б. Гусева // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации. Межвузовский сборник статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2021. С. 8-13.
3. **Кузнецова, И.А.** Инновационная инфраструктура как фактор повышения эффективности инновационной деятельности / И.А. Кузнецова // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 11(106). – С. 219-225.
4. **Леденева, С.В.** Основные проблемы инновационного развития в РФ и пути их решения // С.В. Леденева, К.В. Портникова / Международный студенческий научный вестник. – 2016. – 6.; URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=16780>.
5. **Лоева, Я.А.** Инновационная инфраструктура, инфраструктура инновационной деятельности и национальная инновационная система: в чем разница? / Я.А. Лоева, П.А. Гольцова // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 12-10. – С. 84-86.

6. **Суханова, П.А.** Инновационная инфраструктура в региональной инновационной экосистеме и ее элементы / П.А. Суханова // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. № 3. 2012. – С. 49-52.
7. **Трофимов О.В.** Проблемы развития инновационной деятельности предприятий Нижегородской области в современных условиях / О.В. Трофимов, А.Г. Саакян. – Фундаментальные исследования – № 4-1, 2017. – 209-213 с.
8. **Постановление Правительства Нижегородской области** от 31.07.2013 N 504 «Об утверждении Концепции инновационного развития Нижегородской области до 2020 г.».

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В АВИАЦИОННОМ ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

*Корнилов А.В.<sup>1,2</sup>, Маслов И.С.<sup>2</sup>, Столяров В.Д.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

*<sup>2</sup>ПАО Арзамасское научно-производственное предприятие «ТЕМП-АВИА»*

В статье рассмотрены основные трудности, возникшие в авиационном приборостроении после 2014 года и усугубившиеся после событий февраля 2022 года; также приведены возможные меры и подходы, реализация которых, по мнению авторов, позволит преодолеть сложившуюся ситуацию. Основной акцент в статье сделан на «прикладные» проблемы, выявленные в результате анализа современного состояния производственных процессов нескольких предприятий авиационной области, и свойственных большинству приборостроительных предприятий России.

**Ключевые слова:** авиационная промышленность, ограничения и санкции, импортозамещение.

Мировая социально-экономическая обстановка, которая сложилась в 2014 г. после событий на Украине, достаточно хорошо известна. Среди основных негативных факторов, с которыми столкнулась промышленность нашей страны (в том числе и оборонно-промышленный комплекс) можно выделить следующие:

- практически полное прекращение и без того сложных рыночных взаимоотношений с Украиной и странами Прибалтики;
- различные запреты, экономические ограничения и санкции со стороны властей США, ЕС и их союзников для частных лиц и целых предприятий нашей страны;
- всевозможные недружественные акции США и их стран-союзников, направленные против РФ и союзных государств, а также возникающие при участии западных стран военные конфликты.

Все перечисленное привело к конкретным трудностям в производстве.

1. Необходимость выполнения плана в условиях прекращения поставок комплектующих изделий (КИ) из стран Прибалтики и Украины.
2. Дополнительная нагрузка на предприятия из-за перераспределения объемов.

3. Изменение логистических цепочек: увеличение сроков и стоимости комплектации.

4. Сложности с приобретением и обслуживанием станков, оборудования и программного обеспечения

В начале 2015 года проблем с поставками комплектующих изделий из Евросоюза и США практически не возникало, импортозамещение проводилось постепенно, хотя замминистра обороны РФ Ю.И. Борисов отмечал, что «практически вся российская промышленность взяла на себя в той или иной мере вопросы, которые нас раньше связывали с Украиной. Это очень широкая номенклатура. У нас по 186 изделиям подписан план-график, а это десятки и сотни различных комплектующих» [1]. С начала 2015 года до настоящего времени предпринимались достаточно весомые шаги в данном направлении: Минэкономразвития определены 18 приоритетных отраслей, в которых будут реализованы программы импортозамещения, подписан приказ №663, утверждающий Отраслевой план мероприятий по импортозамещению в отрасли гражданского авиастроения Российской Федерации, подписано постановление правительства об изменении условий производства и сбыта авиалайнеров и т.д.

Тем не менее, к началу 2022 года импортозамещение так и не было до конца завершено. Был проведен большой объем работ, ужесточены требования к применению иностранных КИ, но окончательной точки в вопросе поставлено не было. В результате, в среднестатистической авиационной информационной системе (комплексе) военного и двойного назначения содержится от 2 % до 10 % комплектующих иностранного производства, а в системах гражданского назначения этот показатель в разы больше (как пример, Sukhoi Superjet 100 с долей импорта от 50 % до 70 % в зависимости от модификации) [2].

Так как пропустили и почему не были заменены указанные 2-10 % импортных КИ? Ответы на поставленные вопросы достаточно прозаичны: пропустили их в составе специализированных покупных электронных модулей, а не заменили потому, что практически никто не предполагал случившейся в 2022 году глобальной изоляции.

Ситуация с покупными электронными модулями строится по следующей цепочке:

- головной разработчик (разработчик самолета) формирует технические требования на разработку конкретного комплекса или системы, и передает их соисполнителю – разработчику составной части (СЧ);
- разработчик составной части аналогичным образом передает технические требования своим соисполнителям – разработчикам приборов, датчиков, электронных модулей. К определённому моменту разработки могут быть задействованы соисполнители четвертого или пятого «уровней» – разработчики микросхем, резисторов, диодов и т.д.;
- в определенный момент один из соисполнителей, в силу жестких ограничений и обязательного выполнения требований, вынужден применить комплектующие, материалы или сырье иностранного производства. При прове-

дении определенной процедуры согласования он информирует об этом своего заказчика, тот, в свою очередь, передает информацию главному разработчику;

- головной разработчик оформляет соответствующий документ – решение о возможности применения блоков и систем с используемыми в них импортными КИ. Формируется список наиболее критичных элементов (модулей, датчиков), которые планируется разработать силами отечественной промышленности без использования зарубежных КИ, однако указанный процесс достаточно длительный и трудоемкий. В некоторых случаях создание элементов на территории нашей страны просто невозможно из-за отсутствия технологий, материалов и специалистов. Наглядный пример – ЖК-панели, кристаллы для микроконтроллеров и элементы микроэлектроники для датчиков, которые могут изготавливать только в Тайване и КНР.

Работа по исключению указанных «узвистостей» велась, однако после известных мировых событий в первом квартале 2022 года ситуация в отечественном авиастроении (гражданском и военном) существенно усложнилась:

- 1) возникла необходимость выполнения плана производства в условиях глобальных санкций, ограничений и запретов;
- 2) произошло кратное изменение сформированного портфеля заказов (ряд заказчиков отказались от приобретения российской техники, но при этом существенно увеличился портфель заказов в интересах МО РФ);
- 3) произошло прекращение взаимодействия и товарооборота с поставщиками;
- 4) отсутствие возможности приобретения необходимых комплектующих, отсутствие возможности приобретения, настройки и обслуживания станков и оборудования.

По мнению авторов статьи, наравне с внешними причинами ситуацию усугубили и внутренние причины:

- 1) отсутствие должного уровня государственного контроля и финансирования вопросов импортозамещения (все вопросы решаются внутри предприятий и корпораций, без привлечения к проблемам государственных структур);
- 2) отсутствие последовательности и планомерности действий;
- 3) отсутствие осознания личной ответственности специалистов всех уровней, «потребительская» идеология («Вот когда они сделают, тогда и применим! А до этого и так все хорошо работает, зачем искать альтернативы?»).

И, несмотря на перечисленные проблемы, вновь правительство заявляет: работы по импортозамещению будут завершены за 2-3 года [3]. Не на всех самолетах и вертолетах, конечно, а только на МС-21, но это колоссальная работа. И чтобы она была успешно реализована, необходимы срочные меры на ближайшее время и на долгосрочную перспективу.

*Возможные пути решения на ближайшее время*

1. Создание страховых запасов импортных и импортосодержащих комплектующих.
2. Скорейшая мобилизация резервов (кадровых и финансовых) для начала работ по внедрению комплектующих из стран Азии.
3. Запуск государственной программы настоящего (полного, многоуровневого) импортозамещения.

*Возможные действия на долгосрочную перспективу*

1. Продолжение настоящего импортозамещения в наиболее критичных областях промышленности.
2. Планомерное выполнение государственной программы импортозамещения с возможностью резервирования предприятий-изготовителей.
3. Вдумчивая и последовательная кадровая политика.

Для решения обозначенных проблем необходимы не только высококвалифицированные технические кадры, но и профессиональные управленцы (менеджеры), способные осуществлять стратегическое планирование, постоянный контроль достижения запланированных целей, при этом поддерживать возникающие производственные инициативы, для повышения эффективности производства. Причем оценка эффективности работы научно-производственных предприятий является принципиально важным вопросом: в ней главным критерием не должна выступать прибыль. Директорам предприятий и «младшим» руководителям необходимо понимать, что их деятельность напрямую влияет на укрепление национальных интересов, а результативность работы определяется высоким уровнем качества изделий и своевременность поставок производимой продукции для достижения конечных целей корпорации как единой конкурентной производственно-хозяйственной системы.

Неотложной мерой является масштабная целевая подготовка инженеров и специалистов в специализированных отраслевых вузах для предприятий, обеспечивающих разработку и производство перспективных и высокотехнологичных устройств и технологий в интересах ускорения импортозамещения и модернизации производства.

### **Заключение**

Сложившаяся обстановка требует мобилизации существенных человеческих и финансовых ресурсов. По некоторым направлениям вероятен незначительный «откат» к характеристикам приборов и систем предыдущего поколения: увеличение массогабаритных характеристик, исключение ряда функций в составе комплексов и систем и т.п. Однако преодоление сложившейся ситуации в итоге обернется укреплением отечественной авиационной промышленности.

### Библиографический список

1. ТАСС. Минобороны: армия России получит в общей сложности свыше 130 модернизированных МиГ-31БМ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tass.ru/armiya-i-opk/1891627> (дата обращения 01.05.2021).
2. Ежеквартальный отчет АО «Гражданские самолеты Сухого» за 2 квартал 2018 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://web.archive.org/web/20181222180622/http://ir.superjet100.com/assets/files/library/information\\_disclosure/quarterly\\_reports/2018/SCAC%20Quarterly%20Report%20Q2018.pdf](https://web.archive.org/web/20181222180622/http://ir.superjet100.com/assets/files/library/information_disclosure/quarterly_reports/2018/SCAC%20Quarterly%20Report%20Q2018.pdf) (дата обращения 01.05.2021).
3. Мишустин: импортозамещение комплектующих МС-21 завершится в течение 2-3 лет / Парламентская газета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pnp.ru/economics/mishustin-importozameshhenie-agregatov-ms-21-mozhet-byt-zaversheno-za-2-3-goda.html> (дата обращения: 02.05.2022).

## ОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРЕЗ НАУКУ: РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ В АРЗАМАССКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ

*М.В. Кангин*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

Рассмотрены существующие на данный момент способы организации научно-исследовательской работы студентов в Арзамасском политехническом институте

**Ключевые слова:** организация научно-исследовательской работы студентов, выполнение научных исследований, финансируемых из средств промышленных предприятий, научные школы.

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева – ведущий технический вуз юга Нижегородской области, который уже пятьдесят лет выполняет важнейшую государственную задачу по подготовке инженерных кадров.

За эти годы подготовлено более 15 тыс. выпускников, которые успешно трудятся в качестве руководителей и специалистов на многочисленных производственных и научных площадках не только города и области, но и всей страны. На производственных площадках данных промышленных предприятий располагается не только самое современное промышленное оборудование, но и самое совершенное лабораторное и исследовательское оборудование, а в конструкторских и технологических отделах трудятся специалисты, создающие инновационные продукты и технологии [2].

Насущной потребностью предприятий и одной из задач АПИ НГТУ выступает подготовка квалифицированных специалистов, способных по окончании вуза иметь не только систему академических знаний, но и способность заниматься исследовательской и инновационной деятельностью в профессио-

нальной сфере для создания научного продукта, организации наукоемких производств и внедрения современных достижений науки в практику [1].

Однако результат качественной подготовки кадров, способных к самостоятельной научной и инновационной деятельности, находится в прямой зависимости от системы организации научно-исследовательской деятельности студентов в институте.

Организацию научно-исследовательской работы студентов института можно представить в виде трех уровней, которые отличаются задачами, целевой аудиторией и количеством вовлеченных в НИД студентов:

- выявление талантливой молодёжи и привлечение её к научно-исследовательской деятельности;
- организация участия студентов в выполнении разработок по направлениям научно-исследовательской деятельности кафедр;
- организация участия студентов в выполнении научных исследований, финансируемых из средств промышленных предприятий и российских фондов поддержки научной деятельности.

На этапе выявления талантливой молодёжи и привлечение её к научно-исследовательской деятельности целевой аудиторией являются студенты младших курсов бакалавриата, среди которых преподаватели института:

- проводят презентации научных направлений, в рамках которых работают учёные института;
- обучают студентов методам проведения научно-исследовательской работы;
- проводят студенческие конкурсы научных работ;
- организуют участие в студенческих научных конференциях.

На этапе организации участия студентов в выполнении разработок по направлениям научно-исследовательской деятельности кафедр целевой аудиторией являются студенты старших курсов бакалавриата и магистратуры, проявившие склонность к научным исследованиям. На данном этапе преподаватели института выступают в качестве наставников (руководителей научных работ), которые:

- формируют проектные группы студентов, оказывают помощь в выборе направлений научных интересов и тем научных проектов;
- распределяют задания участникам проектных групп;
- определяют временных точек контроля;
- консультируют проектные группы;
- по результатам выполнения проектов организуют участие студентов в международных и всероссийских конкурсах на лучшую научную работу участие в международных и всероссийских научных конференциях.

На этапе организации участия студентов в выполнении научных исследований, финансируемых из средств промышленных предприятий и российских фондов поддержки научной деятельности, целевой аудиторией являются студенты магистратуры и аспирантуры. Это студенты, раскрывшие свой творческий потенциал в области научных исследований и способные выступить пол-

ноправными участниками коллективов учёных, выполняющих научные исследования и разработки с привлечением финансирования промышленных предприятий и российских фондов поддержки научных исследований.

На этом этапе ученые института обучают своих младших коллег:

- подготовке конкурсной документации на стипендии и гранты;
- правилам регистрации результатов интеллектуальной деятельности;
- особенностям публикации результатов научных исследований в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus.

Привлекают студентов в коллективы учёных в качестве соисполнителей грантов РФФИ, РФФИ и других фондов.

Данная организация НИРС дает свои результаты. Студенты института активно участвуют в научной деятельности, в том числе в различных конкурсах научных работ. Из поданных на конкурсы в 2021 году 14 студенческих научных работ 9 работ были отмечены дипломами различных степеней. На 2021-2022 учебные годы студентами получено пять стипендий Президента РФ, семь стипендий Правительства РФ, три стипендии имени Р.Е. Алексева и одна стипендия имени академика Г.А. Разуваева.

За 2021 год на научных конференциях международного, всероссийского и регионального уровней прозвучало 70 доклада студентов и магистрантов, из них многие отмечены дипломами и почетными грамотами. Всего студентами были опубликованы 78 научных статей и тезисов докладов, из них 55 – без соавторов – работников института.

Раскрытие научного потенциала студентов дает возможность выполнять научно-технические разработки мирового уровня. Например, проект «Эвакуационная люлька для выноса детей-младенцев из зоны пожара» вошел в «Два лучших изобретения России за 2020 г.» по оценке Минобрнауки РФ, получил серебряную медаль на XXIV Московском международном салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед» в 2020 году, получил II место в XIV конкурсе объектов интеллектуальной собственности на соискание премии Нижегородской области им. И.П. Кулибина в 2021 году.

Говоря о молодежной науке самого высокого уровня, нельзя не сказать о научной школе профессора Пакшина П.В. «Управление сложными системами в условиях неопределенности».

Исследования Павла Владимировича ежегодно получают финансирование от ведущих российских фондов поддержки научных исследований таких как РФФИ, РФФИ. Павел Владимирович ко всем исследованиям привлекает аспирантов, которые по результатам выполнения проектов защищают кандидатские и докторские диссертации.

Перспективы научно-исследовательской работы студентов просматривается в следующих направлениях:

- увеличение числа студентов, вовлеченных в научно-исследовательскую работу;

- включение в учебный процесс дисциплин направленных на развитие профессиональных умений научного работника;
- выполнение курсовых проектов и выпускных квалификационных работ по актуальным тематикам предприятий;
- расширение числа предприятий и образовательных организаций для совместного выполнения научных исследований и разработок с привлечением студентов;
- разработка программы мероприятий по стимулированию выполнения работ на соискание ученой степени кандидата наук/доктора наук работниками института.

#### **Библиографический список**

1. **Кангин, М.В.** Роль АПИ НГТУ в развитии кадрового потенциала предприятий оборонно-промышленного комплекса/ М.В. Кангин // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации. Межвузовский сборник статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции С. 80-85.
2. **Приходченко, П.И.** О вкладе Арзамасского политехнического института в развитие промышленности города и приборостроения / П.И. Приходченко, И.В. Филипчук // В сборнике: Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации. межвузовский сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 46-50.

**1 СЕКЦИЯ**  
**ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ**  
**КОМПЛЕКС:**  
**ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ**

---

---

**ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИИ И КИТАЯ**

*П.С. Маслов<sup>1</sup>, Д.А. Егошина<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны*

<sup>2</sup> *Ярославский государственный технический университет*

В статье рассмотрены вопросы военно-технического сотрудничества РФ и КНР на современном этапе развития отношений между двумя странами.

**Ключевые слова:** Российская Федерация, Китайская Народная республика, сотрудничество, военная сфера, техническое сотрудничество

Отношения между РФ и КНР на современном этапе развития характеризуются стабильностью и постоянным укреплением партнёрства в разных сферах взаимодействия.

Особое внимание страны уделяют вопросам безопасности. Связано это как с глобальными вызовами на международной арене, так и с географическим положением РФ и КНР, которые имеют одну из самых протяженных границ.

И РФ, и КНР придерживаются принципа невмешательства во внутренние дела друг друга, хотя, как показывают события последних лет, активно поддерживают друг друга на международной арене. Дело в том, что РФ и КНР параллельно противостоят претензиям США и НАТО, сдерживают их экономическую и военную агрессию. Это касается, прежде всего, военно-технического сотрудничества РФ и КНР.

В 1993 году было подписано первое соглашение о том, что РФ и КНР осуществляют сотрудничество в военной сфере. Документ подписали Министерства обороны двух стран. Он действует до сих пор, так как его положения не противоречат положениям Договора о мире и сотрудничестве между РФ и КНР, подписанного в 2001 году.

Соглашение о сотрудничестве в военной сфере направлено на решение ряда вопросов, таких, как:

- информирование друг друга о национальных военных доктринах, их изменениях, проведение консультаций по практическому осуществлению мероприятий в военной сфере;
- обмен опытом по организации вооруженных сил, боевой подготовки войск и методов управления ими;
- изучение передовых методов управления людскими материальными ресурсами вооруженных сил обоих государств;

- взаимодействие штабов различных видов войск РФ и КНР;
- проведение учебно-боевых стрельб авиации и зенитно-ракетных войск КНР на полигонах МО РФ;
- консультации по решению вопросов психологического, культурного, научного развития офицеров вооруженных сил, обмен опытом по формированию правовой и социальной защиты военнослужащих обеих стран;
- обмен опытом и консультации по вопросам эффективного применения различных видов боевой техники в условиях реальных военных угроз;
- налаживание сотрудничества в вопросах обеспечения различных видов связи и взаимодействия между различными родами войск;
- решение вопросов автоматизации управления различными видами войск;
- разработка и реализация научно-исследовательских проектов в военной сфере;
- подготовка военнослужащих КНР в военно-учебных заведениях МО РФ и т.д. [1].

В Соглашении от 1993 года не затрагивались вопросы сотрудничества РФ и КНР по поводу совместного проведения военных учений различных родов войск. Однако такие учения с середины 90-х гг. XX века между войсками РФ и КНР проводятся на постоянной основе. Особенно интенсивно этот процесс проходит с 2005 года.

Отметим, что Соглашение 1993 года было выгоднее для китайской стороны, которая получила возможность знакомства с передовыми для того времени российскими технологиями в военной сфере.

Исполняя данное Соглашение, обе стороны ежегодно к 1 декабря разрабатывают план мероприятий в рамках сотрудничества на предстоящий год. Формы сотрудничества ежегодно расширяются, по отдельным вопросам подписываются конкретные соглашения, направленные на более глубокое взаимодействие по определенным вопросам. Так, в 2007 году было подписано соглашение о том, какой статус имеют войска обеих стран, находящиеся на территориях друг друга (особенно актуально это положение в период проведения ежегодных армейских игр). В 2017 году РФ выступила с инициативой разработки, принятия и подписания так называемой «дорожной карты», которая регулировала бы сотрудничество РФ и КНР в военной сфере вплоть до 2020 года.

Несмотря на то, что Соглашение постоянно дополняется и расширяется, юридически в отношениях РФ и КНР до сих пор не зафиксированы многие формы сотрудничества, которые уже де-факто имеют место быть, например, по вопросам совместных разработок вооружений, проведение совместных учений и т.д.

2020 и 2021 годы были объявлены в РФ и КНР годами сотрудничества в научно-технической и инновационной сфере. Это направление сотрудничества развивалось несмотря на пандемию. В указанные годы было проведено более тысячи мероприятий в данной сфере. Начиная от мер по противодействию эпидемии, продолжая мероприятиями в аэрокосмической отрасли, в вопросах цифровизации экономики и развитии ядерной энергетики [2].

Например, был реализован проект по открытию китайско-российского математического центра. Весной 2021 года государственная корпорация РФ «Роскосмос» и Государственное космическое управление Китая подписали меморандум, предусматривающий создание международной научной станции на Луне. Это соглашение ознаменовало начало нового этапа в развитии сотрудничества между РФ и КНР в аэрокосмической сфере.

В октябре 2021 года морской флот РФ и КНР провели учения по совместному патрулированию акватории Тихого океана в его западной части. Была сформирована эскадра, в которую вошли суда обеих стран (10 единиц), а также палубные вертолеты (6 единиц). Путь эскадры лежал через Японское море в море Восточно-Китайское. Во время патрулирования флоты обеих стран провели ряд тренировочных маневров, отладили сотрудничество в вопросах совместной навигации. Также была смоделирована боевая ситуация, для решения которой было применено оружие. Такие совместные учения различных родов армий РФ и КНР проводятся на постоянной основе

Важным направлением в развитии отношений РФ и КНР является и взаимодействие по развитию высоких технологий в рамках военно-технического сотрудничества. Это позволяет сохранять как стабильность в Азиатско-Тихоокеанском регионе, так и баланс стратегических сил в международных отношениях. Так, в 2019 году на долю КНР в заказах «Ростеха» приходилось 15 %. Сам портфель заказов оценивался сторонами в сумму, превышающую 7 млрд долларов.

В официальных источниках сообщалось, что РФ поставила в КНР системы ПВО С-400, а также истребители Су-35 (24 единицы). При этом РФ заявила о готовности осуществить дополнительные поставки данных видов вооружений. В настоящее время ждет своего завершения контракт на поставку в КНР транспортно-штурмовых вертолетов Ми-171 Ш (18 единиц).

В.В. Путин в декабре 2021 года сделал заявление о том, что страны совместно работают над различными видами высокотехнологичных вооружений в космической и авиационной сферах. Еще в 2019 году РФ помогала КНР создавать систему, позволяющую предупреждать о нападении ракетами [3].

Таким образом, можно говорить о том, что между РФ и КНР сегодня сложилось эффективное сотрудничество в военно-технической сфере, которое в условиях становления многополярного мира будет продолжено.

#### **Библиографический список**

1. Лузянин, С.Г. Россия - Китай: формирование обновленного мира / С. Г. Лузянин ; отв. ред. В. С. Мясников ; предисл. В. Никонова ; Институт Дальнего Востока Российской академии наук. – Москва : Весь Мир, 2018. – 328 с.
2. Российско-китайский диалог: модель 2020: доклад № 58/2020 / [С. Г. Лузянин (рук.) и др.; Х. Чжао (рук.) и др.]; Российский совет по международным делам (РСМД). – М.: НП РСМД, 2020. – 254 с.
3. Россия и Китай: проблемы стратегического взаимодействия: сборник Восточного центра / Забайкальский государственный университет; научные редакторы Н. А. Абрамова, Т.В. Колпакова, Т. Н. Кучинская. – Чита: ЗабГУ, 2019. – Вып. 22. – 113 с.

## ЖЕНЩИНА В КОСМОСЕ: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ СООТЕЧЕСТВЕННИЦ

*И.А. Субботина*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

**Аннотация.** Статья посвящена освещению вопроса об участии женщин в покорении космического пространства. Перечислены участницы космических полетов из СССР и РФ. Показаны из достижения и результаты работы в ходе космических полетов.

**Ключевые слова:** космос, космонавтика, женщина-космонавт, полет.

Условия развития биполярного мира, складывавшиеся после окончания Второй мировой войны, ставили СССР перед необходимостью активного и динамичного развития и совершенствования отечественного ОПК. В рамках гонки вооружений и наращивания темпов обороны государства одной из приоритетных задач ставилось покорение космического пространства.

Космическая программа СССР в плане развития ОПК занимала одно из приоритетных позиций с точки зрения неизвестности и неизведанности. Были предположения о наличии богатых ресурсов и возможностей для дальнейшего использования в хозяйственной деятельности государства, начиная с тяжелой промышленности.

Полету Юрия Гагарина предшествовали годы подготовки и глубоких научно-технических разработок. Среди важнейших вех освоения космического пространства следует назвать запуск первого искусственного спутника Земли, выход на гелиоцентрическую орбиту станции «Луна-1», полет собак Белки и Стрелки с успешным возвращением на Землю [6].

12 апреля 1961 года стало знаковой датой в истории XX века. Однако после грандиозного успеха и славы Юрия Гагарина Советскому Союзу было крайне важно удержать лидерство во всех компонентах космической программы в условиях холодной войны. Было принято решение готовить женский полет.

К настоящему моменту более 120 женщин покорили космическое пространство, однако только пятеро из них являются нашими соотечественницами [5]. Первой из женщин космос покорился гражданке Советского Союза Валентине Терешковой. Ее единственный полет длительностью около трех суток состоялся 16 июня 1963 года. Подготовка его велась около двух лет в условиях секретности. Окончательный состав женского отряда космонавтов был сформирован к началу 1962 года при непосредственном участии Сергея Королева [1].

Вошедшие в отряд женщины (Валентина Терешкова, Жанна Ёркина, Татьяна Кузнецова, Валентина Пономарёва и Ирина Соловьёва) подвергались тем же нагрузкам, что и мужчины. В мировой практике не было опыта поведения

женского организма в условиях невесомости, поэтому требовалось пройти полную подготовку, протестировать все возможности, оценить способности.



**Рис. 1. Валентина Терешкова**

Проблемы с костюмом и неудобная конструкция кабины аппарата помешали Терешковой выполнить все задания в полном объеме. Однако ей удалось совершить 48 витков вокруг Земли в одиночку.

Светлана Савицкая стала второй представительницей СССР, побывавшей в космосе. Она совершила два полета в космическое пространство. 25 августа 1984 года первой в истории среди женщин вышла в открытый космос, пробыв 3 часа 35 минут вне корабля [3].

Работа Савицкой состояла в испытании инструментов, используемых в условиях микрогравитации. При нахождении в открытом космосе они с космонавтом Джанибековым испытывали универсальный ручной инструмент, с помощью которого можно было сваривать, резать и паять металл [2].

Елена Кондакова совершила самый длительный полет среди женщин длительностью в 169 дней и стала третьей представительницей России в космосе.



**Рис. 2. Светлана Савицкая**



**Рис. 3. Елена Кондакова**

Полетное задание Елены состояло в выполнении функций бортинженера экспедиции. В течение полета космонавтам пришлось столкнуться с трудностями в электроснабжении и техническими проблемами космической станции.

Елена Серова стала четвертой представительницей России в космосе. Ее полет имел длительную подготовку, поэтому состоялся спустя семнадцать лет после экспедиции Кондаковой. Будучи бортинженером корабля «Союз ТМА-14М», Елена Серова стала первой россиянкой на МКС. В течение полета экипаж провел более 50 научных экспериментов, результаты которых применялись в сфере медицины [4].



**Рис. 4. Елена Серова**

В завершении следует упомянуть также о сенсационном полете в космос актрисы Юлии Пересильд, выполненном в октябре 2021 года, целью которого являлась съемка материала для художественного фильма. Экипаж прошел длительную подготовку, включающую теоретическую и практическую части. За

двенадцать дней, проведенных в космосе, было отснято около тридцати часов рабочего материала, необходимого для кинематографического монтажа.

Несмотря на шестидесятилетнюю историю покорения космоса человеком, социум будет с благодарностью и восхищением вспоминать участие женщин в этом процессе, поклоняясь их безграничным возможностям и самоотверженности.

#### **Библиографический список**

1. **Барсуков, В.Л.** Освоение космического пространства в СССР [Текст] / В.Л. Барсуков. – М.: Наука, 1982.
2. **Желтикова, И.В.** Освоение космоса и торжество науки как образ будущего России [Текст] / И.В. Желтикова // Булгаковские чтения. - 2014. - № 8. - С. 236-242.
3. **Касьян, И.И.** Первые шаги в космос [Текст] / И.И. Касьян. - М.: Знание, 1985.
4. **Пешкова, А.Е.** Женщины в космосе / А.Е. Пешкова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики. В 3-х томах. - Красноярск, 2021. - С. 763-765.
5. **Ситдикова, А.Г.** Женщины в космосе / А.Г. Ситдикова, А.В. Лонин // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. - 2014. - Т. 2. № 10. - С. 66-67. - Электронный ресурс // URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22549074> (дата обращения: 03.03.2022).
6. **Субботина, И.А.** К шестидесятилетию первого полете человека в космос / И.А. Субботина // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации. Межвузовский сборник статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции - Электронный ресурс // URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_47803198\\_82958505.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_47803198_82958505.pdf) (дата обращения: 02.03.2022).

## **ПИОНЕР СОВЕТСКОЙ РАДИОТЕХНИКИ – ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ ТАТАРИНОВ**

***Н.А. Пакина***

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассказывается о второй половине жизни известного советского радиотехника Владимира Васильевича Татарина. Акцент сделан на деятельность Татарина в Нижегородской радиолоборатории, где в полной мере раскрылся его творческий потенциал, как экспериментатора. Кроме того, освещены вопросы о вкладе ученого в подготовку специалистов в области радиосвязи.

**Ключевые слова:** В.В. Татарин, Нижегородская радиолоборатория, антенны, радиопромышленность.

Будущий известный специалист в области радиотехники Владимир Васильевич Татарин приехал в Нижний Новгород в 1903 году после окончания физико-математического факультета Московского университета [9, л. 9, 14].

Его деятельность началась как педагогическая. Сначала он преподавал математику и физику в женской прогимназии Н.В. Холодковского, а в 1905 году, узнав о появившейся вакансии в Нижегородском Мариинском институте благородных девиц, подал прошение в Совет этого учебного заведения [9, л. 1]. С Мариинским институтом у него было связано тринадцать лет жизни, там кроме математики и физики он также проводил занятия по космографии и методике преподавания. Некоторый период, с 1911 по 1917 год, Татаринов работал по совместительству преподавателем физики и космографии в Кадетском корпусе [9, л. 33]. При всей видимой успешности службы на педагогическом поприще (в 1916 году – статский советник, пожалованный орденом Св. Анны 2-й степени), полного удовлетворения от подобной деятельности он не получал.

Послереволюционная жизнь В.В. Татаринова (рис. 1) сложилась успешно во многом благодаря тому, что в городе в августе 1918 года появился такой научно-исследовательский центр в области радиотехники как Нижегородская радиолaborатория (НРЛ). Она была расположена на Верхневолжской набережной в бывшем семинарском общежитии (рис. 1).

В этой лаборатории собрали специалистов из многих мест. Это были *«люди разной квалификации, различной подготовки и несхожих характеров дружно включились в общий коллективный труд, направленный к четко поставленной цели, и добились исключительной продуктивности»* [4, с. 70]. Строго говоря, НРЛ представляла собой организацию, объединяющую несколько лабораторий. Так сложилось, что Владимир Васильевич стал одним из ее организаторов.

В.В. Татаринов с 1918 года работал в Нижегородском государственном университете на кафедре физики, являясь преподавателем по практическим занятиям по физике (или, как тогда принято было говорить, он вел физический семинарий) – с 6 августа 1918 по 16 января 1929 года. Кроме того, работал Татаринов и педагогическом институте, где читал для четверокурсников такие дисциплины, как термодинамику, теорию Максвелла, электромагнитную теорию света в связи с электронной теорией [10, л. 10].

В 1919 году профессор Владимир Константинович Лебединский привлек его к работе в НРЛ сначала в качестве ассистента, позже, как ученого-специалиста одной из лабораторий [1, с. 10]. В этой организации, как и в университете, Татаринов часто принимал участие в демонстрационной деятельности, например, на популярных лекциях, проводимых сотрудниками НРЛ.

Кроме того, во время проведения Первого Всероссийского радиотехнического съезда в Нижнем Новгороде 10-13 сентября 1920 года было организовано ознакомление приехавших специалистов с работами радиолaborатории. Известно, что Татаринов 13 сентября во второй половине дня выполнял обязанности «объяснителя» (гида) по измерительной лаборатории, которая размещалась в комнате 220 [2, с. 18].



Рис. 1. В.В. Татаринов,  
1920-е годы



Рис. 2. Здание НРЛ

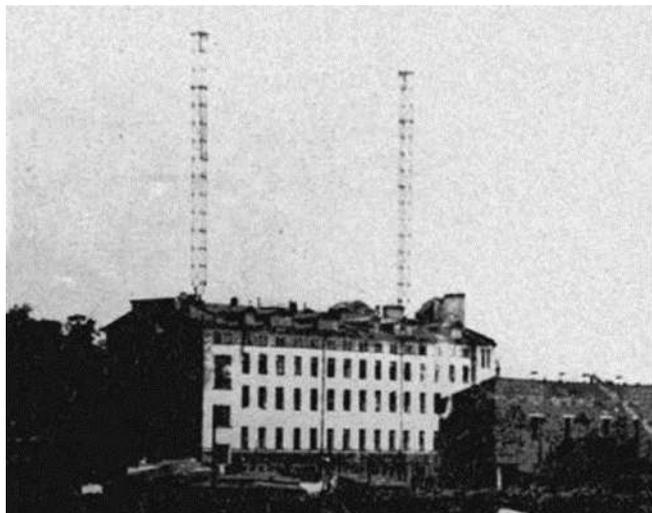
Уже в первые годы работы в Нижегородской радиолaborатории В.В. Татаринов провел серьезное теоретическое исследование. Его работа «О незатухающих колебаниях связанных вибраторов» была доложена на 34-й научно-технической беседе в НРЛ и опубликована в журнале «Телеграфия и Телефония без проводов». 1921. № 11. С. 82-103. Ряд исследований законов незатухающих колебаний связанных контуров был выполнен им в течение 1921–1923 годов.

Одним из практических результатов исследования стал разработанный в лаборатории способ одновременной радиопередачи двумя волнами с одной антенны [6, с. 20]. Первые опыты такой передачи из Нижнего Новгорода в Москву произведены осенью 1923 года [5, с. 20]. Работа В.В. Татарина была удостоена премии Совета НРЛ в 1 млн рублей. Он не только создал теорию и инженерный метод расчёта коротковолновых направленных антенн, но и сконструировал несколько типов таких антенн в 1925. Им в нижегородский период также была разработана первая самолетная антенна [3, с. 194.].

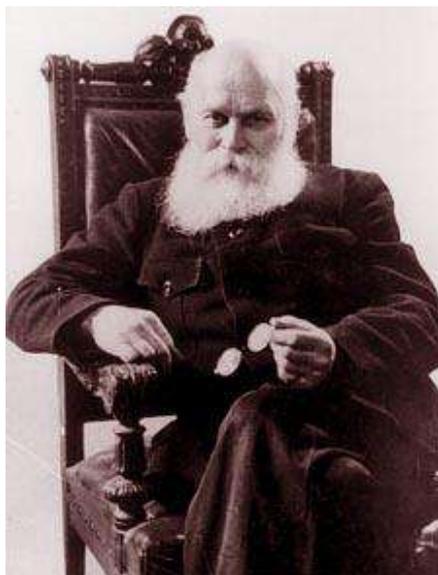
По отзывам его коллеги профессора В.К. Лебединского в 1923 году: «*При экспериментальной проверке своих выводов В.В. Татаринов обнаруживает большое искусство в физическом экспериментировании. В.В. Татаринов очень плодовитый, неустанный научный работник*». Как отмечали сослуживцы Татарина, он был простым, деликатным и чутким человеком [8, с. 29, 30].

1 октября 1928 года, Нижегородская радиолaborатория была переведена в Ленинград, где, после объединения с Ленинградской радиолaborаторией, появилась Центральная радиолaborатория (ЦРЛ) Электротехнического треста заводов слабых токов. Туда же переехал основной состав ее сотрудников. Татарин отправился в Ленинград, а точнее в Детское Село (в прошлом Царское Село, совр. название г. Пушкин) после того, как провел все занятия осеннего семестра в университете. Дальнейшие шесть лет жизни Татарина были связаны с ЦРБ (рис. 3). В 1932-1935 годах профессор В.В. Татарин читал курс по

радиосетям на радиотехническом факультете Ленинградского электротехнического института связи [7].



**Рис. 3. Здание ЦРЛ (из архива ФГУП «НИИ Вектор»)**



**Рис. 4. В.В. Татаринов. Конец 30-х годов**

Начиная с 1934 года, Татаринов руководил работами по использованию УВЧ в медицине во Всесоюзном институте экспериментальной медицины (ВИЭМ). С 1935 года работал в радиопромышленности. В 1940 году он разработал оригинальную (весьма экономичную) схему настройки фидеров на бегущую волну. В общей сложности В.В. Татаринов (рис. 4) опубликовал 51 научную работу и получил 8 патентов и авторских свидетельств на изобретения. Под конец жизни он серьезно болел, но до последнего не прекращал работать. Скончался Владимир Васильевич 11 мая 1941 года в Ленинграде [6, с. 78].

За прошедшие восемьдесят лет в отечественной радиотехнике достигнуты огромные успехи. При том, что конструкции современных антенн разительно отличаются от того, что было создано в 20-30-е годы прошлого века, не стоит забывать, что в этой сфере достойное место занимают работы профессора Владимира Васильевича Татаринова.

#### **Библиографический список**

1. «Нижний Новгород – столица радио». Серия публикаций Университета имени Лобачевского и Музея «Нижегородская Радиолaborатория». Выпуск 3. Радиотелефония. 1919 г. – Электронный ресурс // URL: [http://www.nrl.unn.ru/wp-content/uploads/sites/36/2021/01/NN\\_STOLITSA\\_radio\\_Vypusk\\_03.pdf](http://www.nrl.unn.ru/wp-content/uploads/sites/36/2021/01/NN_STOLITSA_radio_Vypusk_03.pdf) (дата обращения 25.11.2021).
2. «Нижний Новгород – столица радио». Серия публикаций Университета имени Лобачевского и Музея «Нижегородская Радиолaborатория». Выпуск 4. Радиоголос. 1920 г., с. 18 – Электронный ресурс // URL: [http://www.nrl.unn.ru/wp-content/uploads/sites/36/2021/02/NN\\_STOLITSA\\_radio\\_Vypusk\\_04.pdf](http://www.nrl.unn.ru/wp-content/uploads/sites/36/2021/02/NN_STOLITSA_radio_Vypusk_04.pdf) (дата обращения 25.11.2021).

3. Нижегородские пионеры советской радиотехники: сб. статей / АН СССР, Ин-т истории естествознания и техники, НТОРЭС им. А.С.Попова, ЦМС им. А. С. Попова; сост. Б.А.Остроумов. – М.-Л.: Наука, 1966. С. 17–44.
4. **Остроумов, Б.А.** В.И. Ленин и Нижегородская радиолоборатория: История лаборатории в документах и материалах / Б.А. Остроумов; АН СССР, Ин-т ист. естест. и техники, ЦМС имени А. С. Попова; отв. ред. Н. А. Никитин. – Л.: Наука, 1967. – 407 с.
5. Пять лет работы Нижегородской Радиолоборатории Народного комиссариата почт и телеграфов. 1918–1923. – Нижний Новгород, 1923.
6. **Руцук, И.М.** Владимир Васильевич Татаринов / отв. ред. Б.В. Брауде, В.Ю. Рогинский. – Л.: Наука, 1976. – 84 с.
7. **Силенко, Д.В.** Нижегородская радиолоборатория и Нижегородский государственный университет / Д.В. Силенко, Ш.Д. Китай // Музей университета Лобачевского – Электронный ресурс // URL: <http://museum.unn.ru/istoriya-nngu/nizhegorodskaya-radiolaboratoriya-i-nizhegorodskij-gosudarstvennyj-universitet/> (дата обращения: 23.11.2021).
8. **Силенко, Д.В.** Сотрудничество радиолоборатории и университете / Д.В. Силенко // Нижегородский музей. 2008. № 16. С. 28–35.
9. Центральный архив Нижегородской области (ЦАНО). Ф. 565. Оп. 461. Д. 161.
10. ЦАНО. Ф. Р-2734. Оп. 2. Д. 73.

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАЛЫХ ГОРОДОВ ГОРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ В 1950-1970 ГОДЫ**

*Хорева Н.В., Яшина М.О.*

*Арзамасский филиал Нижегородского государственного университета  
им. Н.И. Лобачевского*

В статье рассмотрено формирование промышленного персонала на предприятиях малых городов в Горьковской области.

**Ключевые слова:** экономика, увеличение производства, урбанизация, повышение квалификации, рабочий класс

Численность городского населения сравнивалась с численностью сельского населения на рубеже 1950-х годов. Далее, в последующие десятилетия, увеличивалась численность городского населения. В урбанизированных областях численность городского населения составляла 70%. Данный процесс был связан с постулатами КПСС, которые пропагандировали тезис о преодолении существенных различий между селом и городом, понимаемой большей частью бюрократии как переход всех сельских жителей в разряд городских. Но, с другой стороны, экстенсивные методы развития экономики приводили к увеличению производства за счет вовлечения в оборот все большего числа людских и материальных ресурсов. Отсюда строительство новых городов, строительство новых предприятий, расширение населенных пунктов.

Активный процесс урбанизации шел в Горьковской области. Для сравнения, в 1939 году было 26 поселков городского типа и 19 городов, то к 1970 году

стало 62 поселка и 24 города. Число жителей Арзамаса за это время выросло на 261, 6%, Лукоянова – на 185,8%, Павлова – на 195,1%, Сергача – на 420, 8%. Городское население на 1 января 1972 года в Горьковской области составляло 66%. Это было выше общего процента населения по СССР, где оно составляло 58% [1].

В Арзамасе можно наблюдать массовый наплыв сельчан в город. По переписи населения 1920 года численность Арзамаса составила 13917 человек, на 1 января 1962 года – 46, 4 тыс. человек, на 1 января 1967 года – 56,8 тыс. человек, население Арзамаса в 1978 году составляло 92,5 тысяч человек. Также потребовалось много средств на повышение и подготовку квалификации больших масс вчерашних крестьян. Для города обострились проблемы жилья, расширения школьной сети, детских садов и медицинского обслуживания.

В данный период в Горьковской области совершенствовалась транспортная система, развивалась система населенных пунктов. Все это способствовало развитию урбанизации. Оставаясь жителем села, по месту работы человек становился горожанином. Жилищное строительство в Горьковской области отставало от потребностей производства. Обеспеченность кадрами, например, Заволжья, зависела от Городца, т.к. часть рабочих расселялась в Городце, который стал продолжением Заволжья. В трудовые связи с Заволжьем вступили и другие районы и благодаря маятниковым связям стали включаться поселки.

В связи с развитием маятниковых трудовых связей в 1950-70-е годы в Горьковской области возник сложный комплекс проблем. В миграции были вовлечены жители практически всех поселений Горьковской области. Оценка роли экономической и социальной миграции противоречива. С одной стороны, маятниковые трудовые связи сдерживали приток населения в города области. Участие в трудовых поездках позволяло каждому подобрать такую работу, которая бы соответствовала индивидуальным склонностям, уровню образования и физическим возможностям. С другой стороны, в поездки вовлекалась молодежь, наиболее подвижная – с точки зрения получения новых профессий – часть рабочей силы. Однако изменение места работы оставляло больше шансов на возвращение работника в сельское хозяйство, чем переселение его в город [4, с 14].

Источники пополнения рабочего класса Горьковской области были различны. Для старых промышленных районов характерным являлось преобладание потомственных рабочих над выходцами из Горьковской и других областей. Например, среди рабочих выксунских заводов 68,5 % родились в Выксе, 9% - в Горьковской и 22,4% – в соседних областях, главным образом во Владимирской. Следовательно, сельская молодежь пополняла коллективы этих заводов гораздо в меньшей степени, чем рабочая молодежь преимущественно из семей местных рабочих. Иная картина формирования рабочих коллективов на новых предприятиях, особенно в таких городах, как Дзержинск, Заволжье, Кстово. На кстовском Новогорьковском заводе самую большую группу коллектива (42,2%) составляют уроженцы Горьковской области, 33,6% рабочих приехали из других областей и 24,2% родились в старом непромышленном Кстово и Кстовском

районе. Преимущественно за счет сельской молодежи формировались рабочие коллективы на новых предприятиях старых городов – центров сельскохозяйственных районов юга Горьковской области – Арзамаса, Сергача, Лукоянова и др. [1].

Ликвидация Арзамасской области весной 1957 года усугубила сложную ситуацию с трудовыми ресурсами в Арзамасе. Секретарь горкома А.И. Меркулов предложил приборостроителям принять на завод полторы тысячи человек. Так завод, в котором сначала все было в минимальном объеме (по одному – два человека в отделе) начал набирать силу. Сотни уезжали в другие города на учебу, чтобы вернуться специалистами. В то время найти работу в городе было делом непростым, и поэтому, не дожидаясь окончания строительства завода, руководство области и министерства приняло решение передать заводу часть зданий, в которых раньше размещались областные учреждения, и на этих площадях организовать производство продукции. В большинстве случаев выполняемые виды работ не требовали высокой квалификации и были вполне по плечу вчерашним крестьянам, которые, став рабочими, продолжали заниматься физическим трудом [2].

В своей массе бывшие сельчане не имели должной образовательной и профессиональной подготовки, что тормозило улучшение качественного состава рабочей силы и рост производительности труда. Это толкало на дополнительное, незапланированное втягивание на заводы, стройки и т.д. людей, необходимых для выполнения намеченного плана. Положение существенно изменилось в годы 8-й пятилетки, когда, с одной стороны, естественный прирост трудоспособного населения стал вдвое больше, чем в 1961-1965 годы [3, с.4].

В 1970-е годы высшее образование считалось престижным, росла численность интеллигенции и молодежь после школы стремилась поступать в высшие учебные заведения. Возник дисбаланс рабочих мест, т.к. инженерные и технические должности в городах были заполнены с избытком. Но много оставалось свободных вакансий, где не требовалась особая квалификация и требовался в основном физический труд. Ставка на всеобщую автоматизацию процесса производства в этот период себя не оправдала.

Труд ИТР начал постепенно обесцениваться. «Уравниловка» при оплате труда в течение многих лет способствовала потере интереса рабочих к труду. Этот процесс усилила система жесткого распределения молодых специалистов. Получая положенных выпускников вуза или техникума, предприятие не могло обеспечить их работой по специальности и было вынуждено использовать кадры на «подхвате» для выполнения технической или неквалифицированной работы. В связи с тем, что в 1960-70-е годы шел процесс большого оттока людей из села, там возникла проблема нехватки рабочих рук. С середины 1970-х годов становится типичным использование инженеров в качестве рабочих. Постоянный и массовый характер приобретают принудительные, бесплатные отработки городских и сельских специалистов на простейших сельскохозяйственных работах в колхозах и совхозах Арзамасского района. Поэтому большое рас-

пространение получила практика «шефской помощи» колхозам и совхозам [2, с. 21].

В этом проявилось не только отношение партийной элиты к интеллигенции, не только развал сельского хозяйства, нуждавшегося в использовании принудительного труда, но и диспропорции в воспроизводстве специалистов и сельскохозяйственных рабочих через систему профессионального образования. В 1978 году было принято постановление «О совершенствовании планирования подготовки специалистов и улучшения использования выпускников высших и средних специальных учебных заведений», в соответствии с которым были разработаны три документа: отраслевые методические указания для научного определения перспективной потребности в специалистах, номенклатура должностей, которые должны замещаться специалистами с высшим и средним специальным образованием, нормативы насыщенности специалистами.

В Арзамасе складывалась такая ситуация: те группы интеллигенции, в которых горожане испытывали потребность (врачи, учителя), росли медленнее, чем те, количественная потребность в которых уменьшалась по мере их невосребованности вследствие реального технического состояния экономики. Инженерные рабочие места в городе росли соответственно экстенсивному росту производства, количество рабочих мест учителей и врачей могло расти только при опережающем росте финансирования просвещения, здравоохранения и сферы обслуживания из госбюджета, что в принципе было невозможно в условиях затратной экономики, порождающей пресловутый «остаточный» подход к социальной сфере [3, с. 23].

Таким образом, в 1950-70-е годы на предприятиях Горьковской области наблюдался процесс увеличения численности промышленно-производственного персонала, и в первую очередь рабочего класса, который шел за счет выходцев из сельской местности. Пополнение рабочих кадров горьковских предприятий осуществлялось преимущественно за счет молодежи, окончившей неполные средние, средние общеобразовательные школы и профессионально-технические училища области. Причем доля лиц, окончивших ПТУ, техникумы, другие средние профессиональные учебные заведения среди рабочих промышленных предприятий, непрерывно возрастала. Это привело к значительному повышению профессионально-квалификационного уровня промышленно-производственного персонала городских предприятий и организаций. Улучшение профессионального состава промышленных рабочих и служащих, повышение уровня специальных знаний и квалификации не могло не оказать влияние на освоении новых технологий и производств, выпуске новой, более сложной и качественной продукции в Горьковской области.

#### **Библиографический список:**

1. Арзамасский государственный архив Нижегородской области (АГАНО). Ф. Р-664. Оп. 1. Д. 6. Л. 2-6.
2. Итоги Всесоюзной переписи населения 1970 г. Т. 5. – М., 1973. С. 17.

3. **Лельчук, В.С.** Промышленность и рабочий класс СССР в условиях НТР / В.С. Лельчук, Е.Э. Бейлина. М., 1987. С. 116
4. **Ниякий, В.В.** Нижегородцы и горьковчане. Горький, 1975. С. 169.
5. **Смирнова, В.М.** Город Горький и его спутники // Записки краеведов. Горький, 1983. С.13.
6. **Спиридонов, Г.В.** На крыльях профессионализма. Н. Новгород, 2000. С.10.

## **ЗАТО КАК КОЛЫБЕЛЬ ЗАРОЖДЕНИЯ НОВЫХ НАУКОЁМКИХ ОТРАСЛЕЙ ОПК (НА ПРИМЕРЕ ЗАТО САРОВ)**

***А.В. Фадеев***

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассмотрены условия создания, развития и совершенствования наукоемких отраслей ОПК на примере ЗАТО Саров.

**Ключевые слова:** оборонно-промышленный комплекс, ядерное оружие, ЗАТО, Саров, национальная безопасность, атомная промышленность, Росатом.

Оборонно-промышленный комплекс (далее ОПК) СССР сформировался в послевоенные годы в условиях «холодной» войны. Представлял из себя постоянно действующую систему взаимоотношений субъектов социально-политической и экономической структуры советского общества, связанных с обеспечением военной безопасности страны. Далее последовало формирование закрытых секретных поселений.

Закрытым административно-территориальным образованием (далее ЗАТО) признается имеющее органы местного самоуправления административно-территориальное образование, созданное в порядке, предусмотренном статьей 2 «О закрытом административно-территориальном образовании», в целях обеспечения безопасного функционирования находящихся на его территории организаций, осуществляющих разработку, изготовление, хранение и утилизацию оружия массового поражения, переработку радиоактивных и других представляющих повышенную опасность техногенного характера материалов, военных и иных объектов (далее – организации и (или) объекты), для которых в целях обеспечения обороны страны и безопасности государства устанавливается особый режим безопасного функционирования и охраны государственной тайны, включающий специальные условия проживания граждан. [1]

Только Президент Российской Федерации принимает решение о создании (преобразовании) или реорганизации ЗАТО. Полномочия органов государственной власти субъекта федерации в отношении ЗАТО, определяются Федеральными органами государственной власти Российской Федерации. [1]

Территория и границы закрытого административно-территориального образования определяются исходя из особого режима безопасного функционирования организаций и (или) объектов, а также с учетом потребностей раз-

вития населенных пунктов [1]. Одним из примеров таких городов является ЗАТО Саров.

Нынешний статус ЗАТО Саров и особые условия его существования определены Законом Российской Федерации «О закрытом административно-территориальном образовании», который был принят 14 июля 1992 года. Этот закон распространяется на все закрытые города России. Инициатива разработки и принятия этого закона принадлежит г. Сарову.

На январь 2022 года в РФ числится 38 объектов ЗАТО. Их можно классифицировать по специализации следующим образом: ЗАТО, созданные в целях обеспечения функционирования объектов Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»; ЗАТО, созданные в целях обеспечения функционирования объектов Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»; ЗАТО, созданные в целях обеспечения функционирования объектов Министерства промышленности и торговли РФ; ЗАТО, созданные в целях обеспечения функционирования объектов Министерства обороны РФ; ЗАТО, обеспечивающее управление строительства.

История становления ЗАТО в СССР начинается после окончания Второй мировой войны, когда завязалось противостояние двух сверхдержав, которые имели разную идеологию. С середины 1940-х годов началась активная гонка вооружений, обозначилось начало «холодной» войны. В первое время США намного превосходили СССР. Именно поэтому появилась нужда не просто в каких-то фабриках, заводах, а в целых городах, деятельность которых направлена была на производство оружия и разработку новейших технологий. Также появилась необходимость в секретности разработок и невозможности проникнуть на территории закрытых городов. Они не были отмечены на картах.

Власти СССР не первые, кто пришел к организации городов закрытого типа. Впервые подобное явление появилось еще в Англии в 1915 году. На границе с Шотландией было открыто производство по созданию бездымного пороха. А в 1943 году в США был организован закрытый город после запуска проекта по разработке ядерного оружия.

Поэтому советская власть также решила организовать закрытое поселение для того, чтобы не рассекретить производство атомной бомбы. СССР сильно отставал в вооружении от Великобритании и Соединенных Штатов Америки, но у него очень хорошо работала разведка. Благодаря опытным разведчикам была получена информация, которая помогла ускорить развитие вооружения. Комитет по обороне СССР принял постановление о начале работ по ядерному вооружению страны.

После второй мировой войны на советский атомный проект начали работать результаты, полученные германскими учеными; из Германии вывезли и несколько тонн малообогащенного урана, и необходимое оборудование. К слову, если бы немецкое руководство поверило бы в возможности ядерного оружия, то они сделали бы атомную бомбу еще во время войны. Точно так же в те годы сомневался в ее возможностях и И.В. Сталин, окончательно поверивший в силу «атома» лишь после бомбардировки городов Хиросимы и Нагасаки. В

1946-1947 годах началось строительство конструкторского бюро при Лаборатории №2 в зоне Мордовского заповедника, частично даже в монастырских строениях, на месте современного ЗАТО Саров.

Еще во время Великой Отечественной войны Ю.Б. Харитон, используя опыт и знание физики взрыва, вел большую экспериментальную и теоретическую работу по обоснованию новых видов вооружений Красной Армии и изучению новых видов вооружений противника, а также по суррогатированным ВВ, продолжая руководить отделом теории взрывчатых веществ в институте химической физики.[2]

В 1943 году И.В. Курчатов, который возглавил в СССР Атомный проект, привлекает Харитона к разработке атомного оружия и зачисляет в состав Лаборатории № 2 АН СССР. Выбор И.В. Курчатова сознателен и однозначен – привлечь лидера отечественной науки по цепным реакциям к реализации цепной реакции ядерного взрыва [2].

9 апреля 1946 года было принято постановление Совета Министров СССР № 805-327сс о создании КБ-11 при Лаборатории № 2 АН СССР (с 1949 года – Лаборатории измерительных приборов АН СССР) [3]. Начальником КБ-11 по предложению Ю.Б. Харитона был назначен Павел Михайлович Зернов, а главным конструктором – Юлий Борисович Харитон.

Первый прототип атомной бомбы получил название РДС-1. За основу бомбы в 22 килотонны был взят «Толстяк» – бомба, сброшенная на Нагасаки. По словам сотрудников уже сегодняшнего Курчатовского института, у команды Курчатова были два варианта бомбы – по американскому образцу и «по оригинальному нашему проекту», но так как И.В. Сталина и Л.П. Берия интересовал быстрый политический результат, решили «взрывать то, что уже было испытано». [4]

Первая советская атомная бомба была испытана. Быстро стали появляться новые задачи государственного значения, для решения которых требовались еще специалисты. Расширялось и КБ-11, начал работать серийный завод по производству ядерных боеприпасов. Многие специалисты приезжали в поселок со своими семьями, но в основном ехали неженатые. Жили в городских общежитиях. Быстро знакомились и создавали семьи. В 1950-е годы рождаемость в секретном городе превышала среднюю по стране в несколько раз. Население росло, а с ним и поселок, превращаясь в молодой город.

Перед строителями стояло две задачи: создать научно-экспериментальную и опытно-производственную базу ядерного центра и построить современный город с развитой инфраструктурой. Для ученых строилось комфортное жилье. Каждый этап развития архитектуры и строительства в послевоенные годы нашел свое отражение в облике города.

Отличительная черта ЗАТО Саров – большое число талантливых и умных людей. На объект приглашались только обладатели «красных» вузовских дипломов, высококвалифицированные рабочие, профессионалы высшей пробы. Представители института специально выезжали в самые престижные вузы страны для отбора наиболее способных студентов и предлагали им интересную

работу и хорошие условия. Также делался упор на развитие местного образования. В городе был открыт институт, где преподавали известные ученые: Д.А. Франк-Каменецкий, Л.В. Альтшулер, Е.А. Негин, А.И. Павловский, Ю.Н. Бабаев и многие другие. Построили профессиональные училища.

С образованием КБ-11 школы были изъяты из административного подчинения Мордовской АССР и переданы в распоряжение объекта. Предприятия города оказывали школам шефскую помощь. Они создавали учебные мастерские и обеспечивали их необходимым оборудованием, выделяли для работы в школах специалистов – учителей труда и руководителей технических кружков. С появлением КБ-11 в городе образовано крупнейшее муниципальное предприятие «Детские сады Сарова». Институт заложил прочный фундамент строительства и содержания детских садов и яслей. Городская администрация достойно приняла от него эстафету и внимательно следит за работой дошкольных учреждений.

В будущий город прибывала научно-техническая элита из многих городов СССР. Так что без обеспечения нормальной культурной жизни обойтись было нельзя. Театр был открыт в 1949 году, во время самой напряженной работы над созданием первой атомной бомбы. В ту пору свободного выезда с территории «объекта» для его сотрудников еще не было.

Также для жителей Сарова строились кинотеатры, музеи, художественные школы, библиотеки, спортивные объекты, места для отдыха. Развивалась медицина: были построены аптеки, поликлиники, санаторий-профилакторий и медицинский городок, где организовано не только общее медицинское обслуживание, но и велись работы по выявлению профзаболеваний. Была организована биофизическая лаборатория для обследования работников основного производства.

От важности объектов внутри города зависит степень закрытости. Многие работники, конечно, сталкиваются с определенными неудобствами режимного объекта. Естественно, в связи с этим у них повышенные зарплаты, а также более благоприятные условия, чем в обычных городах. В ЗАТО всегда делается упор на развитие городской инфраструктуры. Уровень преступности очень низкий. Все делается для организации комфортного проживания работников предприятия.

Экономический и политический кризис 1990-х годов затронул развитие ЗАТО, как и всего российского общества. Резкое сокращение ассигнований привело к деградации оборонных предприятий, большому оттоку квалифицированных кадров в другие сферы деятельности (бизнес, эмиграция и т.д.). Военная продукция оборонной промышленности сократилась в 1997 года по сравнению с 1991 года почти на 90%. [5] В бедственном финансовом положении оказались и Вооруженные Силы России.

С февраля 1992 года КБ11 получил новое название – Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ).

Уже с 1999 года военно-промышленная политика России изменилась в направлении роста финансирования ОПК, консолидации и повышения конкурентоспособности экспорта вооружений и военной техники. Эта область начала постепенное наращивание своих мощностей.

Главная задача ядерного центра сегодня – обеспечение и поддержание надежности и безопасности ядерного оружия России. На данный момент в состав РФЯЦ-ВНИИЭФ входят несколько институтов, конструкторские бюро и тематические центры, объединенные общим научным и административным руководством [6].

В институте интенсивно ведутся работы по повышению технических характеристик ядерного оружия, его эффективности, безопасности и надежности. В современных условиях, когда действует договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, основные направления исследований по решению ядерно-оружейных задач сосредоточены в расчетно-теоретических, конструкторских и экспериментальных подразделениях института. [6]

Ядерно-оружейная деятельность РФЯЦ-ВНИИЭФ ведется в соответствии с правительственными программами по развитию ядерных вооружений и ядерно-оружейного комплекса страны в рамках обязательств России по выполнению Договора о нераспространении ядерного оружия и соглашений по совершенствованию системы экспортного контроля. [6]

Высокий научно-технический потенциал позволяет РФЯЦ-ВНИИЭФ расширять сферу исследований и разработок и быстро осваивать новые области высоких технологий, получать научные результаты мирового уровня, проводить уникальные фундаментальные и прикладные исследования.

Интерес разработкам РФЯЦ-ВНИИЭФ проявляют как предприятия оборонно-промышленного комплекса, так и гражданской сферы. Среди них есть предприятия Ростехнологий, Роскосмоса, РЖД, предприятия нефтегазовой отрасли. Совместно с Министерством обороны ведутся работы по унификации средств разработки вооружения, военной и специальной техники с использованием разработок ВНИИЭФ. Так же проводится разработка отечественного ПО.

Из описанного можно наблюдать, что всего за несколько лет в обескровленной от войны стране была создана высокотехнологичная и наукоемкая отрасль промышленности, способная решать сложнейшие задачи по обеспечению безопасности Отечества. КБ-11 на тот момент стало одним из ведущих предприятий отрасли. Это мы видим, что уже 29 августа 1949 года была испытана первая отечественная атомная бомба РДС-1, созданная в ЗАТО, Саров. Овладев секретами ядерного оружия, наша Родина на долгие годы обеспечила военно-оборонный паритет двух ведущих государств мира – СССР и США. Ядерный щит, первым звеном которого стало легендарное изделие РДС-1, и сегодня защищает нашу Родину – Россию. В 1992 году распоряжением Президента Российской Федерации Всесоюзному НИИ экспериментальной физики был присвоен статус Российского федерального ядерного центра, которым он является и по сей день. Только грамотная организация жизнедеятельности ЗАТО Саров

привела к мощному развитию атомной промышленности, что является ключевым фактором ядерного сдерживания.

Сегодня мы воочию можем наблюдать, что в целом резкое изменение геополитической ситуации в мире способствует возвращению военного фактора и в систему международных отношений, и в экономические и политические структуры ведущих стран. Национальные интересы России диктуют необходимость восстановления, качественного обновления и развития ее ОПК, для обеспечения безопасности своего народа. Следуя положительному историческому опыту деятельности ЗАТО, Саров, возможно как продолжить развивать и совершенствовать военный потенциал России, так и получить новые проекты для национальной безопасности.

#### **Библиографический список**

1. Закон РФ от 14 июля 1992 г. N 3297-1 "О закрытом административно-территориальном образовании" (с изменениями и дополнениями)
2. Юлий Борисович Харитон. – Электронный ресурс // URL: [http://www.biblioatom.ru/founders/khariton\\_yuliy\\_borisovich/](http://www.biblioatom.ru/founders/khariton_yuliy_borisovich/) (дата обращения: 14.03.2022)
3. РФЯЦ-ВНИИЭФ. История. – Электронный ресурс // URL: <http://www.vniief.ru/about/history/> (дата обращения: 14.03.2022)
4. Харитон Ю. Б. Как мы подошли к первой атомной бомбе// Хочешь мира – будь сильным: Сб. материалов конференции по истории разработок первых образцов атомного оружия. – Арзамас-16. РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1995. – С. 22–41
5. Расходы на независимость. – Электронный ресурс // URL: <https://politinform.su/print:page,1,24481-rashody-na-nezavisimost.html/> (дата обращения: 14.03.2022)
6. РФЯЦ-ВНИИЭФ. Ядерный центр. – Электронный ресурс // URL: <http://www.vniief.ru/about/> (дата обращения: 14.03.2022)

### **ПЕРЕВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ОПК ГОРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ВЫПУСК ГРАЖДАНСКОЙ ПРОДУКЦИИ В ПЕРВУЮ ПОСЛЕВОЕННУЮ ПЯТИЛЕТКУ**

**Филипчук И.В.**

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассматриваются трудности, с которыми столкнулись предприятия Горьковской области после окончания Великой Отечественной войны в связи с массовым переходом на выпуск гражданской продукции. Среди основных причин возникших сложностей можно отметить нехватку рабочих рук, в том числе квалифицированных кадров, отсутствие необходимого оборудования, сырья и комплектующих, большое количество брака.

**Ключевые слова:** Горьковская область, предприятия ОПК, послевоенная история, конверсия промышленности

С 1946 по 1950 годы в Советском Союзе осуществляется четвертый пятилетний план по развитию отраслей народного хозяйства страны. Перед всем со-

ветским народом стояло две важнейшие задачи. Во-первых, нужно было провести конверсию, во-вторых, восстановить разрешенную войной экономику.

Процесс конверсии в СССР начался еще в 1944 году, когда приближалось окончание Великой Отечественной войны. Он выразился в сокращении количества предприятий, людей и оборудования, задействованных на военные нужды. Все они были переориентированы на выполнение невоенных задач.

Уже 17 мая 1945 года было принято постановление ГКО № 8650сс «О плане производства и поставки НКО СССР и Наркомвоенфлоту боеприпасов на июнь и июль 1945 года», предусматривающее сокращение от 30% до 97% производства боеприпасов по разным позициям. 26 мая И.В. Сталин утвердил постановление ГКО «О мероприятиях по перестройке промышленности в связи с сокращением производства боеприпасов», по которому был утвержден список производств, переводившихся на выпуск гражданской продукции.

Реорганизация затронула и некоторые государственные органы и отраслевые ведомства, в ведении которых находились военные производства. В октябре 1945 года Народный комиссариат танковой промышленности был преобразован в Наркомат транспортного машиностроения. В феврале 1946 года Наркомат минометного вооружения был преобразован в Наркомат машиностроения и приборостроения, а на базе Наркомата боеприпасов и ряда других структур возник Наркомат сельскохозяйственного машиностроения. 15 марта 1946 года народные комиссариаты были переименованы в министерства.

В этот же период начался процесс перевода предприятий на выпуск товаров широкого потребления. В этом процессе были задействованы предприятия всех отраслей промышленности, от артелей до крупных заводов. 21 июня 1945 года СНК СССР обязал народных комиссаров союзных промышленных наркоматов восстановить, а при наличии возможности вновь организовать цеха по производству ширпотреба на подведомственных предприятиях. Вся прибыль от реализации товаров широкого потребления, изготовленных из отходов основного производства, оставалась за предприятиями. До 25% выпускаемых заводами товаров ширпотреба могло продаваться их работникам [2].

Согласно принятому Горьковским обкомом ВКП(б) постановлению «О производстве товаров широкого потребления на заводах оборонной промышленности» [2], на ряде заводов г. Горького и области производство товаров широкого потребления в течение второго полугодия 1945 года увеличилось на сумму 20 млн руб. После реконструкции производства на них стали выпускать изделия из пластмасс, эмалированную посуду, керосиновые лампы, а также изделия из органического стекла [6, с.3]. Подобные статистические данные заняли одно из центральных мест в региональной прессе.

Однако заводы, потерявшие прежние военные заказы, очень медленно перестраивались на выпуск новой гражданской продукции. Новые производственные связи налаживались с большим трудом. Часто предприятия приостанавливали работу из-за недостатка сырья и комплектующих, перерасхода электроэнергии и по другим причинам. Так, завод № 197 электропромышленности г. Горького выпускал до 50 различных наименований товаров из случайных ма-

териалов. За весь 1945 г. завод изготовил: угольников ученических – 300 шт., столовых ложек – 2600 шт., чайных ложек – 670 шт., ручек ученических – 1162 шт., мотыг – 714 шт., хотя, как отмечали в обкоме, он имел возможность организовать выпуск электротехнических изделий, радиоприемников и запчастей к ним [2].

Важной и наиболее серьезной проблемой всего послевоенного периода был недостаток рабочей силы, особенно квалифицированной, причиной чего были огромные людские потери в войне. К её концу вполнину по сравнению с довоенным периодом произошло сокращение промышленно-производственного персонала области: его число уменьшилось примерно на 53,9 % [7, с.202]. Среди его категорий наибольшее изменение претерпели рабочие. Их численность в 1945 году составила 53,5% по отношению к довоенной [7, с.203]. Следует отметить, что проблема наличия квалифицированных рабочих кадров долгое время будет одной из главных на предприятиях не только области, но и страны в целом.

Еще одной проблемой стала невозможность перестройки некоторого оборудования предприятий на выпуск другой продукции. Это требовало смены и перестановки оборудования, разработки технологических процессов, новой организации производства, переобучения и перемещения части рабочих и инженерно-технических работников. В связи с этим очень многое отправлялось в брак. Так, на заводе № 397 г. Горького, где был освоен массовый выпуск эмалированной посуды и керосиновых ламп, из 94000 шт. эмалированной посуды, выпущенной в четвертом квартале 1945 года и первом квартале 1946 года, 32% являются 3 сортом, а остальные 68% – браком [2]. На горьковском заводе «Двигатель революции» настольные тиски обходились заводу в 176 руб., тогда как плановая их себестоимость составляла 130 руб. 76 коп., а отпускная цена 90 руб. Сковороды чугунные стоили заводу 27 руб., отпускная цена на них – 7 руб. Значительное влияние на себестоимость оказывали большие накладные расходы, высокая стоимость материалов и недостаточная механизация трудовых процессов [6, с.3].

В первом полугодии 1946 года по Горьковской области многие заводы не выполнили установленного плана выпуска изделий. Согласно архивным данным, завод «Двигатель революции» план за первый квартал 1946 года по валовой продукции выполнил на 64,1 %, а по гражданской продукции – от 15 до 54 %. Это происходило из-за недостатка рабочей силы (ей завод был обеспечен на 89,9%), отсутствия трудовой дисциплины (не выполнялись нормы выработки, наблюдалось огромное число прогулов, более раннего окончания рабочего дня). К тому же завод выпустил бракованной продукции на сумму 91 тыс. руб., что составляет 2,4 % от себестоимости всей выпущенной продукции [3, с.51]. Завод фрезерных станков план по выпуску валовой продукции выполнил на 96,1%, при этом было затрачено сверхурочных 5,5 тыс. человеко-часов, а 94 тыс. человеко-часов были потеряны на простоях. Продолжительность рабочего дня составила 6,8-7,9 часа. При этом заводом было выпущено 45 станков вместо 137 по плану [3, л.132]. На заводах «Красное Сормово» и «имени Сталина» план

хоть и был выполнен на 100,5% и 102,5% соответственно, но при этом было затрачено сверхурочных 353 и 361 тыс. человеко-часов. 10-12% рабочих не выполнили нормы выработки. Брак составил 4 и 6% от себестоимости продукции [3, с.51].

Не устраивало потребителей и качество выпускаемой на заводах гражданской продукции. Скобяные изделия цеха ширпотреба Горьковского автозавода им. Молотова были очень неряшливо отделаны, детский велосипед выпускался устаревшей конструкции. Крайне неприглядно выглядели изделия завода «Красное Сормово» [6, с.3]. Однако, с другой стороны, большим спросом у населения пользовались электронагревательные приборы Горьковского завода «Красная Этна», кровати Выксунского металлургического завода, велосипеды Горьковского мотозавода.

Местными властями признавалось неудовлетворительное положение дел в процессе конверсии промышленности. На бюро Горьковского обкома ВКП(б) 20 ноября 1945 года было принято решение «О неудовлетворительном состоянии производства товаров ширпотреба в местной промышленности Горьковской области», в котором отмечалось, что за период января-февраля 1945 года недодача разной мебели составила сумму 375 тыс. руб., валенок – 19,4 тыс. пар, ножниц – 84 тыс. шт., гончарной посуды – 143 тыс. л [1].

Из представленных данных видно, что после войны предприятия Горьковской области, осуществлявшие переход на выпуск гражданской продукции, столкнулись с огромными трудностями. Эта тенденция продолжилась и в последующие годы. Большая часть средств тратилась на организацию военно-промышленного комплекса в ущерб производству товаров группы Б.

#### Библиографический список

1. ГУ ГОПАНО (Государственное учреждение Государственный общественно-политический архив Нижегородской области). Ф.3. Оп.1. Д. 5289. Л. 60.
2. ГУ ГОПАНО, Ф.3. Оп.1. Д. 5291. Л. 70.
3. **Егошина, М.В.** Тяжелая промышленность и ВПК Горьковской области в первые послевоенные десятилетия:1946-1965 годы. Диссертация на соискание ученой степени к.и.н. по специальности 07.00.02 – Отечественная история.
4. Опыт социального развития Нижегородской области в 40-80-е годы XX века: монография / Г. Ш. Сагателян, А. Н. Апарин, И. В. Филипчук [и др.] / под ред. Г.Ш. Сагателяна; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. - Н. Новгород, 2013. - 387 с.
5. Послевоенная конверсия : к истории «холодной войны» : сб. док./сост. М. А. Молодцыгин. М. : ИРИ РАН, 1998. 243 с.
6. **Тихомиров, В.** Всемерно развивать производство товаров для населения // Горьковская коммуна. 1946. 31 июля. – С.3.
7. **Серебрянская, Г.В.** Волго-Вятский арсенал : Промышленность накануне и в годы Великой Отечественной войны 1938-1945: Монография. Нижний Новгород: Изд-во НГТУ, 1997.

## **2 СЕКЦИЯ**

# **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ОПК НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

---

---

### **СОЦИАЛЬНЫЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ПЕРИОД 2022-2030 ГОДОВ**

*Е.Е. Дрямова*

*Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский Институт  
Экспериментальной Физики»*

В данной статье рассматриваются вопросы перехода предприятий ОПК на выпуск гражданской продукции и продукции двойного назначения в период 2022-2030 годов.

**Ключевые слова:** оборонно-промышленный комплекс, диверсификация, инвестиции, закредитованность предприятий ОПК.

Развитие военно-политической обстановки в мире за период с 2000-2008 годы и, в особенности, конфликт с Грузией из-за Южной Осетии и Абхазии, привели руководство Российской Федерации к необходимости модернизации российской армии с целью придания ей мобильности, оснащённости современным вооружением и военной техникой.

Своевременно принятое решение и правильно расставленные приоритеты позволили за короткий срок провести насыщение новой техникой все виды Вооружённых сил России, освоить новое поколение систем военного управления, навигации, спутниковой связи и боевого оснащения типа «Ратник».

Проводимая в настоящее время специальная операции российских войск по демилитаризации и денацификации территории Украины подтверждает эффективность и высокое качество отечественных образцов вооружения и военной техники.

В то же время, динамика насыщения армии новой техникой перевалила в конце 2021 года за отметку 80%, поэтому на предстоящий период руководством страны предусмотрены меры по сокращению доли военных расходов на предприятиях ОПК до 70% от общего объема производимой продукции к 2025 году, и до 50% – к 2030 году.

Кроме задачи диверсификации производства, перед руководителями предприятий ОПК поставлены ещё две проблемы (или два вызова современности):

- необходимость импортозамещения по основным видам продукции;
- решение задач финансового оздоровления предприятий ОПК.

Экономические санкции стран Запада против конкретных предприятий ОПК привели к тому, что были нарушены отлаженные цепочки поставок по целому ряду проектов для российской армии и флота. Так, был задержан более чем на год спуск на воду второй тройки сторожевых кораблей проекта 11356Р типа «Адмирал Григорович», ввиду отказа в поставке газотурбинных двигателей украинской компании «Зоря – Машпроект» (г. Николаев). Пришлось дожидаться появления российского аналога. Около трех лет продолжалась разработка двигателей для большинства российских вертолетов, ранее производившихся НПО «Мотор Сич» (г. Запорожье). Только недавно завершены работы по импортозамещению приборов авионики, навигации, системам кондиционирования. Отныне вся военная техника сделана только из отечественных комплектующих.

При решении вопросов диверсификации предприятий ОПК и наращивании объемов гражданской продукции необходимо очень внимательно подходить к изучению рынка для будущей продукции, а также к инвестициям в развитие производства.

Поскольку в мире уже давно царствует стагнация, а рост наблюдается только у компаний-новичков, то необходимо присмотреться к внутреннему рынку и его сегментам, а, затем выявить стремления и запросы активных участников международных торговых связей (с учетом их приверженности к соблюдению патентного права). Не исключено, что с течением времени приоритеты в торговле могут измениться. Но сейчас, когда Россия находится под санкциями, упор должен быть сделан на внутренний рынок для снижения рисков.

По поводу инвестиций в предприятия ОПК необходимо отметить следующее:

1. Объем просроченной кредиторской задолженности предприятий ОПК превысил 2 трлн рублей.

2. Объем государственного оборонного заказа, начиная с 2020 года, неуклонно сокращается и должен быть замещен на 50% гражданской продукцией к 2030 году.

3. Большинство предприятий ОПК находятся в списке стратегических предприятий и не подвергаются процедуре банкротства.

4. Для предприятий ОПК необходимо пересмотреть порядок формирования цены на продукцию по ГОЗ, отменить неоправданно низкую норму рентабельности (10%) при проведении закупок по ГПВ. При существующем порядке формирования цены оборонной продукции предприятия ОПК никогда не выйдут из «долговой ямы». В настоящее время объем закупок по ГПВ неуклонно снижается [1].

Для решения вопросов сбалансированного развития отечественного ВПК необходимо в ближайшем будущем рассмотреть проблему финансового оздоровления предприятий ОПК через пересмотр механизма ценообразования на военную продукцию.

Что касается проблем технологического развития предприятий ОПК, то здесь необходимо учесть целый ряд факторов, влияющих в разной степени на

стратегическое и среднесрочное развитие производственных мощностей и производственного персонала.

Во-первых, изменился взгляд на узкую специализацию, происходит разрыв цепочек поставок между странами, установлен целый ряд мер протекционистского характера, особенно со стороны США.

Во-вторых, резко возрос объем незаконных санкций политического характера, мешающих нормальному процессу функционирования экономики и движению денежных средств.

В-третьих, предельно ужесточился режим экспортного контроля, реализуемый «по умолчанию» через Интернет, а также через систему передачи данных космического базирования (например, американо-британская система «One Web»).

Таким образом, сформировалась двуединая задача для отечественного ОПК – какую продукцию выпускать завтра и на каком оборудовании.

Правительство Российской Федерации контролирует значительную часть экономики страны. И в этом контексте очень слабым документом выглядела стратегия развития обрабатывающей промышленности, принятая в июне 2020 года. «Каждая из отраслей, судя по тексту стратегии, предоставлена сама себе и будет развиваться в отрыве от других. Нет прописанных механизмов взаимодействия, которые могли бы восстановить потерянные звенья технологических цепочек, дать дополнительный стимул к внедрению новых технологий и разработке новой продукции» [2]. Это как раз то, в чем мы нуждались раньше и в чем, всё острее, нуждаемся сейчас.

Предприятия ОПК, в большинстве своем, это промышленные предприятия советского образца, брошенные государством на произвол судьбы в начале 90-х гг. XX века. Многие из них были близки к банкротству, но, поскольку находились в списке стратегических предприятий, то через эту процедуру не прошли.

Дальнейшее их существование необходимо переосмыслить с помощью коллективов ученых и технологов отраслевых институтов, с помощью технологического аудита найти применение существующим технологиям на новых рынках, а затем определить «зоны деловой активности», и перечень новых компетенций на среднесрочную и дальнюю перспективу для каждого предприятия [3].

Поддержание конкурентоспособности экономики страны в условиях нестабильности и глобальной стагнации – это сложная разветвленная задача, не имеющая простых, незатейливых решений.

Исходя из этой посылки, можно сформулировать вывод по статье в целом – для успешного развития предприятий ОПК необходимы совместные усилия государства, всех его исполнительных органов, коллективов предприятий и приглашенных специалистов, технологов и ученых.

#### **Библиографический список**

1. Пухов Р. Оборонка в долгах // Эксперт. – 2019. - №42. С. 22-23.

2. **Ульянов, Н.** Технологическое развитие крупных компаний (специальный доклад) / Н. Ульянов, К. Клепча. – Режим доступа: <https://expert.ru/expert/2020/28/spetsdoklad/4/> (Дата обращения 22.02.2022)
3. **Мишин, Ю.В.** Методы, процедуры и инструменты диверсификации предприятий и организаций ОПК России / Ю.В. Мишин, Н.Б. Костерев, В.Б. Сухарев, А.Ю. Мишин // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2019. Т.10. №1. С.38–53.

## **ПРОБЛЕМЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ**

*А.С. Есин*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассматриваются проблемы импортозамещения отечественных электронных компонентов, а также основные вопросы, с которыми сталкиваются инженеры-электроники при разработке опытного образца изделия на отечественной элементной базе.

**Ключевые слова:** импортозамещение, электронные компоненты, отечественные компоненты, элементная база, микросхема.

Что такое импортозамещение? Импортозамещение – замена импорта товара или компонентов товарами или компонентами, произведенными внутри страны.

Становление микроэлектроники в России отличалось отсутствием внятной стратегии. Разработчиков в 90-е годы было крайне мало, и к ним практически не прислушивались. Применение зарубежных материалов и комплектующих электронных компонентов (ЭК) в изделиях оборонных предприятий повысилось в 2000-2018 гг. в примерно на 10-12%. Электронные модули и блоки, экспортируемые по кооперации, имеют показатель использования зарубежных ЭК до 70%. В производстве спутников «Глонасс-М» – от 75 до 80% импортных комплектующих [1].

Объем отечественных электронных компонентов на рынке России составляет примерно 16%, около 84% электронных компонентов закупается за рубежом [3]. Ключевой проблемой сегодня является неоправданно большая номенклатура используемых микросхем в структурах Роскосмоса, Росатома и на предприятиях производителей радиоэлектроники для оборонной техники. Номенклатура импортных ЭК, применяемых в отечественной связной радиоэлектронной аппаратуре (РЭА), составляет примерно 2,5 тыс. наименований – от наиболее современных микропроцессоров, изготовленных по технологии 22 нм, до ЭК, уже снятых с производства. Зарубежная элементная база привлекала своим качеством, ценой, доступностью информации и удобством исполь-

зования. Постепенно к этой элементной базе все приравнивались и проблемы с отечественной элементной базой сошли на нет.

Но пришли новые времена, санкции, предприятия ОПК стали задумываться про импортозамещение. Мне как инженеру-электронике стала интересна мысль, возможно ли разработать достойное устройство на отечественных электронных компонентах. Анализ ситуации выявил ряд проблем.

### **1. Закупка отечественных элементов**

На данный момент сроки поставки электронных компонентов довольно большие и составляют до полугода и года. Во времена, когда санкции еще не вводились, по рассказам опытных разработчиков, можно было заказать любой импортный компонент и через неделю, максимум две, он уже был на рабочем столе. Сейчас это стало сложнее, сроки поставок стали длительными в основном из-за того, что предприятия-разработчики специальной техники вынуждены закупаться только у специальным образом сертифицированных поставщиков, которые, обладая определенным доминирующим положением, затягивают сроки поставок.

Однако эти сроки все же меньше по сравнению с тем, сколько приходится ждать поставки отечественных компонентов. На поставку многих компонентов необходимо оформить заявку почти на год вперед, подготовить письмо с просьбой включить предприятие в план поставок на следующий год. Это существенно осложняет сроки разработки изделий, предприятие вынуждено делать запас комплектующих. В результате – дорогостоящие комплектующие просто не используются и пребывают на складе.

Российские производители оборудования всегда испытывали трудности с официальной закупкой импортных ЭК. В настоящее время ситуация осложнилась ввиду отсутствия информации и технической поддержки со стороны поставщиков/изготовителей ЭК. Возникают сложности с покупкой небольших партий элементов, типом элементов в ЭК, которые постоянно меняют уровень промышленного качества, да и измерительное и испытательное оборудование, имеющееся в распоряжении сертификационных центров, достаточно слабое. Справедливо сказать, что в нашей стране выросло поколение разработчиков РЭА, не имеющее представление об отечественной элементной базе. Никто не знает, какая номенклатура импортных компонентов в каком оборудовании используется. Даже компания-заказчик не знает, по каким каналам были закуплены иностранные компоненты. Это привело к отсутствию возможности управлять рисками экспортных ограничений, рисками поставки контрафактной продукции и другими рисками, связанными с применением импортных компонентов в военной и космической технике. Растет тенденция использования импортных ЭК «любой ценой» при этом контроль за выполнением принятых решений часто является формальностью.

Разработчики оборудования не создают никакой альтернативы использованию иностранной элементной базы. Копирование импортных ЭК приводит к созданию РЭА, функциональные качества которых заметно отстают от уровня техники конкурентов, не говоря уже о нарушении авторских прав. В области электроники для торгового оборудования ситуация кажется еще более удручающей, практически безнадежной. Поэтому поставки ЭК, необходимых для военной, космической и атомной РЭА, из-за рубежа категорически неприемлемы. Отсюда следует, что обеспечить промышленность ЭК специального назначения возможно только путем развития ее производства в России.

## 2. Цена

Некоторые отечественные электронные компоненты стоят приблизительно в 20-100 раз дороже, чем качественный импортный аналог известных фирм. Возникает вопрос, почему наблюдается такая разница в цене по сути одних и тех же товаров? Есть несколько объективных причин, которые необходимо рассмотреть более подробно.

В табл. 1 проведено сравнение цен отечественной и импортной элементной базы.

Таблица 1

Сравнение цен отечественной ЭКБ («с приемкой 5») и импортной [1]

Отечественные компоненты (приемка «5»)	Цена, руб	Импортные Компоненты (INDUSTRIAL)	Цена, руб
<i>Микросхемы</i>			
1874BE36	2500	TN80C196	456
1554AP5	516	74AC244	10
142EH12	425	LM317AEMP	40
<i>Транзисторы</i>			
2П76В	248	IRF640	14
2П793А	1200	IRFP250	60
<i>Диоды</i>			
2ДШ2125Б92	830	50SQ100	19
<i>Конденсаторы</i>			
К53-68-25-22	250	TAJ25-22	40
К10-79	13-16	GRM	1-9
<i>Резисторы</i>			
Р1-12-0,062	21	CRO402	1-2
<i>Разъемы</i>			
СНП346-xx-1	30-200	PLD-xx	1-5
СНП333	200-350	D-SUB	150-260

На наш взгляд, производители электронных компонентов, производят продукцию только для спецтехники. Снабжение электронными компонентами гражданской продукции крайне мало, потому что эти элементы давно не используются, их параметры устарели. К тому же Китай обходит их по всем ха-

рактикам, а главное – по цене. Таким образом, производство становится мелкосерийным или даже единичным. К тому же, для аппаратуры специального назначения необходимо закупать компоненты с военной приемкой (она же «приемка 5»).

Из-за некоторых ограничений на рынке сбыта производство специальной аппаратуры чаще всего получается мелкосерийным, отсюда и стоимость всех разработок в пересчете на единицу продукции становится выше, а значит и итоговая стоимость аппаратуры значительно выше обычного. Использование отечественной элементной базы делает стоимость продукта ещё выше.

### **3. Качество**

Проблему качества товара можно разделить на две составляющие: низкое качество, связанное с общими техническими и технологическими недостатками компонента, а также качество, связанное непосредственно с особенностями культуры производства.

Производимые в настоящее время отечественные электронные компоненты по уровню технических параметров соответствуют параметрам примерно 20-30-летней давности. Они могут стать серьезной неожиданностью для разработчика, который длительное время осуществлял работу только с современными импортными компонентами. Если при использовании импортного компонента достаточно изучить его технические характеристики, отметить несколько ключевых параметров, то с отечественными компонентами этот процесс требует более плодотворной работы, так как появляется необходимость самым внимательным образом вчитываться во все важные детали, осознавая их назначение и смысл.

Кроме того, технологический регресс ощущается и в размерах наших компонентов, так как они, чаще всего, намного крупнее своих современных импортных конкурентов. Поэтому ни о какой плотной компоновке на печатной плате не может быть и речи. Приходится решать проблему, как соединить продукт на 2-3 печатных платах.

Компоненты отечественного производителя нельзя применить для автоматизированного монтажа. Монтаж осуществляет специально обученный человек, допуская при этом множество ошибок. Надо отметить, что наши резисторы поставляются для поверхностного монтажа без маркировки. При их установке допускаются ошибки, которых можно было избежать, если бы производитель наносил на них необходимую маркировку.

Чаще всего отечественные микросхемы поставляются с неформованными выводами. Помимо этого, монтаж и сформовка выводов микросхем должна осуществляться вручную, а это становится затруднительно в силу их большого количества.

Стоит отметить, что некоторые заводы чаще всего скупают импортные компоненты, а затем осуществляет нанесение своей маркировки, после чего компонент становится отечественным.

Таким образом, вопрос собственного изготовления электронных компонентов, в частности, интегральных микросхем, применяемых в радиоэлектронной аппаратуре, является очень актуальным. При импортозамещении требуется и техническое перевооружение производства, так как создание надежного аналога микросхем не представляется возможным на устаревшем оборудовании. Важно также отметить, что теоретически мощности российской электронной промышленности могут обеспечить разработку, развитие и соответственно замену не более 2-3% применяемых сегодня импортных ЭК. Импортозамещение основной массы аналоговых микросхем может быть реализовано за счет аналого-цифровых БМК (АЦ БМК) для выполнения наибольшего количества схем, таких как операционные усилители, источники опорного напряжения, переключатели, компараторы и др. Применение аналого-цифровых БМК разрешает проблему нехватки разработчиков аналоговых схем на предприятиях. Проектирование точных аналоговых схем производится в проектных центрах с соответствующими возможностями.

Поведем итог – отечественный подход к импортозамещению пока не привёл к созданию конкурентоспособных на мировом рынке высокотехнологичных и качественных электронных компонентов. Нужно понимать, что импортозамещение – это не выпуск точных копий ранее импортируемых зарубежных комплектующих. Эффективный процесс импортозамещения требует, прежде всего, технического перевооружения предприятий и переход их на новые современные, перспективные технологии. Импортозамещаемые изделия должны быть конкурентоспособными на внешнем рынке, что позволит повысить экспортный потенциал страны. Импортозамещение в настоящее время требует ускоренных темпов работы [2].

#### Библиографический список

1. **Горнев, Е.** Особенности национального импортозамещения. Единая отраслевая платформа по электронике, микроэлектронике и новым технологиям. URL: <https://industryhunter.com/baza-znaniy/osobennosti-nacionalnogo-importozamesenia>. (Дата обращения: 10.03.2022).
2. Доклад Общественной палаты РФ «Участие гражданского общества в укреплении экономической безопасности, модернизации промышленности и, в первую очередь, оборонно-промышленного комплекса», 2013.
3. **Евсеев, В.** Импортозамещение ЭКБ и развитие радиоэлектроники. Обсуждение проблемы / В. Евсеев, И. Наливкин // Электроника НТБ. Научно-технический журнал. – 2014. № 8. URL: <https://www.electronics.ru/journal/article/4443>. (Дата обращения: 10.03.2022).
4. **Аксенов, П.В.** Проблемы и перспективы импортозамещения на предприятиях оборонно-промышленного комплекса. Аналитический вестник «О мерах реализации импортозаме-

щения в гражданских отраслях промышленности в интересах укрепления национальной безопасности».

5. **Покровский, И.** Вырастить микроэлектронную экономику // Эксперт. 2014. № 29.

## **УПРАВЛЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ ОПК НА ОСНОВЕ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

***Т.М. Крюкова***

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева*

В статье рассмотрены вопросы управления конкурентоспособностью промышленных предприятий и предприятий оборонно-промышленного комплекса на основе вовлечения в хозяйственный оборот объектов интеллектуальной собственности.

**Ключевые слова:** конкурентоспособность; управление; промышленные предприятия; оборонно-промышленный комплекс; интеллектуальная собственность.

В последнее время всё чаще высказывается мнение о том, что традиционная модель экономического роста индустриально развитых стран к настоящему времени себя исчерпала. Для того, чтобы соответствовать современному уровню рыночных требований необходимо глобально переориентировать систему управления промышленными предприятиями, в том числе оборонно-промышленного комплекса, на стратегическом уровне в сторону инновационного развития экономики, в основе которой будет выступать всё более активное вовлечение в хозяйственный оборот объектов интеллектуальной собственности.

Своевременное планирование и использование объектов интеллектуальной собственности создает условия для повышения конкурентоспособности предприятий. Однако экономисты утверждают, что должного научно-методического и теоретического обоснования, способного обеспечить конкурентное развитие на основе формирования объектов интеллектуальной собственности и оценки их воздействия на конкурентоспособность промышленных предприятий и предприятий ОПК на данный момент не существует. Решение данной проблемы требует детальной проработки основ управления процессами обеспечения конкурентоспособности на основе вовлечения в экономический оборот объектов интеллектуальной собственности. Это актуализирует проблему совершенствования управления конкурентоспособностью промышленных предприятий и предприятий ОПК на основе развития инновационных стратегий.

Действительно, если изучить нормативно-правовую базу и прецедентные случаи, то становится очевидно, насколько данное направление является приоритетным и важным направлением, с точки зрения развития конкурентоспособности. Например, многие российские предприятия, научно-исследовательские

институты в результате научно-исследовательских опытных конструкторских работ (НИОКР) выполняют результаты интеллектуальной деятельности. Основной целью результатов интеллектуальной деятельности является повышение конкурентоспособности, увеличение доходов и рост капитализации организаций, обеспечение правовых преимуществ. Причём существуют особые законы и постановления (например, постановление Правительства РФ №223 от 22.03.2012), направленные именно на обеспечение конкурентоспособности отечественных компаний, фирм и предприятий на различных рынках (особенно зарубежных) за счёт утверждения управления правами на результаты интеллектуальной деятельности. Данный случай можно считать примером желания государства обеспечить успешный выход отечественной продукции на иностранные рынки.

Ещё стоит отметить, что существует множество примеров, когда объекты интеллектуальной собственности одной компании переходили к другой в результате сделки о покупке этой компании, что значительно увеличивало конкурентоспособность компании-покупателя. Например, в 2011 году компания Google выкупила за 12 млрд долларов обанкротившуюся к тому моменту компанию Motorola Mobility. Руководство Google было уверено в том, что перешедшие к ним в результате сделки патентные права Motorola Mobility в области телекоммуникаций и вычислительных технологий (их было около 17 тыс. наименований) поможет нарастить конкуренцию с двумя основными IT-гигантами в лице Apple и Microsoft не только на рынке операционных систем и программного обеспечения, но и на рынке портативных и мобильных устройств (смартфоны, планшеты, ноутбуки и т.д.). Действительно, если в 2011 году операционная система Android была представлена в основном на устройствах двух производителей – HTC и Samsung и была довольно ограничена по функционалу в сравнении с iOS от Apple, то сегодня, спустя уже более 10 лет, она и представлена на устройствах большого числа производителей и по своим функционалу и возможностям ничем не уступает продукции конкурентов. Этот случай является отличным примером одного из способов повышения конкурентоспособности за счёт использования объектов интеллектуальной собственности.

На основании изложенного можно сделать вывод о том, что вовлечение и оборот и грамотное использование объектов интеллектуальной собственности выступает основой повышения конкурентоспособности не только промышленных предприятий и предприятий оборонно-промышленного комплекса, но и всех организаций и предприятий.

#### **Библиографический список**

1. **Крюкова, Т.М.** Промышленная политика – приоритетное направление развития России / В сборнике: Наука и образование в современном обществе. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции в 2 частях. 2015. С. 104-105.
2. **Крюкова, Т.М.** Индикаторы промышленной безопасности – основа реализации эффективной промышленной политики / В сборнике: Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы. материалы V Международной научно-практической конференции

- ученых, специалистов, преподавателей вузов, аспирантов, студентов. 2017. С. 282-284.
3. **Крюкова, Т.М.** Стратегия импортозамещения в экономике России как приоритетное направление развития / Т.М. Крюкова, М.Г. Аверкин // В сборнике: Перспективы, организационные формы и эффективность развития сотрудничества российских и зарубежных вузов. III Ежегодная международная научно-практическая конференция. Технологический университет. 2015. С. 12-16.
  4. **Крюкова, Т.М.** Перспективы внедрения и развития открытых инноваций на предприятиях. / Т.М. Крюкова, Строев А.Ю. // В сборнике: Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций. материалы Международной научно-практической конференции ученых, специалистов, преподавателей вузов, аспирантов, студентов. 2017. С. 142-145.
  5. **Крюкова Т.М.** Проблема системы импортозамещения в России в современных условиях развития / Т.М. Крюкова, П.В. Пинаев // В сборнике: Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций. материалы Международной научно-практической конференции ученых, специалистов, преподавателей вузов, аспирантов, студентов. 2017. С. 130-132.
  6. <http://spmt.ru/wp-content/uploads/2019/09/Prava-na-RID-Intellektualnaya-sobstvennost-09.2019.pdf> Научно-практический журнал «Интеллектуальная собственность», №9 2019 г., дата обращения – 11.03.2022 года

## **ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ, ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОПК РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Т.М. Крюкова, О.В. Глебова*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева*

В статье рассмотрены основные приоритетные направления развития отрасли машиностроения и оборонно-промышленного комплекса, критические технологии и основные научные задачи, и ожидаемые прорывные результаты на 2021-2030 годы, даны прогнозы и перспективы реализации поставленных научных задач.

**Ключевые слова:** приоритетные направления; критические технологии; оборонно-промышленный комплекс; технологические развитие; фундаментальные исследования.

В 1996 году в нашей стране впервые были установлены и стали активно использоваться такие термины, как приоритетные направления и критические технологии, но с тех пор их значение и смысл несколько раз пересматривался. На первых этапах развития была характерна тенденция к выбору значительного числа приоритетных направлений и критических технологий для рассмотрения практически всех важнейших областей технологического развития. И одним из основных приоритетных направлений был выбран оборонно-промышленный комплекс Российской Федерации.

Так, в версии 2016 года были отобраны семь приоритетных направлений и 70 критических технологий (в среднем на одно направление приходилось

10 технологий), а в исследовании 2020 года – восемь приоритетных направлений и 52 критические технологии (в среднем на одно направление – менее шести технологий). Столь значительное число критических технологий было обусловлено как сильными лоббистскими возможностями различных ведомств, так и отсутствием достаточно прозрачных процедур отбора приоритетов.

Основные научные задачи машиностроения и процессов управления на 2021-2030 годы, в том числе создания машин и аппаратов с повышенными параметрами рабочих процессов, теории и технологий управления сложными системами будут направлены на создание и исследование машин, машинных комплексов и сложных систем «человек – машина – среда», анализ динамики машин, волновых и вибрационных процессов в технике, повышение ресурса, живучести и безопасности машин и сложных технических систем, снижение техногенных и технологических рисков для всех объектов народного хозяйства, анализ и синтез сложных машинных комплексов, эргономики и биомеханики человеко-машинных систем, перспективных материалов и технологий машиностроения, кибернетики, методов оптимизации, исследования операций и искусственного интеллекта, теории принятия решений, охватывающей проблемы управления системами различной природы, масштаба и назначения, робототехники.

Основные научные задачи механики, в частности общей механики, навигационных систем, динамики космических тел, транспортных средств и управляемых аппаратов, механики живых систем направлены на изучение динамики космических тел и управляемых аппаратов, мехатроники, разработку принципов движения мобильных роботов для перемещения в различных средах, поведения сплошных сред с учетом структурных превращений, внутренней и внешней аэродинамики больших скоростей, химических реакций и фазовых переходов, технологий формообразования, включая аддитивные технологии, механики конструкций, геомеханики и технологий добычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья, прорывных технологий получения полупроводниковых материалов и гетероструктур для нано- и микроэлектроники, взаимодействия деформируемых тел и разработки теоретических основ управления трением и повышения износостойкости машин и механизмов, моделей процессов в живых системах.

Основные научные задачи в изучении наноматериалов и нанопроцессов обеспечат создание элементной базы микроэлектроники, наноэлектроники и квантовых компьютеров до уровня нескольких нанометров, приведут к возможности трехмерной интеграции и совмещения в одном чипе различных функциональных устройств, в том числе с использованием кремния и полупроводниковых гетероструктур, одномерных и двумерных кристаллов, метаматериалов и биотехнологий.

Для расширения функциональности различных сенсоров, улучшения их параметров, упрощения технологических процессов при их изготовлении необходимо проводить фундаментальные и поисковые исследования в области квантовой информатики, создания гибридных устройств, основанных на нескольких физических принципах, нейроморфных систем, в том числе работающих на новых физических принципах, использующих заряд электрона и его спин, и направленных на интеграцию электронных и фотонных технологий. Необходимо проводить исследования, направленные на реализацию многоэлементных структур на основе когерентных систем (сверхпроводящих квантовых битов-кубитов) для создания связанных цепочек и массивов кубитов, моделирующих молекулярные структуры, спиновую динамику, другие динамические процессы в сильно коррелированных электронных системах. Эти работы будут проводиться в отношении квантовой макрофизики, мезоскопии, физики наноструктур, спинтроники, фотоники, плазмоники, сверхпроводимости, акустоэлектроники, релятивистской СВЧ - электроники больших мощностей, физики мощных пучков заряженных частиц, рентгеновской оптики для источников синхротронного излучения, лазеров на свободных электронах и нейтронной оптики.

Требуется проводить фундаментальные исследования в области архитектуры, системных решений, программного обеспечения, стандартизации и информационной безопасности информационно-вычислительных комплексов и сетей новых поколений, системного программирования для создания новых принципов программных средств следующего поколения и методологии автоматизированного проектирования для перспективной элементной базы, включая квантовые вычисления, элементы с оптической передачей информации.

Предполагается проведение фундаментальных исследований в области автоматизированных систем управления, в частности разработки систем искусственного интеллекта, извлечения и анализа текстов, развития методов и информационных технологий системного анализа, методов исследования сложных управляющих систем и процессов в условиях неопределенности и риска. Предлагаются разработки методов поиска областей с хаотической динамикой, методов анализа, стабилизации и управления для семейств систем, описываемых как непрерывными, так и дискретными уравнениями, создание и развитие новой аналитико-компьютерной технологии исследования, анализа и управления хаотической динамикой решений сложных нелинейных систем дифференциальных уравнений, описывающих многочисленные естественно-научные и социально-экономические процессы и явления.

В заключение необходимо отметить, что оборонно-промышленный комплекс является очень высоконаучоёмким и высокотехнологичным сектором экономики и именно его развитие должно быть одним из приоритетных

направлений развития науки, техники и технологий. Именно конкурентно способная и диверсифицированная отрасль ОПК в России, особенно в складывающихся политических и экономических условиях на современном этапе развития, выступит основой не только основой промышленной безопасности, но и социально-экономической устойчивости нашей страны.

#### Библиографический список

1. Федеральный закон от 1 декабря 2020 г. № 384-ФЗ «О федеральном бюджете на 2021 год и на плановый период 2030 года»
2. Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2020 г. N 899 «О приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники Российской Федерации (в ред. Указа Президента РФ от 16.12.2015 N 623) и перечне критических технологий Российской Федерации».
3. **Глебова, О.В.** Особенности инновационного процесса научно-производственных предприятий оборонно-промышленного комплекса / О.В. Глебова, Л.А. Борискова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2010. № 3. С. 13-17.
4. **Глебова, О.В.** Проблемы инновационного развития оборонно-промышленного комплекса РФ / О.В. Глебова, О.Ю. Мельникова // В сборнике: Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций. Материалы Международной научно-практической конференции ученых, специалистов, преподавателей вузов, аспирантов, студентов. 2014. С. 153-162.
5. **Крюкова, Т.М.** Промышленная политика – приоритетное направление развития России // В сборнике: Наука и образование в современном обществе. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции в 2 частях. 2015. С. 104-105.
6. **Крюкова, Т.М.** Индикаторы промышленной безопасности – основа реализации эффективной промышленной политики // В сборнике: Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы. материалы V Международной научно-практической конференции ученых, специалистов, преподавателей вузов, аспирантов, студентов. 2017. С. 282-284.
7. **Крюкова, Т.М.** Стратегия импортозамещения в экономике России как приоритетное направление развития / Т.М. Крюкова, М.Г. Аверкин // В сборнике: Перспективы, организационные формы и эффективность развития сотрудничества российских и зарубежных вузов. III Ежегодная международная научно-практическая конференция. Технологический университет. 2015. С. 12-16.
8. **Крюкова Т.М.** Перспективы внедрения и развития открытых инноваций на предприятиях // Т.М. Крюкова, А.Ю. Строев // В сборнике: Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций. материалы Международной научно-практической конференции ученых, специалистов, преподавателей вузов, аспирантов, студентов. 2017. С. 142-145.
9. **Крюкова Т.М.,** Проблема системы импортозамещения в России в современных условиях развития // Т.М. Крюкова, П.В. Пинаев / В сборнике: Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций. Материалы Международной научно-практической конференции ученых, специалистов, преподавателей вузов, аспирантов, студентов. 2017. С. 130-132.
10. **Позняк А.Ю.** Научно-технологические приоритеты для модернизации российской эко-

номики / А.Ю. Позняк, С.А. Шашнов // Форсайт, 2020, т. 5, № 2. С. 48-56.

11. Available at: <http://www.rusnor.org/pubs/reviews/8736.htm> дата обращения – 12.03.2022 года.

## ПОВЫШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ НИОКР НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОПК

*Е.Г. Моисеева<sup>1</sup>, Е.А. Карвасовская<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

<sup>2</sup> *ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»*

В статье рассмотрен комплексный подход к решению задачи повышения результативности НИОКР на предприятиях ОПК, учитывающий влияние внешних и внутренних факторов, систематизированных по уровню приоритетности. Результаты проведенного анализа будут полезны сотрудникам предприятий ОПК при выполнении комплекса работ по выявлению, оценке и внедрению наукоемких технологий.

**Ключевые слова:** оборонно-промышленный комплекс, предприятия ОПК, классификация факторов НИОКР, инновационная активность, инновационный потенциал, эффективность деятельности предприятий, результативность НИОКР.

Оборонно-промышленный комплекс (ОПК) – это часть российской экономики, включающая предприятия, научно-исследовательские организации, конструкторские бюро, занимающиеся разработкой, испытанием, производством, ремонтом и утилизацией военной продукции, а также органы управления военно-экономической сферой. Главной задачей ОПК являются разработка и производство перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники преимущественно для оснащения / переоснащения Вооруженных Сил Российской Федерации.

В этом смысле оборонно-промышленному комплексу РФ, являющемуся высокотехнологичным научно-производственным комплексом Российской экономики, необходимо поддерживать высочайший уровень производства продукции военной индустрии, конкурентоспособной на внутреннем и внешнем рынках. Вследствие чего повышается значение и роль инновационного развития РФ в целом и ОПК, в частности [2].

В настоящее время сводный реестр организаций оборонно-промышленного комплекса включает более 1,3 тыс. организаций, обеспечивающих занятость более 2 млн человек почти во всех субъектах Российской Федерации. А значит, состояние и перспективы развития ОПК оказывают суще-

ственное влияние на ход инвестиционных и инновационных процессов во всей российской экономике.

В постановлении Совета Федерации Федерального Собрания РФ «О перспективных направлениях развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации» от 10 ноября 2021 года отмечается динамичное развитие данного сектора экономики, стабильно высокий уровень выполнения государственного оборонного заказа, что свидетельствует об эффективном законодательном, материально-техническом, финансовом и кадровом обеспечении деятельности оборонно-промышленного комплекса [1].

Вместе с тем пик поставок вооружения и военной техники по государственному оборонному заказу пройден. Для достижения экономической стабильности в условиях снижения загруженности производственных мощностей выпуском продукции военного назначения российская оборонная промышленность наращивает выпуск продукции гражданского и двойного назначения. Доля такой продукции в общем объеме производства организаций оборонно-промышленного комплекса составляет 25,6%, и ее планируется увеличить до 30% в 2025 году и до 50% к 2030 году.

Таким образом, дальнейшее развитие оборонно-промышленного комплекса предполагает сочетание мероприятий, предусматривающих использование производственного потенциала и инновационных технологий как для разработки и производства продукции военного назначения, так и для выпуска продукции гражданского и двойного назначения [1].

В состав ОПК Нижегородской области входит 55 предприятий и организаций, которые являются частью ОПК России и функционируют в сферах производства боеприпасов, спецхимии, атомного машиностроения, авиастроения, судостроения, систем управления и обычного вооружения. Как отмечает «Коммерсантъ», доля продукции гражданского и двойного назначения в общем объеме производства оборонных предприятий региона составляет 28,6%, что несколько выше значения, отмеченного в вышеупомянутом постановлении Совета Федерации. Однако многие предприятия по-прежнему полностью загружены гособоронзаказом [6].

Среди основных проблем, которые сектор ОПК испытывает при увеличении объемов конверсии, экспертами называются следующие:

- недостаток собственных средств на выпуск гражданской продукции;
- недостаточные меры государственной поддержки;
- нехватка производственных мощностей и соответствующих методик;
- отсутствие гарантированного сбыта вследствие высокой себестоимости и неконкурентоспособной цены;
- недостаточный уровень инновационной активности предприятий ОПК.

Сосредоточим внимание на последней проблеме и определим, какие факторы препятствуют росту инновационной сферы предприятий ОПК.

Анализ публикаций, отражающих проблемы инновационного развития в России, позволяет идентифицировать и распределить по степени важности ряд ключевых внешних и внутренних факторов – преград, влияющих непосредственно на развитие проектов в области НИОКР предприятий ОПК.

*Внешние факторы, влияющие на эффективность НИОКР*

1. Государственная поддержка сферы НИОКР.

Данный фактор проявляется, прежде всего, в недополучении государственного финансирования, в том числе предприятиями ОПК, затруднении с привлечением финансирования для выполнения инновационных проектов в сфере НИОКР, нежелании финансовых учреждений и венчурных фондов принимать участие в долгосрочных инновационных проектах. Фактор недостаточно эффективной поддержки со стороны государства также проявляется в отсутствии должной системы поддержки предприятий, которые занимаются разработкой и внедрением научных проектов, неэффективных мерах по стимулированию инвесторов, осуществляющих вложения в наукоемкие разработки.

2. Законодательная база в области НИОКР.

Такой фактор, как несовершенство законодательной базы проявляется в недостаточном уровне развития правового поля для регулирования деятельности в области инноваций или фактическом отсутствии проработанного инновационного законодательства, отсутствии правовой защищенности разработчиков.

На сегодняшний день основополагающим нормативно-правовым актом в области НИОКР является Федеральный закон от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике», который регулирует отношения между субъектами научной и научно-технической деятельности, органами государственной власти и потребителями научной и научно-технической продукции, в том числе по предоставлению государственной поддержки инновационной деятельности. Разработаны также указы, законы, постановления и распоряжения и т.п., которые в той или иной степени регламентируют различные аспекты инновационной деятельности. Однако при этом отсутствует единая согласованная законодательная база, несмотря на интенсивную работу по усовершенствованию правового поля. Понятно, что только лишь наличия правовых документов недостаточно для развития инновационной деятельности. Правовая обеспеченность участников инновационного предпринимательства предполагает создание эффективного юридического механизма, способствующего объективному и своевременному применению нормативно-правовых актов для разрешения конфликтов и противоречий, возникающих в ходе осуществления НИОКР.

3. Уровень компетенций предпринимателей, занимающихся коммерциализацией инноваций.

Эффективная работа инновационной организации, каковой, несомненно, является предприятие ОПК, обязательно подразумевает этап использования созданных продуктовых и процессных инноваций, т.е. фазу коммерциализации полученных результатов инновационных разработок. Целью данной фазы является генерирование финансовых результатов (прибыли) от использования инновационных продуктов и технологий. Однако эффективность реализации этапа коммерциализации результатов НИОКР снижается из-за недостаточной компетенции предпринимателей, которая определяется недостаточной степенью их профессиональной грамотности, отсутствием знаний экономической базы, игнорированием перспектив, которые связаны с потенциально возможными угрозами и рисками, неумением своевременно провести анализ динамики рынка, преимущественной ориентацией на текущие производственные задачи без учета стратегических целей.

4. Организация маркетинга в области инновационных разработок.

Одним из факторов, снижающих эффективность НИОКР, является недостаточная организация маркетинга в области инновационных разработок. В целом, данная проблема может быть решена за счет применения полностью новых или значительно улучшенных маркетинговых методов. Среди маркетинговых инноваций можно выделить новые способы исследования и анализа рынка и конкурентов, инновационные методы представления и продажи продукции, инновации в дизайне и упаковке продукта и др. [4]. Также применяемые маркетинговые методы должны обеспечить дальнейшее продвижение товара на рынки сбыта и формирование новых ценовых стратегий.

*Внутренние факторы, влияющие на эффективность НИОКР*

1. Инновационный потенциал предприятий ОПК.

Инновационный потенциал предприятия необходимо рассматривать, прежде всего, как меру готовности и способности предприятия к реализации проекта или программы инновационных стратегических изменений на основе имеющихся ресурсов, а также их скрытых возможностей.

Инновационный потенциал включает как достигнутый результат (уровень внедрения достижений НТП), так и потенциальные ресурсы и возможности для повышения эффективности инновационной деятельности. Такой подход учитывает воздействие не только внутренних, но внешних по отношению к предприятию факторов.

Инновационный потенциал необходимо рассматривать как совокупность таких составляющих как ресурсная, внутренняя и результативная, которые сосуществуют взаимно, предполагают и обуславливают друг друга. Ресурсная составляющая инновационного потенциала включает в себя компоненты, имею-

щие различное функциональное назначение: материально-технические, информационные, финансовые, человеческие и другие виды ресурсов. Результирующая составляющая инновационного потенциала является отражением конечного результата реализации имеющихся возможностей (например, в виде нового продукта). Внутренняя составляющая инновационного потенциала обеспечивает дееспособность и эффективность функционирования всех предыдущих элементов. Ее можно охарактеризовать через процессы создания и внедрения нового продукта, обеспечения взаимосвязи новатора, как с наукой, предоставляющей прогрессивные идеи, так и рынком, потребляющим готовый продукт, а также методы и способы управления инновационным процессом.

В структуре инновационного потенциала предприятия необходимо выделять такие составляющие, как:

- техническая – современные инновационные компьютерные системы, прогрессивное оборудование, материалы, лабораторное и офисное оборудование;
- кадровая – состав и доля работающих в интеллектуальной сфере (исследователи, конструкторы, и др.) в общей численности работающих;
- инвестиционная – объем инвестиций в НИОКР, нематериальные активы, источники их финансирования, финансовая устойчивость и платежеспособность субъекта инноваций;
- информационная – совокупность различных видов научной информации и информации по инновациям и инновационной деятельности, научно-техническая литература, литература по патентам, изобретениям, новым наукоемким технологиям, системам и оборудованию;
- организационно-управленческая – организационная структура, технология процессов по всем функциям и проектам, организационная культура;
- рыночная – уровень конкурентоспособности, маркетинговые мероприятия;
- предпосылки и ограничения внешней среды [3].

Очевидно, что многие предприятия ОПК на сегодняшний день не обладают в полной мере названными составляющими.

## 2. Кадровый потенциал предприятий ОПК.

Многие предприятия испытывают хроническую нехватку некоторых видов специалистов, особенно в сфере инновационного менеджмента и коммерциализации научно-технических разработок. Актуальна проблема старения научных кадров, оттока ключевых специалистов в сферу бизнеса и предпринимательства. Как отмечает [7], необходимо учитывать и то, что с 1991 года количество научно-исследовательских, конструкторских, опытных организаций уменьшилось более чем в два раза. Соответственно, в такое же количество раз уменьшилось количество персонала, который занимается непосредственно научными разработками в самых разных сферах.

Важным фактором является мобильность взглядов и ценностей персонала. Новаторы должны обладать креативностью, высокой мотивацией, гибкостью, фундаментальной открытостью к новым явлениям, особенно к новым способам и подходам мышления, ведь именно в результате интеллектуальной деятельности персонала предприятия возникает совокупность различного рода инноваций, использование которых стимулирует как развитие инновационной деятельности отдельного предприятия, так и развитие национальной инновационной системы в целом [4].

### 3. Инновационная инфраструктура предприятий ОПК.

Недостаточно развитая инновационная инфраструктура предприятия проявляется в преобладании довольно ограниченного производственного разнообразия, низком уровне диверсификации бизнес-процессов, слабых инновационных возможностях производства, слабом научно-техническом потенциале, недостаточном развитии исследовательской базы на производстве и оснащенности необходимым научным оборудованием, отсутствии корпоративной политики в области охраны интеллектуальной собственности и эффективных форм управления инновационными ресурсами, невосприимчивости предприятий к нововведениям, отсутствию культуры инноваций.

Устранение негативного влияния данного фактора связано, прежде всего, с развитием на предприятиях собственных конструкторских бюро и научно-технических подразделений, испытательных цехов и участков, опытных и экспериментальных производств, что позволит предприятиям самостоятельно осуществлять полный научно-технический и производственный процесс – от разработки новых видов продукции и технологий до реализации и внедрения разработок в собственное производство. Наличие уникального оборудования, новейших технологий, диверсифицированного производства, квалифицированного кадрового состава является предпосылкой к разработке крупных и перспективных направлений развития наукоемкого производства [5].

### 4. Взаимоотношения между сторонами/участниками проекта НИОКР.

Система отношений между участниками инновационного проекта включает в себя взаимоотношения исполняющих организаций с предприятием-заказчиком НИОКР, научной организацией, отношения предприятия и внедряющих организаций с органами государственной власти и местного самоуправления. В данную группу также можно отнести факторы влияния со стороны сотрудника и со стороны руководства проекта НИОКР.

Эффективность НИОКР, как правило, определяется всем процессом выполнения и последующего внедрения научных разработок. Наиболее значимыми факторами, определяющими данный процесс с точки зрения его эффективности, по мнению авторов, являются следующие:

- эффективная координация инновационных идей;

- информированность в развитии данной области НИОКР;
- развернутые фундаментальные исследования перед разработкой;
- постановка четкой инновационной концепции развития;
- своевременная оценка объема затрат на проведение НИОКР и их распределение во времени;
- надежная взаимосвязь предприятий с различными секторами науки и институциональными структурами инновационной сферы;
- надежные источники финансирования науки и НИОКР;
- достаточный запас собственных средств предприятий;
- длительность периода от момента завершения НИОКР до начала внедрения полученных результатов;
- объем внедрения НИОКР и его распределение во времени в течение всего жизненного цикла инновации;
- благоприятная макроэкономическая ситуация;
- использования прогрессивных технологических и организационных решений;
- снижение рисков, связанных с финансированием проекта.

Выявление перечисленных условий, их оценка и анализ целесообразно проводить с использованием такого инструмента, как инновационный аудит, который является следующим внутренним фактором, влияющим на эффективность НИОКР предприятия ОПК.

#### 5. Инновационный аудит.

Инновационный аудит – комплексная процедура анализа эффективности инновационных процессов в социально-экономических системах, включающая независимую от влияния субъективных факторов оценку инновационного потенциала, инновационного трансфера и результатов инновационной деятельности. Итог проведения инновационного аудита – предоставление заинтересованным органам предложений и рекомендаций по повышению эффективности инновационной деятельности.

Цель инновационного аудита – оценка способности предприятия интегрировать новые технологии, работать с технологическими партнерами, а также способность к созданию корпоративно-инновационной культуры.

Перечислим далее основные этапы проведения комплексной оценки инновационной активности предприятия ОПК.

1. Решение руководства о проведении комплексной оценки. При этом предприятие может обратиться к консалтинговым группам, имеющим опыт подобного консультирования, по собственной инициативе в рамках стратегического управления с целью получения исчерпывающей информации об устойчивом инновационном развитии и рекомендаций по повышению их эффективности.

2. Подготовительный этап, заключающийся в разработке процедуры оценки, технического задания и календарного плана проведения работ инновационного аудита.

3. Оценка инновационного потенциала, рассматриваемого как совокупность ресурсов, способностей и возможностей предприятия в осуществлении деятельности, направленной устойчивое развитие и рост конкурентоспособности.

4. Оценка технологического трансфера, определяемого как процесс перетекания ресурсов в рамках производственной деятельности предприятия, необходимый для создания конкурентоспособной продукции, способствуя повышению уровня устойчивого инновационного развития предприятия.

5. Оценка результатов инновационной деятельности предприятия на основании выбранной методики.

6. Итоговая оценка инновационной активности предприятия, которая объединяет результаты трех видов оценки: оценки инновационного потенциала, оценки технологического трансфера и оценки результатов производственной деятельности предприятия.

7. Разработка рекомендаций по управлению устойчивым инновационным развитием предприятия.

Проведение инновационного аудита позволит оценить готовность предприятия ОПК к проведению инновационной деятельности и определить барьеры, препятствующие ее развитию. В целом, регулярная процедура инновационного аудита будет способствовать формированию инновационной культуры как идеологии и технологии инновационного развития предприятия.

Для каждого инновационного проекта существуют свои факторы, определяющие его эффективность. Они могут отличаться от перечисленных выше. Однако, анализируя возможность появления таких факторов, учитывая их влияние на реализацию инновационных проектов через формирование реестров рисков проектов и управление ими можно существенно повысить эффективность инновационной деятельности.

Для успешного планирования и реализации инновационных проектов, необходимо учитывать такие внутренние условия деятельности предприятия, как: качество корпоративного управления; креативность, высокая мотивация и гибкость персонала; эффективные коммуникации и организация деятельности; ориентация на рынок и наличие достаточных средств для реализации инноваций; высокий инновационный потенциал; необходимость проведения инновационного аудита. Среди факторов внешней среды можно выделить: приобретение консалтинговых услуг; оптимальные источники и условия финансирования на каждом этапе развития инновационного проекта; стимулирование инновационной активности и приоритеты государственной промышленной политики.

Следует отметить, что при оценке экономической эффективности отдельных проектов и уровня развития инновационной деятельности предприятия в целом анализ и учет рассмотренных факторов позволяют определить некоторую экономическую величину, отражающую полезность НИОКР для всех участников инновационного процесса. Таким образом, правильный подход к проведению исследования с учетом выявленных факторов позволяет оценить все стороны отдельных инновационных проектов и предприятий ОПК, а объективная оценка качества научной работы дает возможность эффективно контролировать конкурентоспособность наукоемких продуктов на рынке. Все это стимулирует процессы, необходимые для повышения эффективности оборонно-промышленного комплекса и национальной инновационной системы в целом.

#### Библиографический список

1. Постановление Совета Федерации Федерального Собрания РФ «О перспективных направлениях развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации» от 10 ноября 2021 года. [Электронный ресурс] URL: <http://council.gov.ru/activity/documents/130953/> (Дата обращения: 11.03.2022).
2. **Капустин, А.А.** Проблемы инновационного развития оборонно-промышленного комплекса РФ / А.А. Капустин, О.В. Лавричев, И.Б. Гусева // Социально-экономические и технические проблемы Материалам VII Всероссийской научно-практической конференции. – Н. Новгород, 2021. С. 8-13.
3. **Маркова, К.А.** Экономическая сущность инновационного потенциала промышленного предприятия / К.С. Маркова, Е.Г. Моисеева // Казанская наука. – 2011. – №9. – С. 72-74.
4. **Моисеева, Е. Г.** Роль научно-производственных предприятий в национальной инновационной системе и развитии ОПК / Е.Г. Моисеева, Е.А. Карвасовская // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации. Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. – Н. Новгород, 2021. – С. 98-101.
5. **Моисеева, Е. Г.** Роль предприятий ОПК в развитии промышленности Нижегородской области. // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. – Н. Новгород, 2020. – С. 59-63.
6. **Репин, А.** Гражданская оборонка. Коммерсантъ. [Электронный ресурс] URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5090673>. (Дата обращения: 11.03.2022).
7. Технологические инновации и активность по данным Росстат. [Электронный ресурс] Инновации Росстат: активность, предприятия, товары, затраты. URL: <https://rosinfostat.ru/innovatsii/>. (Дата обращения: 11.03.2022).

### **3 СЕКЦИЯ**

## **ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОПК**

---

---

### **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОПК**

***О.В. Гришина, С.Н. Гришин***

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье обозначены актуальные проблемы молодых специалистов на предприятиях ОПК и способы решения кадрового вопроса.

**Ключевые слова:** молодые специалисты, кадровый вопрос, наставничество, подготовка будущих инженеров, целевое обучение.

Оборонно-промышленный комплекс (ОПК) Российской Федерации играет важную роль в национальной экономике страны. Предприятия ОПК производят продукцию мирового уровня, используя высокотехнологичное оборудование, и, тем самым, поддерживают государство на мировой арене. Вклад таких оборонных предприятий составляет 65-75 % в общем числе государственных научных разработок.

Для предприятий ОПК особо актуален кадровый вопрос, который касается и наиболее эффективной подготовки будущих инженеров, и закрепления кадров на предприятиях.

По самым приблизительным оценкам сегодня в оборонно-промышленной сфере количество молодых специалистов не превышает 20 % от общего числа сотрудников. Основной состав рабочей силы – это специалисты со стажем, мастера своего дела. За много лет они изучили все тонкости производства. Средний возраст специалистов производственных предприятий составляет 50 лет. И в этом есть определенная проблема – сложности с наставничеством. Специалисты старшего поколения рано или поздно покинут производство, забрав с собой уникальные знания и навыки работы на предприятиях ОПК, а наработанный опыт, даже при всем желании, просто будет некому передать.

Девяностые годы нарушили порядок преемственности поколений, поэтому предприятия вынуждены закрывать кадровый голод. В настоящее время в кадровом составе есть люди старшего возраста, есть очень много молодых кадров, а вот средний возраст – большой дефицит. По статистике, средний возраст руководителя – 56 лет, 31% руководящего состава – люди старше 60-ти. Сегодня у многих выпускников сложилось впечатление, что ключевые позиции на будущем предприятии не подразумевают инженерную подготовку и стратеги-

ческие решения принимаются людьми, которые слабо представляют себе производственный процесс. Необходимость закрывать кадровые потребности вынуждает назначать на важные позиции людей без профильного образования [1]. Сегодня подобное еще можно терпеть, но стратегически это пропасть, потому что нельзя быть профессионалом в той сфере, которой ты занимаешься, если ты не получил профильного образования. Жизнь показывает, что к руководителям предъявляют ряд требований: в первую очередь, это инженерная подготовка, знание основ производства, а уже потом знания процессов управления проектами. Отличный руководитель может получиться лишь тогда, когда в нем сочетаются навыки управленца и инженера.

Насущные проблемы молодых специалистов базируются на трех основных китах: это зарплата и перспективы ее роста, жилищный вопрос, который особенно актуален для иногородней молодежи и перспективы карьерного роста.

Ни для кого не секрет, что оплата одной и той же работы в различных регионах Российской Федерации может существенно отличаться. Стартовые зарплаты молодых специалистов в регионах значительно отстают от Москвы. В 2020 году ближе всего к московскому уровню находились зарплаты в Санкт-Петербурге (меньше на 12%), а также в Московской области (меньше на 26%). В Нижегородской области меньше на 36%. Наиболее заметно отстают от Москвы заработные платы молодых специалистов, проживающих в Челябинской области – на 49% [2]. Отсюда следующая проблема – текучесть кадров. В сегодняшних условиях 50% молодых специалистов уходят с должности в первые два года, уходят не только с предприятия, но и из специальности, которой обучались.

Если провинциальный город может предложить молодому специалисту зарплату около 20 тысяч рублей, то областной центр – около 40-50 тысяч, Москва и Подмосковье предлагают зарплату значительно больше – 50-80 тысяч рублей и, при этом, многие предприятия готовы дополнительно компенсировать полностью или частично наем жилья.

Отличающаяся в разы зарплата делает неконкурентоспособными предприятия ОПК, расположенные в провинциальных городах страны.

В складывающихся финансовых условиях молодые специалисты стремятся «перетекать» в региональные центры и столицу, таким образом, провинциальные предприятия ОПК становятся площадкой, где молодёжь, поработав несколько месяцев или лет, уходит.

Не радуют и перспективы финансового благополучия молодых специалистов, проработавших несколько лет. В частности, согласно информации, полученной крупнейшим кадровым агентством Head Hunter зарплата у молодых специалистов, проработавших в среднем 3-5 лет в столице, составляет 90-170 тысяч рублей, а в регионах – 40-70 тысяч. В современных условиях именно размер заработной платы позволяет или нет взять ипотеку для приобретения жилья и, соответственно, провинциальные города по вопросу решения жилищных проблем молодых специалистов не могут состязаться со столицей и региональными центрами. Таким образом, необходимо формирование государствен-

ных программ поддержки молодых специалистов по доступности ипотеки для приобретения жилья как на федеральном, так и на региональном уровнях.

Повышение в должности у молодёжи ассоциируется, прежде всего, с улучшением материального положения, повышением социального статуса и тому подобное. Однако фундаментом в карьерном продвижении является высокий профессиональный уровень. Под профессиональным уровнем подразумевается способность молодого специалиста показывать результаты своей деятельности на том уровне, который ожидает от него компания, а ещё лучше сверх этого уровня.

У молодых кадров, только что окончивших вузы, очень часто слабая теоретическая подготовка и обычно они не имеют практического опыта. Более 70% работодателей признались, что у молодых специалистов отсутствуют практические и коммуникативные навыки, понимание конкретного производства [3]. Текущий комплекс государственных мер, направленных на подготовку кадров для ОПК, не в полной мере отвечает потребностям развития высокотехнологических отраслей оборонной промышленности. Имеется существенное расхождение между содержанием образовательных программ и набором компетенций, необходимых выпускнику на рабочем месте. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования по различным направлениям требуют доработки, а для этого вузы, прежде всего, должны поддерживать постоянную связь с работодателями для своевременной корректировки и актуализации программ обучения.

Современное профессиональное инженерно-техническое образование отличается многообразием моделей. Основная же задача при подготовке будущих инженеров заключается в объединении образования и производства.

В настоящее время все чаще звучат призывы о необходимости вернуться к программе «специалитет» в высшем образовании, особенно для технических специальностей, и звучат с самых высоких трибун. Первый заместитель председателя комитета Госдумы по науке и высшему образованию Олег Смолин предложил вернуться к программам специалитета (то есть обучения в течение пяти лет – ред.) по большинству специальностей. Об этом он заявил во вторник, 5 апреля 2022 года в беседе с «Известиями».

Одним из способов решения кадрового вопроса становятся целевые наборы студентов в вузы. Целевой набор студентов – это форма трехстороннего сотрудничества между студентом, предприятием и вузом. При подобном виде организации обучения выигрывает каждая из сторон. Студент бесплатно получает высшее образование (целевики обучаются только за счет федерального бюджета), а заодно и уверенность в своем будущем, ведь сразу после получения диплома он будет обеспечен рабочим местом.

Вуз заручается поддержкой предприятия, для которого осуществлялся данный целевой набор в плане организации практики студента и написания дипломной работы, а порой получает еще и техническое оснащение, если оно необходимо для более плодотворного обучения студента. И, наконец, предприятие после окончания обучения студента в вузе получает специалиста, подго-

товленного с учетом специфики деятельности этого предприятия, со знанием используемого оборудования и технологических процессов, а также нуждающегося в гораздо меньшем сроке адаптации на рабочем месте. Сегодня целевая подготовка кадров ОПК составляет лишь 4% от общего количества новых специалистов [4].

Вузы России начали работу по выполнению государственного плана подготовки кадров со средним профессиональным и высшим образованием для организаций ОПК на 2021–2030 годы. Согласно постановлению правительства, к 2030 году планируется выпустить из вузов Минобрнауки 6319 человек со средним профобразованием и 91 475 – с высшим [4]. Федеральный кадровый центр ОПК сформировал Стратегию развития системы многоуровневого образования в ОПК на период до 2025 года и дальнейшую перспективу. С появлением этого документа система целевого обучения стала работать более эффективно.

В качестве рекомендации по решению проблем молодых специалистов на предприятиях ОПК – предложение о разработке единой программы поддержки адаптации целевиков в первые годы трудоустройства. Она должна включать как выплату единовременных пособий и субсидирование ипотеки, так и развитие института наставничества и предложения по дополнительным образовательным программам.

#### Библиографический список

1. Дёрова, А.И. Проблемы кадрового обеспечения предприятий ОПК. Особенности обучения руководящего состава // Менеджмент. Вооружение. Качество. – 2018. – №1.
2. Молодые специалисты: зарплата и перспективы. 4.02.2021 <https://nn.hh.ru/article/28101>
3. Муратова, К.С. Модель управления предприятиями оборонно-промышленного комплекса // Российское предпринимательство. – 2014. – № 24(270). – С. 147-157
4. [https://vpk.name/news/542603\\_kadry\\_dlya\\_tehnologicheskogo\\_proryva.html](https://vpk.name/news/542603_kadry_dlya_tehnologicheskogo_proryva.html)

## ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТА

## PSYCHOLOGICAL ASPECT OF LANGUAGE TRAINING OF IT SPECIALISTS

*Egoshina E.A.*

*Kazan Federal University*

The article analyzes the issues of studying English by IT specialists and defines its psychological aspects.

**Keywords:** language training, IT specialist, education for adults, psychological characteristics.

It is common knowledge that IT specialists are actually in demand in the labor market nowadays. They work in all sectors of the economy. They are increasingly necessary in the domestic military-industrial complex.

At the same time, it should be noted that IT specialists have to have a good level of English. In order to read technical literature with comfort, communicate with foreign colleagues, listen to native speakers and understand the interlocutor they need to know English at the intermediate level.

There is a debate among scientists and practitioners about the need-to-know English in the above-mentioned area. Some people argue that they cope with their work without it, others give quite reasonable arguments in favor of English language proficiency and back them up with personal success stories. We support the last point of view, those people who want to develop English skills. Thus, in fact there is no way in the IT sphere without language knowledge.

English is significant for an IT specialist because:

- All basic (and not only) programming languages are based on English words. In practice, this means that it will be much easier to master a new programming language and learn to deal more masterfully with already familiar ones if you speak English.
- All the fundamental specialized literature is written, first of all, in English. Moreover, not everything was translated into Russian. Even less material has been translated correctly.
- Pass a specialized certification in the field of information technology and receive certificates from companies such as CISCO, Microsoft, etc. (and this, by the way, is a serious salary bump!) you can only know English.
- Difficulties often arise in the work. Sometimes you have to look for a solution to a problem on the World Wide Web, and it often happens that the necessary information simply was not published on the Internet. However, in the English-speaking environment you can find almost any information, especially on the topic of IT.
- All the largest IT companies in the world are in the USA (Google, Microsoft, ORACLE, Apple etc.) and even in their Russian branches English prevails. If you do not speak the language, you will not be able to build a career in one of the world's largest IT corporations.
- Programmers often have to work with foreign customers. All communication often takes place exclusively in English – both the initial negotiations, the preparation of the terms of reference, its coordination, interaction during the implementation of the project, etc.
- Most of the master classes, seminars and webinars from the most famous IT gurus are held in English. Nevertheless, attending such events is extremely useful for professional and personal growth, as well as for inspiration.
- IT specialists, like no one else, always need to be aware of new trends, developments, concepts, etc. Given the fact that about 90% of new information on the web appears in the language of Shakespeare, the possession of English becomes not a privilege, but an urgent necessity.

According to the majority of scientists, the main psychological differences between teaching a student and an adult IT specialist a foreign language are:

1. An adult student is an independent and self-governing person who has life experience, including educational background.

2. Each adult student has his or her own specific motivation to learn a foreign language. In most cases it is related to his professional activity.

3. An adult student immediately tries to apply theoretical knowledge in practice in everyday and professional life.

4. An adult student has fairly high requirements for the quality of training and its results. Based on all of the above, the main pedagogical principles in teaching an adult group of students are: individualization, reliance on experience, the principle of joint activity, the practical orientation of training, the role of the teacher in organizing training, providing advice and high-quality knowledge.

Many psychologists identify eight crucial features in adult education.

1. Adult learners should be motivated to learn. Their studies will be effective only if they have a strong desire to master new skills and abilities. Motivation cannot be imposed, but it can be stimulated from the outside.

2. An adult student will study only what they consider important and necessary for their practical application.

3. Adults learn in the process of work. If they have the opportunity to put their knowledge into practice, consolidate it, repeat it regularly, then new proficiency will last longer than with "passive" training.

4. When teaching adults, it is important to use realistic problems from practical life and look for a concrete solution.

5. Previous life experience has a great influence on the adult learner. How a student perceives new knowledge directly depends on his previous life experience.

6. Adult students need an informal environment, as many have unpleasant memories associated with school.

7. When teaching an adult group of students, it is valuable to remember about the use of different teaching methods. Learning will be more effective if new knowledge is perceived by several senses, for example, vision and hearing. Audio recordings, visual aids, videos contribute to the better assimilation of knowledge. Also, the discussion method of teaching helps to consolidate the acquired knowledge better, apply them and attract the attention of the student.

8. Adult learners should be guided, not "estimated". Many of them are critical of themselves and their abilities, so they may be negatively affected by competition due to fear of public condemnation [3].

Interpersonal interaction is one of the most important conditions for effective and successful teaching of a foreign language to adults. Taking into account the psychological characteristics of interpersonal interaction improves the learning process and leads to the most impactful adult learning.

To overcome psychological difficulties in learning a foreign language by IT specialists (both students and employees of companies), we use the following types of work in our practice:

1. Ordinary life conversation training at the beginning of each class (it helps to reduce level of stress)
2. Opportunities to express all aspects of personal opinion by both sides – a student and a teacher (it makes trustful communication)

3. Creation a common structure for speaking and writing using thesis, personal opinion, examples from personal or professional life (IT specialists need to make their communication structured and logical)

We also offer the following types of exercises for IT specialists to practice their communication skills:

1. Describe, compare and contrast pictures, videos, graphs, statistics or other visual kinds of information (you need to make your own structure for this or check it with useful vocabulary in resources for preparation for international level exams)
2. Training speech with interviews and monologues (it is the best way to improve the expression of your opinion and ideas about different things and situations)
3. Pay your attention of the most used vocabulary. Different modern applications for learning words can help you, for example, QUIZLET (vocabulary for private and professional life is really essential not only for IT specialists, but for each language learner)

In conclusion, English is a valuable asset for an IT specialist. General English proficiency gives an advantage to an IT specialist. Furthermore, it is one of the components of his professional competence, as it provides the future programmer with ease of mastering and memorizing programming languages; speed of solving problem tasks and editing programs; understanding and awareness of the system's response to erroneous situations and other aspects of the programmer's activity. To sail through psychological difficulties in learning English, it is vital to apply special exercises aimed at mandatory expression of opinion, expanding vocabulary, creating a convenient communicative structure.

## **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ОБРАЗОВАНИЯ**

***Т.В. Лисенкова, А.В. Баранова***

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В данной статье рассматриваются профессиональные компетенции направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств».

**Ключевые слова:** стандарт, компетенции, классификация.

ФГОС ВПО третьего поколения разработаны как стандарты компетентностной модели. Это дальнейшее развитие присущего российской высшей школе системно-деятельностного подхода к образованию, получившего в прежние годы свое воплощение в разработке квалификационных характеристик выпускников вузов, общих требований к уровню подготовленности в стандартах первого поколения, или подготовленности выпускников к видам

деятельности и решению профессиональных задач в ФГОС первого и второго поколений [1].

*Компетентность* – владение определенными компетенциями. *Компетенция* – это способность и готовность применить знания и умения при решении профессиональных задач в различных областях, то есть способность и готовность проявлять гибкость в изменяющихся условиях рынка труда. *Компетентностная модель* специалиста представляет собой описание того, каким набором компетенций должен обладать выпускник вуза [3].

Имеется множество классификаций компетенций. Компетенции можно разделить на две группы: универсальные, или надпредметные, и профессиональные. Первые являются переносимыми и менее жестко привязанными к объекту и предмету труда. Вторые отражают профессиональную квалификацию. Они различаются для разных направлений и делятся на общепрофессиональные и специальные [4].

*Универсальные* представляют собой: способность и готовность к анализу и синтезу; способность и готовность к организации и планированию; способность и готовность к использованию навыков работы с ПЭВМ; способность и готовность к использованию навыков управления информацией (умение находить и анализировать информацию); готовность к решению проблем и к принятию решений; способность применять знания на практике; исследовательские навыки; способность порождать новые идеи (креативность); забота о качестве; межличностные (социально-личностные); способность к критике и самокритике; умение и готовность работать в команде; навыки межличностных отношений; стремление к успеху, к лидерству, инициативность; способность и готовность общаться со специалистами из других областей; способность и готовность работать в международной среде; способность и готовность учиться в течение всей жизни; способность адаптироваться к новым ситуациям; приверженность этическим ценностям; понимание культур и обычаев других стран; способность работать самостоятельно.

*Профессиональные* в ГОС ВПО разделяются на две группы:

*Общепрофессиональные компетенции и профессиональные компетенции* (специальные).

Профессиональные компетенции – это способность и готовность использовать базовые знания в различных областях, тщательная подготовка по основам профессиональных знаний и др.

На разных ступенях ВПО происходит формирование различных компетенций, однако универсальными компетенциями студент может овладеть в процессе всего обучения.

В системе уровней профессионального мастерства *компетентность* занимает промежуточное место между исполнительностью и совершенством. Компетентность предполагает постоянное обновление знаний, владение новой информацией и успешное применение знаний в конкретных условиях, то есть обладание оперативным и мобильным знанием. Компетентного специалиста отличает способность среди множества решений выбирать наиболее оптималь-

ное, ориентировано отвергать ложные решения, подвергать сомнению эффективные решения, то есть обладать критическим мышлением.

Только единство профессиональной и универсальной компетентности может обеспечить современному выпускнику профессионального учебного заведения конкурентоспособность на рынке труда [4].

В ГОС 3++ направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» представлены универсальные компетенции (УК) и общепрофессиональные компетенции (ОПК). Профессиональные компетенции специалиста (ПКС) выбираются на основании профессионального стандарта и выбранной трудовой функции. По согласованию с работодателями для трудовой функции инженер-радиоэлектроник были выбраны следующие ПКС:

- **ПКС-1.** Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов;

**Знать:** Физические и математические законы, используемые в методической и нормативной базе в области разработки и проектирования радиоэлектронных устройств.

Технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области радиоэлектронной техники.

Методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники.

**Уметь:** пользоваться физическими и математическими законами, используемые в микро- и нанoeлектронике. Осуществлять расчет основных показателей качества радиоэлектронной системы.

**Владеть:** Навыками выполнения технических расчетов в том числе с применением средств вычислительной техники.

- **ПКС-2.** Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений;

**Знать:** Методическую и нормативную базу компонентов для разработки и проектирования радиоэлектронных устройств. Современная элементная база.

**Уметь:** согласовывать технические условия и задания на проектируемую радиоэлектронную систему.

**Владеть:** Навыками проектирования структурных функциональных схем, радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования на основе современной элементной базы.

-**ПКС-3.** Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;

**Знать:** Требования стандартов, ГОСТ, ЕСКД и других нормативно-технических документов в области разработки и проектирования радиоэлектронных устройств. Методическая и нормативная база в области разработки и

проектирования радиоэлектронных устройств. Технические характеристики и экономические показатели отечественных и зарубежных разработок в области радиоэлектронной техники. Современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения схемотехнических, системных и сетевых задач.

**Уметь:** разрабатывать и оформлять конструкторскую и техническую документацию в соответствии с действующими нормативными документами с применением систем компьютерного проектирования.

**Владеть:** навыками контроля проектируемых электронных устройств на соответствие стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

**- ПКС-4.** Способен выполнять работы по технологической подготовке и организации метрологического обеспечения производства электронных средств.

**Знать:** требования к работам по технологической подготовке и организации метрологического обеспечения производства электронных средств.

**Уметь:** выполнять работы по технологической подготовке и организации метрологического обеспечения производства электронных средств.

**Владеть:** методами выполнения работ по технологической подготовке и организации метрологического обеспечения производства электронных средств.

В ГОС ВПО третьего уровня вузам предоставлена возможность самостоятельно конструировать образовательные программы подготовки бакалавров и магистров из набора учебных курсов университетского уровня по запросам регионов. Это дает возможность регионам получать квалифицированных специалистов, способных работать на современном уровне [4].

ГОС ВПО третьего поколения по своей структуре приближено к зарубежным программам направления подготовки «Проектирование и технология электронных средств» [5]. Активно поддерживают ГОС ВПО третьего поколения на основе профессиональных стандартов представители работодателя и бизнеса.

#### Библиографический список

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования ФГОС ВПО 3++
2. **Лисенкова, Т.В.** Модернизация учебно-методической документации по технической дисциплине «Надежность электронных средств» направления 11.03.03 / Т.В. Лисенкова, А.В. Баранова // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации: межвузовский сборник статей по материалам VII Всероссийской научно-практической конференции. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2021. С. 94-98
3. **Дорофеев, А.** Профессиональная компетентность как показатель качества образования / А. Дорофеев // Высшее образование в России. – 2005. – № 4. – С. 30-33.
4. **Байденов, В.** Компетенции в профессиональном образовании (К освоению компетентностного подхода) / В. Байденов // Высшее образование в России. – 2004. – № 11. – С. 3-13.

5. **Баканов, Г.Ф.** Анализ образовательных программ зарубежных университетов: Учебно-методическое пособие / Г.Ф. Баканов. – С.-Петербург, 2004. С. 8-9, 85.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПА НАГЛЯДНОСТИ ПРИ СОПРОВОЖДЕНИИ АУДИТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ В ПРОШЛОМ И НАСТОЯЩЕМ

**Н.А. Пакина, Ю.П. Емельянова**

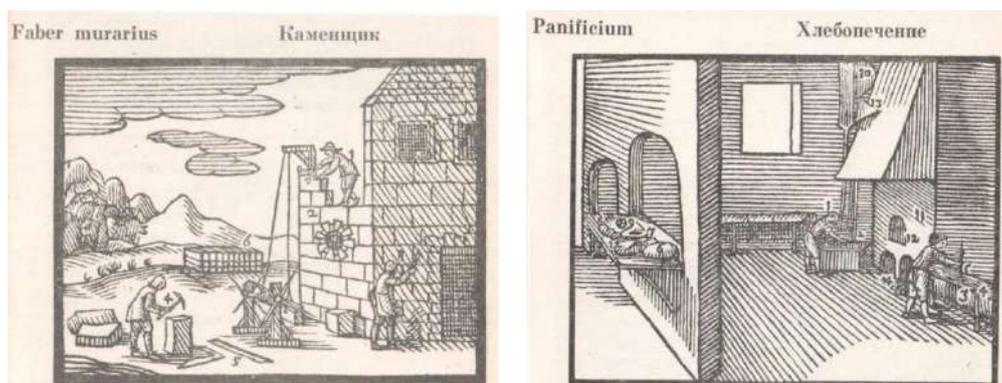
*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье говорится о визуализации учебно-методического материала, т.е. демонстрации каких-либо событий, явлений и процессов. Особое внимание уделено распространению технических средств обучения в России конца XIX – начала XX века. Рассказывается о приборах, используемых для реализации принципа наглядности. Детально рассмотрен проекционный аппарат под названием «волшебный фонарь».

**Ключевые слова:** наглядность, проекторы, образовательные учреждения, «волшебные фонари».

Главнейший принцип, который должен быть положен в организацию построения лекционных занятий – это визуализация, для чего в настоящее время широко используются мультимедийные проекторы. Несомненно, что применение мультимедиа способствует расширению общего кругозора обучаемых, обогащает их знания. А как в прошлом осуществлялась практическая реализация принципа визуализации в учебных заведениях и других учреждениях, занимающихся просветительской деятельностью?

Необходимость визуализации была осознана педагогами достаточно давно, другой вопрос, что этот принцип изначально называли наглядностью. Например, принцип наглядности был положен в основу учебника знаменитого чешского педагога Я. А. Коменского «Мир чувственных вещей в картинках» («*Orbis sensualium pictus*»), который увидел свет 1650–1654 годах [7, с. 238]! В ней мы можем увидеть многочисленные графические изображения (рис. 1).



**Рис. 1. Иллюстрации из учебника Я. А. Коменского**

Про важность использования наглядности в учебном процессе писал и отец русской дидактики К.Д. Ушинский: «...полезно прибегать к учению, об-

ращающемуся чувству зрения, т.е. использовать планы и картины, схемы всякого рода» [10]. Многие лекторы и в XIX веке включали в свои лекции демонстрацию тех или иных процессов, например, Майкл Фарадей (рис. 2).

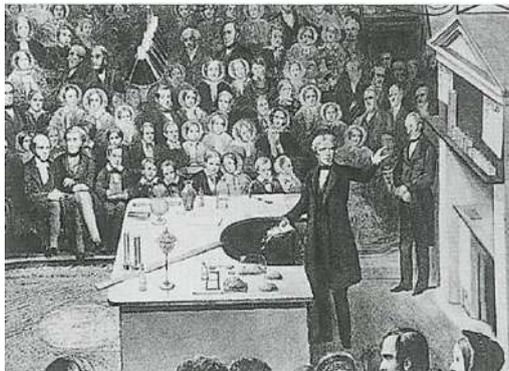


Рис. 2. Публичная лекция М. Фарадея

И не случайно стала крылатой фраза «картинка вместо тысячи слов», которую произнес более ста лет назад в 1911 году известный американский журналист Артур Брисбейн.

В России о принципе наглядности много говорилось в 60-70-х годах XIX века и велись жаркие дебаты по поводу полезности (и вредности) данного подхода. Известный русский педагог В.П. Вахтеров образно охарактеризовал этот период: «Сыпался дождь изданий по наглядному обучению... ..Это течение было благодатным дождем после долгой засухи на нашей педагогической ниве...» [5, с. 18].

Реальное внедрение его в учебный процесс началось несколько позднее на рубеже столетий. Об этом мы можем прочесть, например, у В.И. Снежневского в его книге «Нижегородский Мариинский институт благородных девиц. 1852-1902 гг.»: «...Учебная конференция института в заседании 8 сентября 1900 г. постановила вместо существующего метода, уделявшего слишком много внимания на теоретическое изучение языка и недостаточно на практическое ознакомление с ним, в младших классах ввести новейший метод наглядности обучения языкам» [9, с. 80, 81]. Подобные решения не были формальностью, современные подходы действительно реально внедрялись в учебный процесс при изучении многих дисциплин.

В качестве примера приведем выдержки из дневника воспитанницы этого учебного заведения Анны Аллендорф. Рассказывая о занятиях по физике, которые проводил преподаватель Владимир Васильевич Мурашов в 1901 году, она пишет:

*«Влад. Вас. показывал цилиндрическое зеркало. Этот урок был совсем не как урок. Мы ходили по классу, толпились у столика, где Влад. Вас. показывал опыты...»*

*«За физикой Влад. Вас. делал опыты с вогнутым зеркалом, чтобы изображение получалось в воздухе ...» [3].*

Теперь обратимся к заявленной теме и рассмотрим проекционные приборы, которые использовались в разные годы (см. табл. 1).

Таблица 1

## Разновидности проекционных приборов

Название	Внешний вид	Назначение
«волшебный фонарь»		Старинный прототип проектора под названием «волшебный фонарь» (лат. <i>Laterna magica</i> ) был распространён начиная с XVII и до XX века. Известен также, как «магический фонарь», «фантаскоп», «туманные картины» и др. Состоял из деревянного или металлического корпуса с отверстием для объектива, в корпусе размещался источник света (свеча, масляная лампа, электрическая лампочка). В нем использовались стеклянные слайды.
диапроектор		Диапроектор – портативный прибор для покадровой проекции на экран чёрно-белых и цветных диапозитивов, вмонтированных в стандартные рамки 50x50 мм, а также для просмотра диафильмов и неразрезных диапозитивов на 35-миллиметровой киноплёнке при помощи специальных рамок. Диапроектор рекомендуется применять для иллюстрации лекций в небольших школьных и студенческих аудиториях.
слайдпроектор		Слайд-проектор используется для проецирования изображения с фотопленки на большой экран. Яркость проецируемого изображения зависит от типа и мощности используемой лампы. Обычно в слайд-проекторах используют галогенные лампы мощностью от 150 до 400 Вт.
фильмоскоп		Фильмоскоп – принятое в СССР название диапроекторов, специально предназначенных для демонстрации рулонных диафильмов с размером кадра 18x24 мм
оверхед		Оверхед-проектор ( <i>Over Head Projector</i> – проектор, расположенный над головой) – проекционный аппарат, в котором изображение от источника проецируется на экран при помощи наклонного проекционного зеркала.
кинопроектор		Кинопроектор – аппарат, предназначенный для воспроизведения движущегося изображения и звука, записанных на киноплёнке. Большинство кинопроекторов изображение демонстрируется на большом экране при помощи света, проходящего через прозрачную киноплёнку
мультимедийный проектор		Цифровой прибор. В зависимости от веса и габаритов, проекторы можно разделить на стационарные, портативные, ультрапортативные и карманные.

Не будем подробно останавливаться на всех конструкциях проекционной техники, рассмотрим подробнее, как использовались в учебном процессе менее известные нашим современникам «волшебные фонари».

Изобретением «волшебного фонаря» мы обязаны голландскому ученому и изобретателю Христиану Гюйгенсу (рис. 3). Самое раннее упоминание о проекционном фонаре можно найти в его рукописи Гюйгенса 1659 года [2]. И хотя он известен в большей мере как астроном, открывший природу колец Сатурна и спутник этой планеты Титан, на счету Гюйгенса немало и изобретений. Назовем только некоторые из них: маятниковые часы, окуляр Гюйгенса, который используется в астрономических приборах до сих пор.

Свое изобретение «волшебного фонаря» он чаще всего утаивал или умалчивал о нем. И дело не в изобретении, а неожиданном для Гюйгенса применении. Миссионеры с помощью этого устройства помогали уверовать людям, показывая им ангелов и демонов. Его взяли на вооружение иллюзионисты. Сам Х. Гюйгенс позиционировал себя серьезным ученым, далеким от мракобесия.

Томас Вальгенстен был первым, кто использовал термин *Laterna Magica*. Вальгенстен не только осознал технические и художественные возможности «волшебного фонаря», но и его экономический потенциал, путешествуя по Европе, демонстрируя и продавая их. Начиная с XVIII века уже сотни людей участвовали в разработке фонаря и его аксессуаров [1].

И только в XIX веке «волшебные фонари» стали широко использовать ученые и педагоги. Особой популярностью они пользовались в Англии. Другие страны тоже не остались в стороне. Например, в 1864 году некоторые курсы в Сорбонне сопровождались проекциями. В Москве географ-методист Сергей Павлович Меч в конце XIX столетия читал лекции в средних и начальных учебных заведениях. Они имели невероятный успех во многом благодаря *«огромному количеству демонстрируемых им посредством «волшебного фонаря» картин, изображавших то виды природы, то портреты жителей описываемой страны, то ее памятники, города, мосты и другие постройки»* [5, с. 236].

Массовое производство стеклянных пластин с изображениями привело к тому, что появились комплекты слайдов с общеобразовательными сериями, предметными уроками, историческими картинками. Нередко под них адаптировали и художественные произведения, которые можно было использовать на занятиях как иллюстрации, доступные сразу большой аудитории. В Нижнем Новгороде подобной работой занимались известные фотографы А.Л. Карелин и М.П. Дмитриев. Например, в 1898 году Карелин в своей мастерской «Фотография и живопись», изготавливал диапозитивы для волшебных фонарей, которые использовались в учебных заведениях, во время народных чтений и т.п. [4, с. 271].

Где конкретно в городе на Волге использовались «волшебные фонари»? Прежде всего, в Нижегородском кружке любителей физики и астрономии (НКЛФА). Там с их помощью было организовано сопровождение многочис-

ленных научно-популярных лекций (рис. 4) [8, с. 69]. Кстати, членами кружка являлись очень многие преподаватели учебных заведений, и там они могли оценить все плюсы этого подхода к организации процесса обучения.

Известно, что подобное устройство стало применяться в Нижегородском Мариинском институте благородных девиц. Там «волшебный фонарь» с теневыми картинками использовали, прежде всего, при «преподавании географии, космографии и естественной истории». Более того, в институте был оборудован специальный класс для просмотра слайдов в дневное время [9, с. 82].

Не только в таком привилегированном заведении, как Мариинский институт, но даже в обычных сельских училищах «волшебные фонари» не являлись редкостью. Об этом удалось узнать из документов «Сведения о Мессинговском начальном бывшем церковно-приходском училище за 1915-1918 годы», хранящегося в Государственный архив Нижегородской области в городе Арзамасе [6]. На стандартных отчетных бланках был пункт с вопросом «Используются ли волшебные фонари в учебном процессе?».



Рис. 3. Х. Гюйгенс



Рис. 4 «Волшебный фонарь» НКЛФА

Действительно, в первом и втором десятилетии XX века, необходимость применения технических средств уже не вызывала сомнений, на многих учительских съездах принимались резолюция о том, что «*во всех школах необходимы волшебные фонари*». Вопрос был в том, как обеспечить школы и гимназии всем необходимым. И тут к решению нелегкой задачи подключились земства. Они принимали решения о возможности перехода учебных технических средств от одного учебного заведения к другому внутри уезда. Немаловажно и то, что земствами проводилась организация «подвижных школ» с использованием проекционных аппаратов, которые перевозились с места на место для проведения лекций и публичных бесед. Кроме того, уже на рубеже веков по стране стали создаваться музеи наглядных пособий. Все имеющееся в музее, можно было получить во временное пользование на срок от 3 дней до одной недели за незначительную оплату. Практически это означало, что при музеях

были открыты пункты проката, которыми активно пользовались как средние, так высшие учебные заведения. Но обеспечить – это полдела. Остро встал вопрос о необходимости обучения учителей пользоваться «волшебными фонарями», для чего при некоторых учебных заведениях были организованы специальные курсы [11].

Но шли годы и с появлением электричества проекционные аппараты сильно изменились, они стали компактнее, поменялись и названия этих устройств. Сейчас только в некоторых музеях можно увидеть настоящий «волшебный фонарь», например, в Русском музее фотографии в Нижнем Новгороде.

Устройства менялись, но их назначение всегда было одним – представить информацию в удобной для восприятия форме и сделать процесс обучения более живым и интересным.

#### Библиографический список

1. A brief history of the Magic Lantern // The Magic Lantern Society – Электронный ресурс // URL: <http://www.magiclantern.org.uk/history/> (дата обращения 22.07.2021).
2. Christiaan Huygens // De Luikerwaal – Электронный ресурс // URL: [https://www.luikerwaal.com/indexx\\_uk.htm](https://www.luikerwaal.com/indexx_uk.htm) (дата обращения 21.07.2021).
3. Аллендорф, А.А. Дневник [Электронный ресурс] // Электронный корпус «Прожито». // URL: <https://prozhito.org/notes?date=%221900-01-01%22&diaries=%5B249%5D> (дата обращения: 23.07.2021).
4. Андрей Осипович Карелин. Творческое наследие. / Составители: Семенов А.А., Хорев М.М. – Нижний Новгород: Волго-Вятское книжное издательство, 1990. – 288 с.
5. Вахтеров, В.П. Предметный метод обучения. (5-е изд.) – Москва: тип. И.Д. Сытина, 1918. – 386 с.
6. Государственный архив Нижегородской области в городе Арзамасе (ГКУ ГАНО). Ф. 160. Оп. 1. Д. 122.
7. Пакшина, Н.А. Визуализация как главный принцип построения электронных средств обучения / Н.А. Пакшина, Ю.П. Емельянова, // Акмеология профессионального образования: материалы 11-й Всероссийской научно-практической конференции, Екатеринбург, 13-14 марта 2014 / ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т». – Екатеринбург, 2014. – С. 238–241.
8. Пономарев, С.М. 130-летие Нижегородского кружка любителей физики и астрономии (страницы истории) / С.М. Пономарев, Н.С. Беллюстин. – Н. Новгород, 2018. – 105 с.
9. Снежневский, В.И. Нижегородский Мариинский институт благородных девиц. 1852-1902 гг./ Сост. ... по архивным материалам... В.И. Снежневский. – Нижний Новгород : тип. У.А. Скимунт, 1902. – VI, 189 с.
10. Ушинский, К.Д. Избранные произведения. Вып. 4. Человек как предмет воспитания. Кн. 1: приложение к журналу «Советская педагогика» / К.Д. Ушинский. – М.-Л.: Акад. пед. наук РСФСР, 1946. – 329 с.
11. Фуртова, Г.А. Общественные инициативы в распространении технических средств обучения в России XIX – начала XX в. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6. // URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22858> (дата обращения: 24.07.2021).

## ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ

*М.В. Правдина, А.Н. Трутнева*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

Статья посвящена проблемам формирования профессиональной направленности студентов вузов. Данная статья рассматривает проблемы несоответствия высокого уровня требований общества к личностным качествам выпускников и низкого уровня их сформированности, что предопределяется существующей системой организации вузовской подготовки специалистов. Особое внимание уделено формированию у студентов положительного отношения к будущей профессиональной деятельности.

**Ключевые слова:** формирование личностных качеств, профессиональная мотивация, профессиональная направленность, практико-ориентированное обучение.

Большинство ученых связывают формирование личностных качеств студентов с воспитательно-образовательным процессом, поскольку учеба является основным видом деятельности студентов, объектом их жизненно-важных устремлений. Об эффективности обучения мы судим, прежде всего, по психологическим результатам, по тем психическим изменениям и новообразованиям, которые формируются в процессе управляемой учебно-познавательной деятельности. Для вуза, являющегося школой профессиональной, психологический результат выступает в форме профессионально и социально значимых психологических качеств личности выпускаемого им специалиста – все то, что определяет его профессиональную компетентность и профессиональное мастерство (В.А. Якунин) [5]. Однако на сегодняшний день следует признать очевидное несоответствие высокого уровня требований общества к личностным качествам выпускников и низкого уровня их сформированности, что предопределяется существующей системой организации вузовской подготовки специалистов.

Следует продуктивно использовать период вузовского обучения, который является важным для становления личности, потому что в возрасте 18-22 лет в человеке происходят глубокие социальные и психофизиологические изменения. Неслучайно исследователи считают его периодом становления характера и интеллекта, интенсивного формирования системы взглядов, внутренней позиции личности. Во время вузовской учебы преобразуется вся система ценностных ориентаций личности – с одной стороны, а с другой, в связи с профессиональной подготовкой, – интенсивно развиваются специальные способности, активизируется ценностно-ориентационная деятельность, связанная с познанием собственных качеств и с усвоением новых знаний, происходит переоценка своих способностей и отношений с людьми. Легче всего приобретаются все необходимые в выбранной профессии знания, умения и навыки, развиваются специальные личностные и функциональные качества (организаторские способности,

инициативность, мужество и находчивость, необходимые в ряде профессий, четкость и аккуратность, быстрота реакции и т.д.). Требуется поставить в центр внимания педагогических коллективов вузов все механизмы влияния на сознание, мотивацию и поведение обучающихся, обеспечить эффективную систему воспитания студентов в ходе образовательного процесса.

Одними из таких действенных механизмов мы считаем: 1) повышение профессиональной направленности; 2) включение студентов в учебную деятельность, дающую возможность реализовать личностные качества, определяющие успех их будущей профессиональной деятельности.

Студент выступает в качестве субъекта учебной деятельности, которая прежде всего определяется мотивами. Два типа мотивов характеризуют преимущественно учебную деятельность – мотив достижения и познавательный мотив. В обучении мотивация достижения подчиняется познавательной и профессиональной мотивации. Во время учебы в вузе формируется прочная основа профессиональной деятельности. Особенностью мотивационного обеспечения учебной деятельности является профессиональная направленность учебной деятельности студента, заключающаяся в интеграции побуждений, связанных с учебной и профессиональной деятельностью на основе взаимных трансформаций познавательных и профессиональных мотивов. Профессиональная направленность способствует формированию у студентов мотивов осознания нужности знаний для успешного овладения профессией, их необходимости для ориентировки в различных ситуациях профессиональной деятельности, что в свою очередь вызывает у обучающихся потребность в овладении умениями и навыками [2].

Общей конечной целью обучения в вузе является профессиональная подготовка специалистов, поэтому отношение к своей профессии В.А. Якунин предлагает рассматривать как форму и меру принятия конечных целей обучения [5]. Здесь необходимо выделить два аспекта: во-первых, профессиональную направленность и, во-вторых, представление и знания студентов о будущей профессии. Профессиональной направленностью называют целостное и многогранное свойство личности, включающее два компонента: практический (поведенческий) и эмоционально-когнитивный (Ю.П. Платонов) [3]. Профессиональную направленность можно определить как интерес к профессии и склонность заниматься ей. Как социальная группа студенчество характеризуется профессиональной направленностью, сформированностью устойчивого отношения к будущей профессии (И.А. Зимняя). Результаты исследований свидетельствуют о том, что уровень профессиональной направленности студента непосредственно соотносится с уровнем его отношения к учебе: чем меньше студента интересует будущая профессия, тем менее положительным является его отношение к учебе. И в этом случае уже трудно говорить о воспитании профессионала, обладающего набором профессиональных и личностных характеристик, необходимых для успешного выполнения деятельности.

Первоначально отношение к профессии проявляется в мотивах выбора того или иного вуза или той или другой специальности. Мотивы выбора профессии, отношение к ней являются чрезвычайно важными факторами, обуславливающими успешность профессионального обучения. Одним из важнейших вопросов является определение мотивации как ведущего фактора регуляции активности личности, ее поведения и деятельности. Как справедливо замечают исследователи, «нельзя наладить какое бы то ни было эффективное педагогическое взаимодействие с ребенком, подростком, юношей без учета особенностей его мотивации» (Н.В. Бордовская, А.А. Реан) [1]. Достижения в учении и освоении профессией в значительной мере обуславливаются внутренними психологическими факторами, поскольку цели учения определяются выражаемыми в них индивидуальными потребностями и мотивами, сформировавшимися в предшествующем опыте студентов. Мотивы, побуждающие молодых людей к учебной деятельности, различны, и от их характера зависит дальнейшая профессиональная судьба каждого студента.

Профессиональная направленность как форма отношения к профессии складывается из частных оценок субъектом степени личностной значимости различных аспектов профессиональной деятельности и ее содержания. Необходимо выяснить, как представляют себе студенты свою будущую профессию, ведь от того, насколько четко представляет себе студент свою деятельность, считает ли он ее достойной и значимой для общества, зависит и успех его обучения. Е.А. Климов в своей работе «Образ мира в разнотипных профессиях» справедливо замечает: «Без ясности в вопросе о том, образ чего (какого результата деятельности) должен удерживать в сознании профессионал или обучающийся профессии, повышающий профессиональную квалификацию, мы не сможем рассчитывать ни на хорошую постановку профессионального образования, ни на хорошую организацию труда, ни на разумное проектирование каждым человеком своих очередных шагов на профессиональном жизненном пути, ни даже на хорошее взаимопонимание людей в обществе». Перед преподавателями встает важная задача: «вводя» студентов в мир профессии, формировать у них положительное отношение к будущей деятельности, поскольку положительное отношение к профессии является важным фактором повышения учебной успеваемости студентов. Недаром В.Д. Шадриков заметил, что «принятие профессии порождает желание выполнить ее определенным образом, порождает определенную детерминирующую тенденцию и служит исходным моментом формирования психологической системы деятельности» [4, с. 33]. Общее отношение студентов к профессии, т.е. к целям вузовского обучения, наполняют профессиональным смыслом и содержанием протекание самой учебной деятельности, которая выступает относительно профессиональных целей обучения в качестве средства их достижения (В.А. Якунин) [5].

В педагогике и психологии распространенным является мнение о том, что личность всегда проявляет и реализует себя через сложную систему деятельно-

сти. Только по результатам деятельности индивида можно эмпирически обнаружить наличие способностей или констатировать их отсутствие. Так как учеба является основным видом деятельности студентов, необходим поиск таких форм учебной деятельности, в которых студент может выступать в роли активного субъекта познания. Предлагаемый нами принцип практико-ориентированного обучения, суть которого заключается в том, что теоретические знания даются через выполнение практических действий, направленных на решение реальных или воображаемых проблемных ситуаций, позволяет использовать широкий спектр активных методов обучения, вовлекающих студентов в учебную деятельность, дающую им возможность реализовать личностные качества, определяющие успех их будущей профессиональной деятельности.

Условием развития личности является развитие, совершенствование самой деятельности. Развитие деятельности на этапе профессиональной подготовки происходит от учебно-познавательной к учебно-профессиональной и от нее – к реальной профессиональной деятельности. Фактором формирования и становления личности в учебном заведении является система взаимосвязанных и постоянно усложняющихся по содержанию и способам осуществления видов деятельности. При самостоятельном выполнении деятельности личность сама превращается в фактор развития деятельности, что свидетельствует о достижении личностью творческого уровня развития. Обретение студентом деловых и личностных качеств стимулирует развитие, а ее качественно новый уровень, в свою очередь, приводит к дальнейшему личностному развитию.

Таким образом, важно сформировать у студентов отчетливое представление о тех требованиях к личности, которые предъявляют современные условия рынка, о воспитании у них готовности соответствовать этим требованиям. В процессе формирования реального образа будущей профессиональной деятельности и положительного отношения к ней необходимым компонентом является аргументированное разъяснение значения отдельных предметов для конкретной практической деятельности выпускников. Влияние ценностного отношения к профессии на учебную активность и успешность опосредовано прежде всего ценностным отношением студентов к учебным дисциплинам. Осознание профессиональной важности дисциплин и интерес к ним способствуют повышению уровня учебной активности студентов.

#### Библиографический список

1. **Бордовская, Н.В.** Педагогика / Н.В. Бордовская, А.А. Реан. – СПб.: Питер, 2001.
2. **Кондрина, И.В.** Самосовершенствование профессионально важных личностных качеств у студентов в процессе их психолого-педагогической подготовки. – Автореф. дис...канд. пед. наук. Кемерово, 2000.
3. **Платонов, К.К.** Структура и развитие личности. – М.: Наука, 1986.
4. **Шадриков, В.Д.** Психология деятельности и способности человека. – М.: Логос, 1998.
5. **Якунин, В.А.** Педагогическая психология. – СПб.: Полиус, 1998.

## СПОРТИВНЫЙ КЛУБ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ

*Н.А. Тишкина<sup>1</sup>, Н.Б. Порошина<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

*<sup>2</sup> Уфимский государственный авиационный технический университет*

В статье рассмотрено: необходимость популяризации физической культуры и спорта среди студентов технических вузов; формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей профессиональной деятельности, а также деятельность студенческого спортивного клуба по формированию здорового образа жизни в образовательном пространстве вуза.

**Ключевые слова:** здоровье студенческой молодежи, физическую культуру личности, физическое воспитание в техническом вузе, физкультурно-оздоровительная работа, спортивный клуб высшего учебного заведения.

Современная государственная политика в области высшего образования серьезное внимание уделяет здоровью молодежи.

Естественная интенсификация всего учебного процесса негативно сказывается на здоровье студентов. Подавляющая часть студентов воспринимает собственное здоровье как какую-то неотъемлемую и постоянную составляющую, благодаря хорошему физическому состоянию и отсутствию серьезных заболеваний.

Молодежь в настоящее время систематически отказывается посещать обязательные занятия по физкультуре в вузе или ходят на них с явной неохотой, аргументируя свое решение различными причинами. Они не желают принимать активное участие в спортивных соревнованиях и праздниках. Однако ребята с удовольствием посещают тренажерные залы, фитнес-центры, бассейны, горнолыжные курорты, порой ставя перед собой невыполнимые цели физического совершенствования в короткие сроки, неосознанно причиняя этим непоправимый вред здоровью из-за сильных неконтролируемых нагрузок на неокрепший молодой организм.

Важность популяризации среди студентов физической культуры и спорта определена как запросами и правами молодежи, возрастными особенностями их развития, непрерывно изменяющимися условиями деятельности, а также «социальным заказом» общества на формирование высококвалифицированных кадров. Эти положения отражены в Федеральном законе «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» от 29.04.99 №80-ФЗ. Опираясь на этот закон, учитывая прочие основополагающие законодательные, инструктивные и программные документы, определяющие общие положения, объем и содержа-

ние учебных занятий по физической культуре в высшей школе, была составлена примерная программа по учебной дисциплине «Физическая культура» (В.И. Ильинич, Ю.И. Евсеев, 2000).

В соответствии с данной программой основной задачей физического воспитания студентов в вузе является формирование физической культуры личности и умения, направленные на использование разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для поддержания и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей профессиональной деятельности (Костромин О.В., 2021).

В настоящее время необходимо обратить особое внимание на необходимость создания условий, способствующих поддержанию и укреплению физического и психологического здоровья молодежи средствами физической культуры и спорта, тем самым обеспечивая согласование физического воспитания с учебно-воспитательным процессом для изучения ценностей физической культуры.

Целесообразно формировать физическую культуру у молодежи с учетом ее индивидуальных особенностей, состояния здоровья и уровня мотивации. Все эти требования отражены в федеральном государственном образовательном стандарте по дисциплине «Физическая культура» (1993), в Примерной учебной программе для высших учебных заведений по дисциплине «Физическая культура» (1995).

Физическая культура будущих специалистов – один из наиболее важных видов культуры личности и даже общества в целом, и без нее добиться всестороннего развития молодежи не получится.

Физическое воспитание в техническом вузе должно решать задачи психофизической адаптации к процессу обучения на младших курсах и последующей адаптации к будущей профессиональной деятельности на старших курсах (Браун Т.П., 2007; Лахтин А.Ю., 2011 и др.).

Несмотря на появившиеся в последнее время современные виды организации занятий по физической культуре, технические вузы отдают предпочтение традиционным формам организации физического воспитания с преобладающим использованием средств и методов общефизической направленности.

Актуальность совершенствования процесса физического воспитания в высших учебных заведениях, в том числе представителей различных направлений подготовки, обуславливается спецификой и особенностями производства. Мы говорим о высоких темпах развития отрасли, в которой предстоит работать будущему специалисту, значительной доли личной заинтересованности в обеспечении повышения производительности труда, а также высокими требованиями к физической и психологической подготовленности работников, надежности человеческого фактора в системе «человек – машина» и так далее.

Разрешение этой проблемы предполагает необходимость получения в вузе не только профессиональных знаний по укреплению и сохранению здоровья, но и формирование необходимости в регулярных занятиях оздоровительной направленности и физическим самосовершенствованием в процессе физкуль-

турно-оздоровительной деятельности (Головина В.А. 2002; Семенова М.А. 2007). В физкультурно-оздоровительной работе, осуществляемой в техническом вузе, нужно стремиться к повышению уровня образованности, когда когнитивные интересы в области физической культуры переходят в потребность движения.

Физкультурно-оздоровительная деятельность в настоящее время является первостепенным способом борьбы с гиподинамией и важнейшей характеристикой здорового образа жизни, а также владеет непосредственной связью в сохранении здоровья, адаптированностью к жизненным реалиям, формированием активной жизненной позиции молодежи.

Исследования, проведенные А.Н. Леготкиным (2004), Е.А. Виноградовым, (2005) и Костроминым О.В. (2021), показали, что одним из самых важных элементов, составляющих основу активности занятий физической культурой и спортом, считается внутренняя потребность и интерес к ним у каждого индивида. Соответственно формирование у студентов необходимости в физкультурной деятельности должно стоять во главе угла физкультурно-оздоровительной работы любого образовательного учреждения, в том числе и технического вуза. Важную роль при этом, несомненно, будет играть понимание студентами реального уровня своего физического развития и потребности в его совершенствовании.

Мы согласны с выводами исследователей о решении проблемы физического воспитания молодежи, тем не менее, нужно заметить, что единого мнения в рассмотрении различных проблем по формированию у студентов потребности в физической культуре, ее видов, методов и форм их использования в процессе физического воспитания студентов технических вузов еще недостаточно. Недостаток разработанных систем формирования у студентов потребности к занятиям физической культурой, потребность педагогической практики в научно-обоснованных методических рекомендациях по внедрению в технических вузах всевозможных форм физической культуры, делает исследование этой проблемы крайне актуальной.

Также следует отметить, что потребность в двигательной активности у студентов осуществляется в функционировании спортивного клуба, как важного фактора формирования здорового образа жизни в образовательном пространстве вуза.

Проведенный опрос студентов показал, что ведущую побудительную, направляющую и регулирующую силу поведения составляет для 62% молодых людей необходимость в физических упражнениях. Наиболее важными мотивами, побуждающими студентов к занятиям физическими упражнениями, являются укрепление здоровья (69,7% анкетированных), физическое самосовершенствование (64,7%), необходимость эмоциональной разрядки и отдыха (40,7%). Отмечается повышенный интерес студентов к спортивно-игровым формам организации занятий (63,3%) и туристическим походам (46,7%), а также к проведению занятий с использованием различных видов спорта (36,0%). На занятиях по физической культуре в техническом вузе юноши выбирают спортивные иг-

ры (футбол, баскетбол) – 81,6%, плавание – 61,4%, туризм – 32,7%, единоборства – 31,9%.

Современная система физкультурно-оздоровительной деятельности, как составная часть здорового образа жизни, испытывает воздействие объективных и субъективных факторов отрицательного характера, что приводит к нарушению ее функционирования и снижению уровня физического здоровья молодежи (Румба О.Г., Горелов А.А., 2012; В.Л. Кондаков, 2013).

Тем не менее физкультурно-оздоровительная деятельность как система продолжает существовать и функционировать со сбоями и недостатками, решая имеющиеся текущие, дежурные задачи, не достигая главной цели и не претерпевая кардинальных структурных и функциональных изменений. Несмотря на то, что в этом направлении было осуществлено большое количество исследований, в рамках которых, в разные исторические периоды, решались различные по важности и сложности вопросы повышения эффективности физкультурно-оздоровительной деятельности студентов, но явного положительного эффекта достигнуто не было.

В качестве основы повышения эффективности физкультурно-оздоровительной деятельности, многие исследователи (Черникова Е.Б., 2010; Пашин А.А., 2011; Масалова О.Ю., 2014) предлагали рассмотреть развитие мотивации и ее компонентов, таких как потребности, мотивы, ориентации, установки и ценностные отношения. Это будет способствовать формированию потребности к занятиям физической культурой за счет внедрения специальных программ физкультурно-оздоровительной деятельности в клубах по интересам, в том числе и с внедрением системы оценивания их двигательной активности. Все это позволит повысить эффективность физкультурно-оздоровительной работы в техническом вузе.

Физкультурно-оздоровительная деятельность как компонент системы здорового образа жизни специально не рассматривался и системному анализу не подвергался, несмотря на то что исследований в области здорового образа жизни существует значительное количество и все они, так или иначе, затрагивают исследуемый феномен. Именно последнее замечание ориентирует на необходимость адаптации физкультурно-оздоровительной деятельности к современным условиям (А.Н. Леготкин 2004; Е.А. Виноградов, 2005).

Анализ литературы указывает на наличие большого ряда противоречий между существующей системой физкультурно-оздоровительной деятельности и требованиями современных социально-экономических условий. К ним на наш взгляд относятся: необходимость отвечать на требования постоянно меняющегося мира и недостаточная организованность современного молодого человека; потребность в личностном саморазвитии и недостаточном уровне духовного и физического здоровья и, наконец, разработка системы мотивации граждан к здоровому образу жизни и недостаточным психолого-педагогическим обеспечением процесса его реализации.

Рассмотренные нами противоречия однозначно означают наличие проблемы, которая заключается в недостаточной согласованности организации

физкультурно-оздоровительной деятельности в вузе с актуальными социально-экономическими запросами общества и, как следствие, потребности в разработке принципиальных, эффективных путей ее адаптации. Подобное понимание проблемы указывает на важность адаптации средств и методов физкультурно-оздоровительной деятельности к условиям и требованиям современности.

Весомый вклад в данном направлении может внести организация в техническом вузе спортивного клуба, деятельность которого, с этой точки зрения, до настоящего времени не являлась предметом специального исследования.

Спортивный клуб в вузе – это добровольное, общественное объединение субъектов в рамках образовательной среды, создающее референтную окружение и способствующее активному вовлечению в реализацию потребности вести здоровый образ жизни, приобретению социального опыта по формированию сознательного отношения к здоровью как главной ценности для студенческой молодежи. В ходе взаимного обучения приобретается практический опыт применения средств физической культуры для сохранения и укрепления здоровья (Никулин А.В., 2007).

При рассмотрении деятельности студенческого спортивного клуба по развитию здорового образа жизни в образовательной среде вуза мы можем видеть его эффективность только при наличии некоторых условий.

Во-первых, организационное оформление клуба как исключительно добровольного, самоуправляемого, открытого, вариативного по своему содержанию объединения, создающего оздоровительно-воспитательную среду, удовлетворяющую нужды студентов в физическом самосовершенствовании на основе неформального общения. Во-вторых, работа клуба должна строиться с учетом дифференцированного подхода, с выделением значимой референтной группы как носителя правил и норм здорового образа жизни (Виноградов Е.А., 2005).

Изучение научно-методической литературы показало, что эффективная деятельность спортивного клуба способствует активизации работы по таким направлениям как:

- информационное (через лекции, беседы, собрания, педагогические советы, поездки в другие регионы);
- методическое (через обучающие семинары, конференции, консилиумы, оказание помощи студентам в формировании здорового образа жизни);
- организационно-массовое (через участие в соревнованиях, конкурсах, турнирах и т.д.).

Массовые спортивные, оздоровительные и физкультурные мероприятия, направленные на широкое вовлечение студенческой молодежи в систематические занятия физической культурой и спортом, должны быть организованы в свободное от учебных занятий время, в выходные или праздничные дни, в оздоровительно-спортивных лагерях, в ходе учебных практик, лагерных сборов, в студенческих строительных отрядах. Такие мероприятия должны организовываться спортивным клубом вуза с привлечением инициативных и самостоя-

ятельных студентов и активном участии профсоюзной организации вуза (Виноградов Е.А. 2005, Никулин А.М., 2007, Костромин О.В., 2014).

Спортивный клуб может дополнять усилия администрации, профсоюзного комитета и медицинского пункта по получению социального опыта в поддержании здорового образа жизни и активизации социального опыта у студентов.

Процессу формирования здорового образа жизни способствует инициатива самих студентов в деле повышения своих знаний о пользе регулярных занятий физической культурой и спортом, здоровом питании, гигиенических мерах профилактики заболеваний, пагубном влиянии вредных привычек на здоровье, организации режима дня.

Таким образом, историко-педагогический анализ развития клубного движения позволил рассмотреть теоретико-методологические, психолого-педагогические и технологические позиции, а также полученные результаты свидетельствуют об эффективности работы спортивного клуба по формированию здорового образа жизни в образовательном пространстве вуза. В свою очередь это приводит к активизации социального опыта студентов, повышению у них уровня сформированности здорового образа жизни, интереса к вопросам охраны и укрепления здоровья, вовлечению членов клуба в регулярные занятия физическими упражнениями.

Полученные в ходе исследования данные свидетельствуют, что благодаря созданию спортивным клубом в образовательном пространстве вуза благополучных педагогических условий для формирования здорового образа жизни получилось: повысить мотивацию к поддержанию и укреплению здоровья обучающихся; улучшить показатели, определяющие уровни сформированности критериев здорового образа жизни; активизировать запросы студентов в двигательной активности, общении и самореализации.

Проведенное нами исследование, показало, что возможности спортивного клуба заключаются в основании в вузе оздоровительно-воспитательной среды, обеспечивающей студента адекватным его возможностям и интересам возможностями осуществить потребность в ведении здорового образа жизни, и вырабатывать практические навыки и опыт сознательного отношения к здоровью как главной ценности. Помимо этого, занятия в спортивном клубе формируют определенную психологическую направленность личности на действия на основе мотивации. К базовым мотивам посещения клуба студентами относятся дружеская или групповая сплоченность, самосовершенствование, подражание кумиру, внутригрупповое соперничество, тенденция к достижению высоких результатов, спортивный интерес и потребность в познании.

Можно обозначить важные факторы формирования здорового образа жизни в условиях деятельности спортивного клуба: наличие привлекательных образцов и наглядных примеров для подражания в виде ярких спортсменов-мастеров, а также актуальных видов и форм спортивной деятельности, Важную роль играет пропаганда здорового образа жизни и вообще моды на спорт активом спортклуба, педагогическим коллективом, администрацией вуза. Стимулирование разностороннего неформального опыта субъект-субъектного общения

и взаимодействия преподавателей и студентов, интеграция тренеров и преподавателей, медицинского персонала, профсоюзного комитета, административных структур вуза в работе спортивного клуба. Обеспечение субъектной позиции студента в клубе как равноправного, компетентного и ответственного участника, вносящего свой вклад в продвижение клуба, независимо от индивидуальных физических способностей и спортивных достижений.

Проведенное исследование выдвигает ряд актуальных вопросов, требующих дальнейшего специального изучения, например, о необходимости определения основных факторов взаимодействия спортивного клуба с прочими социальными институтами.

#### **Библиографический список**

1. Федеральный закон «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» от 29.04.99 №80-ФЗ.
2. **Леготкин, А.Н.** Улучшение физического состояния студентов технических вузов в процессе занятий спортивно-ориентированной направленности: автореф. дис. ...канд. пед. наук /А.Н. Леготкин. – Чайковский, 2004. – 173с.
3. **Семенова, М.А.** Организационно-педагогические условия активизации физкультурно-оздоровительной работы в высшей школе: автореф. дис. ...канд. пед. наук /М.А. Семенова. – М., 2007. – 167с
4. **Виноградов, Е.А.** Организационно-педагогические условия эффективного физического развития студентов в вузе в системе дополнительного образования: автореф. дис. ...канд. пед. наук / Е.А. Виноградов. – Волгоград, 2005. – 173с.
5. **Никулин, А.В.** Воспитательный потенциал спортивного клуба в вузе /А В Никулин // Северо-запад России педагогические исследования молодых ученых материалы региональной научной конференции «Педагогическое терминоведение» / под ред Козловой А Г, Буториной Т С, Лодкиной Т В и др вып 4 -СПб,2007 -С 183-188
6. **Костромин, О.В.** Организационно-педагогическое управление спортивным клубом технического вуза / О.В. Костромин // Теория и практика физической культуры. – 2014. – No 2. – С. 55–57.

## **РАЗВИТИЕ КРЕАТИВНОСТИ КАК ОДНОЙ ИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**

***И.В. Филипчук***

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье обосновывается необходимость развития у будущих инженеров креативности как одной из составляющих инженерного мышления. Рассматриваются основные методы и технологии креативного развития личности.

**Ключевые слова:** инженерное мышление, студент технического вуза, интеллект, научно-исследовательская деятельность, НИРС

Глобальные изменения в общественно-политической и экономической сферах Российской Федерации, происходящие в последнее время, требуют от

высшего технического образования кардинальных преобразований. В условиях рыночной экономики обществу необходим рост социально активных групп населения, способных действовать в современных условиях хозяйствования. Современный инженер – это не только тот, кто хорошо знает свою специализацию, но и тот, кто разбирается в экономике, экологии, социальных и других проблемах общества. Он должен отличаться научной и технической эрудицией, стремлением к постоянному развитию своих профессиональных интересов, уметь решать нестандартные задачи и нести за них ответственность. То есть современный студент технического вуза должен обладать развитым инженерным мышлением, которое в последнее время кардинально усложняется, т.к. происходит смещение от исключительно технических навыков к интеллектуальным [3]. Промышленное производство вынуждено подстраиваться под запросы общества в новых продуктах, технологиях, идеях. Сегодняшние темпы обновления наукоемких технологий требуют не просто монотонных исполнителей у конвейера, а креативных, обладающих творческим мышлением специалистов.

Проблема креативности в настоящее время изучается специалистами разных научных областей: философия, педагогика, культурология, психология личности. Большой вклад в изучении данной проблемы внесли российские (С.Л. Рубинштейн, В.Н. Дунчев, В.Н. Дружинин, Я.А. Пономарев, В.Н. Козленко, Д.Б. Богоявленская, Л.Б. Ермолаева-Томина, Е.Л. Яковлева, Д.В. Чернилевский, А.В. Морозов, и др.), и зарубежные исследователи (Е.П. Торренс, К. Хеллер, С. Медник, Дж. Гилфорд, Де Боно, Н. Роджерс, К. Роджерс, Дж. Рензулли, Дж. Фельдхьюзен, Ф. Дж. Раштон, А. Танненбаум, Р. Стернберг и др.).

Большинство исследователей так или иначе связывают понятие креативности с одаренностью и творческими способностями. Понятие «креативности», на наш взгляд, неплохо представлено в кратком психологическом словаре под редакцией А.В. Петровского и М.Г. Ярошевского: «Креативность – это уровень творческой одаренности, способности к творчеству, составляющий относительно устойчивую характеристику личности» [2]. На житейском уровне креативность проявляется в виде смекалки – способности быстро находить нестандартный выход из, казалось бы, безвыходного положения, используя подручные материалы или имеющиеся ресурсы. Креативность имеет применение в бизнесе, политике, науке, культуре, – словом, везде, где присутствует конкуренция.

К сожалению, на данный момент один из основных недостатков в подготовке подавляющего большинства выпускников технических вузов – неспособность самостоятельно ставить новые цели, неумение находить конструкторско-технологические решения на уровне изобретений, обеспечивающих в итоге повышение качества продукции и достижение ею мирового уровня, всестороннюю интенсификацию и экономию ресурсов. Поэтому образовательный процесс в техническом вузе должен быть перестроен и подчинён формированию у

студентов навыков самостоятельного технического творчества, системного анализа технико-экономических проблем, умения находить эффективные решения.

Кроме того, отметим, что юношеский возраст является одним из наиболее благоприятных периодов для развития креативного мышления, когда проявляются способности к самостоятельности в получении знаний и продуктивному мышлению; происходит формирование представления о собственной жизненной позиции, осознание себя как целостной личности.

В ходе профессиональной подготовки будущих инженеров могут использоваться следующие методы и технологии креативного развития личности: технология активного обучения (групповая дискуссия, мозговой штурм и его виды; метод синектики, метод морфологического анализа и др.); технология технического творчества (ТРИЗ) Г.С. Альтшуллера; участие в научно-исследовательской деятельности; игровые интерактивные технологии (тренинги); игровые технологии (деловые, ролевые, имитационные игры) и пр. [1, с. 40]

Остановимся подробнее на наиболее распространенных из указанных методов. Метод мозгового штурма, предложенного американским ученым А. Осборном в 1940-х гг. Он состоит в следующем. Формируется группа людей, ей предлагается задача. За период 20-30 минут каждым участником группы высказываются всяческие варианты решения задачи. Разрешается высказывать абсолютно любые идеи, даже заведомо нереальные, но критиковать высказывания запрещено. Одновременно с тем участникам мозгового штурма разрешается подхватывать и «раскручивать» выдвинутые идеи. В случае, если мозговой штурм организован хорошо, в группе возникает доброжелательная созидательная атмосфера, никто не боится предлагать смелые идеи, то это открывает дорогу к новым и перспективным решениям. Участники штурма (а они, как правило, различаются по возможностям интеллекта) перенимают различные методологические приемы, которые, порой интуитивно, используются наиболее сильными студентами.

В ходе мозгового штурма проще, чем при эвристической беседе, уйти от банальных идей, которые навязываются психологической инерцией. Еще эффективнее развить креативность мышления поможет видоизмененный мозговой штурм, который получил название синектика. Метод предложен американским ученым У. Гордоном примерно в 1960 г. и от штурма отличается тем, что в нем имеют место элементы критики, а также обязательно используются четыре специальных приема, опирающихся на аналогии: прямой (как можно решить задачи, похожие на образец?), личной (попробуйте войти в образ представленного в задаче объекта и постарайтесь рассуждать с этой позиции), символической (дайте в двух словах образное определение сути задачи), фантастической (как эту задачу решали бы сказочные существа). Лучший вариант синектики, когда одна и та же группа от штурма к штурму накапливает опыт, постепенно решая

разные по сложности задачи. Есть один нюанс – необходимо предварительно обучить группу основам синектики.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) была заложена в конце 40-х гг. XX века Г.С. Альтшуллером. Впоследствии он в течение длительного времени развивал ее вместе с учениками и коллегами. Теперь теория представляет собой фундамент для внедрения технологизации в учебный процесс, используя принципы проблемного обучения, и обеспечивает использование средств анализа и поиска максимально эффективного решения проблем.

Алгоритм изобретательства (АРИЗ) заключается в серии методических приемов, последовательное использование которых сводит к простым сложные задачи, дает возможность избежать неверных решений и стимулировать интерес к изучению предметов профессионального цикла. Приемы решения задач сформированы на принципе тщательной проработки и систематизации неоднократно встречающихся технических противоречий. Эти противоречия были систематизированы и оформлены в общем виде, благодаря чему стало возможно к любому из них подобрать определенный набор методик.

Участие студентов в научно-исследовательской деятельности является составляющей учебного и научного процесса и неразрывно связана с разнообразными формами деятельности, среди которых можно выделить следующие: олимпиады, научно-практические конференции, научно-технические семинары, публикации научных статей различного уровня, выставки, конкурсы, патентование и т.д. Каждая из перечисленных форм НИРС является самостоятельной и подразумевает особый творческий подход к ее реализации.

Таким образом, независимо от сферы деятельности, настоящий инженер должен проявлять инициативу и находить креативный подход к разрешению нестандартных ситуаций. Необходимые для этого компетенции должны вырабатываться в результате процессов обучения и воспитания в техническом вузе.

#### Библиографический список

1. **Еремина, Л.И.** Интерактивные технологии креативного развития в обучении студентов // Электронное обучение в непрерывном образовании. 2014. №1-2. С. 38-45.
2. **Петровский, А.В.** Краткий психологический словарь под ред. Ярошевского М.Г./ Ростов-на-Дону: «Феникс», 1999. 505с
3. **Филипчук, И.В.** Развитие инженерного мышления студентов технического вуза в процессе профессиональной подготовки // Теория и практика психолого-социальной работы в современном обществе. Матер. V Междунар. заочн. научно-практ. конф. Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ., 2017. С. 105-109.
4. **Филипчук, И.В.** Формы и методы развития инженерного мышления у студентов технического вуза // В сборнике: Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации. Межвуз. сб. ст. по матер. IV Всероссийской науч.-практ. конф., 2017. С. 102-104.

## ИНТЕРАКТИВНАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ ВИДЕОКЛИПОВ, ТЕСТОВ И WEB-ТЕХНОЛОГИЙ

*М.В. Якишина, Н.А. Пакшина, К.О. Огородников*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассказывается об одном из подходов к изучению студентами истории появления сетевых технологий. Говорится о важности усиления мотивации к изучению информационных технологий. В деталях рассмотрена авторская система, базирующаяся на использовании клипов, тестирующих программ, а также Web-технологий.

**Ключевые слова:** клипы, тесты, мотивация, сетевые технологии, учебный процесс, высшее образование.

Повышение мотивации является важным фактором улучшения качества образования. Преподавателям необходимо прикладывать усилия по повышению мотивации студентов, как на аудиторных занятиях, так и в рамках научно-исследовательской и воспитательной работы.

Поэтому необходимо включать в учебный процесс элементы усиления внутренней мотивации. Мощным мотивационным фактором является знакомство студентов с историческими аспектами той или иной дисциплины, с учеными, стоявшими у ее истоков. Это помогает сделать изучение данного курса более интересным. В настоящее время существует множество подходов к преподаванию истории науки. В первую очередь следует упомянуть традиционные презентации и видеоролики [1, с. 180]. Применению последних мы и посвятим данную статью.

Перед авторами стояла задача разработать программный продукт, позволяющий проводить интерактивные занятия с соревновательными элементами. Система предназначалась для ознакомления студентов с такой темой, как история развития сетевых информационных технологий. Реализацию решено было проводить на мультимедийной основе, а точнее с помощью программы тестирования, видео и веб-технологий.

Тесты являются очень важной частью этих систем, так как хранение информации сопряжено с некоторой ее потерей. Выполнение тестов заставляет студентов запоминать, мысленно повторять, и в этом способ усвоения изученного материала [4, с. 52]. На основе тестов можно разрабатывать современные компьютерные обучающие системы [3, с. 15].

В результате проведенной работы был создан интерактивный видеоурок с элементами соревнования, позволяющий познакомиться с основными вехами биографии ученых, каждый из которых внес весомый вклад в развитие информационных технологий, а также главными аспектами их работ. Данный продукт состоит из нескольких частей. Во вводной части приводится подробный список

ученых, инженеров и программистов, которые способствовали развитию интернет-технологий.

Далее следуют три видеоклипа, посвященные жизни и деятельности трех пионеров этого направления, а именно В. Буша и Р. Томлинсона.

В. Буш (1890–1974) – американский ученый, инженер, организатор научных исследований и научного сообщества. Буш одним из первых заговорит о гипертекстовой технологии (рис. 1). Он задумал и основал национальный фонд науки США (NSF), который сыграл огромную роль в развитии Интернета.



Рис. 1. Кадр видеоролика о деятельности В. Буша

Т. Бернерс-Ли – британский ученый, который возглавил проект разработки гипертекста и разработал язык разметки гипертекстовых документов HTML, без которого немислима Всемирная паутины (World Wide Web или WWW) (рис. 2). Это человек, который передал всю концепцию WWW в общественное достояние, не оставив за собой права получать материальную компенсацию за использование его изобретения.

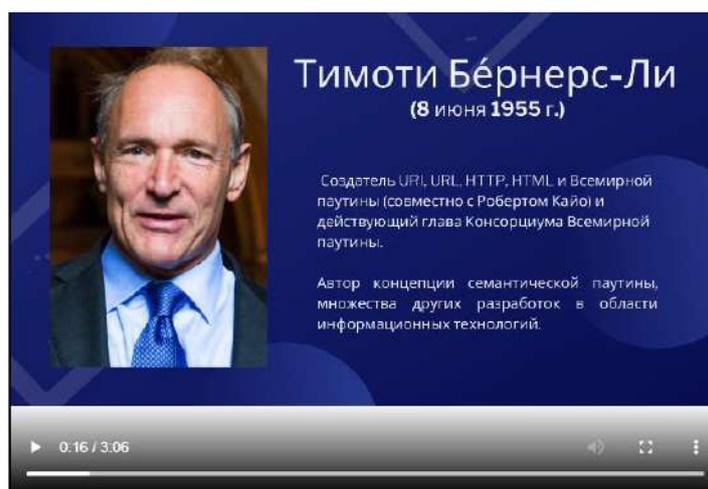


Рис. 2. Кадр из клипа о Т. Бернерсе-Ли

Р. Томлинсон известен как один из «отцов» электронной почты, одну из самых популярных и востребованных служб современного интернета. Именно

он придал системе вид почтового конверта с отдельными полями «куда», «кому» и самим текстом письма. Р. Томлинсон предложил использовать хорошо известный значок @.

За каждым видеофрагментом следует тест, содержащий вопросы по материалу, представленному в видео (рис. 3). После прохождения студентом теста на экран выводится количество баллов, и, если студент набирает необходимый минимум, ему предлагается двигаться дальше; в противном случае система попросит просмотреть видеоролики еще раз (рис. 4).



Рис. 3. Пример вопроса со случайной выборкой



Рис. 4. Вывод результата по тесту

Общее количество баллов определяется как результат интерактивной работы с компьютером; это зависит не только от количества правильных ответов, но и от времени, затраченного на работу с системой. Победителем становится студент, набравший наибольшее количество баллов за наименьшее время.

Подобный подход впервые реализован на кафедре ПМ в 1995 году Огородниковым и Д.А. Сироткиным под руководством Н.А. Пакшиной [1; 6].

Данный интерактивный видеоурок был создан с использованием HTML (версия 5), одним из основных преимуществ которого является введение новых тегов, таких как <audio>, <progress>, <video>, <source>, элемента Canvas, позволяющего работать с растровой графикой. Для оформления интерфейса был использован CSS, позволяющий создать единый стиль. Библиотека JQuery использовалась для разработки таймера обратного отсчета и обработки результатов тестирования.

Так как использовались последние версии программных продуктов, к браузерам предъявляются определенные требования, т.е. они должны быть: Internet Explorer 11.0, Opera 85.0, Mozilla Firefox 95.0 или более поздней версии (рис. 8). Видеоклипы в формате WMV были созданы в PowerPoint 2016.

Тест со случайной выборкой вопросов был разработан с помощью JavaScript. Следует отметить, что программная реализация данного подхода нетривиальна и достаточно трудоемка.

Хранение переменных и их передача от одной страницы веб-сайта к другой, осуществляется с помощью LocalStorage – HTML5-хранилища (базы данных), доступ к которому можно получить с помощью JavaScript [5, с. 183].

Для реализации таймера с обратным отсчетом (рис. 5), всплывающих модальных окон, а также обработки результатов тестов, была использована библиотека jQuery, которая позволяет разработчику обеспечить гибкое взаимодействие HTML и JavaScript [2, с. 19].



Рис. 5. Таймер с обратным отсчетом

Главное преимущество этой интерактивной системы в том, что она занимает всего 25-30 минут аудиторного времени. Она позволяет преподавателю экономить учебное время и быстро оценивать результат деятельности студентов. Данный продукт может быть использован на занятиях при изучении «Сетевые информационные технологии» в рамках курса «Информационные технологии».

Представленный в докладе программный продукт по истории сетевых технологий прошел апробацию в ряде студенческих групп АПИ НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Это позволяет утверждать, что соревновательные элементы можно рекомендовать для включения в структуру электронных средств обучения, а также в традиционные формы обучения в высшей школе.

Данный интерактивный видеоурок разрабатывался по заказу кафедры прикладной математики АПИ (филиала) НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Он рассчитан на 20 минут времени и может быть использован на усмотрение преподавателя как дополнительный материал по дисциплине «Информационные технологии». Использование разработанной системы в учебном процессе призвано активизировать интерес и мотивацию к изучению предмета «Информационные технологии», а также расширить кругозор студентов.

#### Библиографический список

1. **Pakshina, N.A.** Possible Approaches to Introducing Students to the History of Automatic Control: Adding Competitive Elements / N.A. Pakshina, J.P. Emelianova, M.V. Pravdina, K.O. Ogorodnikov // IFAC-PapersOnLine. 2016. –Т. 49. – № 6. –С. 180–185.
2. **Бибо, Б.** jQuery. Подробное руководство по продвинутому JavaScript, 2-е издание / Б. Бибо, И. Кац – Символ-Плюс, 2011. – 624 с.

3. **Пакшина, Н.А.** Основы построения тестов и тестирующих программ: учеб. пособие / Н.А. Пакшина, Ю.П. Емельянова; Нижегород. гос. техн. ун-т. им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – 164 с.
4. **Пакшина, Н.А.** Разработка тестов самопроверки: обучение по образцу / Н.А. Пакшина, Ю.П. Емельянова // Информатика и образование – 2014. – №8. – С. 52–56.
5. **Пилгрим, М.** Погружение в HTML5 / М. Пилгрим – БХВ-Петербург, 2011. – 304 с.
6. **Сироткин, Д.А.** Программная реализация обучающей системы с элементами соревнования / Д.А. Сироткин, К.О. Огородников, Н.А. Пакшина // Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 мая 2015 г.: в 10 томах. Том 1. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. – С. 137–139.

## **4 СЕКЦИЯ**

# **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОПК**

---

---

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА НА ПРИМЕРЕ ДЕТАЛИ «КОРПУС ПРИБОРА»**

*Андреев В.В., Платонов А.В.*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье представлен анализ рекомендаций, показанных в ГОСТ Р 59312-2021, в части доведения уровня качества изделий приборостроения с целью увеличения в ближайшее время в 1.5-2 раза срока активной их эксплуатации. Предложены инженерные и научно-обоснованные решения по доведению технологии рассматриваемой детали до требуемого уровня. Предлагаемые решения заключаются в совершенствовании технологии изготовления заготовок, модернизации технологических процессов механической обработки, термической обработки и металлопокрытия.

**Ключевые слова:** рекомендации ГОСТ Р 59312-2021, срок активной эксплуатации, совершенствование получения заготовок, модернизация технологии изготовления, металлопокрытие деталей, термическая обработка деталей.

При создании бортовой и наземной радиоэлектронной аппаратуры в соответствующих технических отраслях ОПК (радиоэлектронной промышленности и др.) разработчики применяют широкую номенклатуру электронной компонентной базы (ЭКБ) как отечественного, так и иностранного производства. В разных видах аппаратуры применяемые изделия (компоненты) ЭКБ могут иметь сходство по функциональному назначению, но различаться по конструктивному исполнению, радиационной стойкости, уровню качества и другим техническим характеристикам. Также могут применяться изделия (компоненты) ЭКБ функционально одинаковые, но производимые на разных предприятиях. К основным задачам отечественного приборостроения ОПК можно отнести обеспечение качества бортовой аппаратуры и увеличение в ближайшее время в 1.5-2 раза срока активного функционирования производимых изделий, что в значительной степени определяется применяемой ЭКБ. Все это приводит к дополнительным требованиям к ЭКБ для применения в радиоэлектронной аппаратуре ракетно-космической техники – высокая функциональность должна сочетаться с высокой надежностью и стойкостью к дестабилизирующим факторам космического пространства. В ГОСТ Р 59312-2021 реализованы положения комплексов стандартов систем разработки и постановки продукции на производство,

комплексной системы общих технических требований, комплексной системы контроля качества в части изделий электронной техники, квантовой электроники и электротехнических изделий военного назначения, а также действующих отраслевых документов в части ракетно-космической техники. Настоящий стандарт устанавливает порядок выбора, применения, закупки, испытаний и оценки правильности (эффективности) применения ЭБК в процессе разработки (модернизации) и изготовления бортовой и наземной радиоэлектронной аппаратуры ракетно-космической техники (РКТ) в целях обеспечения ее качества и соответствия требованиям технического (тактико-технического) задания. В рассматриваемом стандарте представлены критерии, которым должны удовлетворять ЭБК, к ним относятся: критерии и порядок выбора ЭБК для конкретного изделия; категории качества; категории по тепловым, электрическим и вибрационным нагрузкам; категории на соответствие эксплуатационных нагрузок (перегрузок); категории по радиационной и химической стойкости; категории, характеризующие максимальные периоды эксплуатации в автономном режиме; другие специфические категории, установленные конкретными техническими условиями.

Для предприятий ОПК, производящих ЭБК, рассматриваемый российский стандарт является руководящим документом по доведению производимой продукции до высокого качественного уровня, в том числе, с учетом технологической независимости РФ от нынешнего состояния внешней политики.

Далее показаны разработки ВКР магистра, представляющие некоторые исследования, касающиеся анализа существующего технологического процесса изготовления корпусной детали «Крышка прибора» и выработке рекомендаций по ее модернизации. Чертеж детали представлен на рис. 1. 3D-модель, представляющая трехмерное изображение рассматриваемой детали, показан на рис. 2, *а* – вид сверху, а на рис. 2, *б* – вид снизу. На базовом предприятии, где изготавливается деталь «Крышка прибора», согласно ГОСТ Р 59312-2021 для повышения качества и ресурса изделия «Прибор» разработаются и внедряются новые методики и стандарты испытаний, выполняется анализ технологического процесса изготовления деталей с целью выработки плана мероприятий по доведению изделия до требований нового ГОСТ. Заготовкой детали «Крышка прибора» является отливка, получаемая литьем в кокиль. В качестве материала детали «Крышка прибора» используется литейный алюминиевый сплав АК7 (АЛ9) ГОСТ 1583-93, в стандарте представлены механические свойства и химический состав материала. Изделие «Прибор» – это сложное устройство, состоящее из механической и электронной составляющей. Оно предназначено для определения положения изделия в пространстве, включает в себя различные ЭБК. Герметичность и сохранность изделия «Прибор» обеспечивает корпус и крышка. На изделие «Прибор», согласно ГОСТ Р 58047-2017, воздействуют различные факторы: механические радиационные, климатические, электромаг-

нитные, специальные среды и термические. Воздействие данных факторов приводит к интенсивному разрушению поверхности детали «Крышка прибора» во время испытаний и эксплуатации.

А

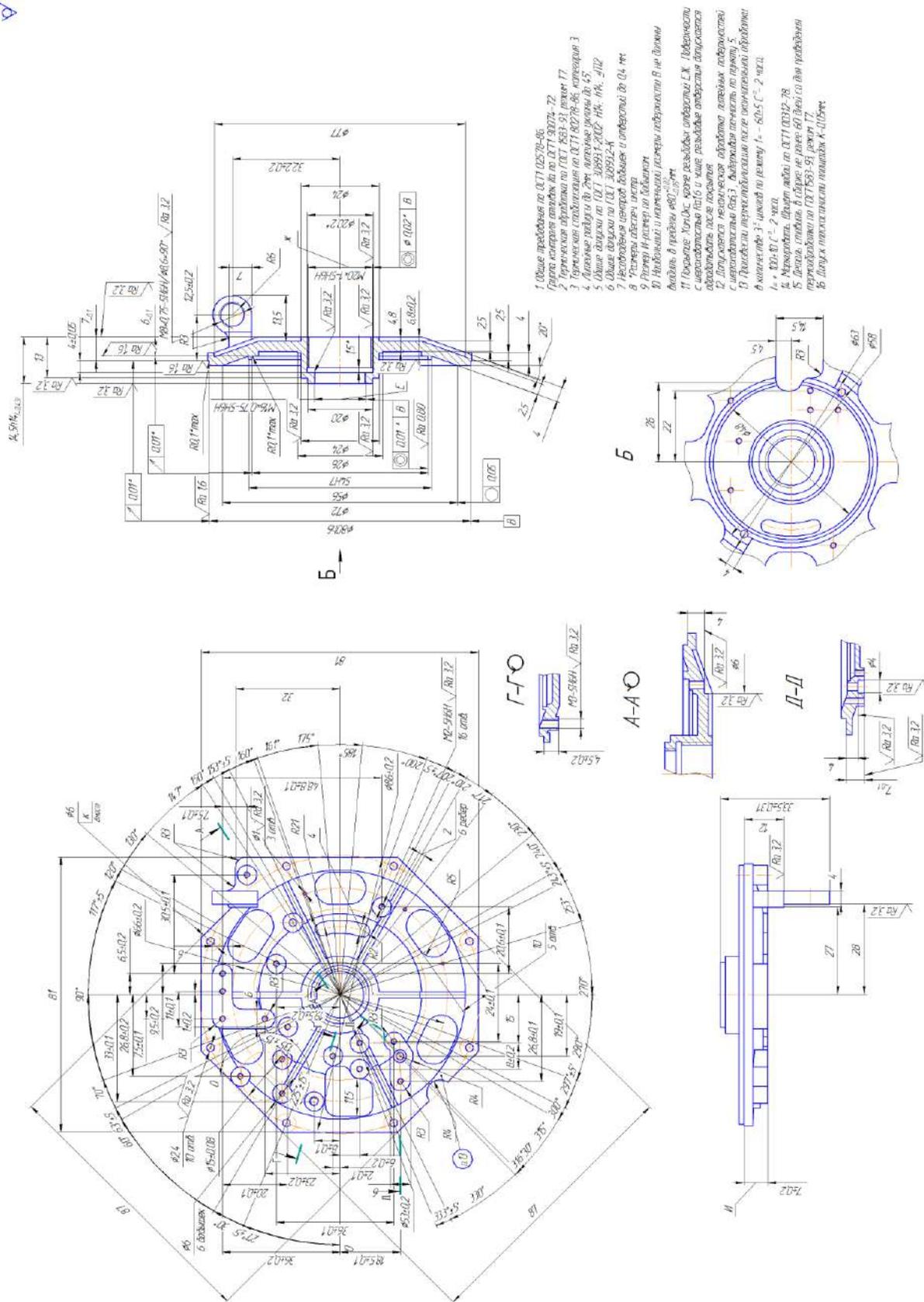


Рис.1. Рисунок чертежа детали «Крышка прибора»

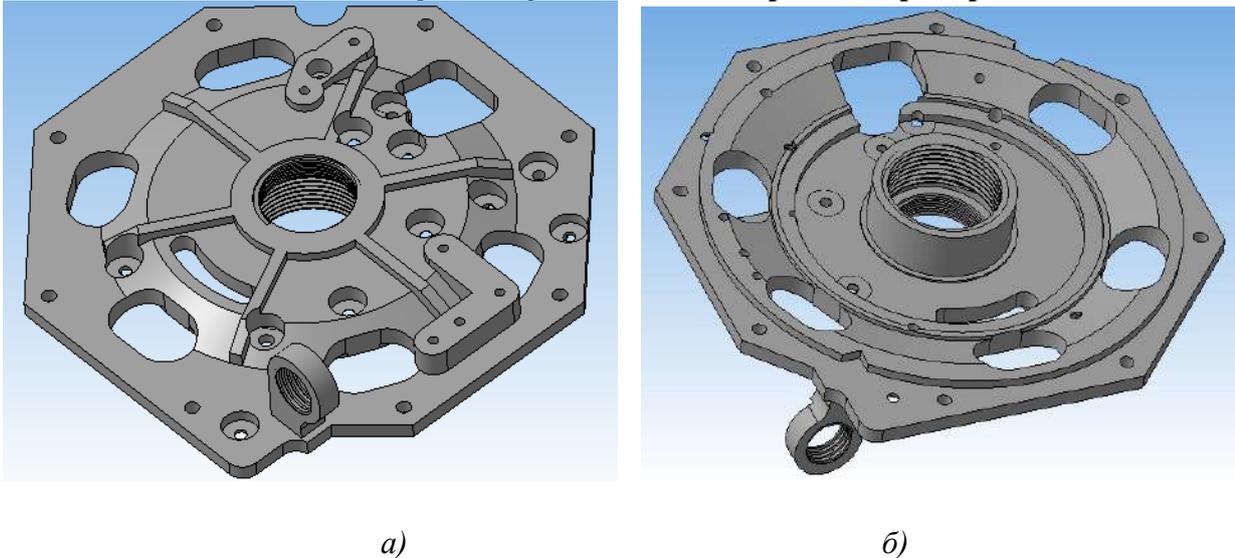


Рис. 2. 3D-модель детали «Крышка прибора»

Традиционным способом защиты поверхностей деталей из алюминиевых сплавов от разрушения является нанесение на них оксидных покрытий, обладающих устойчивостью к коррозии, электромагнитным и радиационным воздействиям [1, 2].

В связи с возросшими требованиями при приемочных испытаниях на базовом предприятии появилась необходимость проведения анализа технологичности рассматриваемой детали, анализа технологии производства заготовок и технологии изготовления детали «Крышка прибора».

Деталь «Крышка прибора» сложная по конструкции является частью изделия – «Прибор». Она необходима для герметизации изделия «Прибор» и крепления дополнительных датчиков. Деталь представляет собою тело вращения с внутренними выточками и выступом шириной 12 мм и толщиной 4 мм и высотой 13,5 мм, с резьбовым отверстием М8×0,75-5Н6Н внутри. Деталь имеет достаточно жесткую конструкцию, которая достигается благодаря наличию шести ребер жесткости толщиной 2 мм, а также нецилиндрическому контуру детали 87×87 мм и 81×81 мм. Также, для монтажа различных датчиков в детали выполнено множество пазов различной конфигурации. Деталь имеет базовую поверхность «В» – наружную цилиндрическую поверхность диаметром  $\varnothing 80h6$  мм. В детали выполнено большое количество отверстий с точным расположением относительно друг друга: 10 сквозных отверстий  $\varnothing 2,4 H14$  мм; резьбовое сквозное отверстие М3-5Н6Н; 16 резьбовых сквозных отверстий М2-5Н6Н.

При изготовлении детали «Крышка прибора» следует учитывать специальные требования, указанные на чертеже. Одним из них является расположение резьбовых отверстий М16×0,75-5Н6Н и М20×1-5Н6Н относительно базы «В». Остальные специальные требования представлены в виде допусков взаи-

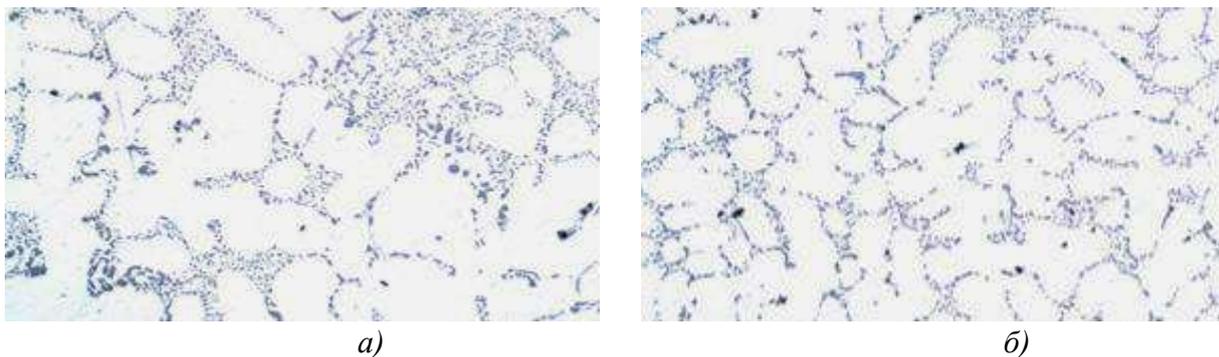
морасположения поверхностей, величины которых составляют от 0,01 мм до 0,05 мм.

Пазы «К» выполняются с допуском параллельности не более 0,05 мм.

Деталь направляется на сборку не ранее 60 дней со дня проведения термообработки по ГОСТ 1583-93, режим Т7 – закалка и стабилизирующий отпуск. Данное условие обусловлено конструктивными особенностями конструкции детали. Термическая стабилизация по ОСТ1 80278-86, категория 3 после окончательной обработки в количестве 3 циклов по режиму:  $t = -60 \pm 5^\circ\text{C}$  - 2 часа;  $t = +100 \pm 10^\circ\text{C}$  - 2 часа.

Покрытие детали «Химическое оксидирование» кроме резьбовых отверстий М16×0,75-5Н6Н и М20×1-5Н6Н. Параметры шероховатости поверхностей показаны на рис. 1. Согласно ГОСТ 14.201-83 оценка технологичности детали в баллах по комплексу показателей – 3 «удовлетворительно» [3, 4].

На основе проведенных исследований по анализу технологии получения заготовок для изготовления рассматриваемой детали предложено заменить литье в кокиль на литье под низким давлением [5]. Получены снимки на микроскопе «Nikon MA200» микрошлифов заготовок (рис. 3) до и после изменения способа получения заготовок.



**Рис. 3. Образцы микрошлифов для выявления микроструктуры материала заготовки (×500): а - до модернизации, б – после модернизации**

Анализ рис. 3 показывает, что при получении отливки детали «Крышка прибора» методом литья под низким давлением микроструктура сплава более равномерная и мелкозернистая. Средний размер кремниевых включений снизился в 2 раза с 120 мкм<sup>2</sup> до 60 мкм<sup>2</sup>. Уменьшение размеров включений кремния способствует улучшению механических свойств материала заготовки [6]. Для определения механических свойств заготовок изготавливались образцы диаметром 10 мм по ГОСТ 1583-93. Для проведения испытаний использовалась разрывная машина РМГ-500МГ4. Всего испытано по 5 образцов из заготовок, отлитых в кокиль и 5 образцов заготовок, полученных литьем под низким давлением. Результаты испытаний занесены в табл. 1, наблюдается повышение показателей прочности заготовок, изготовленных литьем под низким давлением, по сравнению с заготовками, изготовленными литьем в кокиль.

Таблица 1

## Данные результатов испытаний механических свойств материала заготовок

Параметр	Значение параметра									
	До модернизации					После модернизации				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Номер образца										
$\sigma_b$ , МПа	165	171	175	169	166	221	225	223	220	224
$\sigma_T$ , МПа	95	97	100	99	98	104	108	105	106	107
$\delta$ , %	7,2	7,4	6,8	6,4	6,9	10,6	11,2	10,8	10,4	10,9

Данная технология получения заготовок потребовала затрат на подготовку производства, но, наряду с дополнительными методами контроля и диагностики, свела к минимуму брак при производстве заготовок.

Модернизации подверглась технология механической обработки с переводом операций, выполняемых на универсальном оборудовании, на станки с ЧПУ, чем максимально исключен человеческий фактор при выполнении точных механических операций.

Анализ прогрессивных способов защиты алюминиевых сплавов от коррозии [7, 8, 9] послужил материалом для модернизации технологического процесса металлопокрытия рассматриваемой детали, увеличив степень ее стойкости к коррозии от воздействия агрессивных сред.

## Библиографический список

1. **Девяткина, Т.И.** Анодное оксидирование алюминия и его сплавов для получения качественных гальванических покрытий/ Т.И. Девяткина, М.М. Спасская, А.Н. Москвичев, В.В. Рогожин, М.Г. Михаленко // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2013. №4-1, с.109-114.
2. **Каримова, С.А.** Коррозионная стойкость алюминиевых сплавов в условиях, имитирующих факторы космического полета/ С.А. Каримова, Т.Г. Павловская. // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2016. №3, с. 10-27.
3. **Схиртладзе, А.Г.** Технологические регламенты процессов металлообработки и сборки в машиностроении / **А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин, А.И. Пульбере** [и др.] / учебное пособие. 3-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол: ООО «ТНТ», 2009. – 424 с.
4. **Схиртладзе, А.Г.** Технологические процессы в машиностроении [Текст]: Учебник / А.Г. Схиртладзе, С. Г. Ярушин. - Допущено Министерством образования РФ. – Старый Оскол: ТНТ, 2007. - 524 с.
5. **Альтман, М.Б.** Алюминиевые сплавы. Применение алюминиевых сплавов. [Текст]: Справочник/ М.Б. Альтман, Ю.П. Арбузов, Б.И. Бабичев [и др.]. - М.: Металлургия, 1995. – 344с.
6. Технология литейного производства [Электронный ресурс]: учебник / Ю.И. Категоренко [и др.]; под ред. Ю. И. Категоренко, В. М. Миляева. 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2018. 684 с.
7. **Филяк, М.М.** Закономерности роста анодного оксида алюминия в щелочных электролитах/ М.М. Филяк, О.Н. Каныгина. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2013. – Том 10, № 2. С. 209 – 213.
8. **Хохлатова, Л.Б.** Влияние коррозионной среды на скорость роста трещины усталости в алюминиевых сплавах/ Л.Б. Хохлатова, Н.И. Колобнев, В.В. Антипов, С.А. Каримова, А.Г. Рудаков, М.С. Оглодков. // Авиационные материалы и технологии. 2011. №1. С. 16–20.

9. Лазарук, С.К. Структура и элементный состав анодных алюмооксидных пленок, сформированных в сернокислом электролите высокой концентрации/ С.К. Лазарук, О.В. Купреева, В.Б. Высоцкий, А.И. Чевычелов, А.С. Летохо. // Доклады БГУИР. 2014. №3 (81). С. 5 – 11.

## РАЗРАБОТКА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОДВОДНОГО БЕСПИЛОТНОГО АППАРАТА

*А.А. Блинов*

*Арзамасское приборостроительное конструкторское бюро,  
отдел главного конструктора*

Научный руководитель: А.Н. Долгов к.т.н., доцент

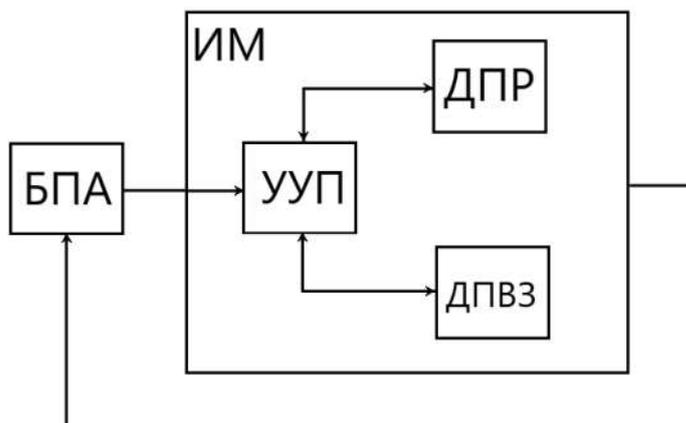
В статье рассмотрен процесс разработки исполнительного механизма предназначенного для изменения угла поворота рулей подводного беспилотного аппарата. Описан принцип работы. Выбраны основные узлы и компоненты.

**Ключевые слова:** механизм исполнительный, бесконтактный двигатель, червячная передача, устройство управления.

На сегодняшний день уровень и перспективы развития беспилотной подводной техники, в частности электромеханических систем с бесконтактными двигателями постоянного тока в качестве объекта управления, предъявляют все возрастающие требования к подобным системам. Стоимость, вес и надёжность приводных систем является одним из наиболее важных факторов при разработке беспилотных аппаратов. Электромеханические привода легче встраивать в системы с плотной компоновкой [1].

Целью выполнения работы является исследование возможности создания исполнительного механизма (ИМ) для подводного беспилотного аппарата на основе бесконтактного (вентильного) электродвигателя, взаимодействующего с системой управления (СУ) по каналу информационного обмена на базе интерфейса RS-485.

Принцип работы разрабатываемого исполнительного механизма выглядит следующим образом (рис. 1). Сигнал управления от беспилотного подводного аппарата (БПА) поступает на устройство управления приводом (УУП), УУП опрашивает датчик положения выходного звена (ДПВЗ) и датчик положения ротора (ДПР), тем самым определяя начальное положение вала двигателя и вала механизма. Далее ИМ обрабатывает задающие воздействия (задающие углы поворота рулей) и передает БПА по интерфейсу информацию о текущих углах поворота выходного вала.



**Рис. 1. Схема взаимодействия исполнительного механизма и подводного беспилотного аппарата**

Исходя из поставленной задачи, с учетом области применения, необходимо определить основные компоненты разрабатываемого механизма его компоновку и характеристики.

Сравнительный анализ различных типов двигателей показал, что по ряду преимуществ, таких как точность, компактность и надежность, наиболее перспективным для разрабатываемого исполнительного механизма является бесконтактный моментный двигатель.

Бесконтактные моментные двигатели предназначены для работы в локально замкнутых или разомкнутых по углу поворота быстродействующих системах автоматического регулирования. Требования по точности для таких систем определяются динамической ошибкой, не превышающей 1-3 угловых минуты. Для обеспечения такой точности недостаточно только системных средств – бесконтактный моментный электродвигатель, как силовое звено, должен обеспечивать ряд специфических параметров, которые позволяют строить подобные системы заданной точности. К таким параметрам относятся:

- линейность моментной характеристики в функции сигнала управления;
- стабильность момента от угла поворота ротора;
- минимальное значение зоны нечувствительности моментной характеристики.

После анализа рынка бесконтактным моментных двигателей принято решение использовать электродвигатель ДБМ38 (рис. 2).

Двигатель будет крепиться к корпусу ИМ. Он представляет собой бесконтактный моментный электродвигатель с питанием напряжением постоянного тока 27 В и скоростью вращения 6000 об/мин в номинальном режиме работы [2].

В качестве редуктора было принято решение использовать червячную передачу. Червячный редуктор при отключенном питании на электродвигателе позволяет фиксировать вал руля в требуемом положении. По сравнению с планетарными передачами он имеет ряд достоинств, таких как плавность работы, бесшумность, самоторможение, отсутствие обратной редукции, повышенную,

кинематическую точность и большое передаточное отношение в одной паре, благодаря чему червячные редукторы с большим передаточным числом значительно более компактны и менее массивны, чем эквивалентные зубчатые [3].

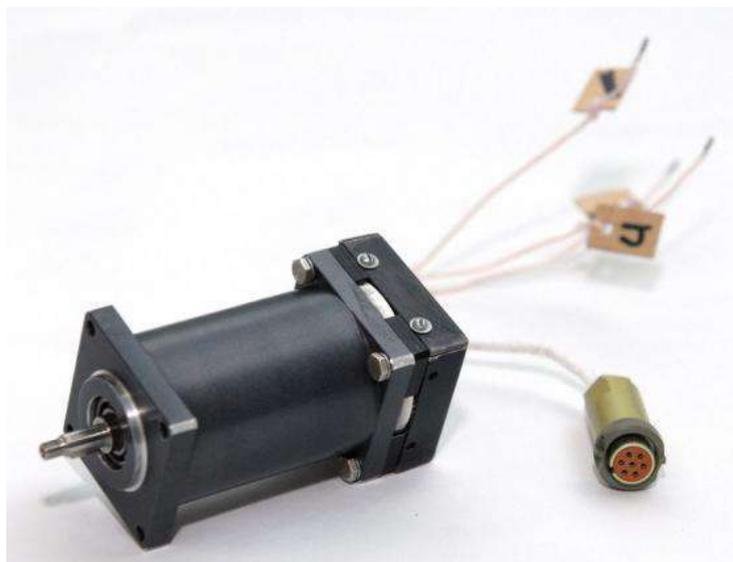


Рис. 2. Электродвигатель ДБМ38

Глобоидная червячная передача, в сравнении с обычной червячной, имеет более высокий КПД, более надежна и долговечна, но сложнее в изготовлении. Она обладает в 2-3 раза большей нагрузочной способностью при одинаковых габаритных размерах [3].

Кинематическая цепь механизма представляет из себя приводной бесконтактный вентильный электродвигатель ДБМ с зубчатым колесом, понижающую зубчатую передачу и червячную пару – глобоидный червяк и сектор, которые разгоняются при подаче питания на электродвигатель (рис. 3).

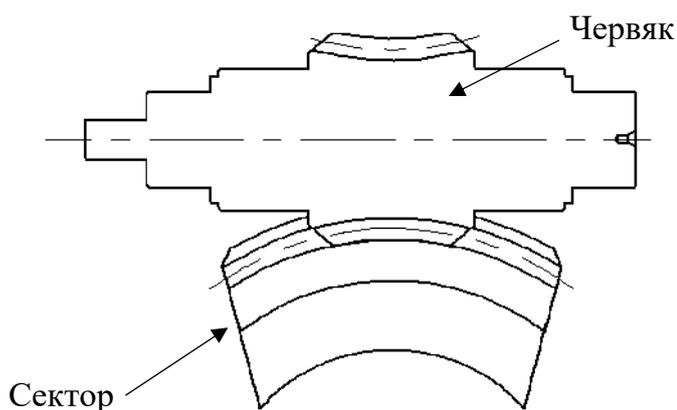


Рис. 3. Червячная передача, используемая в данном ИМ

За управление исполнительным механизмом будет отвечать устройство управления приводом (УУП).

Сигнал управления поступает по интерфейсу RS-485. На плате сигнал интерфейса RS-485 преобразуется в сигнал UART для совместимости с контроллером. Связь с датчиками тока, датчиком положения ротора электродвигателя, датчиком положения выходного звена осуществляется по интерфейсу SPI. Между контроллером и инвертором стоит преобразователь уровня с 3 В до 5 В. Функциональная схема УУП представлена на рис. 4.

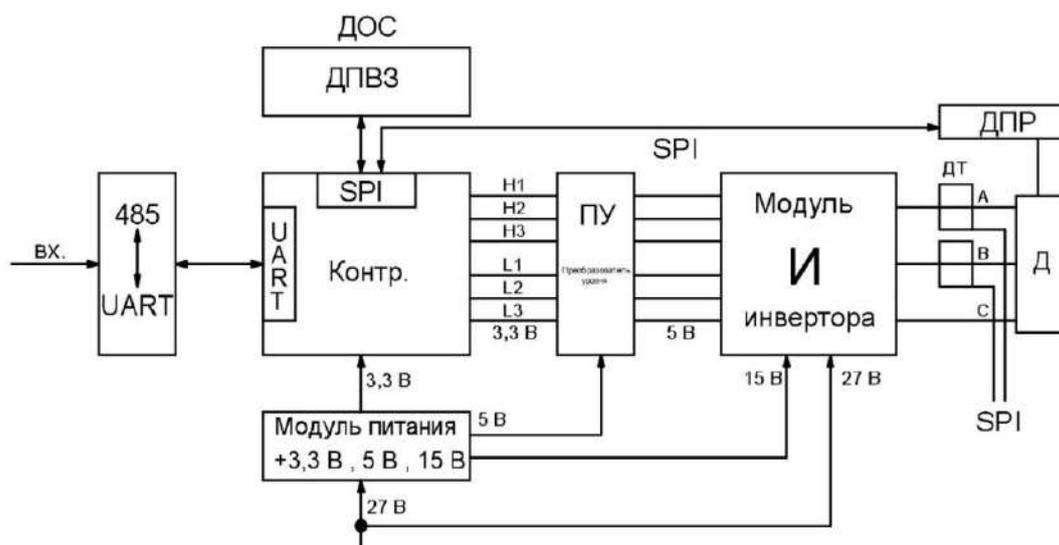


Рис. 4. Функциональная схема устройства управления приводом

Устройство управления электроприводом включает в себя контроллер и инвертор.

Контроллер устройства управления включает в себя:

- стабилизаторы напряжения;
- схема интерфейса RS485;
- схема управления датчиком положения вала;
- схема измерения температуры;
- микроконтроллер для управления RS485, датчиком положения вала, съема показаний со схемы измерения температуры;
- микропроцессор для реализации «математического моделирования» векторного управления бесконтактным электродвигателем с постоянными магнитами, получения данных от микроконтроллера по интерфейсу SPI.

Инвертор устройства управления включает в себя:

- схему инвертора для генерации в фазах электродвигателя напряжения нужной частоты и амплитуды, управляется микропроцессором;
- схему управления датчиком положения ротора двигателя (данные о положении ротора необходимы для векторного управления, управляется микропроцессором);
- схему измерения тока потребления электродвигателя;
- схему измерения напряжения.

Управления и отслеживания положения вала электродвигателя будет

осуществлять датчик положения ротора (ДПР), основанный на эффекте Холла.

Компоновка датчика положения ротора представлена на рис. 5.

Для отслеживания положения выходного вала исполнительного механизма в качестве датчика обратной связи (ДОС) будет использоваться датчик положения выходного звена аналогичного принципа действия.

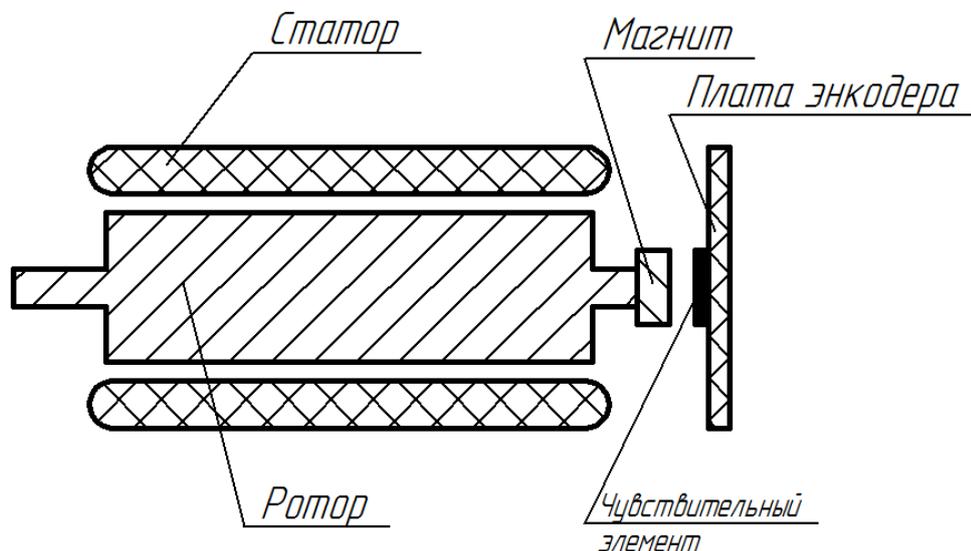


Рис. 5. Компоновка датчика положения ротора

Плата датчика будет построена на основе микросхемы 1382НМ025А, которая представляет собой однокристалльный энкодер положения, содержащий сенсорную систему на элементах Холла, схему аналогового преобразования сигнала, АЦП и блок цифровой обработки данных. Микросхема производит вычисление кода положения по анализу магнитного поля диаметрально намагниченного торцевого магнита. Вычисленный код положения выдается в виде набора стандартных интерфейсов: инкрементальный, шаг + направление, SPI, SSI, ШИМ, трехфазный UVW, линейный аналоговый.

Для управления МИ будет использоваться векторное управление.

Внешний вид и предположительная компоновка механизма разработаны в системе автоматизированного проектирования T-flex CAD и представлены на рис. 6 и 7.

При вращении ротора момент передается на глобоидный червяк через промежуточное звено, представленное понижающим редуктором на основе зубчатой передачи. От червяка момент передается на червячное колесо, которое в свою очередь отклоняет выходное звено привода на заданный угол. Данная конструкция отличается простотой и компактностью.

В дальнейшем планируется изготовить макетный образец разрабатываемого исполнительного механизма. Разработать программу и методику испытаний. Провести испытания на соответствие техническим характеристикам.

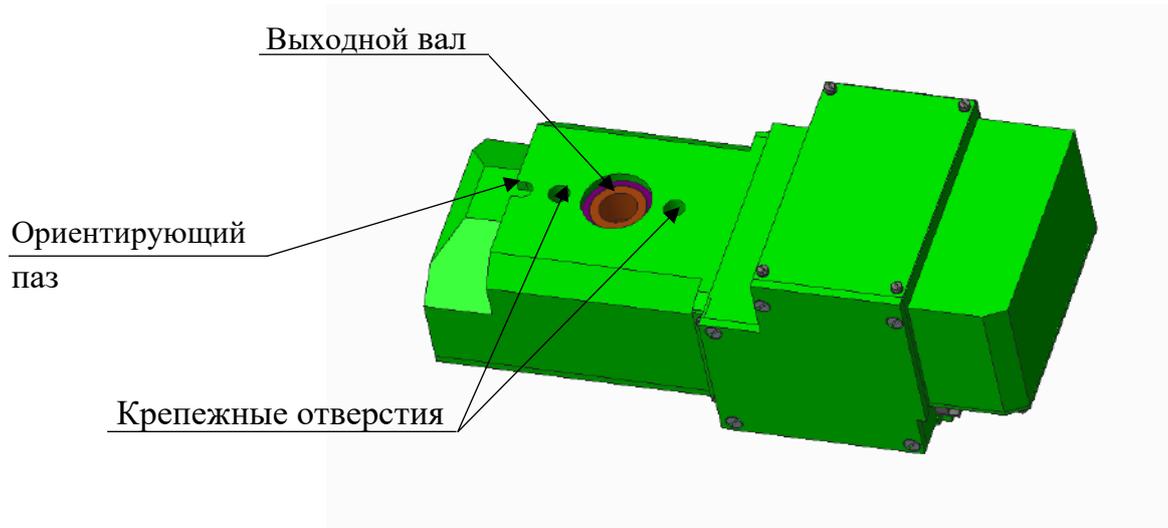


Рис. 6. Внешний вид МИ

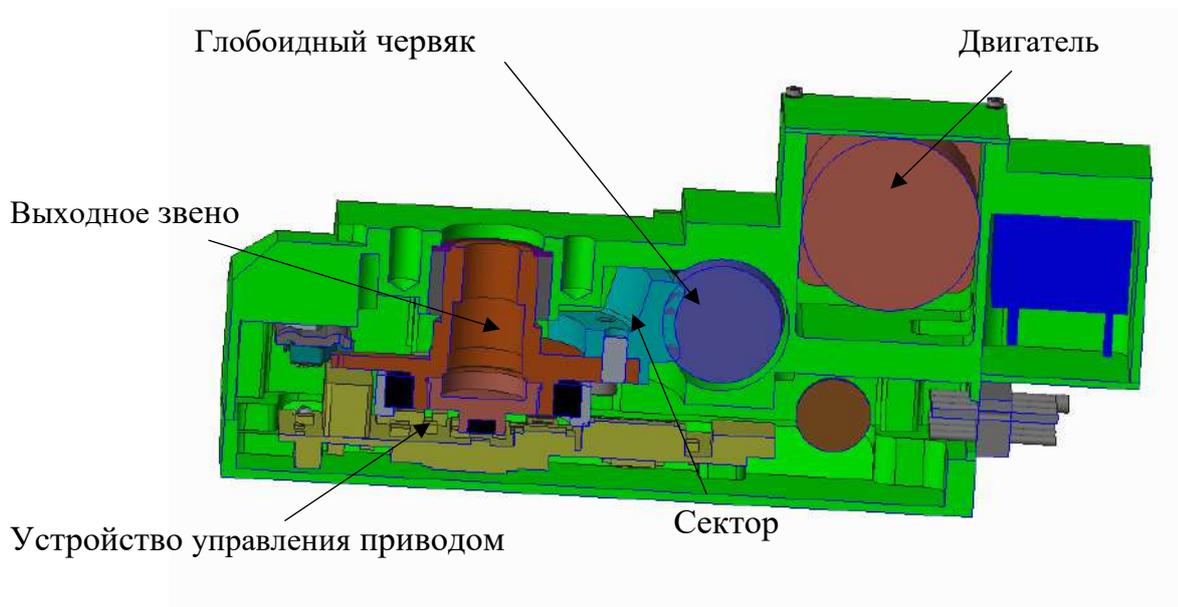


Рис. 7. Компоновка разрабатываемого ИМ

#### Библиографический список

1. **Башарин, А.В.** Управление электроприводами / А. В. Башарин, В. А. Новиков, Г.Г. Соколовский. - Учебное пособие для вузов. Ленинград.: Энергоиздат, Ленинградское отделение, 1982.
2. Электродвигатель бесконтактный моментный со встроенным датчиком положения ротора ДБМ38 – Электронный ресурс // URL: <https://vprk.name/library/f/dmb38.html> / (дата обращения 14.01.2022).
3. **Самсонович, С.Л.** Принципы построения силовых миниприводов / С.Л. Самсонович, В.С. Степанов // Известия ТулГУ. Серия. Вычислительная техника. Информационные технологии. Вып. 3. Системы управления. Том 2. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2006.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ВЫСТАВКИ ТРЕХ СИСТЕМ БИНС-СП-2 НА БОРТУ САМОЛЕТА АН-124-100

*Д.В. Богусонов*

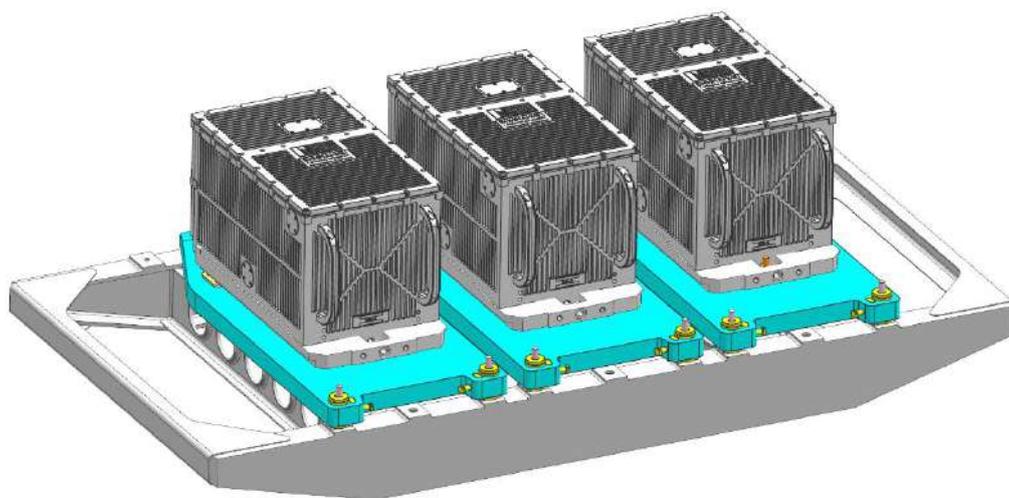
*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье проведен частотный анализ модернизированной платформы на гармоническое возбуждение при аварийной посадке ЛА, для оценки эффективности с конструкцией, разработанной ранее.

**Ключевые слова:** частотный анализ, гармоническое возбуждение, компьютерное моделирование, метод конечных элементов.

В рамках модернизации военно-транспортного самолета Ан-124-100 осуществлена установка новейшего пилотажно-навигационного комплекса ПНК-124М. Данный комплекс обеспечивает вертикальную и горизонтальную навигацию самолета в соответствии с действующими и перспективными требованиями ИКАО. Помимо современных навигационных задач, комплекс обеспечивает обнаружение и обход зон грозовой деятельности с возможностью последующего возврата на запрограммированную траекторию полета.

Бесплатформенная инерциальная навигационная система БИНС-СП-2 стала основой комплекса ПНК-124М. Данная система дает полную информацию о навигационных параметрах движения – углах курса, крена и тангажа. Установка данной системы БИНС-СП-2 на борту ЛА является сложной конструкторской работой, помимо соблюдения точных углов установки относительно осей самолета, необходимо спроектировать простую поворотную конструкцию для регулировки.



**Рис. 1.** Общий вид установки системы БИНС-СП-2 на борту ЛА

На этапе создания рабочей конструкторской документации были спроектированы технологические платформы для установки трех систем БИНС-СП-2 на борту ЛА.

Для оценки эффективности конструкции был проведен частотный анализ платформы, который показал, что разработанная конструкция обеспечивает стабильное положение системы БИНС-СП-2 во всем диапазоне рабочих перегрузок, вибраций и температур.

На рис. 2 и 3 представлены графики распределений перемещений и напряжений в конструкции на всем диапазоне частот возбуждения.

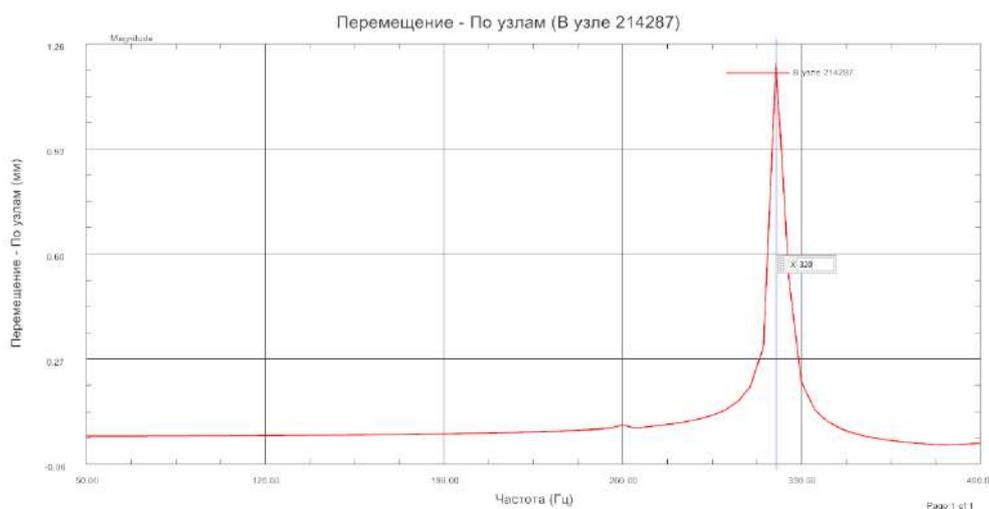


Рис. 2. График распределения перемещений в конструкции

По результатам защиты технического проекта было принято решение поставщиком системы ПАО «МИЭА» изменить требования по точности выставки разработанной платформы на борту ЛА, в части изменения углов курса, крена и тангажа с  $\pm 20$  угловых минут на  $\pm 10$  угловые минуты, соответственно. Установить три системы БИНС-СП-2 на одну общую платформу. В результате проработки данных замечаний была спроектирована модернизированная платформа для установки системы БИНС-СП-2.

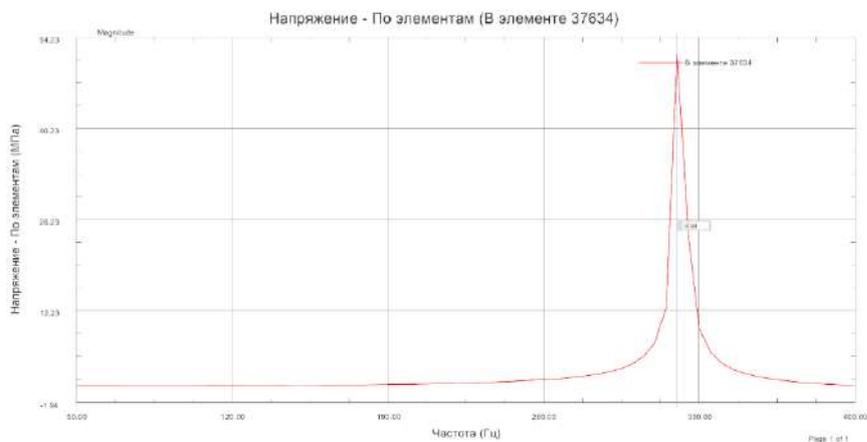
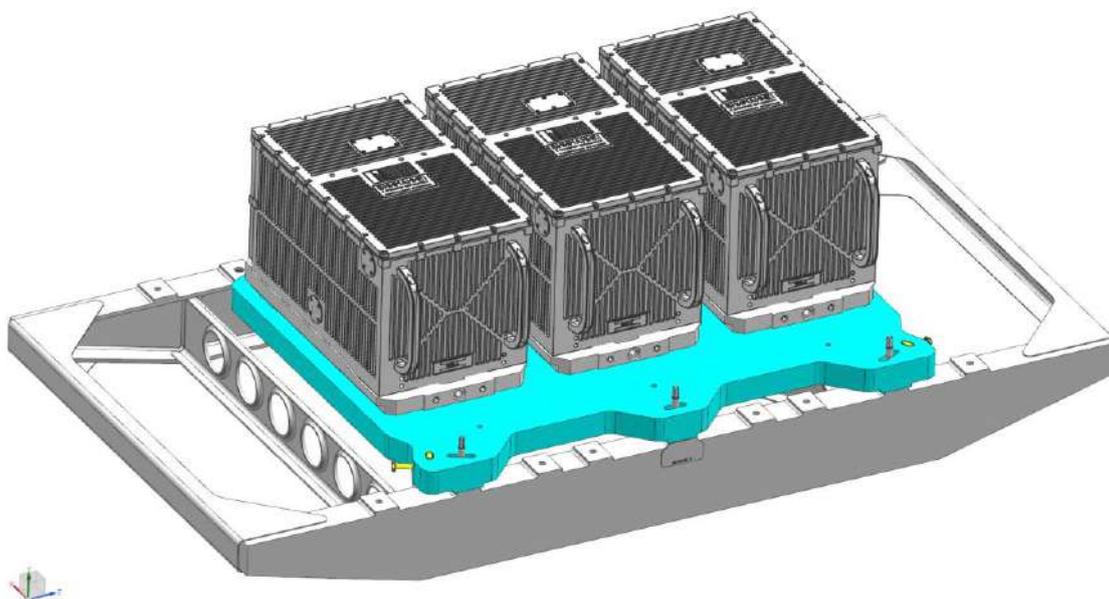


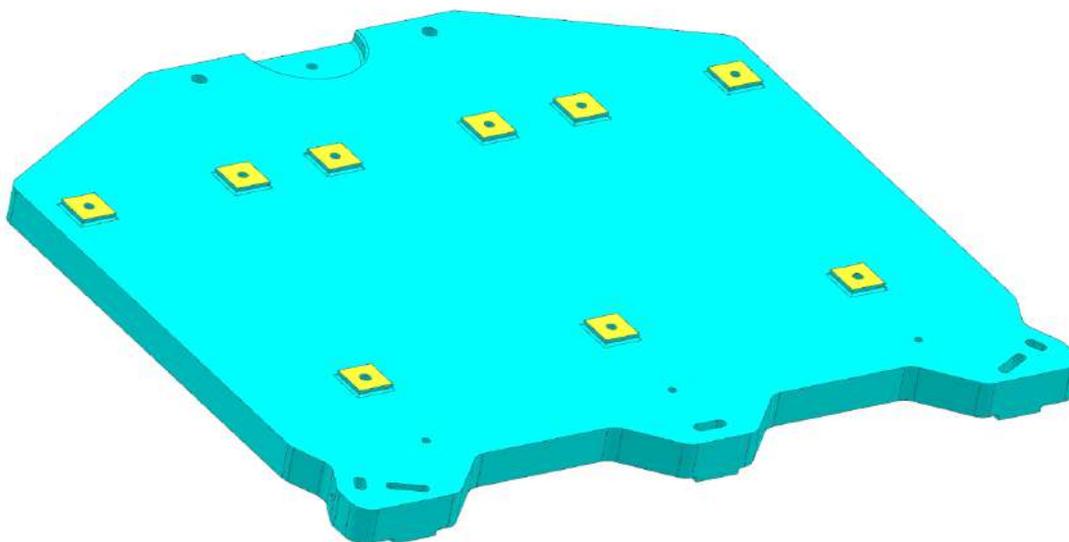
Рис. 3. График распределения напряжений в конструкции

На рис. 4 представлен общий вид модернизированной установки системы БИНС-СП-2 на борту ЛА.



**Рис. 4. Общий вид модернизированной установки системы БИНС-СП-2 на борту ЛА**

На рис. 5 представлен общий вид модернизированной платформы для установки систем БИНС-СП-2.



**Рис. 5. Общий вид модернизированной платформы для установки систем БИНС-СП-2**

Для оценки эффективности новой разработанной конструкции необходимо провести динамический анализ с использованием метода суперпозиции собственных форм колебаний в среде численного моделирования *Siemens NX* с заданными граничными условиями. Необходимый набор частот задан значе-

ниями начальных частот, частотного приращения и количества частотных приращений.

Под действием переменных во времени внешних сил возникают внутренние усилия. На рис. 6 представлена картина распределения перемещений в конструкции.

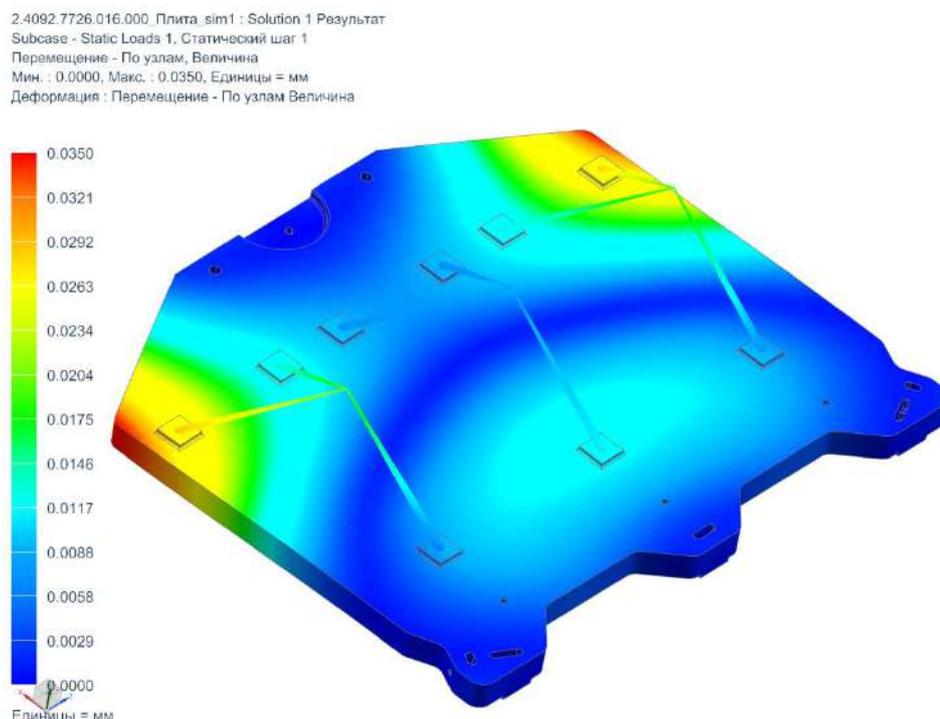


Рис. 6. Распределение перемещений в конструкции

На рис. 7 представлена картина распределения эквивалентных напряжений в конструкции.

На основании действующего документа по руководству летных испытаний на грузовые ЛА был выбран диапазон частот возбуждения от 50 до 400 Гц. Необходимый набор частот в среде численного моделирования *Siemens NX* задан значениями начальных частот, частотного приращения и количества частотных приращений.

Результатами частотного анализа являются картины распределений перемещений и напряжений в конструкции в диапазоне частот от 50 до 400 Гц.

Анализируя полученные графики можно сделать вывод, что новая разработанная конструкция для выставки систем БИНС-СП-2 на борту самолета Ан-124-100 имеет меньшие перемещения и напряжения при увеличении массы нагружения от трех систем в диапазоне частот от 50 до 400 Гц. Также смещен график максимальных напряжений и перемещений вдоль оси частот на 50 Гц, что скажется на улучшении характеристик ЛА при динамике полета.

2.4092.7726.016.000. Плита.sim1 - Solution 1 Результат  
 Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1  
 Напряжение - По элементам, По Мемосу  
 Мин.: 0.01, Макс.: 24.50, Единицы = Н/мм<sup>2</sup>(МПа)  
 Деформация: Перемещение - По узлам Величина

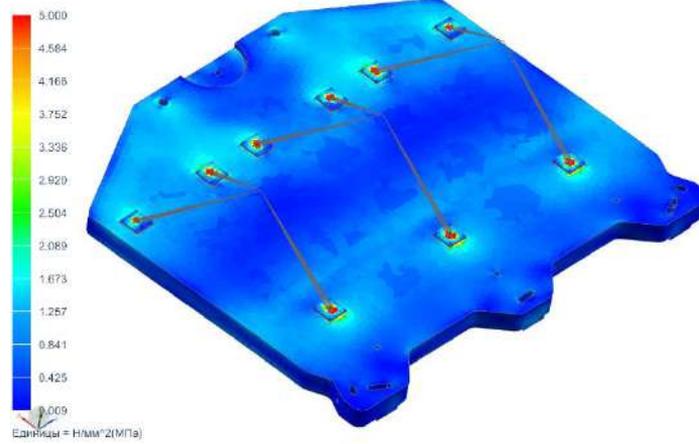


Рис. 7. Распределение эквивалентных напряжений в конструкции

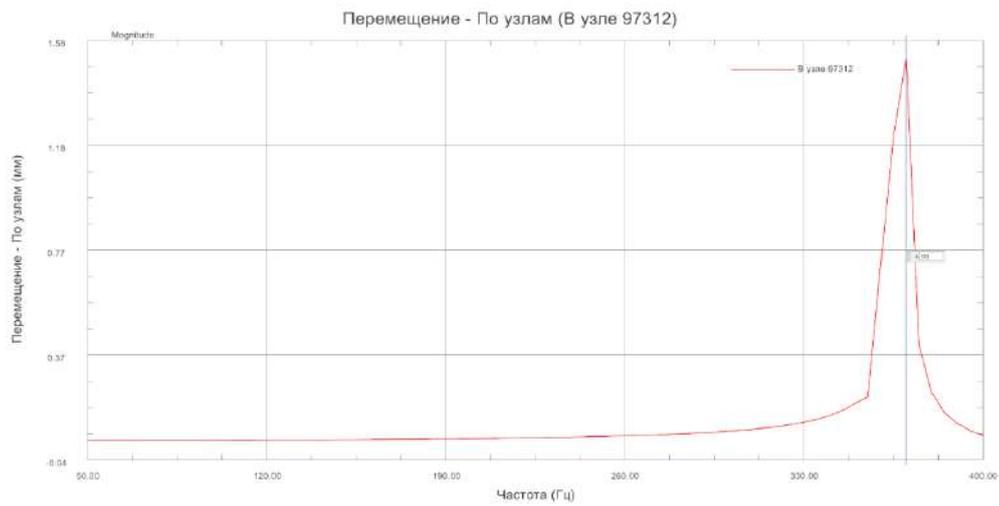


Рис. 8. График распределения перемещений в конструкции

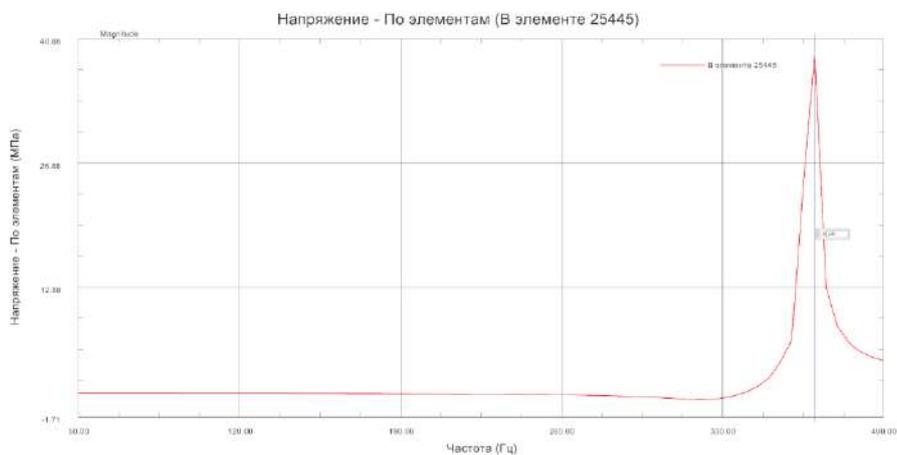


Рис. 9. График распределения напряжений в конструкции

### Библиографический список

1. Журнал Общества экспериментальной механики SEM. "The International Journal of Analytical and Experimental Modal Analysis" The Society for Experimental Mechanics, Inc., School Street, Bethel, CT 06801.
2. D. J. EWINS "Modal Testing: Theory and Practice" Research Studies Press Ltd., Letchworth, Herts, England.
3. Titterton D., Weston J., Strapdown Inertial Navigation Technology, Institution of Engineering and Technology, 2005.
4. Lefevre H., The Fiber-Optic Gyroscope, Artech House, 1993.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ: АЛМАЗНОЕ ВЫГЛАЖИВАНИЕ И УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ

*Д.О. Болтоков, А.Г. Самуль, В.П. Гилета*

*Новосибирский государственный технический университет*

В данной работе приведен сравнительный анализ методов поверхностного пластического деформирования (ППД): алмазного выглаживания и ультразвукового пластического деформирования (УЗПД); описаны процессы, преимущества и недостатки каждого из методов, а также их влияние на эксплуатационные свойства деталей машин.

**Ключевые слова:** поверхностное пластическое деформирование, алмазное выглаживание, ультразвуковое пластическое деформирование, эксплуатационные свойства.

В настоящий момент в машиностроении требования к геометрическим и физико-механическим параметрам поверхностного слоя постепенно растут, так как данные параметры имеют первостепенное влияние на эксплуатационные свойства деталей. Для достижения поставленных требований используют отделочно-упрочняющую обработку деталей.

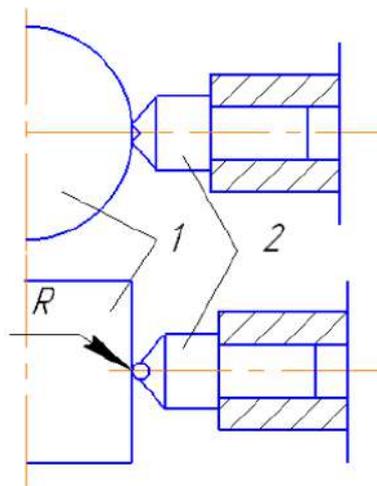
Широкое применение в качестве отделочно-упрочняющей обработки получило использование методов поверхностного пластического деформирования, которые в свою очередь, делятся на две основные группы: статические и динамические. Одними из наиболее распространенных представителями данных групп являются алмазное выглаживание и УЗПД.

Процесс ППД основан на пластическом деформировании и перераспределении обрабатываемого материала в поверхностном слое, то есть происходит без снятия стружки. Деформирование поверхности осуществляется за счет движения инструмента по поверхности детали по схеме качения, скольжения и внедрения. На базе данных схем или их сочетания основаны все методы пластического поверхностного деформирования [1].

Метод алмазного выглаживания (рис. 1) проводится скользящим по поверхности инструментом – выглаживателем, представляющим собой закреплённый в оправке алмаз. Стойкость природных и искусственных алмазов при-

мерно одинакова. Пластическое деформирование обрабатываемой поверхности достигается за счет превышающей твердости инструмента над твердостью поверхности детали. Эффективность процесса выглаживания в значительной мере зависит от исходной структуры обрабатываемого материала.

Отличительная особенность алмазного выглаживания заключается в придании слою обрабатываемого материала дополнительной упругопластической деформации, а не его полным или частичным удалением [2].



**Рис. 1. Схема процесса алмазного выглаживания:**  
1 – обрабатываемая деталь, 2 – инструмент

Преимуществом данного метода являются возможность обработки деталей, выполненных из металлов и сплавов различной твердости. Так как алмаз устойчив к деформированию, а его радиус крайне мал, то площадь контакта инструмента с деталью оказывается незначительной. Данное явление дает возможность создавать высокие контактные давления даже при небольших нормальных силах, необходимых для совершения деформации.

Основным недостатком алмазного выглаживания является его малая производительность, ограниченность в обработке тонкостенных деталей. К тому же, существует ряд деталей, обработка которых невозможна из-за их повышенного адгезионного свойства, что приводит к налипанию частиц металла на инструмент. К ним относятся титановые сплавы, ниобий и цирконий [3].

Алмазное выглаживание используется для повышения микротвердости поверхности и уменьшения высотных параметров шероховатости при малой толщине упрочненного слоя детали.

УЗПД является относительно новым и прогрессивным динамическим методом поверхностного пластического деформирования. Основным отличием от статических методов ППД является сообщение рабочему инструменту ультразвуковых колебаний частотой 18-44 кГц и амплитудой 5-30 мкм.

Деформирующее усилие при УЗПД включает в себя две силы. Первая – статическая сила прижима рабочего инструмента к детали, значение которого выбирается исходя из физико-механических характеристик и условия исчерпания упругой деформации детали в точке деформирования. Вторая – динамиче-

ская составляющая силы, которая возникает за счет сообщения рабочему инструменту ультразвуковых колебаний. Наличие последней обеспечивает внедрение индентора на глубину, сопоставимую с высотой исходной шероховатости профиля, что приводит к пластической деформации поверхностного слоя детали [4].

В отличие от статических методов схему ввода инструмента при УЗПД можно изменять (рис. 2 а, б): по нормали, по касательной (тангенциальная).

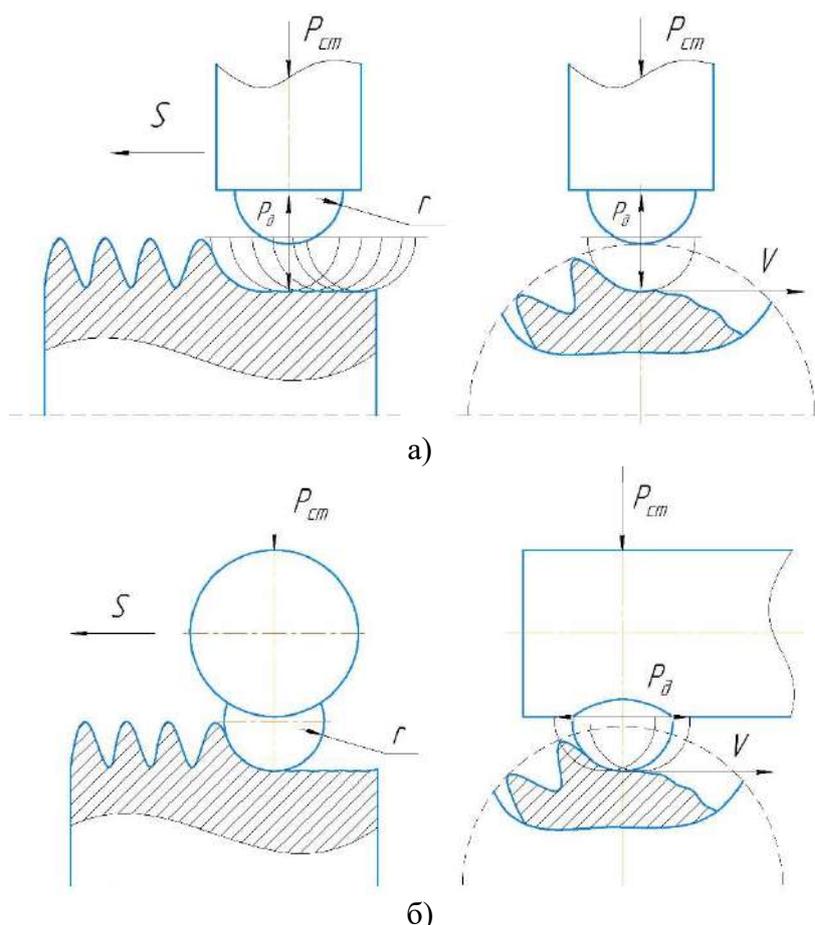


Рис. 2. Схемы ввода колебаний при ультразвуковой обработке:  
а – по нормали; б – тангенциально

Преимуществом УЗПД является возможность обработки деталей различной твердости в зависимости от схемы ввода инструмента. Поверхность детали характеризуется наличием остаточных напряжений сжатия, которые в свою очередь благоприятно влияют на долговечность детали при малом температурном воздействии. Износостойкость и долговечность деталей из многих сплавов, обработанных методом ультразвукового пластического деформирования, в два раза выше, чем после шлифования, также наблюдается повышение контактной усталости [4].

Недостатком УЗПД является снижение коррозионной стойкости поверхности при высокой степени упрочнения, достигаемой УЗПД (до 100%). Также недостатком этого метода можно выделить высокую энергозатратность.

Таким образом, проанализировав данные методы пластического поверхностного деформирования можно сказать, что они позволяют обеспечить широкий диапазон геометрических и физико-механических характеристик поверхностного слоя детали. Выбор того или иного метода зависит от требуемых параметров и целей в использовании детали.

#### **Библиографический список**

1. Дрозд, М.С. Определение механических свойств металла без разрушения / М. С. Дрозд; Москва. – Изд-во: Металлургия. – 1965. – 173 с.
2. Степанова, Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие / Т. Ю. Степанова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново. – 2009. – 64 с.
3. Папшев, Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием / Д. Д. Папшев. Москва: Машиностроение, 1978. – 152 с.
4. Осипенкова, Г.А. Отделочно-упрочняющая обработка с применением ультразвуковых крутильных колебаний / Г. А. Осипенкова; Нижний Тагил; УрФУ. – 2013. – 116 с.

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ОПТИЧЕСКОМ ОДОМЕТРЕ**

*М.Н. Гусев*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассмотрена актуальность и целесообразность оптического одометра, а также математические методы, необходимые для его реализации.

**Ключевые слова:** летательный аппарат, оптический одометр, стереокамера, расстояние до наблюдаемых объектов, FAST, SURF.

Процессы навигации и управления современными летательными аппаратами требуют непрерывного и автоматического определения скорости движения летательного аппарата по отношению к земной поверхности, направления движения и текущих координат местоположения аппарата. Эти задачи могут быть решены с помощью автономных бортовых систем, основанных на оптических методах.

Системы, основанные на спутниковой навигации, хороши на глобальном уровне. Но на локальных участках имеют существенные погрешности в вычислениях местоположения, а также не учитывают рельеф местности, что может критично сказаться на маневрировании летательного аппарата. В этих случаях оптические методы могут проявить себя куда эффективнее, поскольку основываются на идентификации, на снимке, интересующих нас объектов. Благодаря им, становится возможными сориентироваться на месте, скорректировать дальнейший маршрут и решить другие задачи.

Радиолокационные системы, в свою очередь, имеют свой набор условий, в которых данный метод будет менее эффективен. Например, большая высота – сигнал будет искажаться, а также понадобится большее время для прохождения расстояния до земли и обратно. А методы, основанные на оптическом одометре, в такой ситуации будут более точными. Эта особенность будет заметна в вычислениях конечного перемещения, поскольку наблюдаемая местность меньше изменилась. Также радиолокационная система некорректно реагирует на неоднородность отражающих характеристик подстилающей поверхности и наличие объектов, контрастных на рельефе (здания, крутые горы, впадины и другие), в то время как оптические методы основаны на визуальных характеристиках объектов, а не на составе.

Из сказанного ранее видно, что наш метод, основанный на оптическом одометре, поскольку лишен недостатков, присущих другим методам. Он будет уместен для тех летательных аппаратов, которые находятся в некомфортных для других методов условиях.

Основным элементом оптического одометра является стереокамера. Её особенность заключается в умении вести съёмку сразу из двух камер, то есть мы получаем за одну итерацию кадры сразу из двух ракурсов относительно наблюдаемых объектов. Вычисляем смещение этих изображений, например, при помощи методов FAST (*features from accelerated segment test*) (рис.1) [1] и SURF (*Speeded Up Robust Features*) [2].

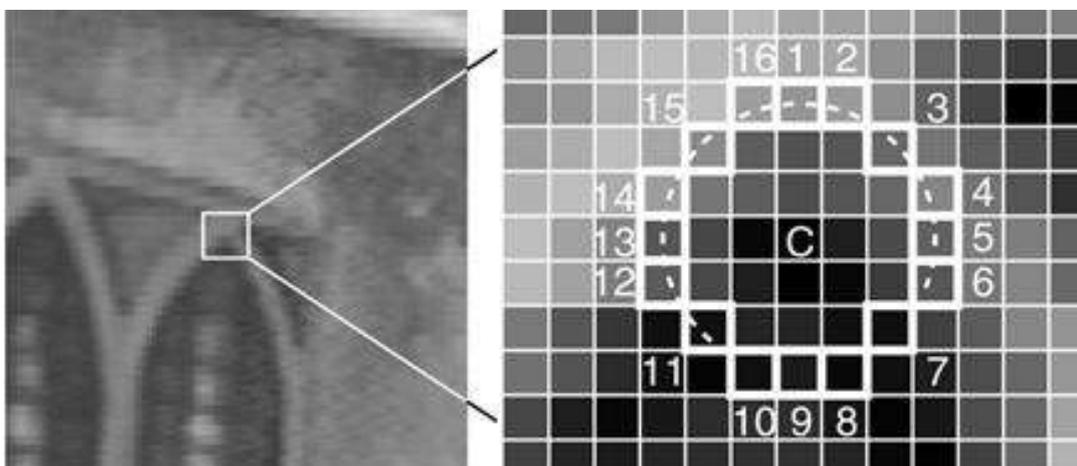


Рис 1. Демонстрация работы метода FAST

Мы знаем смещение изображений, длину между камерами, их разрешение, теперь мы можем найти расстояние до наблюдаемых объектов (рис. 2).

$$h(x) = \frac{d w}{2 x \operatorname{tg}(\alpha/2)}$$

где  $w$  - обзореваемая область одной камеры;  $d$  - расстояние между камерами;  $h$  - расстояние до наблюдаемых камерой объектов;  $\alpha$  - угол обзора камеры.

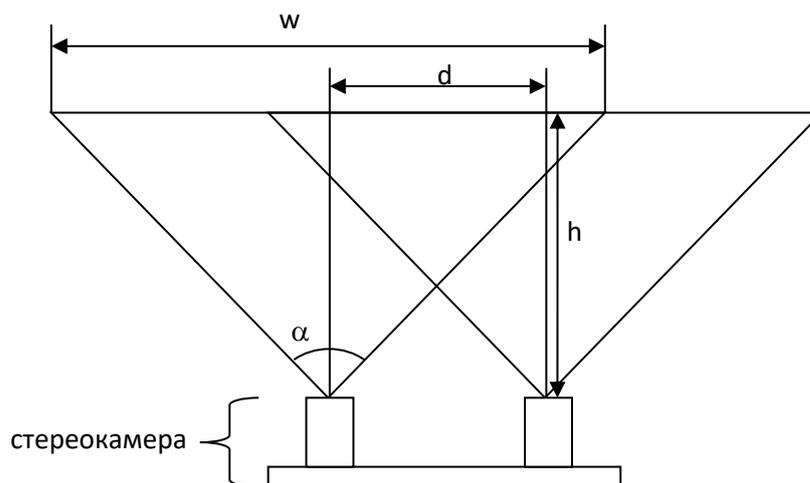
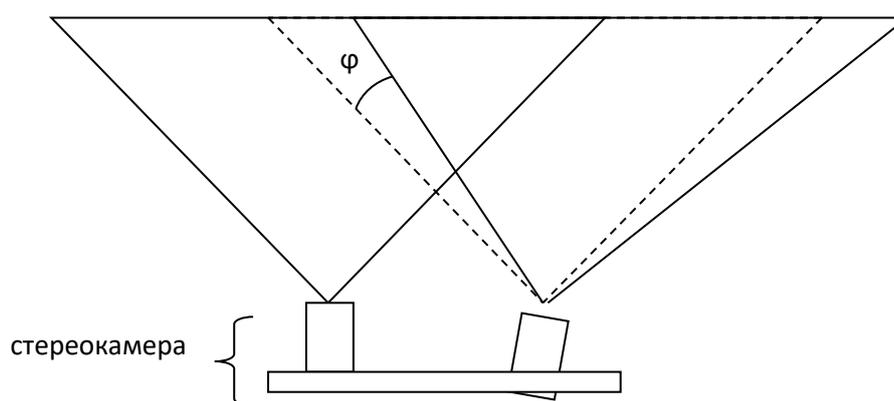


Рис. 2. Схема стереокамеры

Теперь выразим из этой формулы расстояние между камерами. Мгновенное расстояние мы уже нашли на предыдущем этапе. В виде снимков, между которыми будем искать смещение, примем сделанные на одну и ту же камеру (например, левую) в разные моменты времени. Таким образом, получаем формулу мгновенного перемещения стереокамеры:

$$S(x) = \frac{2 h x \operatorname{tg}(\alpha/2)}{w}$$

Точность стереокамеры зависит от того, как прямо и ровно смотрят оба объектива. В мире нет идеальных вещей, и это правило может быть применимо и к нашей стереокамере. Её объективы также могут смотреть не в одну сторону, по этой причине может получиться ситуация, изображённая на рис. 3, где  $\phi$  – угол отклонения объектива.

Рис. 3. Схема стереокамеры, объектив которой направлен с отклонением на некоторый угол  $\phi$

Данная проблема решается опытным путём: проводится некоторое количество тестов, в которых выявляется некое значение, которое стоит прибавить к смещению ( $x$ ), чтобы находилось истинное расстояние до целей. На самом деле этих значений два: для строк и для столбцов массива, и вместе составляют вектор из двух элементов:

$$p = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \end{bmatrix}$$

Таким образом, вычислив значения вектора  $p$ , получим формулу расстояния до объектов будет выглядеть следующим образом:

$$h(x) = \frac{d w}{2 (x + p) \operatorname{tg}(\alpha/2)}$$

В вычислениях перемещения, вектор  $p$  нам не пригодится, поскольку данные значения подразумевают разные направления объективов стереокамеры, тогда как в вычислениях перемещения используются снимки, сделанные одной и той же камерой.

#### Библиографический список

1. Клетге, Р. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы – пер. с англ. А.А. Слинкин. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 506с.
2. Н. Bay, А. Ess, Т. Tuytelaars, L. Van Gool «Speeded up robust features» – Computer Vision Image Understanding, vol. 110, 2008 – 346-359p.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ НА ПОГРЕШНОСТЬ НУЛЯ ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА

*Е.П. Езунова*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

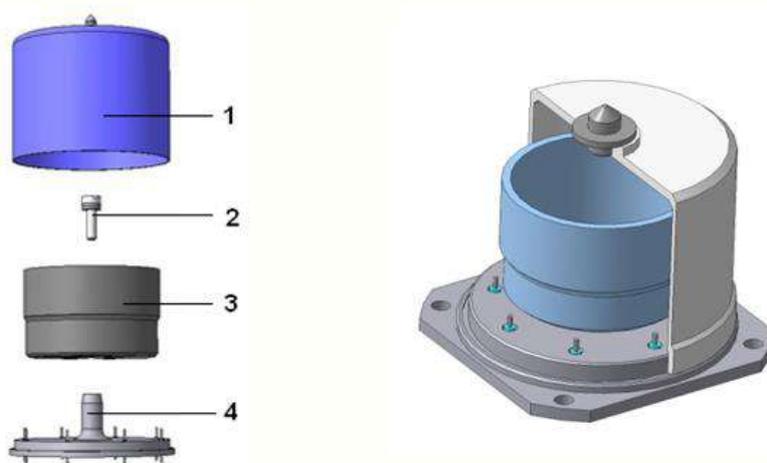
В статье рассмотрен принцип действия волнового твердотельного гироскопа, приведены результаты исследования погрешности нуля волнового твердотельного гироскопа. Показано, что волновой твердотельный гироскоп неработоспособен при воздействии вибрации. Для исключения механических резонансов элементов конструкции узла «чувствительный элемент-резонатор» рекомендовано провести компьютерное моделирование конструкции чувствительного элемента и резонатора с целью её оптимизации.

**Ключевые слова:** волновой твердотельный гироскоп, металлический резонатор, синусоидальная вибрация, ось чувствительности.

Волновой твердотельный гироскоп (рис.1) является инерциальным прибором нового типа, принципиально отличающимся от существующих электро-механических, лазерных и других гироскопов.

Резонатор является основным элементом любого волнового твердотельного гироскопа. Его характеристики (и их стабильность) в конечном счёте определяют характеристики гироскопа в целом.

Резонатор выполнен в виде цилиндра, на доньшко которого приклеены 8 пьезокерамических элементов. Они используются как для возбуждения, так и для измерения колебаний. Резонатор 3 диаметром 15÷50 мм крепят на основании 4 винтом 2 и устанавливают собранный чувствительный элемент в корпус 1. Управление работой волнового твердотельного гироскопа осуществляется с помощью микропроцессорного электронного блока, который считывает напряжения и подает сигналы управления на соответствующие пьезоэлементы. Волновой твердотельный гироскоп работоспособен при температуре от  $-60$  до  $+80^{\circ}\text{C}$  и обеспечивает точность измерения угловой скорости 10-50 град/час.



**Рис. 1. Общая конструкция волнового твердотельного гироскопа:**

1 – корпус; 2 – крепежный винт; 3 – резонатор; 4 – основание

Как показывают результаты исследований, волновой твердотельный гироскоп даже с металлическим резонатором может иметь дрейф менее  $1^{\circ}/\text{час}$ . Это достижимо в статических условиях, когда отсутствуют внешние воздействующие факторы. Поскольку волновой твердотельный гироскоп прибор вибрационного типа, то и проблемы с его точностью начинаются в условиях динамических нагрузок. Однако внешние воздействующие факторы являются основными требованиями, предъявляемыми ко всем авиационным изделиям военного назначения.

Как правило, гироскопические датчики в объектах кратковременного действия работают в условиях воздействия больших линейных ускорений, случайной вибрации с широким спектром частот и синусоидальной вибрации в диапазоне до 2000 Гц. Устойчивая работы приборов характеризуется отсутствием появления дополнительных сигналов на выходе гироскопов при внешних воздействиях.

Основным традиционным приемом снижения влияния механических нагрузок на гироскопы с вращающимся ротором является тщательная балансировка чувствительных элементов, создание жестких подвесов и разнесение ра-

бочих частот приборов от частоты возмущения. Дополнительной мерой снижения влияний вибраций является введение амортизирующих устройств, обеспечивающих механическую развязку чувствительного элемента от корпуса прибора.

Характерной особенностью волнового твердотельного гироскопа является его конструктивное исполнение, имеющее симметричную форму относительно осей инерции. Во многом это достигается за счет технологии изготовления резонаторов на токарном оборудовании без лишних перестановок заготовки. Пьезокристаллические пластины устанавливаются не в зоне рабочего кольца и поэтому не нарушают балансировки конструкции. Рабочая частота резонатора составляет более 5 кГц, что значительно превышает область механических вибраций и обеспечивает отсутствие помех в трактах съема и преобразования информации. Однако кроме рабочей частоты могут иметь место другие виды колебаний элементов резонатора: изгиб крепежной ножки, ее кручение, близость парциальных собственных частот.

Основным следствием механических воздействий можно предположить появление возможных деформаций и разрушений конструктивных элементов прибора. Таким образом, проектирование волнового твердотельного гироскопа требует особого внимания к выбору геометрических размеров отдельных элементов конструкции как точки зрения точности, работоспособности, так и с точки зрения виброустойчивости, стойкости и прочности.

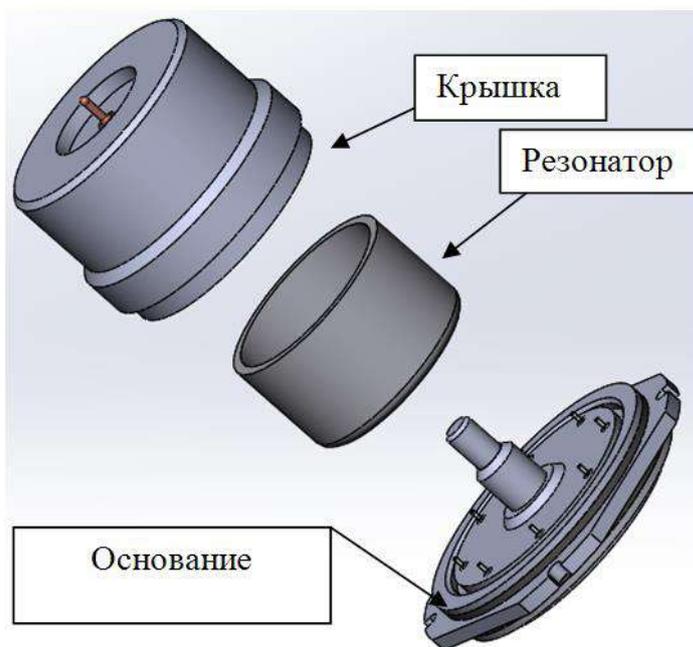
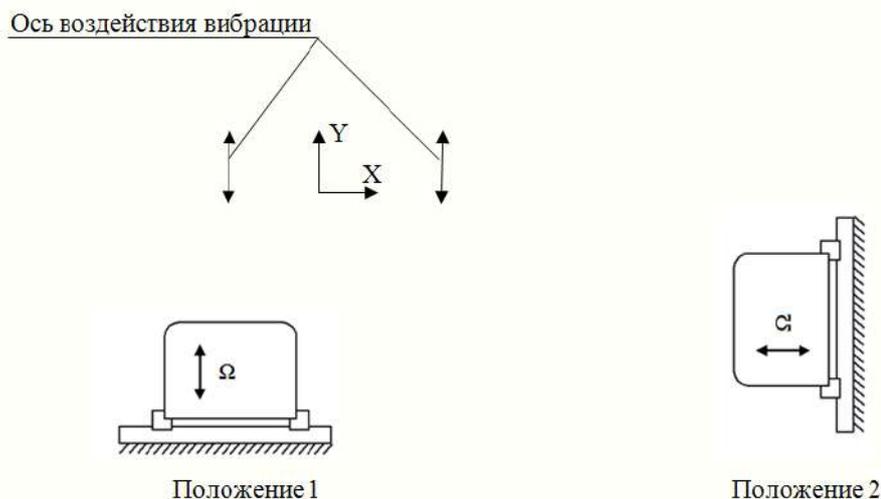


Рис. 2. Макетный образец волнового твердотельного гироскопа

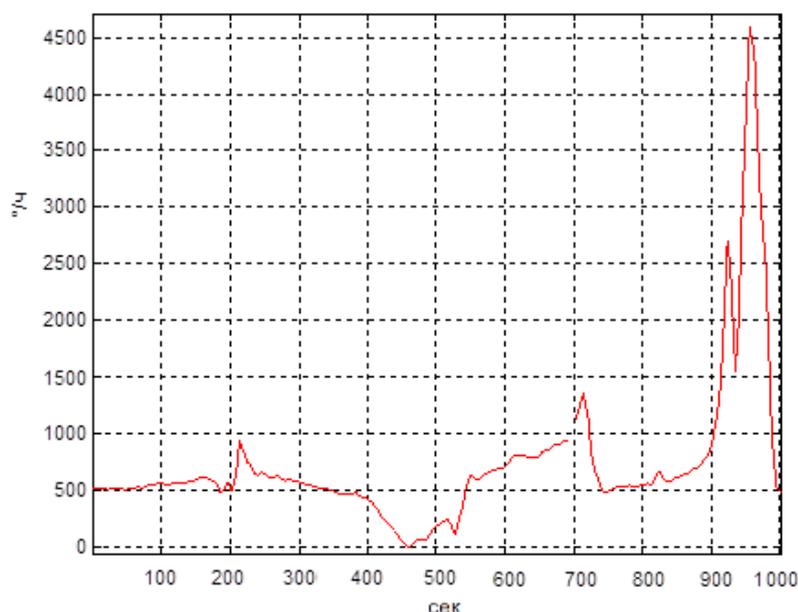
Дрейф нулевого сигнала имеющегося образца волнового твердотельного гироскопа (рис. 2) исследовался в условиях воздействия синусоидальной вибрации амплитудой ускорения  $6g$  линейном возрастании частоты от 20 Гц до 2000 Гц.



**Рис.3. Положения волнового твердотельного гироскопа при вибрационных испытаниях**

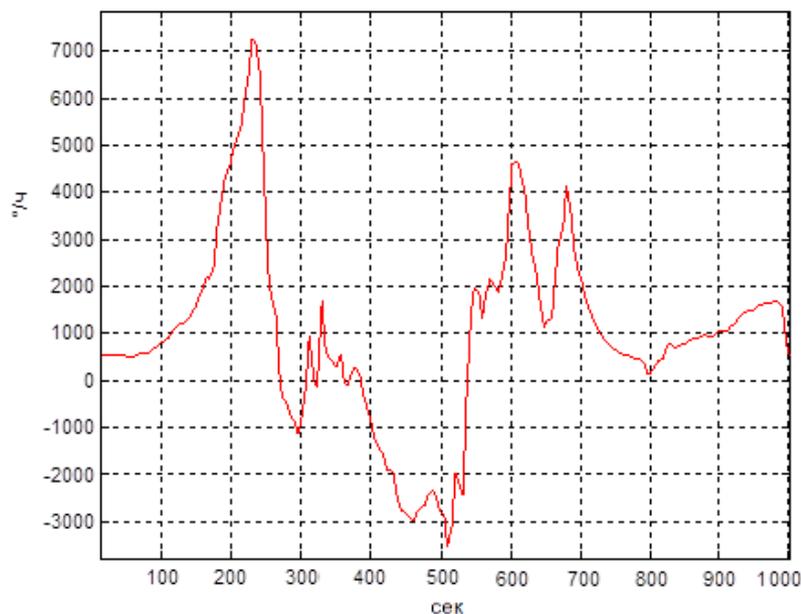
Для этого датчик устанавливался через специальное приспособление на рабочий стол вибростенда в двух положениях (рис. 3). На рис. 3 показаны положения испытуемого объекта, где  $\Omega$  – ось чувствительности.

На рис. 4, 5 приведены результаты вибрационных испытаний в виде зависимости нулевого сигнала волнового твердотельного гироскопа от времени в положении 1 и 2 соответственно.



**Рис. 4. График изменения нулевого сигнала волнового твердотельного гироскопа в положение оси чувствительности параллельно оси вибрации (положение 1)**

На графике рис. 4 наблюдаются три резких всплеска на 250 секунде, 500 секунде и в интервале 600- 700 секунд. Величины нулевого сигнала запредельные и достигают 7000 °/час. Можно было бы предположить, что датчик сломался, однако в конце испытаний значение нулевого сигнала приходит к разумному значению и соответствует начальному, при котором начинались испытания.



**Рис. 5. График изменения нулевого сигнала волнового твердотельного гироскопа в положение оси чувствительности перпендикулярно оси вибрации (положение 2)**

На графике рис. 5 ситуация чуть лучше, но кардинально дело не меняет. В конце испытаний нулевой сигнал достигает уровня  $4500^\circ/\text{час}$ , хотя во всем интервале испытаний его приращение не превышало  $700^\circ/\text{час}$ . Важно отметить, что последнее положение считается худшим из возможных, однако результаты испытаний показывают противоположную картину.

Проведенные исследования показали, что волновой твердотельный гироскоп неработоспособен при воздействии вибрации, как широкополосной случайной вибрации, так и синусоидальной. Такие резкие всплески позволяют предполагать о наличии в конструкции чувствительного элемента механических резонансов или близких собственных частот элементов конструкции узла «чувствительный элемент-резонатор».

В связи с изложенным ранее возникла научно-техническая задача прикладного характера, решение которой позволит внедрить перспективный прибор в системы навигации низкой точности для снижения их стоимости без ущерба точности. Предлагается создать компьютерную модель чувствительного элемента с учетом верификационных данных и выполнить конечно-элементное моделирование вибрационного воздействия. Это позволит сопоставить амплитудно-частотные характеристики, полученные в ходе натурных испытаний и результатов моделирования, а также выявить резонансные области. На основе полученных результатов появится принципиальная возможность создания оптимизационной конструкции чувствительного элемента и резонатора, повышенной вибростойкости и виброустойчивости, что существенно повысит точностные характеристики датчика. Важно отметить, что для выполнения указанной работы не потребуется производственного запуска макетных образцов и проведения экспериментальных работ. Потребуется всего лишь один образец,

спроектированный по результатам компьютерного моделирования для подтверждения теоретических результатов.

В данной статье приведен принцип действия гироскопа нового поколения, основанного на использовании эффекта инертности волн в твердом теле. Показано, что такой прибор прост конструктивно, но требует тщательного подхода к проектированию, поскольку является прибором вибрационного принципа действия. Такое обстоятельство существенно усложняет получение требуемой точности прибора в имеющихся условиях эксплуатации. Однако благодаря развитию информационных систем появляется возможность разработки идеализированной конструкции гироскопа, что ускорит его промышленное внедрение.

#### Библиографический список

1. **Вавилов, В.Д.** Интегральные датчики / учеб. пособие. Н. Новгород, 2003. – 503 с.
2. **Журавлев, В.Ф.** Волновой твердотельный гироскоп / В.Ф. Журавлев, Д.М. Климов. - М.: Наука, 1985. 125 с.
3. **Лунин, Б.С.** Физико-химические основы разработки резонаторов волновых твердотельных гироскопов /Б.С. Лунин-М.: Изд-во МАИ, 2005. – 224с.: ил.
4. **Измайлов, Е.А.** и др. Волновой твердотельный гироскоп. Патент RU. No. 2164006. (2004).
5. АО «Топсистемы». T-FLEX Анализ. Пособие по работе с системой. – М., 2011. – 201 с.

### РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОМПЕНСАЦИОННОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА НА МАЛЫЕ ДИАПАЗОНЫ ИЗМЕРЯЕМОГО УСКОРЕНИЯ

*Н.В. Зубков, Е.С. Кечин, А.Е. Лазарев, И.Е. Кочетков*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

Предложен вариант конструкции МЭМС-акселерометра на малые диапазоны измеряемого ускорения. Рассмотрены конструктивные особенности предлагаемой конструкции компенсационного акселерометра, в частности емкостного датчика угла, датчика момента обратной связи. Проведено моделирование магнитной системы методом конечных элементов.

**Ключевые слова:** МЭМС-акселерометр, «чистый маятник», чувствительный элемент, магнитное поле, метод конечных элементов

В настоящее время микроэлектромеханические системы (МЭМС) являются актуальным и перспективным направлением в приборостроении. Особое место среди приборов, основанных на технологиях МЭМС, занимают акселерометры – устройства, измеряющие проекцию кажущегося ускорения [1].

Как правило, основной задачей, возникающей перед производителем при проектировании и производстве датчиков (и в частности, акселерометров), является обеспечение высоких точностных характеристик предлагаемого потребителям устройства по оправданной себестоимости. Однако зачастую по причине высокой конкуренции на рынке обеспечить качественные характеристики с единичным типом продукции (один диапазон измеряемого ускорения) не

представляется возможным. Вследствие этого актуальным является проектирование и производство именно линейки акселерометров.

В соответствии с ранее проведенными исследованиями в сфере разработки линейки датчиков линейных ускорений [2], [3], было выявлено, что конструкция маятника в форме «коромысла» (рис. 1, а) при диапазоне измеряемого ускорения менее 10g не обеспечивает необходимую чувствительность датчика (сильно занижается маятниковость как произведение массы на плечо до центра масс). В этом случае требуется переход к конструктивной схеме «чистого» маятника (рис. 1, б), без частичного уравнивания.

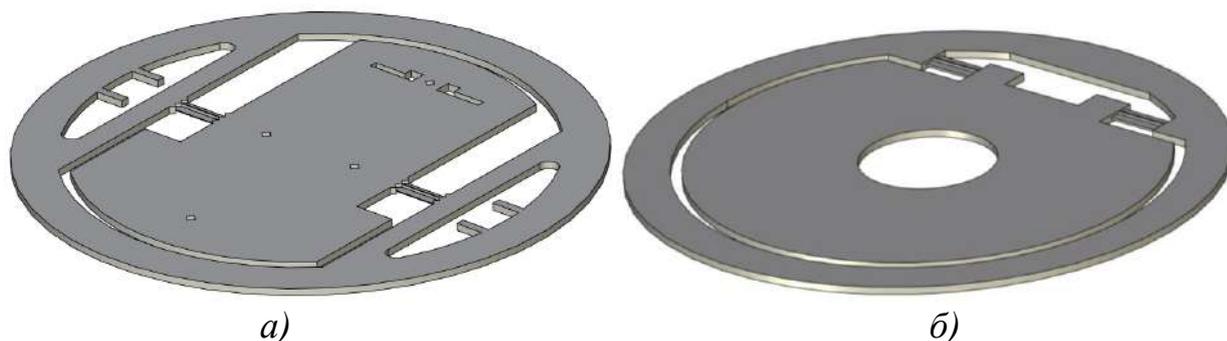


Рис. 1. Конструкции пластинчатого маятникового ЧЭ

Заявленный диапазон измеряемого ускорения (0-100g) для проектируемой линейки можно обеспечить минимум двумя вариантами конструктивных схем акселерометра, отличающихся между собой принципиальными схемами построения функциональных узлов.

Переход к конструкции «чистого маятника» требует переработки конструкции измерительного узла датчика. На сегодняшний день в акселерометрах компенсационного типа на малые диапазоны измеряемого ускорения (менее 50g) применяется конструкция измерительного узла, с катушками датчика момента объемного типа (рис. 2).

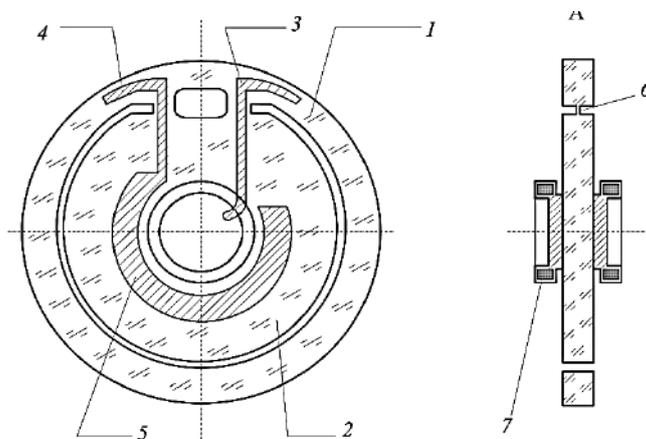


Рис. 2. Конструкция измерительного узла

- 1 – опорная рама; 2 – маятник; 3 – упругие подвесы;  
4 – металлическое напыление; 5 – обкладка ДУ; 6 – упругие подвесы  
7 – катушки магнитоэлектрического датчика момента

Конструкция измерительного узла позволяет обеспечить необходимый показатель компенсации, за счет большего значения формируемой компенсационной силы, рассчитываемой в соответствии с формулой:

$$F_{oc} = B_p \cdot I \cdot L, \quad (1)$$

где  $B_p$  – индукция в рабочем зазоре;  $L = l_k \cdot w$  – произведение числа витков на длину катушек;  $I$  – ток, протекающий в катушках датчика момента.

При разработке конструкции измерительного узла типа «чистый маятник» будем отталкиваться от конструкций, уже существующих на рынке аналогов: АТ1104-50, Q-Flex QA650.

При этом основным изменениям конструкции функциональных узлов подвергнутся:

- емкостной датчик угла;
- магнитоэлектрический датчик момента.

Переработанный вариант конструкции подвижной обкладки емкостного датчика угла, в сравнении с базовым вариантом конструкции, приведен на рис. 3.

При проведении сравнительного анализа двух вариантов конструкций емкостного датчика угла основными сравниваемыми параметрами будут являться:  $S_{обкл.}$  – площадь обкладок емкостного датчика угла;  $h_0$  – величина воздушного зазора между обкладками, а также  $l_{ц.м.}$  – расстояние от оси качания до центра масс маятника, а также величина электрической емкости обкладок  $C$ .

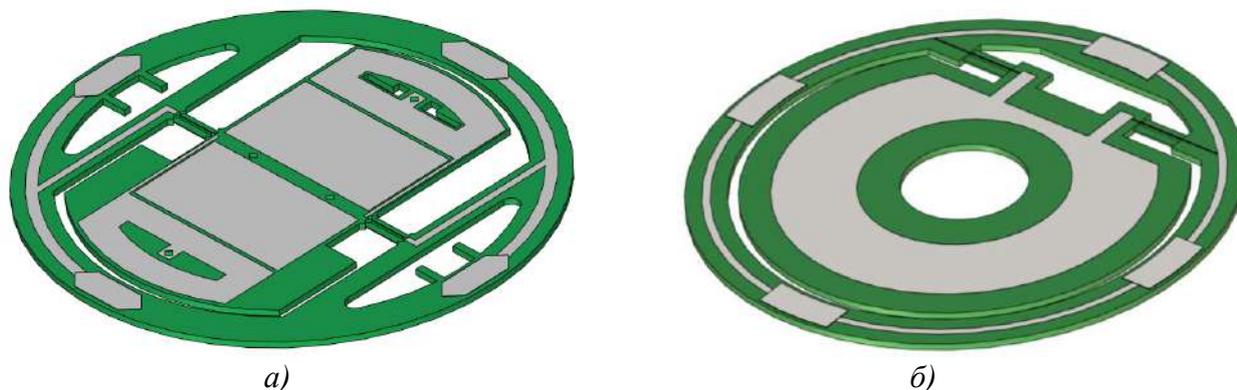


Рис. 3. Варианты исполнения подвижных обкладок емкостного датчика угла

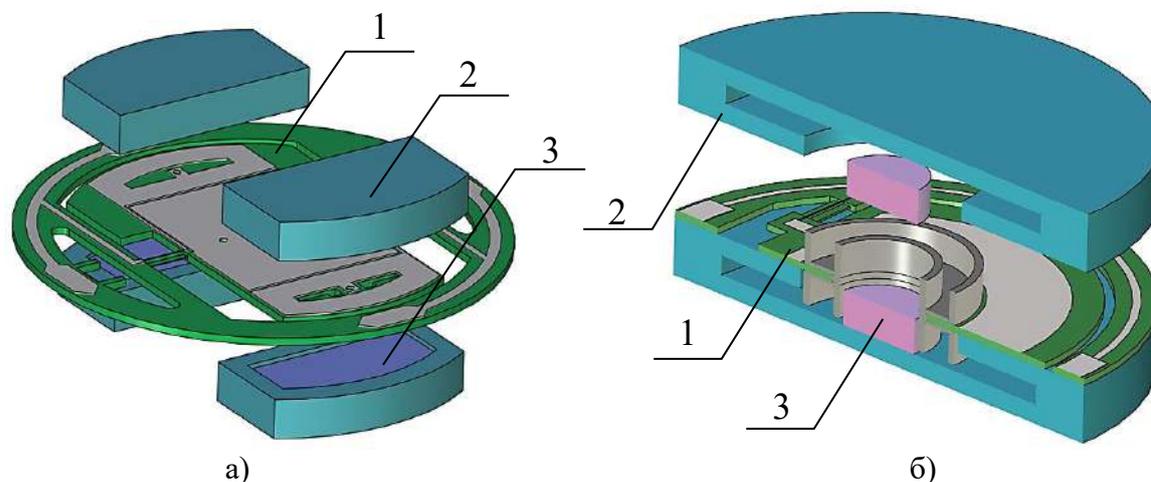
Таблица 1

Основные параметры двух вариантов конструкций емкостного датчика угла

Параметр	$S_{обкл.}$	$C$	$l_{ц.м.}$	$h_0$	
СИ	$м^2$	$Ф$	$м$	$м$	
Значение	а)	$0,4 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-10}$	$2,825 \cdot 10^{-3}$	$20 \cdot 10^{-6}$
	б)	$0,7 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-10}$	$8,9 \cdot 10^{-3}$	$30 \cdot 10^{-6}$

Моделирование динамических характеристик, исследование работоспособности, а также целесообразность применения модернизированной конструкции пластинчатого маятникового элемента проведено ранее в [2,3].

В свою очередь, предлагаемый вариант конструкции магнитоэлектрического датчика момента, в сравнении с базовым вариантом конструкции, изображен на рис. 4.



**Рис. 4. Конструкции магнитоэлектрического датчика момента**

1 – постоянный магнит; 2 – чувствительный элемент; 3 – магнитопровод

Конструкция предлагаемой магнитной системы (рис. 4, б), подразумевает переход от катушек планарного типа, материала Al, выполненных методом напыления и имеющих ограничение на предельное допускаемое значение силы тока через сечение проводника катушки  $j_1 = 4 \dots 6 \frac{\text{A}}{\text{м}^2}$ , к объемным катушкам материала Cu, имеющих ограничение  $j_2 = 6 \dots 10 \frac{\text{A}}{\text{м}^2}$ . Данная конструктивная особенность позволяет значительно увеличить количество витков катушек, и как результат – длину обмотки катушки  $l_{\text{кат.}}$ , и в итоге большее значение формируемой компенсационной силы.

Основные параметры магнитоэлектрического датчика момента двух вариантов конструкций приведены в табл. 2.

**Таблица 2**

**Основные параметры вариантов конструкций магнитоэлектрического датчика момента**

Параметр		$B_p$	$h_z$	$l_{\text{кат.}}$	$j$ сеч. кат.
СИ		Тл	м	м	$\text{A}/\text{м}^2$
Значение	а	0,8	$20 \cdot 10^{-6}$	$713 \cdot 10^{-3}$	4 ... 6
	б	0,41	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$1439 \cdot 10^{-3}$	6 ... 10

В данной работе в рамках исследования датчика момента ограничимся моделированием магнитной индукции в рабочем зазоре, исследованием принципов работоспособности конструкции, а также целесообразностью применения модернизированной конструкции магнитной системы.

Работы проведем в программном обеспечении ANSYS Maxwell, этапы исследования, а также процесс моделирования в соответствии с [4] и результат моделирования приведены на рис. 5.

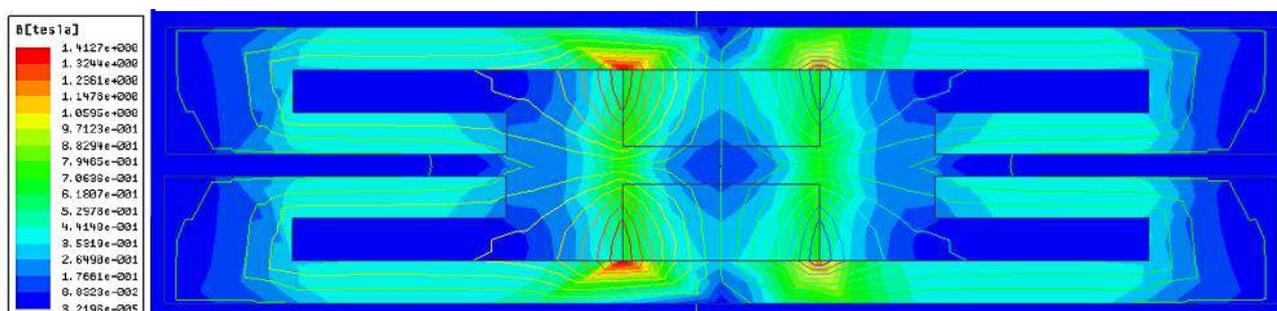


Рис. 5. Распределение линий магнитной индукции в рабочем зазоре

Для более точного определения величины магнитной индукции рабочего зазора в контурных зонах расположения обмотки датчика момента воспользуемся функцией Marker, результат моделирования приведен на рис. 6.

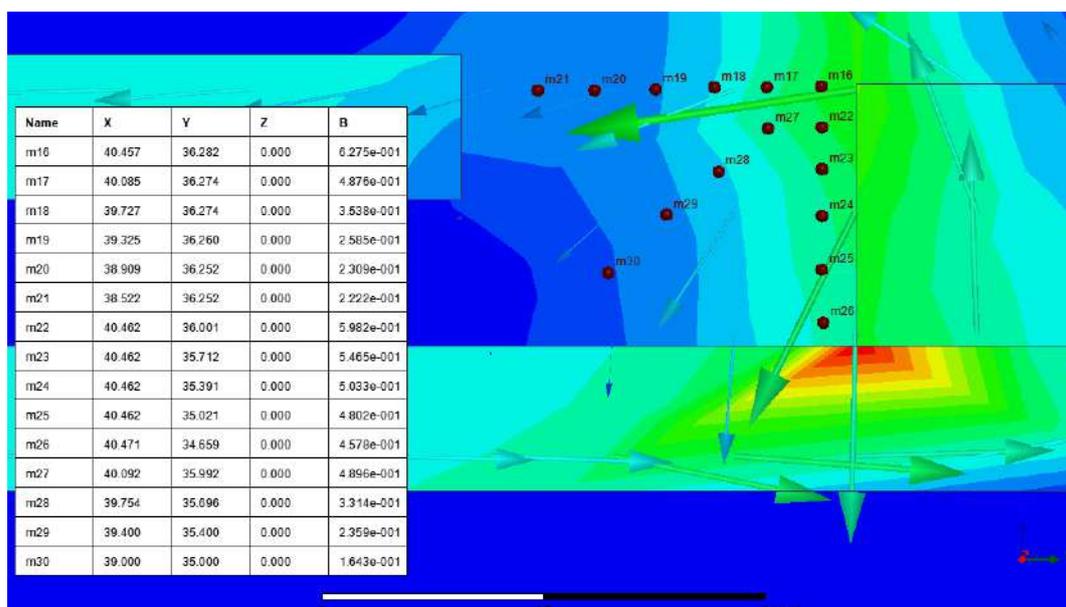


Рис. 6. Распределение магнитной индукции в рабочем зазоре

В ходе исследования было определено, что применение разрабатываемой конструкции магнитной системы позволяет развить величину магнитной индукции в рабочем зазоре  $B_{\text{сред}} = 0,412$  Тл (усредненное значение в соответствии с данными рис. 6).

Таким образом, в результате проведенных работ был предложен вариант конструкции измерительного узла датчика на малые диапазоны измеряемого ускорения (менее 10g).

В статье приведены основные параметры функциональных узлов акселерометра: емкостного датчика угла (табл. 1), а также магнитоэлектрического датчика момента (табл. 2), двух вариантов конструкций измерительного узла диапазоном измерения до 10g и 10-100g.

Итогом проведенной работы является вариант конструкции измерительного узла компенсационного МЭМС акселерометра, необходимый для реализации линейки данного типа устройств.

#### Библиографический список

1. **Распопов, В.Я.** Микромеханические приборы [Текст] / В.Я. Распопов. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.
2. **Кечин, Е.С.** Разработка линейки микромеханических компенсационных акселерометров / Е.С. Кечин, Н.В. Зубков // Наука молодых: сборник научных статей участников XIII Всероссийской научно-практической конференции (26–27 ноября 2020 г.) / отв. ред. С.В. Напалков, науч. ред. А.В. Пряников, А.Ю. Шурыгин; Ассоциация ученых г. Арзамаса, Арзамасский филиал ННГУ, АПИ (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2020. – 576 с.
3. **Зубков, Н.В.** Линейка компенсационных микромеханических акселерометров / Н.В. Зубков // Будущее технической науки: сборник материалов XX Всероссийской молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2021. – 445 с.
4. **Зубков, Н.В.** Разработка магнитной системы микромеханических компенсационных акселерометров / Н.В. Зубков Е.С. Кечин // Наука молодых: сборник научных статей участников XIII Всероссийской научно-практической конференции (26-27 ноября 2020 г.) / отв. ред. С.В. Напалков, науч. ред. А.В. Пряников, А.Ю. Шурыгин; Ассоциация ученых г. Арзамаса, Арзамасский филиал ННГУ, АПИ (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2020. – 576 с.
5. **Вавилов, В.Д.** Интегральные датчики / учеб. пособие. Н. Новгород, 2003. – 503 с.

## БАКТЕРИЦИДНАЯ СУШИЛКА ДЛЯ РУК

*Е.С. Кечин, Н.В. Зубков, И.Е. Кочетков, А.Е. Лазарев*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассмотрен инновационный подход к развитию разработок, ориентируемых на гражданский рынок на базе существующих предприятий ОПК. Рассмотрена актуальная проблема, связанная с распространением вирусных заболеваний из-за применения стандартных сушилок для рук. Предложен вариант решения этой проблемы путем модернизации существующих устройств и производства инновационного продукта на градообразующих предприятиях. Рассмотрен принцип работы «Бактерицидной сушилки для рук».

**Ключевые слова:** сушилка для рук, бактерицидный эффект, бактерицидная сушилка, модификация схемы и конструкции.

В связи с указом Президента РФ 2015 г. о диверсификации предприятий ОПК в направлении гражданской продукции, предприятия в срочном порядке начали создавать или развивать уже существующие направления, связанные с разработкой и производством гражданской продукции. Предприятиям ОПК поставлена задача, чтобы к 2035 году доля создаваемой гражданской продукции составляла 50% [1].

В этой статье предлагается инновационная разработка «Бактерицидная сушилка для рук», ориентируемая на гражданский рынок потребления.

Цель данной работы – обоснование преимуществ создания бактерицидной сушилки на базе ОПК предприятий.

Для достижения цели необходимо решить ряд задач, а именно:

- провести обзор существующих на рынке продуктов и выработать требования к характеристикам;
- рассмотреть конструктивные особенности изделия;
- выбрать вводимый узел с оптимальной длиной волны ультрафиолетового света;
- рассмотреть возможность создания изделия на базе предприятий ОПК.

Сушилка для рук – электрическое устройство, предназначенное для сушки сырых рук от нагнетаемого горячего воздушного потока. Экономическая и гигиеническая целесообразность использования данного устройства взамен полотенец и бумажных салфеток подробно рассматривается в статье [2].

Базовые функциональные элементы любой сушилки – это:

- корпус;
- вентилятор (устройство нагнетания, с двигателем);
- нагревательная спираль;
- узел включения;
- инфракрасный датчик.

Конструкция такой сушилки изображена на рис. 1.

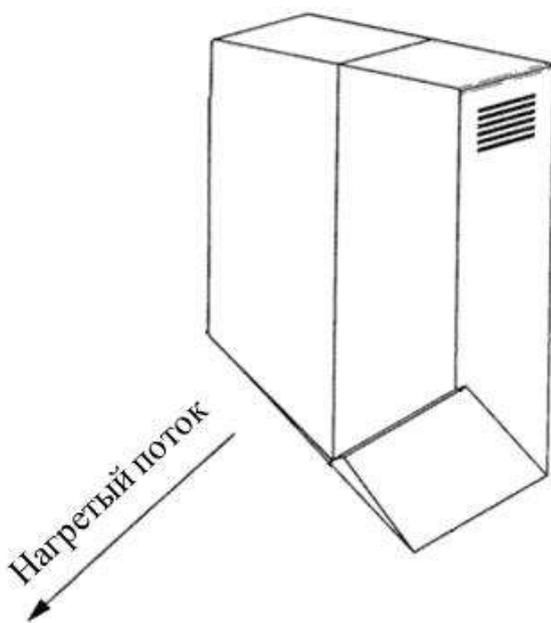


Рис. 1. Конструкция сушилки для рук [3]

Принцип работы устройства заключается в следующем: инфракрасный датчик реагирует на появление объекта (мокрых рук) в поле его зрения и подает сигнал в электронный блок устройства, после чего происходит включение вен-

тилятора (двигателя нагнетания воздуха), параллельно происходит нагрев спиральной решетки. Более наглядно принцип работы можно отразить с помощью функциональной схемы, изображенной на рис.2 [4].



**Рис. 2. Функциональная схема сушилки для рук:**

ИК – инфракрасный датчик; ЭБ – электронный блок; НЭ – нагревательный элемент

Сам процесс сушки рук осуществляется с помощью совместной работы вентилятора и нагревательного элемента. Они располагаются внутри корпуса, при этом вентилятор крепят максимально близко к воздухозаборным отверстиям, а нагревательный элемент в виде тонкой металлической спирали устанавливается на выходе выдувного отверстия. Для защиты пластика от температурного воздействия вокруг нагревательной спирали помещают дополнительные вкладыши [5].

В таблице приведены наиболее популярные модели сушилок для рук, встречающиеся на гражданском рынке.

**Таблица 1**

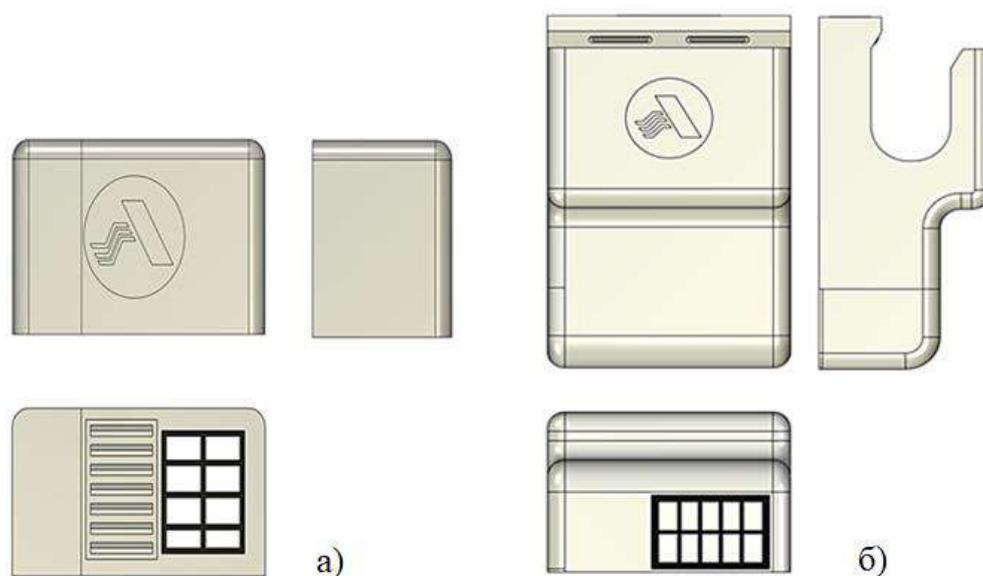
**Наиболее популярные модели сушилок для рук, встречающиеся на гражданском рынке**

	Характеристики сравнения							
	Цена, р	Тип	Мощность двигателя, Вт	Скорость воздушного потока, м/с	Время сушки, с	Температура воздушного потока, °С	Материал	Уровень шума, дБ
Puff 8820	3800	Классическая	2000	16	15	50-65	АБС-пластик	65
Electrolux EHDA/N-2500	13500	Классическая	2500	30	15	50	Нержавеющая сталь	85
LEDEME L557	75000	Классическая	2300	25	15	50	Нержавеющая сталь	54
BXG JET-3200	23800	Скоростная	950	95	7	60	Нержавеющая сталь	75
SONNEN K2	34500	Скоростная	1900	95	10	70	АБС-пластик	72
Mediclinics Speedflow plus M17ACS,	53700	Скоростная	675	80	11	65	Нержавеющая сталь	57
Dyson V HU 02	84990	Скоростная	1000	190	10	70	Поликарбонат	79

Анализируя приведенную таблицу, можно сделать вывод, что цена продукта зависит как от технических характеристик устройства, так и от известности бренда на рынке. Сушилки Electrolux EHDA/N-2500 и LEDEME L557 имеют схожие технические характеристики, однако их стоимость отличается в 5,5 раз. Сушилка Dyson V HU 02 работает в скоростном режиме с маломощным двигателем, что позволяет сократить время сушки рук до 10 с. Сушилка VXG JET-3200 обладает схожими массогабаритными параметрами и немного лучшими техническими показателями по сравнению с Dyson V HU 02, при этом стоимость устройства в 3,5 раза ниже. В бюджетном сегменте наиболее популярной сушилкой является Puff 8820. Однако, обладая привлекательной ценой, Puff 8820 имеет также ряд существенных недостатков: заявленное и фактическое время сушки сильно разнятся, плохое качество сборки, использование АБС-пластика, который при постоянном нагреве может выделять токсичные вещества.

В 2014 году команда исследователей из Университета Лидса объявила, что в общественных туалетах сушилки для рук – это антисанитария. Они обнаружили, что эти все более популярные устройства выбрасывают бактерии из плохо вымытых рук людей в воздух и на соседние поверхности в тревожных количествах. В лабораторных экспериментах, воссоздающих общественную уборную, сушилки выбрасывали в воздух в 27 раз больше бактерий, чем бумажные полотенца, и эти микроорганизмы циркулировали в течение 15 минут после пользования сушилкой.

Решить эту проблему предлагаем путем модернизации существующих сушилок для рук, добавив дополнительный конструкторский элемент – безозоновую ультрафиолетовую лампу. На рис. 3, а и 3, б изображены 3D-модели «Бактерицидной сушилки для рук» закрытого и открытого типа.



**Рис. 3.** 3D-модель «Бактерицидной сушилки для рук»: а – открытый тип сушилки; б – закрытый тип сушилки

На рис. 4 продемонстрирована кривая распределения бактерицидной эффективности.

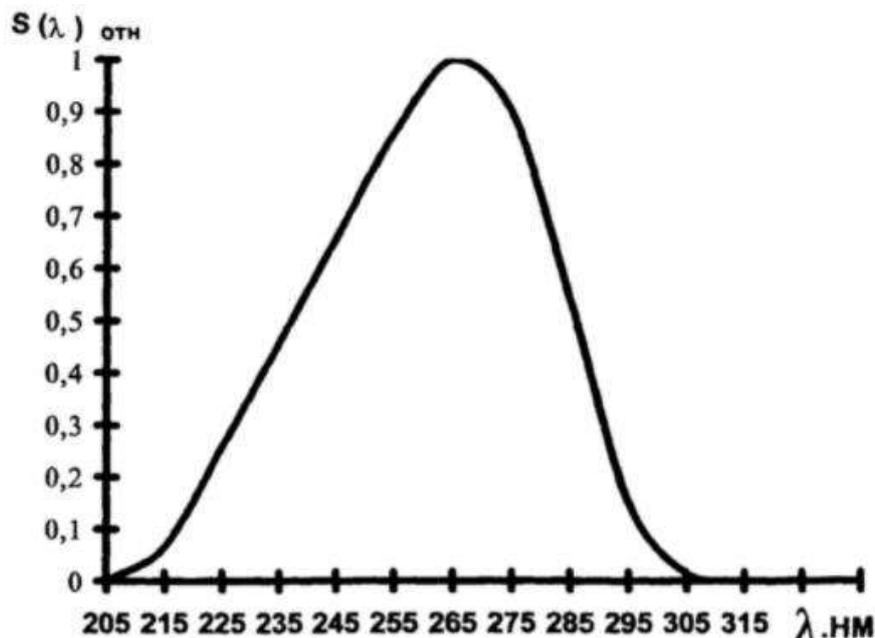


Рис. 4. Кривая распределения бактерицидной эффективности [6]

Согласно рис. 4, бактерицидный эффект проявляется при ультрафиолетовом свете в определенном диапазоне длины волны от 205 нм до 315 нм. Максимальная эффективность действия ультрафиолетового света против бактерий и вирусов осуществляется при длине волны 265 нм [6].

Пандемия, связанная с Ковид-19, задала вектор на развитие устройств, позволяющих защитить здоровье человека, а сложившаяся экономическая ситуация позволяет внедряться на внутренний гражданский рынок. Использование «Бактерицидной сушилки для рук» вместо стандартных сушилок позволит обезопасить в процессе сушки мокрых рук окружающую атмосферу. А процесс изготовления инновационного изделия целесообразней реализовать на базе предприятий ОПК, что внесет соответствующий вклад в диверсификацию военного производства.

#### Библиографический список

1. Гусева, И.Б. Необходимость развития кластерного подхода в рамках диверсификации ОПК РФ // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации: межвузовский сборник статей по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции. – 2020. С. 6-12.
2. Электросушилки или бумажные полотенца: что выгоднее для бизнеса? // [Электронный ресурс] - URL: <https://www.sima-land.ru/o-kompanii/novosti-kompanii/4423/> (дата обращения: 15.02.2022)
3. Пат. 2559552 Российская Федерация, МПК А 47 К 10/48. Сушилка для рук / Л. Райан, П. Гаммак, С. Кортни; заявитель и патентообладатель Дайсон Текнолоджи Лимитед. – № 2014109927/12 ; заявл. 27.07.12 ; опубл. 10.08.15, Бюл. № 22.

4. Пат. 2730208 Российская Федерация, МПК А 47 К 10/48. Сушилка для рук / С. Кортни, К.Симмондз, К.Канджере; заявитель и патентообладатель Дайсон Текнолоджи Лимитед. – № 2019139846 ; заявл. 27.03.18 ; опубл. 19.08.20, Бюл. № 23.
5. Пат. 2127538 Российская Федерация, МПК А 45 D 20/10. Устройство сушилки для волос, приспособленное для многофункционального использования/ заявитель и патентообладатель Лтд.Секаджо. – № 95110933/12 ; заявл. 22.09.93 ; опубл. 20.03.99.
6. Р 3.5.1904-04. 3.5. Дезинфектология. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях. Руководство (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 04.03.2004) // [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200038484> (дата обращения: 15.02.2022)

## **РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА СЕТКИ ОПОРНЫХ ЧАСТОТ С ЦИФРОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ**

*Х.Н. Киселева*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

Рассмотрены этапы разработки генератора с ФАПЧ формирующего сетку опорных частот в низкочастотной части диапазона для синтезатора «РЛМ-СЧ», предназначенного для работы в составе радиолокационного модуля станции обнаружения и целеуказания (РЛМ СОЦ) работающий как в непрерывном режиме, так и в импульсном режимах, обеспечивающий генерацию когерентных СВЧ сигналов в сантиметровом диапазоне длин волн для систем радиолокации.

**Ключевые слова:** уровень фазовых шумов, генератор опорных частот, фазовая автоподстройка частоты.

Ужесточение современных требований к генераторам опорных частот и сигналов СВЧ-диапазона, предназначенных для различных РЛС специального назначения, заставляет разработчиков искать новые технические пути решения для получения лучших электрических и габаритных параметров. Множество таких РЛС применяют в своём составе генераторы опорной частоты различных типов, в процессе разработки которых, должен учитываться целый комплекс различных требований, предъявляемых к характеристикам спектра сигнала генератора опорных частот в целом, габаритам, диапазону частот выходного сигнала, анализу условий эксплуатации и области применения разрабатываемой аппаратуры и уровню фазовых шумов. Исходя из этих требований принимаются конструкторские и технологические решения, а также выбираются компоненты, позволяющие получить требуемые электрические и габаритные параметры изделия. Например, в высокочастотном диапазоне, генераторы опорной частоты включают в себя синтезаторы частот, в состав которых входят опорные СВЧ генераторы на различных типах резонаторов, стабилизированные петлёй с ФАПЧ, параметры которых определяют качество системы в целом [4].

В статье рассмотрена последовательность разработки структурной схемы генератора с электрической перестройкой частоты в диапазоне 70-80 МГц стабилизированного цифровой петлёй ФАПЧ построенной с применением микросхемы ADF4106 фирмы Analog Devices.

Информация о радиоэлектронных комплексах аналогичных тому, для которого разрабатывается блок РЛМ-СЧ, в открытой печати практически не появляется, и сравнить его с зарубежными аналогами нет возможности. Мною была рассмотрена старая модель модуля генератора входящего в состав блока РЛМ-СЧ, требующая модернизации. Модуль собран на двухслойной текстолитовой плате одноуровневым поверхностным монтажом. Так как блок РЛМ-СЧ подвергается достаточно жестким испытаниям на тепло-холодоустойчивость от минус 60 °С до плюс 80 °С, предыдущая модель была чувствительна к воздействиям таких температур, из-за чего предъявлялись жесткие требования к настройке, что усложняло работу регулировщика радиоэлектронной аппаратуры, и требовало большего времени на настройку.

При разработке новой структурной схемы модуля генератора необходимо было, не изменяя конструкции и размеров старого корпуса и не вводя больших изменений в технологию изготовления платы расположить на ней внешний генератор на сосредоточенных элементах. В старой конструкции генератор находился в составе микросхемы типа ADF 4360-7 фирмы Analog Devices. Недостаток этой микросхемы – чувствительность к перепаду температуры, нестабильность работы и высокий уровень фазового шума. Возникла необходимость построить внешний генератор, не изменяя габаритов модуля, а микросхему ADF 4360-7 фирмы Analog Devices заменить. Заменой послужит микросхема ADF4106 фирмы Analog Devices, а более рациональное расположение элементов на плате обеспечит возможность построения генератора на ней, который удовлетворяет требованиям технического задания. Эти изменения дадут возможность прямого доступа к задающему генератору, приведут к улучшению параметра фазовых шумов, а самое главное, что у регулировщика появится возможность непосредственной настройки генератора, это обеспечит более гибкую настройку и практически исключит отказ модуля во время климатических испытаний.

Основные параметры разработки изделия приведены в табл. 1.

*Таблица 1*

**Основные параметры изделия**

Наименование параметра	Значение
Рабочий диапазон частот при опорной частоте в 100 МГц:	70-80 МГц
Шаг перестройки частоты	2.5 МГц
Относительная спектральная плотность мощности фазовых шумов на отстройке 1 кГц от несущей	не более -115 дБс/Гц
Температура окружающей среды	от -60 до + 85 °С

Структурная схема, представленная на рис.1 включает в себя:

1. Генератор управляемого напряжения (ГУН) с варакторной перестройкой частоты, который обеспечивает требуемую частоту выходного сигнала с заданным уровнем мощности.
2. Генератор кварцевый (ГК), применяемый в качестве эталонного опорного генератора с частотой  $f_{оп}=100$  МГц.
3. Усилитель мощности частоты выходного сигнала 70-80 МГц.
4. Фильтр нижних частот (ФНЧ) для обеспечения спектральной чистоты выходного сигнала в диапазоне 70-80 МГц.
5. Пропорционально-интегрирующий фильтр (ПИФ) системы ФАПЧ
6. Микросхему синтезатора частот ADF4106 включающую в себя:
  - делитель опорного канала R;
  - делитель радиочастотного канала N;
  - частотно-фазовый детектор (ЧФД);
  - цифровой интерфейс для управления данными между микросхемами по трёхпроводной шине (протокол SPI);
  - усилитель постоянного тока (УПТ).
7. Источники вторичного питания – линейные интегральные стабилизаторы L78L33; L78L05 LM317.

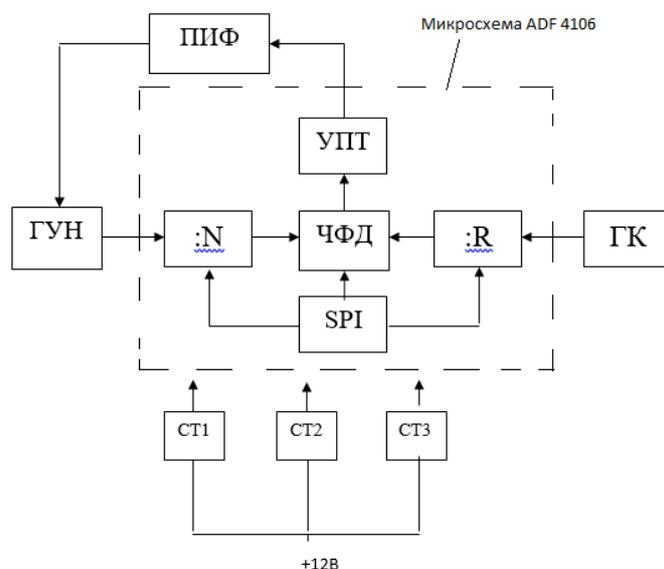


Рис.1. Структурная схема генератора с ФАПЧ

Принцип работы петли ФАПЧ генераторного модуля заключается в подстройке частоты с перестраиваемого генератора, подаваемого на радиочастотный вход ЧФД к сигналу, поступающему на второй вход ЧФД, который называется опорным [2]. Петля ФАПЧ с целочисленными делителями подразумевает сравнение сигналов с одинаковыми значениями частот в ЧФД, что обеспечивается выбором коэффициента деления для опорного и радиочастотных каналов. Целочисленная подстройка частоты ГУН осуществляется с точностью до

фазы опорного генератора. В частотно-фазовом детекторе микросхемы вырабатывается сигнал ошибки, который впоследствии проходит через усилитель постоянного тока и после фильтрации в ПИФ подаётся на управляющий электрод генератора, перестраивая его частоту до тех пор, пока не будет выполняться условие  $F_n/N = F_r/R$ . Исходя из выбранной нами частоты сравнения ЧФД в 2,5 МГц выбраны следующие коэффициенты деления: для делителя опорного канала R с коэффициентом деления равным 40 и делителя радиочастотного канала N с коэффициентом деления от 28 до 32. Микросхема ЧФД сравнивает фазы двух сигналов и формирует низкочастотный сигнал «ошибки» на своём выходе, который поступает на вход ГУН, для его подстройки ФНЧ ФАПЧ, для подавления нежелательных гармонических составляющих в выходном спектре.

На практике было выяснено, что колебания опорного генератора различаются с колебаниями ГУН по частоте и фазе, и их схема сравнения вырабатывает сигнал ошибки, влияющий на ГУН. В случае смещения опорной частоты выходного сигнала от номинального значения фазочастотный датчик показывает генератору тока подкачки отклонение по частоте в ту или иную сторону для возврата к номинальному значению по фазе.

Фильтр ФАПЧ предназначен для фильтрации сигнала ошибки и оказывает немало важное влияние на выходные параметры [1]. В представленной схеме представляет собой емкостный накопитель напряжения, влияющий на ГУН. В случае, когда выходные параметры больше опорной частоты, генератор тока подкачки уменьшает зарядный ток, в обратном случае увеличивает. В связи с тем, что значение ошибки рассогласования получено за время меньшее, чем период опорного сигнала, максимально частота управляющих импульсов, влияющих на фильтр ФАПЧ, будет равна опорной частоте.

Преимущество замкнутой цепи ФАПЧ в том, что фазовый шум ограничивается.

Полоса пропускания имеет свойство подавлять фазовый шум в пределах полосы пропускания и за пределами этой полосы шум возрастает. Появляется необходимость разработки фильтра с максимально возможной полосой.

Рассчитаем параметры фильтра петли ФАПЧ. Исходными данными для расчёта служат следующие параметры:

- частотный диапазон: 70÷80 МГц;
- шаг сетки каналов (перестройки) по частоте: 2,5 МГц;
- полоса пропускания петли: 100÷150 кГц.

Активные компоненты синтезатора частот имеют следующие параметры:

- максимальный выходной ток ФАПЧ  $I_{\text{вых}} = 3 \div 5 \text{ мА}$ ;
- крутизна характеристики ГУН  $K_{\text{ГУН}} = 22 \text{ МГц/В}$ .

Вначале следует рассчитать максимальный шаг перестройки частоты:

$$F_{\text{шаг}} = F_{\text{макс ГУН}} - F_{\text{мин ГУН}} = 80 - 70 = 10 \text{ МГц.}$$

Рассчитаем максимальное число шагов N:

$$N = \frac{F_{\text{шаг}}}{\text{шаг сетки}} = \frac{10 \text{ МГц}}{2,5 \text{ МГц}} = 4.$$

Рассчитаем собственную частоту  $F_N$ :

$$F_N = \frac{2\Delta F}{2 * \pi(\varepsilon + 1/4\varepsilon)} = \frac{2 * 150}{6.28 * (0.7 + \frac{1}{2.8})} = \frac{300}{6.63} = 45.25 \text{ Гц.}$$

Далее рассчитаем ёмкость конденсатора  $C_2$ :

$$C_2 = \frac{I_{\text{ВЫХ}} * K_{\text{ГУН}}}{N * (2\pi * F_N)^2} = \frac{0,004 * 22 * 10^6}{4 * (6.28 * 45.25)^2} = \frac{88\ 000}{323\ 010,35} = 0,27 \text{ мкФ}$$

Рассчитаем сопротивление резистора  $R_1$ :

$$R_1 = 2\varepsilon \sqrt{\frac{N}{I_{\text{ВЫХ}} * K_{\text{ГУН}} * C_2}} = 1,4 \sqrt{\frac{4}{0,004 * 22 * 10^6 * 0,27 * 10^{-6}}} = 18,1 \text{ Ом}$$

Определим ёмкость конденсатора  $C_1$ :

$$C_1 = \frac{C_2}{10} = \frac{0,27 \text{ мкФ}}{10} = 0,027 \text{ мкФ}$$

Затем необходимо выбрать значения  $R_2$  и  $C_3$ . Данные элементы служат для подавления паразитных гармоник частоты опорного генератора. Соответственно, постоянная времени данной RC-цепи должна быть в 10 раз меньше, чем для цепи  $R_1C_1$ .

Примем, что  $R_2 = R_1 = 18,1 \text{ Ом}$ , Тогда  $C_3 = C_1 = 27 \text{ нФ}$ .

Рассчитаем время перестройки частоты  $T_s$ :

$$T_s = \frac{-1 * (\ln \frac{F_A}{F_{\text{III}}})}{F_N * 2\pi * 2\varepsilon} = \frac{-1(\ln \frac{1000}{10 * 10^6})}{45.25 * 6.28 * 1.4} = 17.36 \text{ мс}$$

где  $F_A$  - частота перестройки за время  $T_s$ , обычно равная 1000 Гц.

Теперь необходимо подобрать значения сопротивлений и конденсаторов из каталога с существующими номинальными параметрами в чип-исполнении. Значения сопротивлений и конденсаторов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значения сопротивлений и конденсаторов

Обозначение	Расчётная величина	Номинальное значение	Тип-размер
R1	18,1 Ом	18 Ом	0603
R2	18,1 Ом	18 Ом	0603
C1	0,027 мкФ	0,027 мкФ	0603
C2	0,27 мкФ	0,22/0,33 мкФ	0603
C3	0,027 мкФ	0,027 мкФ	0603

Таким образом, схема петлевого фильтра ФАПЧ будет иметь вид, показанный на рис.2.

Фильтр ФАПЧ очень чувствителен к внешним наводкам и утечкам. Хотя на выходе фильтра мы имеем постоянное напряжение, управляющее генератором, но на уровень постоянного напряжения могут накладываться наводки, вызывающие колебания частоты ГУН, что, в свою очередь, приводит к появлению случайных пиков в спектре выходного сигнала.

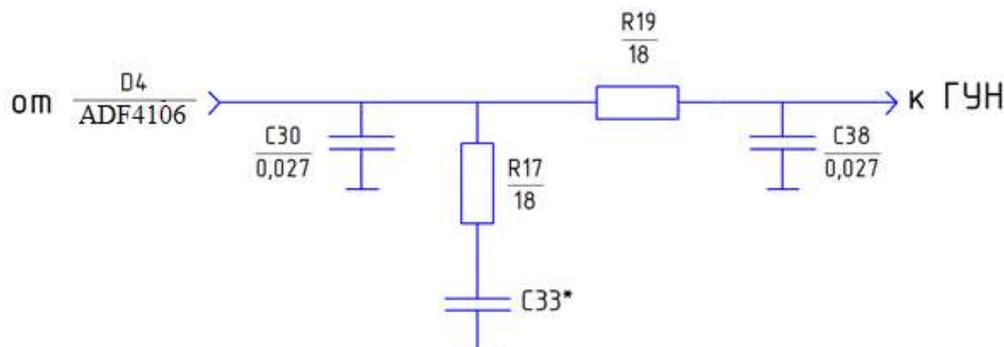


Рис. 2. Схема петлевого фильтра ФАПЧ

Чрезмерно большая утечка через материал печатной платы (например, вследствие его гигроскопичности) приведет к тому, что конденсаторы фильтра будут разряжаться током утечки и для поддержания нужного управляющего напряжения потребуются завышение тока подкачки. Это снижает диапазон регулировки петли ФАПЧ и ее стабильность.

При разводке платы необходимо располагать элементы фильтра как можно дальше от любых других проводников, особенно линий питания и антенны. Делать проводники цепей фильтра как можно короче, обязательно экранировать фильтр сплошным заземленным проводником с обратной стороны платы [3].

Если обвести элементы фильтра с внешней стороны заземляющим проводником, в нескольких точках соединенным с обратной стороной платы, это тоже снизит уровень внешних наводок на фильтр, но может привести к увеличению утечек.

Далее произведем расчет фазового шума в программе ADsimPLL.

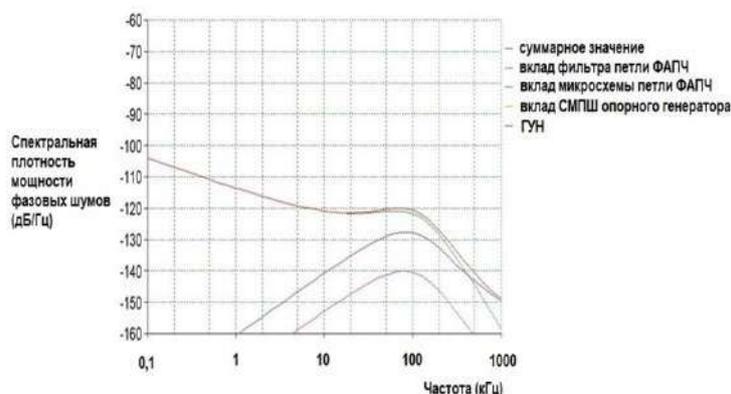


Рис.3. Рассчитанное значение спектральной плотности мощности фазового шума

Из графика видно, что рассчитанное значение фазового шума при отстройке от несущей на 1 кГц примерно -116 дБс/Гц, а при отстройке 10 кГц мы видим, что значение фазового шума находится на уровне -121 дБс/Гц.

#### **Библиографический список**

1. Радиоавтоматика / Бондаренко В.Н. [и др.] Красноярск 2013.
2. **Плаксиенко, В.С.** Устройства приема и обработки сигналов / В.С. Плаксиенко, Н.Е. Плаксиенко. Москва, 2004.
3. **Романюк, В.А.** Фазовая автоподстройка и синхронизация частоты автогенераторов. – М.: МИЭТ, 1999. – 36 с
4. Малогабаритный опорный генератор СВЧ диапазона на коаксиальном резонаторе / Самохин С.А. [и др.] Сер.1, СВЧ-техника. Вып.2(541), 2019 г. С.58-66.

## **СИНТЕЗ АДАПТИВНОГО ЗАКОНА НАВЕДЕНИЯ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ**

***В.И. Костюк, Т.Е. Эварт***

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

Рассматривается алгоритм обучения глубоких нейронных сетей на основе обучения с подкреплением. Решается задача синтеза адаптивного закона наведения при широком диапазоне начальных условий пуска.

**Ключевые слова:** машинное обучение, синтез адаптивного закона наведения, глубокие нейронные сети, глубокий детерминированный градиент стратегий.

Основной задачей закона наведения является наведение ракеты на цель с приемлемым пролетом. Широко используемый пропорциональный закон наведения является простым в реализации и позволяет обеспечивать приемлемую точность попадания. Но классический пропорциональный закон наведения не может гарантировать необходимого угла подхода к цели, а также точность попадания при расширении пространства состояний. Предлагаемый в этой статье закон наведения ракеты показывает лучшую устойчивость к расширению пространства состояний и влиянию внешних возмущений или ошибок, он будет сравниваться с классическим пропорциональным законом наведения, который широко известен как квазиоптимальный закон наведения ракеты.

#### **Обучение с подкреплением**

Применение парадигм машинного обучения позволяет выявлять и анализировать сложные уникальные структуры с большим пространством состояний, а применение глубоких нейронных сетей аппроксимировать полученные результаты.

Обучение с подкреплением – парадигма машинного обучения, в которой изучается последовательное принятие решений для достижения поставленной цели. При таком подходе обучаемый не получает информации о том, какие действия следует выполнять, вместо этого он узнает о последствиях своих действий. В основе обучения с подкреплением лежит идея об активном взаимодействии со средой методом проб и ошибок. Основная задача состоит в контроле и оптимизации взаимодействий агента, принимающего решения, и физического или виртуального мира – окружающей среды.

Взаимодействие агента с окружающей средой в определенный момент времени  $t$  сводится к действиям  $a_t$ , имеющим некоторые последствия. В результате агент получает от среды обратную связь в форме нового состояния  $s_t$  и вознаграждения  $r_t$  (рис. 1).

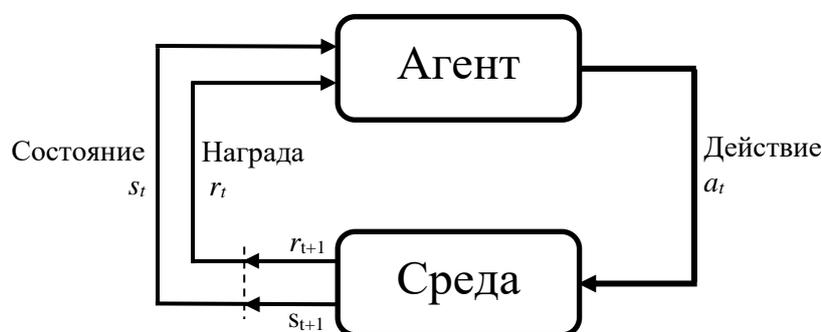


Рис. 1. Взаимодействие агента со средой

Постановка задачи с помощью методов обучения с подкреплением сводится к предположению, что среда представляет собой марковский процесс принятия решений, который описывает способ последовательного принятия решений, когда выбранное действие влияет только на следующие состояния и результаты. Конечная цель – найти такую, которая позволяет достигать максимума суммарного вознаграждения [2].

Последовательность состояний и действий марковского процесса принятия решений называется траекторией  $\tau$ . Каждой траектории соответствует последовательность вознаграждений  $r_t$ , начисляемых за действия  $a_t$ .

### Классификация алгоритмов обучения с подкреплением

Для эффективного применения алгоритмов обучения с подкреплением следует четко определять класс задач, который тот или иной алгоритм способен решить. В первом приближении все алгоритмы можно разделить на модельные и безмодельные, в зависимости от априорной информации о среде.

Наиболее простыми являются модельные алгоритмы, поскольку позволяют сразу анализировать все возможные траектории с различными состояниями и производить выбор наиболее оптимальных. Однако в большинстве случа-

ев описать модель окружения либо невозможно, либо очень сложно. Поэтому на практике наибольшее применение получили безмодельные алгоритмы.

Безмодельные алгоритмы не располагают априорной информацией об окружающей среде, представляя модель в виде «черного ящика» и производят обучение с совместным исследованием окружения. В основе процесса обучения лежит прогонка траекторий при заданной стратегии с последующей оценкой качества и улучшения агента. Для данного типа алгоритмов в простейшем варианте используется обучение основанное на методе Монте-Карло.

### Алгоритм глубокого детерминированного градиента стратегий

Алгоритм глубокого детерминированного градиента стратегий (deep deterministic policy gradient) – первый детерминированный алгоритм типа исполнитель-критик, в котором глубокие нейронные сети используются для обучения как исполнителя, так и критика [3]. Он является безмодельным алгоритмом с разделенной стратегией и развивает идеи алгоритма детерминированного градиента стратегии, применяя некоторые более осмотрительные решения для повышения устойчивости.

### Разработка модели обучения

Для применения алгоритмов обучения с подкреплением необходимо поставить задачу и цель обучаемого агента. Задачей обученного агента будет назначение коэффициентов управления в законе наведения. Целью агента будет обеспечение заданной точности попадания по известному набору наблюдений.

Моделью окружения будем считать замкнутый контур наведения в продольном канале.

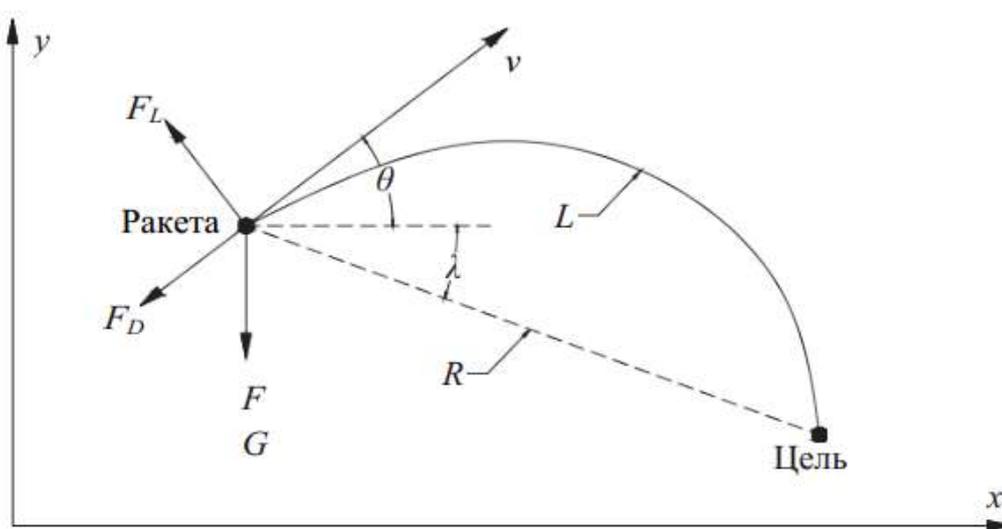


Рис. 2. Определение обозначений и символов

В качестве объекта управления рассматриваются следующие дифференциальные уравнения продольного движения летательного аппарата [5]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{r} = -V_m \cos(\theta - \lambda); \\ \dot{\lambda} = \frac{-V_m \sin(\theta - \lambda)}{r}; \\ \dot{V}_m = F_D - F_G \sin \theta; \\ \dot{\theta} = \frac{F_L - F_G \cos \theta}{mV_m}; \\ \dot{x} = V_m \cos \theta; \\ \dot{y} = V_m \sin \theta; \\ \dot{a}_m = -\frac{1}{\tau} a_m + \frac{1}{\tau} a_c; \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $r$  – расстояние до цели;  $\lambda$  – угол визирования;  $V_m$  – скорость летательного аппарата;  $\theta$  – угол наклона траектории;  $x, y$  – координаты летательного аппарата в продольной плоскости;  $a_m$  – управляющий сигнал;  $\theta_{\Pi}$  – заданный угол наклона траектории к цели;  $F_G$  – сила тяжести;  $F_L$  – подъемная сила;  $F_D$  – сила лобового сопротивления;

Силы  $F_G, F_L, F_D$  вычисляются по формулам:

$$F_D = C_D QS;$$

$$F_G = mg;$$

$$F_L = C_L QS;$$

где  $g$  – гравитационная постоянная;  $m$  – масса объекта;  $Q$  – лобовое сопротивление;  $S$  – площадь объекта;  $C_D$  – коэффициент сопротивления,  $C_L$  – коэффициент подъемной силы;

$$Q = \frac{1}{2} \rho v^2$$

где  $\rho$  – плотность воздуха;

$$C_L = C_L^\alpha \alpha$$

$$C_D = C_{D0} + C_{D0}^{\alpha^2} \alpha^2$$

$$\alpha = \frac{ma_M}{C_L^\alpha QS}$$

где  $\alpha$  – угол атаки;  $C_{D0}, C_L^\alpha, C_{D0}^{\alpha^2}$  – аэродинамические коэффициенты, получаемые из таблицы 1, при помощи аппроксимирования, в зависимости от числа Маха;

Угол подхода к цели рассчитывается по следующим формулам:

$$\dot{\varphi}_B = \lambda - \theta;$$

$$\dot{\varphi}_{B \text{ зад}} = \lambda - \theta_{\text{п}};$$

где  $\varphi_B$  – угол подхода к цели;  $\varphi_{B \text{ зад}}$  – заданный угол подхода к цели;

Таблица 1

Аэродинамические коэффициенты

Число Маха	$C_L^\alpha / \text{rad}^{-1}$	$C_{D0}$	$C_D^{\alpha^2} / \text{rad}^{-2}$
0.4	39.056	0.4604	39.072
0.6	40.801	0.4682	39.735
0.8	41.372	0.4635	39.242
0.9	42.468	0.4776	40.531

Закон формирования управляющего сигнала в контуре по углу наклона траектории представлен в следующей форме:

$$a_c = N_1(\varphi_B - \varphi_{B \text{ зад}}) + NV\dot{\lambda} + g \cos \theta,$$

где  $N_1$  и  $N$  – коэффициенты, назначаемые нейронной сетью.

Полная модель окружения представлена на рис. 3.

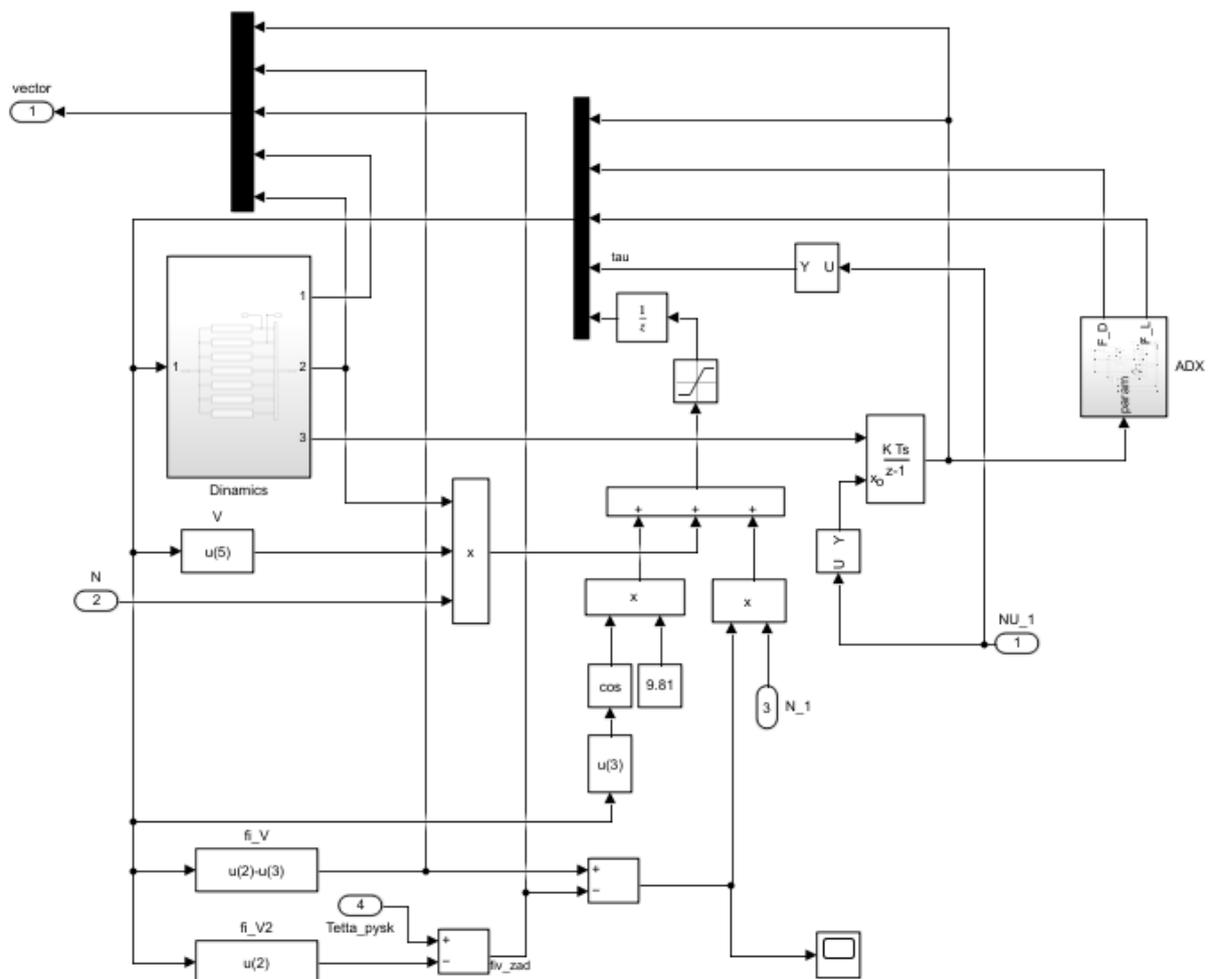


Рис. 3. Структурная схема замкнутого контура наведения

В блоке Dynamics вычисляются дифференциальные уравнения (1). В блоке ADX вычисляются силы, действующие на объект, а также его аэродинамические характеристики. Рассматриваемая модель окружения является детерминированной, все известные состояния системы определены, будем представлять ее в виде «черного ящика».

#### Агент и алгоритм обучения

Разработку и обучения агента производим с помощью средств программного комплекса MATLAB: «Deep Network Designer» и «Reinforcement Learning Designer».

Разрабатываемый агент состоит из: «исполнителя» и «критика». Каждый из них представлен ГНС, которая состоит из двух полносвязных слоев. Размеры скрытых слоев исполнителя составляют 150 и 200 нейронов, у критика 200 и 250 соответственно. За полносвязными слоями следует слой нелинейной функции активации – гиперболический тангенс. На рис. 4 показаны архитектуры исполнителя и критика [4].

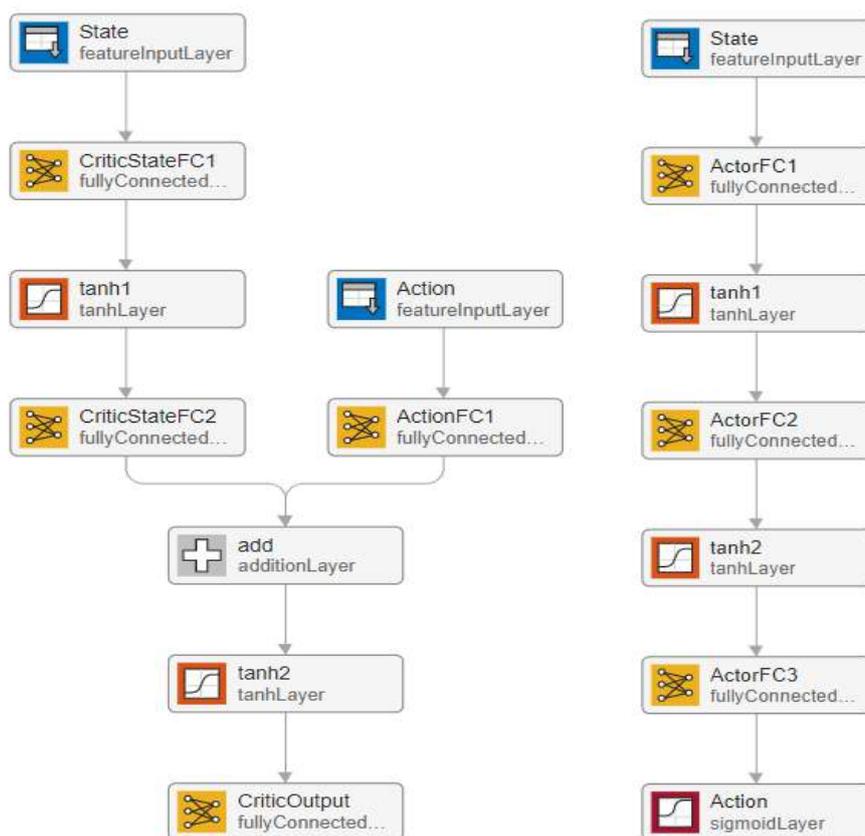


Рис. 4. Архитектура «исполнителя» и «критика» (справа налево)

Для обучения агента в данном окружении используем рассмотренный ранее алгоритм глубокого детерминированного градиента стратегии.

#### Формирование функции вознаграждения

На выбор оптимальной траектории сильное влияние оказывает построение эффективной функции вознаграждения.

В качестве наблюдений обучения будем рассматривать модуль вектора скорости, расстояние до цели, текущую высоту и рассогласование заданного и отработанного угла подхода к цели. Описанная модель наблюдений представлена блоком «generate observation» на рис. 5.

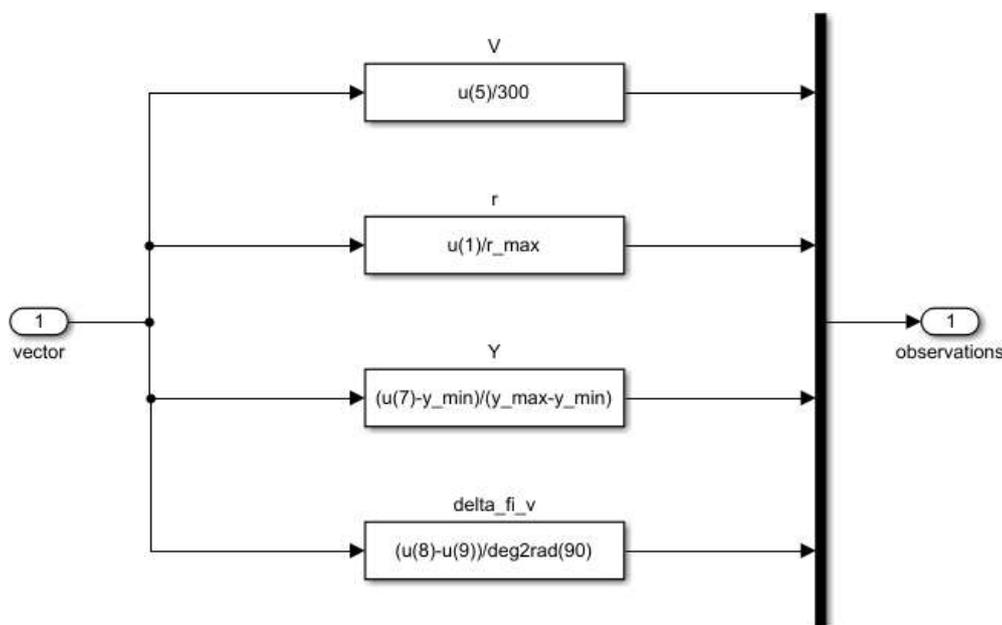


Рис. 5. Наблюдения, получаемые агентом из среды

На выбор оптимальной траектории сильное влияние оказывается построение эффективной функции вознаграждения.

Для контура наведения будем использовать комплексное вознаграждение, складывающееся из различных аспектов. Общую формулу можно представить в виде:

$$R = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5;$$

Параметр  $r_1$  оценивает угол подхода к цели, когда расстояние до неё становится меньше 3000 метров.

$$r_1 = \begin{cases} k\_fi |\varphi_B - \varphi_{B\text{зад}}|, & r < 3000 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

где  $k\_fi$  – коэффициент, равный -0.5;

Параметр  $r_2$  оценивает воздействие управляющего сигнала, используя квадратичный критерий, для улучшения сходимости значение было нормировано.

$$r_2 = k\_a \left( \frac{a_m}{a\_max} \right)^2$$

где  $k\_a$  – коэффициент, равный -0.2;  $a\_max$  – коэффициент равный 30;

Параметр  $r_3$  оценивает скорость изменения расстояния до цели, если расстояние до цели начинает увеличиваться, то агент начинает штрафовать.



## Численное моделирование и анализ полученных результатов

Проведем обучение разработанной модели и оценим точность попадания и точность угла подхода к цели. График, описывающий скорость обучения, приведен на рис. 7. Обучение завершилось за 337 итерации. Завершение обучения произошло по достижению средней награды за 20 итераций подряд заданного значения, характеризующего оценку точности попадания.

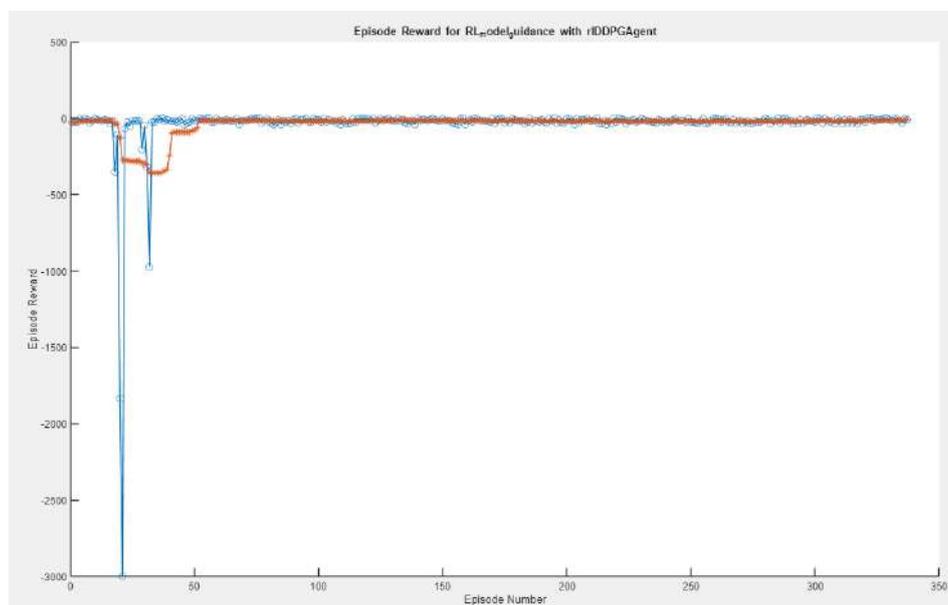


Рис. 7. График обучения глубокой нейронной сети

График промахов по цели представлен на рис. 8. На нём показан промах по координате X.

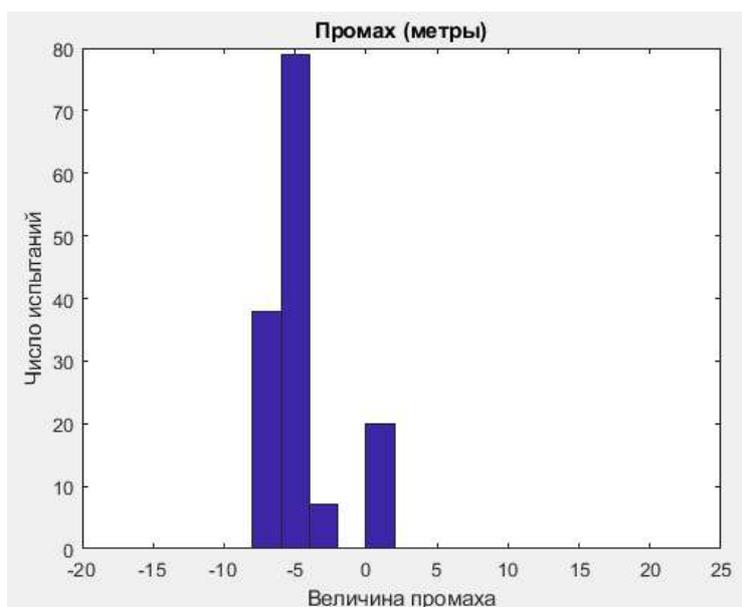


Рис. 8. Промах (в метрах)

Коэффициенты, подобранные нейронной сетью показаны на рис. 9-11. На них можно оценить область, из которой нейронная сеть выбирает коэффициенты.

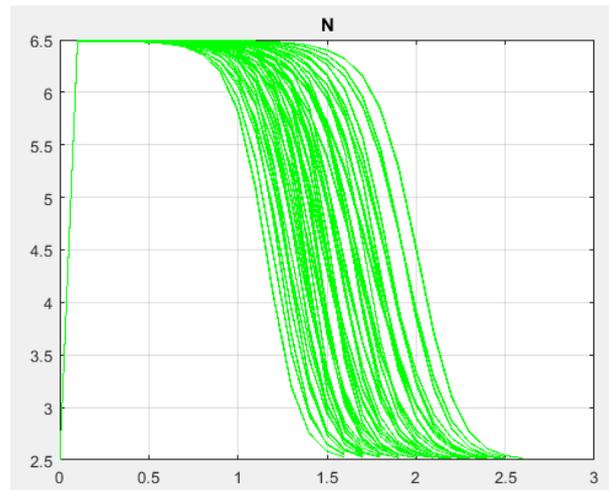


Рис. 9. Коэффициент N

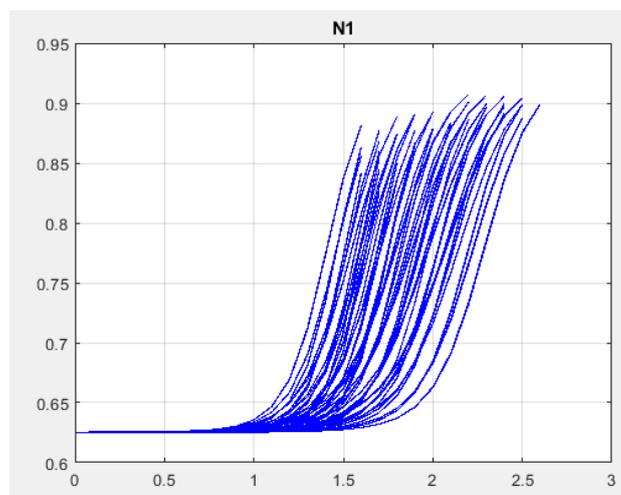


Рис. 10. Коэффициент N1

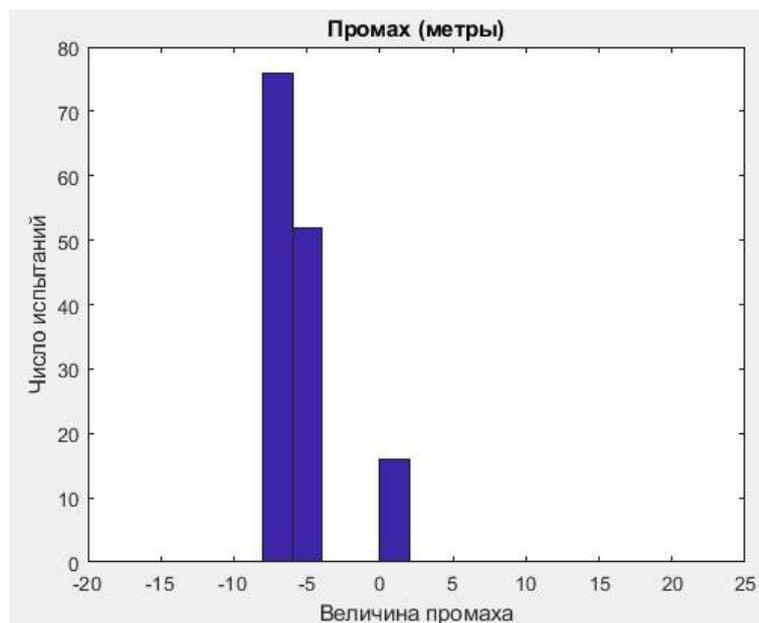


Рис. 11. Промах (в метрах) при статичном законе наведения

Для оценки эффективности работы обученной нейронной сети сравним результаты с моделированием при статичных коэффициентах  $N = 5$  и  $N1 = 0.6$

Разработана модель обучения с подкреплением ГНС для назначения коэффициентов управления движения в законе наведения ракеты. По результатам численного моделирования в пакете MATLAB получена глубокая нейронная сеть, способная производить назначение коэффициентов в законе наведения. Промах по цели не превышает 8 метров, эффективность ГНС доказана в сравнении со статичным законом наведения.

#### **Библиографический список**

1. Deseon Hong, Minjeong Kim, Sungsu Park / Study on Reinforcement Learning-Based Missile Guidance Law
2. Andrea Lonza. Reinforcement Learning Algorithms with Python. Learn, understand, and develop smart algorithms for addressing AI challenges. / Лонца А. Алгоритмы обучения с подкреплением на Python / пер. с англ. А. А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 286 с.: ил.
3. Саттон Р. С., Барто Э. Дж. Обучение с подкреплением. 2020.
4. Adyasha Mohanty, Emma Schneider. Tuning of an Aircraft Pitch PID Controller with Reinforcement Learning and Deep Neural Net.
5. Zichao Liu, Jiang Wang, Shaoming He\*, Hyo-Sang Shin and Antonios Tsourdos / A Learning-Based Computational Impact Time Guidance

## **ПРИНЦИП «СТУПЕНЧАТОСТИ» ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЖУРОВНЕВЫХ ПЕРЕХОДОВ И МЕСТ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ**

***Т.В. Ключева***

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский технический институт*

В статье рассмотрен способ изготовления тонкопленочных гибридных микросборок за счет применения принципа «ступенчатости» для формирования межуровневых переходов и мест пересечения проводников.

**Ключевые слова:** принцип «ступенчатости», многоуровневая тонкопленочная плата, уровень коммутации, слой изоляции, плата.

Преимуществом принципа «ступенчатости» для формирования межуровневых переходов и мест пересечения проводников при изготовлении тонкопленочных гибридных микросборок является повышение устойчивости работы устройств, повышение плотности компоновки, снижение габаритно-весовых характеристик, а также упрощение технологического процесса и обеспечение гарантированной сварки готовых плат при монтаже навесных компонентов за счет расположения всех контактных площадок в первом проводящем слое. Сущность данного принципа заключается в способе изготовления тонкопленочных многоуровневых плат для многокристальных модулей, микросборок и

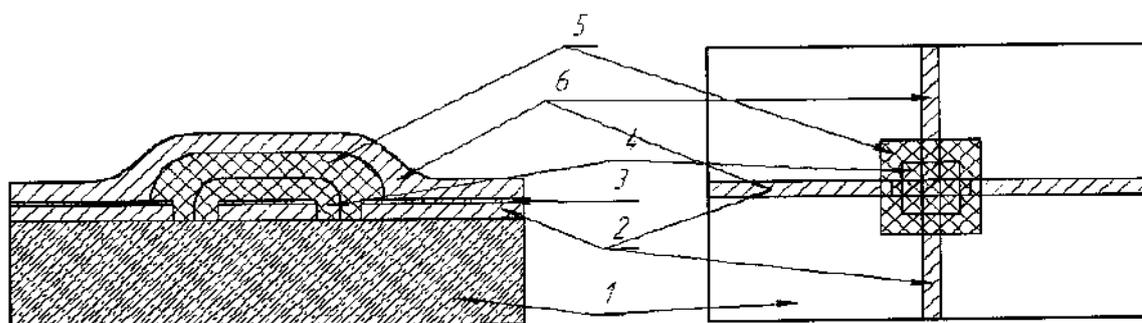
гибридных интегральных схем, включающем подготовку базовой платы, на которой формируются уровни коммутации последовательным нанесением слоев металлизации и формированием топологии первого и последующих уровней коммутации, согласно изобретению все контактные площадки схемы как для последующего соединения их с выводами активных компонентов, так и контактные площадки для электрического соединения к внешним выводам располагают в первом проводящем уровне, выполненном в виде многослойного покрытия V – Cu – Ni (ванадий-медь-никель) + химический Ni, который используют в качестве стоп-слоя при формировании последующих уровней коммутации, разведение проводниковых слоев «сигнальный» и потенциальных - «питание» и «земля» осуществляют в индивидуальных уровнях.

Задачей данного способа является разработка конструкции и технологии изготовления тонкопленочной многоуровневой платы для МКМ, ГИС и МСБ, обеспечивающей стабильную работу устройств, спроектированных на ее основе.

Указанные задача и новый технический результат обеспечиваются тем, что в известном способе изготовления многоуровневых тонкопленочных плат для МКМ, ГИС и МСБ, включающем подготовку базовой платы, на которой формируются уровни коммутации последовательным нанесением слоев металлизации в вакууме и формированием топологии первого и последующих уровней коммутации в виде заданного токопроводящего контура методом фотолитографии в сочетании с чередованием последовательного нанесения слоев межуровневой изоляции в виде органического диэлектрика центрифугированием и последующим формированием топологии слоев изоляции, с образованием контактных окон, контактных площадок и участков пересечения проводников, разведение уровней коммутации с использованием контактных окон, согласно изобретению все контактные площадки схемы как для последующего соединения их с выводами активных компонентов ГИС, или МКМ, или микросборок, так и контактные площадки для электрического соединения к внешним выводам ГИС, или МКМ, или микросборок располагают в первом проводящем уровне, выполненном в виде многослойного покрытия V – Cu – Ni + химический Ni, который используют в качестве стоп-слоя при формировании последующих уровней коммутации, разведение проводниковых слоев «сигнальный» и потенциальных – «питание» и «земля» осуществляют в индивидуальных уровнях, применяют принцип «ступенчатости» чередующихся слоев металлизации и изоляции для мест расположения пересечения проводников разных уровней коммутации и мест расположения межуровневых соединений, для чего выполняют межуровневые переходы в виде ступенчато нисходящих размеров отверстий (контактные окна) в каждом слое, а формирование межуровневых соединений и слоев металлизации осуществляют в одном технологическом цикле путем напыления на внутренние поверхности указанных отверстий слоя металлизации с последующим формированием их топологии, формирование последовательно наносимых слоев межуровневой многослойной изоляции

осуществляют в каждом уровне коммутации из светочувствительного органического диэлектрика методом фотолитографии.

Кроме того, дополнительным техническим результатом является повышение температуростойкости платы за счет применения полиимидного лака АД9103. Формирование топологии изоляционных слоев производят плазмохимическим травлением в среде кислорода через контактные металлизированные защитные маски.



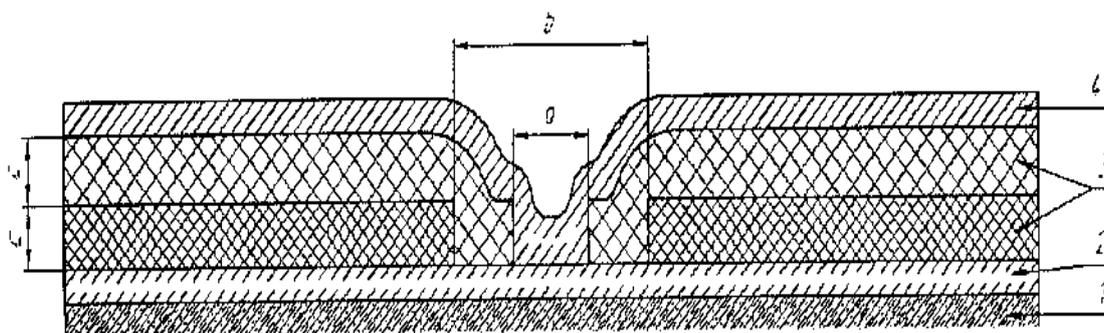
**Рис. 1. Схема пересекающихся проводников и изоляции между ними:**

1 – изоляционная подложка, 2 – первый проводниковый уровень, 3 – слой химического никеля, 4 – первый слой первой межуровневой изоляции, 5 – второй слой первой межуровневой изоляции, 6 – второй проводниковый уровень

Предлагаемый способ поясняется следующим образом. Многоуровневая плата содержит следующие слои: 1-й слой - первый проводящий уровень V – Cu – Ni – химический Ni; 2-й и 3-й слои – изоляционные слои в виде отдельных ступенчато восходящих квадратов в местах пересечения проводников первого и второго уровней; 4-й слой – второй проводящий уровень; 5-й и 6-й слои – изоляционные слои со ступенчато нисходящими квадратами отверстий в местах межуровневых соединений; 7-й слой – третий проводящий уровень; 8-й слой - защитный. Изготовление тонкопленочных многоуровневых плат для МКМ, ГИС и МСБ основано на вакуумном напылении всех уровней коммутации с последующими отдельными циклами фотолитографии для создания топологии соответствующего проводникового уровня, нанесении между ними центрифугированием и формированием межслойной изоляции на основе органического светочувствительного диэлектрика, формирование рисунка межслойной изоляции проводят методом фотолитографии, одновременно формируют межуровневые переходы в требуемых местах перехода в виде послойной ступенчатой структуры [1].

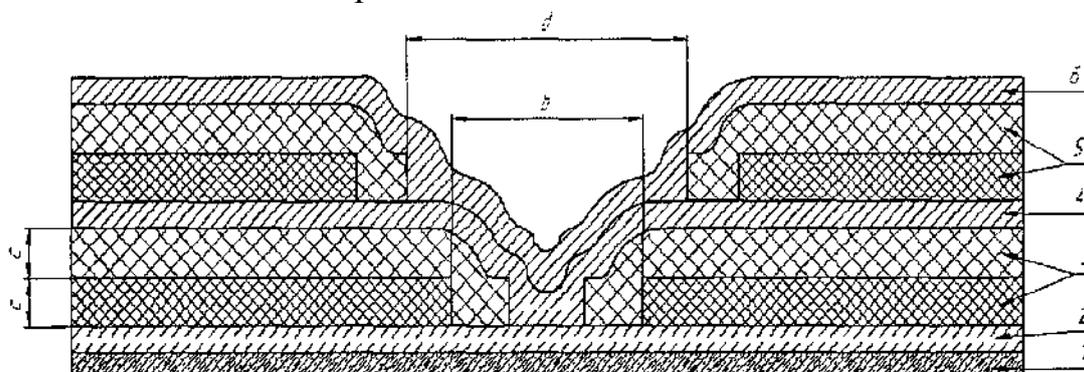
Схема пересекающихся проводников и изоляции между ними изображена на рис. 1.

На рис. 2 представлена схема осуществления межуровневого перехода смежных проводниковых слоев.



**Рис. 2. Схема осуществления межуровневого перехода смежных проводниковых слоев:**  
 1 - подложка, 2 - нижний проводниковый уровень, 3 - первый и второй слои изоляции,  
 4 - верхний проводниковый уровень

На рис. 3 представлена схема осуществления межуровневого перехода для сквозного соединения проводников.



**Рис. 3. Схема осуществления межуровневого перехода для сквозного соединения проводников:**  
 1 - изоляционная подложка, 2 - проводник первого уровня, 3 - первый и второй слои первого изоляционного слоя, 4 - проводник второго уровня, 5 - первый и второй слои второго изоляционного слоя, 6 - третий проводниковый уровень

Для обеспечения плавного межуровневого перехода второй слой в изоляционном слое должен перекрывать нижний слой изоляции на величину не менее толщины изоляционного слоя, т.е. для осуществления надежных межуровневых соединений необходимо учитывать следующее: отличие размера окна во втором слое любой изоляции (позиция  $b$ , рис. 2) должна быть больше размера окна первого слоя этого же изоляционного слоя на величину не менее двойной толщины слоя изоляции (позиция  $c$ , рис. 2), т.е. должно выполняться условие:

$$b-a \geq 2c$$

Аналогично сохраняется соотношение размеров для вышележащих изоляционных слоев по отношению к нижележащим (рис. 3):

$$d-a \geq 4c$$

Это условие относится и к изоляции пересекающихся проводников: размер верхнего изоляционного большего квадрата изоляционного слоя (позиция 5

рис. 1) должна быть больше размера меньшего квадрата (позиция 4 рис.1) на величину не менее чем две толщины изоляционного слоя.

Таблица 1

## Сравнительный анализ способов изготовления плат с двухуровневой коммутацией

Примеры реализации	Способ - прототип	Предлагаемый способ
1	2	3
Разрешаемое количество уровней	2	3 и более (обеспечены наличием «стоп-слоя» из химникеля)
Требование к планарности слоев	Надежность проводниковых контактов обеспечивается гальваническим наращиванием слоя меди на проводниковом слое до планарности уровней коммутации для исключения риска разрывов проводниковых дорожек	Надежность межуровневых соединений и контактов обеспечена по сплошным металлизированным плавно нисходящим ступеням изоляционных слоев, где исключен риск разрывов проводниковых дорожек
Этапы формирования уровней коммутации	Формирование частичное проводников первого уровня под изоляцией, гальваническое доращивание проводников до состояния планарности для обеспечения контакта проводников в уровнях с одновременным формированием топологии первого и второго уровня	Формирование ведут последовательно в многослойной структуре по плавно нисходящим профилям с формированием «стоп-слоя» из химникеля
Плотность компоновки	Стандартная	Увеличена за счет разведения сигнальных и потенциальных («земля», «питание») слоев в разных уровнях
Разделения назначения проводниковых слоев	Стандартная	Увеличена за счет применения многоуровневости
Профиль межуровневой изоляции	Прямоугольный, с вертикальными пограничными плоскостями	Плавная ступенчатонисходящая структура за счет выполнения в разных уровнях чередующихся слоев металлизации и изоляции

Сравнительный анализ (табл. 1) предлагаемого способа с прототипом показал, что недостатком способа-прототипа является необходимость выравнивания рельефа путем наращивания толщины второго проводникового слоя, что ведет к увеличению напряженности слоя и, как следствие, ухудшение адгезии проводниковых слоев к межслойной изоляции. При изготовлении многоуровневой платы с числом слоев более двух это становится актуальным, поскольку с увеличением числа слоев напряженность проводящих слоев платы суммирует-

ся. В прототипе при изготовлении тонкопленочных многоуровневых плат для многокристальных модулей и микросборок применяют прием колодцеобразного межуровневого перехода, что повышает требования к планарности уровней коммутации, тогда как в предлагаемом способе при использовании принципа ступенчатого межуровневого перехода и мест пересечения проводников планарность не критична. Это позволяет увеличить надежность межуровневого перехода при разводении слоев коммутации через технологические окна и мест пересечения проводников, не применяют слой химического никеля в качестве стоп-слоя при формировании последующих уровней проводников, а также наличие более двух уровней, в котором сигнальные проводники и потенциальные разведены в разных уровнях, что обеспечивает уменьшение сопротивления шин «питание» и «земля», что подтверждает наличие новых операций, и их иную последовательность, а именно следующую. Первоначально на поверхности диэлектрической (ситалловой, поликоровой или металлической с диэлектрическим покрытием) платы наносят методом магнетронного распыления в вакууме многослойную тонкопленочную пленку V-Cu-Ni толщиной не менее 1,5 мкм, формируют методом фотолитографии топологию проводников первого уровня и контактных площадок, на поверхности которых выращивают слой химического никеля толщиной от 0,8 до 1,2 мкм, используемый в качестве стоп-слоя, наносят центрифугированием и полимеризуют фоточувствительный органический диэлектрик (например, фоторезист ФП-2550) толщиной от 2,3 до 3,7 мкм, формируют топологию первого слоя первой изоляции методом фотолитографии. Наносят второй слой первой изоляции и формируют его аналогично первому слою. Наносят в вакууме и формируют методом фотолитографии топологию проводника второго уровня V-Cu-V толщиной не менее 1,9 мкм. Последующие уровни проводников и изоляции формируются аналогично описанным выше. Материалом последующих проводниковых слоев является V-Cu-V толщиной не менее 1,9 мкм. Последним слоем формируют защитный слой, топология которого покрывает всю плату за исключением контактных площадок [2].

Использование всех процедур и условий предлагаемого способа обеспечивает:

- повышение плотности компоновки ГИС, МКМ и МСБ за счет применения принципа многоуровневости, что ведет к повышению степени интеграции, снижению массогабаритных характеристик;
- упрощение технологического процесса в результате применения принципа «ступенчатости» для формирования межуровневых переходов и мест пересечения проводников;
- обеспечение гарантированной сварки готовых плат при монтаже навесных компонентов за счет расположения всех контактных площадок в первом проводящем слое.

### Библиографический список

1. **Вавилов, В.Д.** Интегральные датчики: учеб. пособие. Н. Новгород, 2003. – 503 с.
2. **Спирин, В.Г.** Тонкопленочные микросборки высокой плот: монография/ Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2015.
3. Патент РФ № Н01L21/77, 06.04.2011 г. Способ изготовления тонкопленочных многоуровневых плат для многокристальных модулей, гибридных интегральных схем и микросборок // Патент России № 2459314, 2012 / Баранов Р.В., Карпова М.В., Корзенев Г.Н., Королев О.В., Короткова Г.П., Нетесин Н.Н., Поволоцкая Г.Ю., Поволоцкий С.Н.

## РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

*И.А. Контева*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье вариант создания цифровой подстанции, архитектура которой предложена исходя из анализа существующей тенденции развития энергетической отрасли в развитых странах. Приведено описание и назначение основных функциональных узлов, сделаны аргументированные выводы по улучшению эксплуатационных характеристик.

**Ключевые слова:** подстанция, архитектура, цифровой сигнал, оцифровка.

На сегодняшний день в России распространены открытые стандарты, означающие полную интеграцию поставщиков комплектующих, и аккумуляция их на общих торговых площадках. Это позволило совершить значительных технологический скачек при создании энергосистем. Создания большого научного потенциала в области оцифровки сигнал и работы открывают разработчикам электрических подстанций широкие возможности для проектирования [1].

В начале XXI века во многих развитых странах появляются цифровые подстанции. Внедрение микроконтроллерной обработки в процессы управления электрической подстанцией позволили совершить переворот в коммунальной сфере. Эта революция привела появлению «умных» подстанций, которые осуществляли управления и защиту по нетрадиционной схеме, а с учетом анализа многофакторной модели. Дальнейшей вектор развития данного направления – это связь «умных» подстанций в общую сеть с аналитическим аппаратом. Это позволяет получать всегда актуальную [2].

Целью статьи является разработка архитектуры и проработка наиболее ответственных элементов цифровой подстанции.

Цифровая подстанция – это подстанция, имеющая в своем составе большое количество цифровых модулей, которые выполняют роль управления основными элементами подстанции (учет электроэнергии, анализ и прогноз отказов, регистрация нестандартных, управление силовыми элементами автоматизации). Структура цифровой подстанции показана на рис. 1.

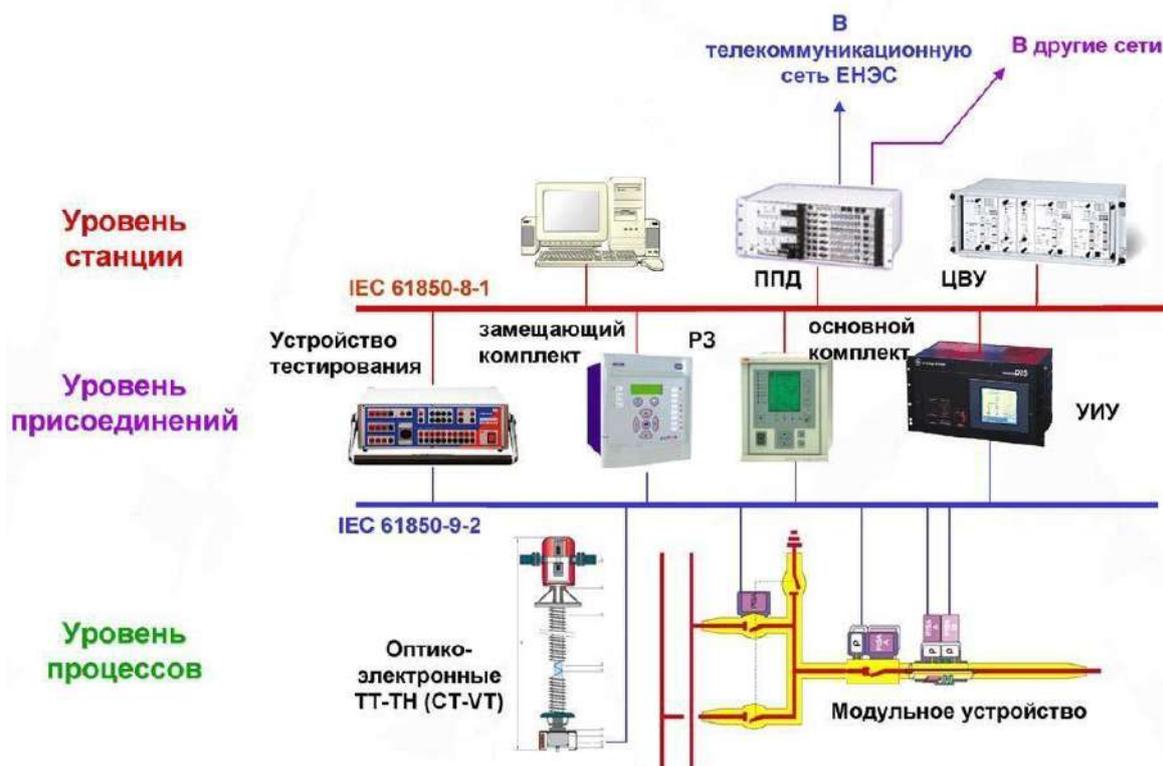


Рис. 1. Архитектура «умной» подстанции

Всю структуру по уровню значимости оборудования и алгоритмов управления можно разделить на три уровня:

Нижний уровень или уровень процессов. Этот уровень включает в себя основные устройства. К ним относятся распределители напряжения, трансформаторы, управляющие высоким или средним напряжениями. В состав уровня также входят интерфейсные устройства: коммутаторы или блокираторы, осуществляющие функции «умного» управления.

Второй уровень - коммутационный. Это уровень – мост, содержащий защитные периферийные элементы, между уровнями высокого и низкого напряжения. Оборудование данного уровня имеет возможность диагностики и формирования управляющего сигнала для других уровней.

Высокий уровень – уровень станции. На этом уровне размещено оборудование, позволяющее создать «умную» подстанцию. В его состав входят вычислительные, телекоммуникационные устройства и центральный вычислитель. Этот уровень обеспечивает возможность внутреннего управления и связи с внешними устройствами.

Отличительной особенностью «умной» подстанции является цифровая связь внутри каждого уровня и использование цифрового управления между уровнями. Это существенно сокращает длину силовых линий, относительно стандартной подстанции. Такой вариант существенно повышает надежность и ресурс «умных» подстанций [3].

С целью эффективного использования цифровой подстанции архитектура ее управления должна быть разработана на этапе проектирования, до создания структуры уровней.

С учетом разработанной архитектуры необходимо определить и обозначить основные элементы «умной» подстанции.

Основное или первичное устройство в данной подстанции – интеллектуальное устройство (рис. 1). Его устройство организует коммутацию, взаимодействие и защиту периферийных устройств нижнего уровня.



Рис. 2. Интеллектуальное устройство – REF615

Для более скоростной работы в качестве коммутационных элементов используются оптические шины данных. Их совокупность образует сеть, основным протоколом которой является Ethernet. Использование данного сочетания позволяет минимизировать время от момента наступления нештатного события до срабатывания реле не более 5 мкс. Это значение меньше, чем у стандартного реле (10-15 мкс).

Для осуществления межуровневого взаимодействия используются стационарные шины из стандартной номенклатуры цифровой техники.

С учетом обеспечения возможности синхронизации нескольких «умных подстанций» в составе каждой из них должны быть GPS-часы (рис.3). Главным подходом для организации такого взаимодействия подходом служит применение тактового сигнала источника GPS и синхронизация команд по данному времени Simple Network Time Protocol (SNTP).



Рис. 3 - GPS-часы



Рис. 4. Модуль Alston

С учетом наличия в «умной» подстанции аналоговых сигналов с датчиков первичной информации необходима процедура их оцифровки. В проектируемой системе будем использовать модуль оцифровки Alston (рис.4).

Он выполняет функцию формирования цифровых сигналов с аналоговых контуров, с последующей ретрансляцией шины в другие устройства. Эти сигналы затем передаются через шину процесса на другие устройства. Для лучшей синхронизации оцифрованных сигналов используется один общий модуль оцифровки.

«Умная» подстанция, реализованная по разработанной архитектуре, представляет собой современную цифровую систему, которая позволяет решить многие ранее нерешенные проблемы. Цифровая обработка сигнала внутри подстанции позволяет использовать большее количество датчиков (в том числе аналоговых) для более корректного и своевременного управления, исключает использование дополнительных трансформаторов при переходе аналогового сигнала из силовой части схемы в информационную. Весь проведенный комплекс мероприятий позволяет существенно повысить эксплуатационные и технико-экономические показатели «умной» подстанции по сравнению с традиционной.

#### **Библиографический список**

1. **Ковцова, И.О.** Обработка и передача данных для классических и цифровых электроподстанций. М.: Прометей, 2016. 236 с.
2. **Епифанов, А.М.** В цифровых подстанциях мы видим огромный потенциал // Электроэнергия. Передача и распределение, 2016. № 1 (34). С. 6-
3. **Аношин, А.О.** Стандарт МЭК 61850. Информационная модель устройства / А.О. Аношин, А.В. Головин // Новости Электротехники, 2012. №5 (77). С. 1-12.

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПРУЖИНЫ ПНЕВМОПРИВОДА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

***Н.И. Корнишев, Т.В. Рябикина, О.Н. Старостина***

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассматривается возможность модернизации конструкции пружины, работающей в пневмоприводе тормозного блока с целью повышения ресурса работы и силовых нагрузок. Представлены результаты расчетов и экспериментальных испытаний, показывающие возможность увеличения межремонтного периода.

**Ключевые слова:** пружина, нагрузка, межремонтный цикл, пневмопривод.

В современном производстве остро стоит проблема импортозамещения продукции. АО «Транспневматика» является практически монополистом в выпуске изделий для железнодорожного транспорта. Предприятие занимается стратегически важными задачами обеспечения качества и надежности оборудования.

При эксплуатации блока тормоза в течение нескольких лет предприятие выполняет не только изготовление, но и ремонт блоков в сроки, установленные

ТО1- 400000 км пробега, ТО2 – 800000 км и ТО3 – 1200000 км. Собранные статистические данные о причинах отказов тормозного блока и выхода из строя его узлов, позволили выделить направления по совершенствованию конструкций деталей и технологий их изготовления для увеличения сроков ТО и повышению эксплуатационных показателей тормозного блока [1].

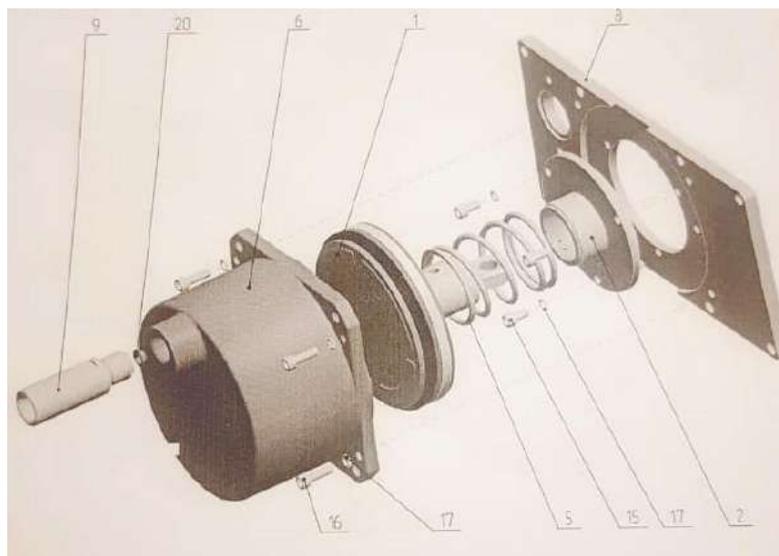
Разработанные и изготовленные блоки тормозов эксплуатируются в суровых климатических условиях, железнодорожные вагоны не только подвержены действиям температур, влажности, но и пыли, агрессивных смазывающих и моющих средств. В паспортах блоков по техническим требованиям заложены периоды плановых ремонтных работ ТО1, ТО2 и ТО3.

При первом техническом осмотре выполняется разборка узла (рис. 1). В процессе ТО1, т.е. после прохождения в эксплуатации 4000000 км пробега, разборка узла пневмопривода показала, что в 100 процентах раскрытых цилиндров наблюдается разрушение и излом пружины. На всех пружинах присутствуют следы коррозии, изломы, трещины или отколы пружины, это служит причиной чрезмерного сжатия возвращающей пружины.

Пружина возвращает тормозные колодки в исходное положение и должна обеспечивать зазор не менее 2 мм. Невозможно сохранять величину выхода штока поршня. Правильный возврат продлевает износ тормозных колодок.

С целью увеличения периодов ТО1 с 4000000 км до 6000000 км, как у импортных блоков, простая замена разрушенной пружины на новую не обеспечит долговременной бесперебойной работы.

Пневмопривод, представленный на рис.1, состоит из чугунного корпуса – 6, передней – 2 и задней – 8 крышек, свободно вращающегося поршня – 1 и отпусковой пружины – 5. Конец штока, выходящий из крышки, оборудован головкой с отверстием для установки пальца горизонтального рычага и перемещения привода регулятора.



**Рис. 1. Демонтаж пневмопривода**

1 - поршень Сб; 2 – крышка; 5 - пружина; 6 - корпус пневмоцилиндра; 8 - крышка; 9 - штуцер; 13 - винт; 15 - винт; 16,17 – шайба; 20- фильтр

Выход штока тормозного цилиндра находится в установленных пределах. При выходе штока меньше нормы увеличивается износ тормозных колодок и создаётся дополнительное сопротивление движению, при выходе штока больше нормы увеличивается расход сжатого воздуха и снижается КПД тормозной рычажной передачи. Величина выхода штока определяется при полном служебном торможении. Если при проведении контрольной проверки тормозов на станции величина выхода штока превышает установленные нормативы, вагон при расчёте тормозного нажатия не учитывается.

Пневмопривод является силовым органом, создающим необходимую тормозную силу за счет давления сжатого воздуха, поступающего из запасного резервуара через воздухораспределитель и авторежим. Диаметр пневмокамеры - 140 мм; ход поршня, не менее 50 мм; максимально допустимое рабочее давление сжатого воздуха, не более – 0,5 МПа. Усилие на штоке при давлении 0,38 МПа, не менее 4,5 кН. Давление страгивания служебного тормоза не более 0,05 МПа.

Пружины изготавливались из проката из рессорно-пружинной легированной стали марки 60С2А-5 ГОСТ14963-78. Высокие упругие и вязкие свойства. Повышенная склонность к графитизации и хорошая прокаливаемость. Широко применяют для пружин класса 2. Обработка в базовой технологии: химическое оксидирование с промасливанием.

Недолговечность их работы ставит задачу по проектированию пружин с повышенными силовыми характеристиками и применению более коррозионно-стойкого покрытия.

Изменение конструкции имеет ряд ограничений по размерам цилиндра пневмопривода, величине хода поршня. Простое увеличение геометрических параметров пружины диаметров проволоки, количества витков ведет к изменениям конструкции и габаритов пневмопривода, что недопустимо конструкцией тормоза. Увеличение количества витков вызывает снижение усилия нажатия колодок до минимально допустимого значения 17,5 кН.

В базовой технологии применялась пружина с параметрами и характеристиками, представленными на рис. 2.

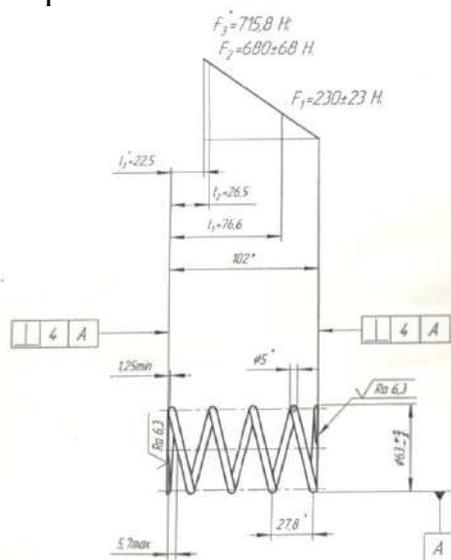


Рис. 2. Параметры пружины базовой конструкции

Применяемая в базовой конструкции пружина имеет следующие характеристики: модуль сдвига  $G=78500$  МПа; напряжения касательные при кручении  $T=950,4$  МПа; направление навивки пружины – любое; длина развернутой пружины  $L=911$  мм; число рабочих витков  $n=3,5$ ; число витков полное  $n_1=5$ ; 43...48 HRC.

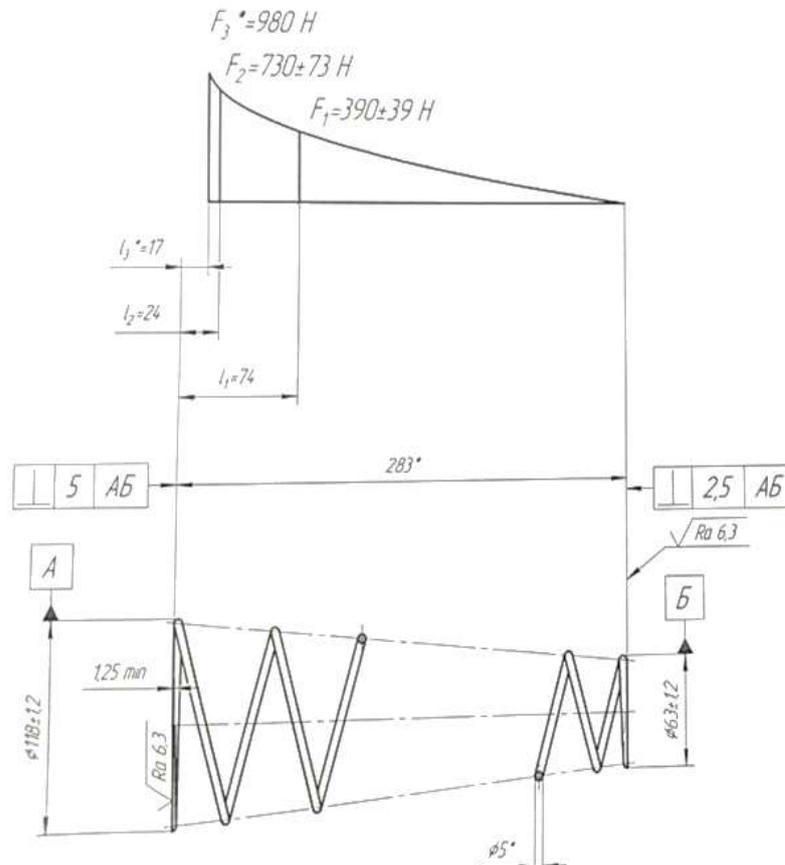


Рис. 3. Параметры пружины модернизированной конструкции

Спроектированная конструкция имеет следующие значения: модуль сдвига  $G=78500$  МПа; напряжения касательные при кручении  $T=781$  МПа; направление навивки пружины – правое; число рабочих витков  $n=6$ ; число витков – полное  $n_1=7,5$ ; термообработка: низкотемпературный отпуск; угол подъема витков постоянный, рис. 3.

$F_1$  – наименьшая рабочая нагрузка, при сжатии в пределах 74,77 мм (у конусной пружины больше почти на 42%)

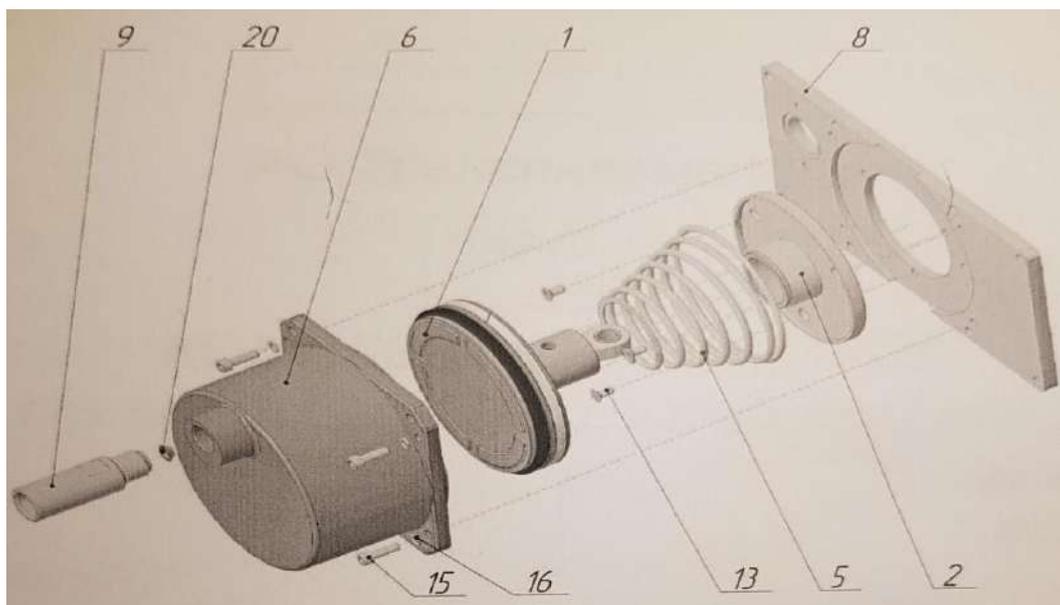
$F_2$  – наибольшая рабочая нагрузка, у проектируемой пружины больше на 7%.

$F_3$  – предельная нагрузка при которой витки соприкасаются, у проектируемой пружины также больше на 28%, причем величина сжатия при этом составляет 17 мм, а у базовой конструкции 22,5 мм.

Экспериментальное исследование выполнялось на машинах МИП 1110/2,5. При сжатии конусной пружины не наблюдается зацепления витков.

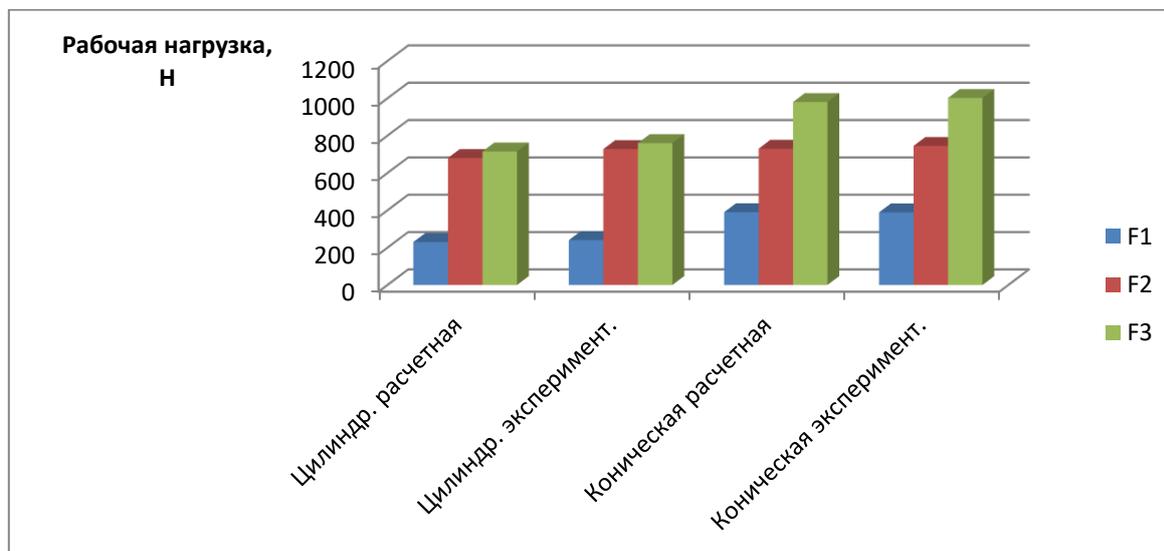
Спроектированная пружина изготовлена и установлена в пневмопривод модернизированной конструкции, рисунок 4.

Результаты испытаний показали, что пружины конусной формы обеспечивают силовую нагрузку в 1, 5 раза больше, чем цилиндрические, рис. 5.



**Рис. 4. Схема установки спроектированной пружины**

1 - поршень; 2 – крышка; 5 - пружина; 6 - корпус пневмоцилиндра; 8 - крышка; 9 - штуцер; 13 - винт; 15 - винт; 16 – шайба; 20 - фильтр



**Рис. 5. Сравнительные результаты испытаний**

При сжатии конусной пружины не наблюдается зацепления витков.

Совпадение результатов с расчетными значениями по заданной длине пружины практически с 5% точностью.

Испытания показали, что для пневмопривода с конусной пружиной, покрытой цинковым покрытием, межремонтный цикл может быть увеличен более чем на 200000 часов. На практике при вскрытии пневмоцилиндров на ТО1 следов коррозии не наблюдалось.

### Библиографический список

1. **Бычков, И.Ю.** Исследование технологии нанесения хромового покрытия с целью повышения износостойкости / И.Ю. Бычков, Т.В. Рябикина, О.Н. Старостина // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации: межвузовский сборник статей по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции / Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2017. – С. 151-154.
2. **Токарев, В.А.** Исследование влияния технологии упрочнения износостойких хромовых покрытий на эксплуатационные характеристики детали/ В.А. Токарев, Т.В. Рябикина, О.Н. Старостина // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации: межвузовский сборник статей по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции / Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2017. – С.279-282.

## РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПУЛЬТА ПРОВЕРКИ ИЗДЕЛИЯ ФОРМИРОВАТЕЛЯ СИГНАЛА ЛИКВИДАЦИИ

*А.В. Красильников*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

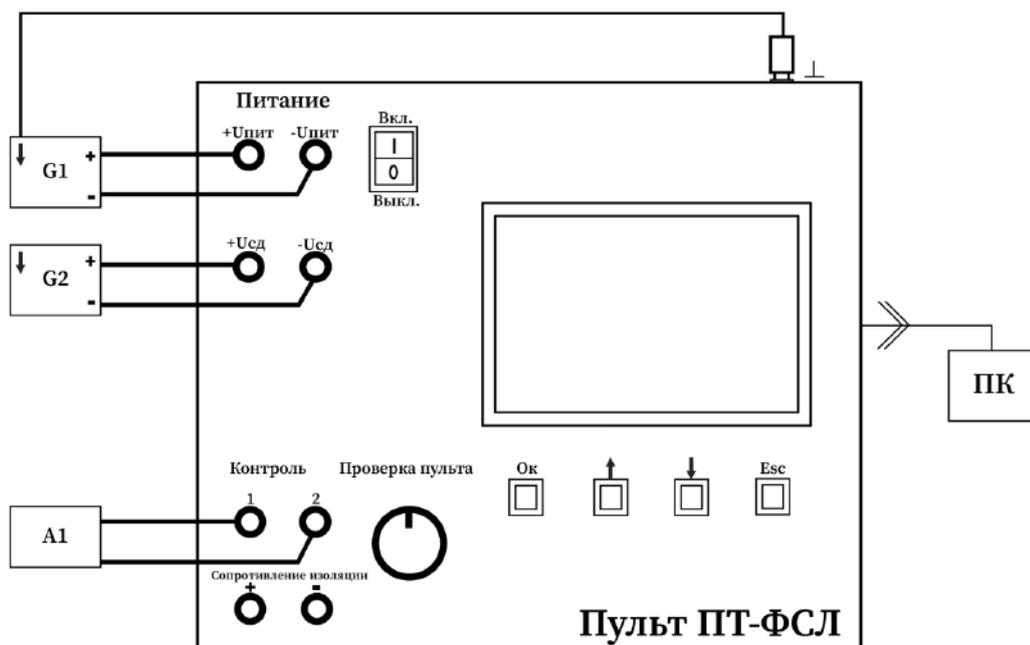
В статье представлена схема настройки пульта, последовательность проверки, настройка основных параметров, обзор схемы платы контроля.

**Ключевые слова:** *формирователь сигнала ликвидации, контроль, калибровка.*

В системе радиоуправления главную функцию выполняют радиосредства, которые извлекают информацию, либо служат для ее передачи. Основными требованиями к таким системам являются достоверность передачи сообщений, малые помехи и защита от них, пропускная способность, надежность [1]. Мы имеем дело с пультом, который проверит изделие формирователя сигнала ликвидации (ФСЛ) для ракет. Для ликвидации ракеты нужен сигнал, в случае если цель не была достигнута, ФСЛ отправляет его. Результатом будет являться повышение безопасности.

Действие ФСЛ должно отвечать предъявленным техническим требованиям и характеризоваться основными параметрами. Обеспечение выполнения выше сказанного связано с серьезными временными и сигнальными характеристиками. Ликвидация должна произойти секунда в секунду, а не после падения на землю. Также нужно учесть и исключить ложные срабатывания или наоборот несрабатывания. Поэтому существует проверочный комплекс ФСЛ.

Являясь неотъемлемой частью радиоэлектронной аппаратуры, средства электропитания должны соответствовать определенным требованиям, которые определяются как требованиями к самой аппаратуре, так и условиями, предъявляемыми к источникам питания и их работе в составе данной аппаратуры.

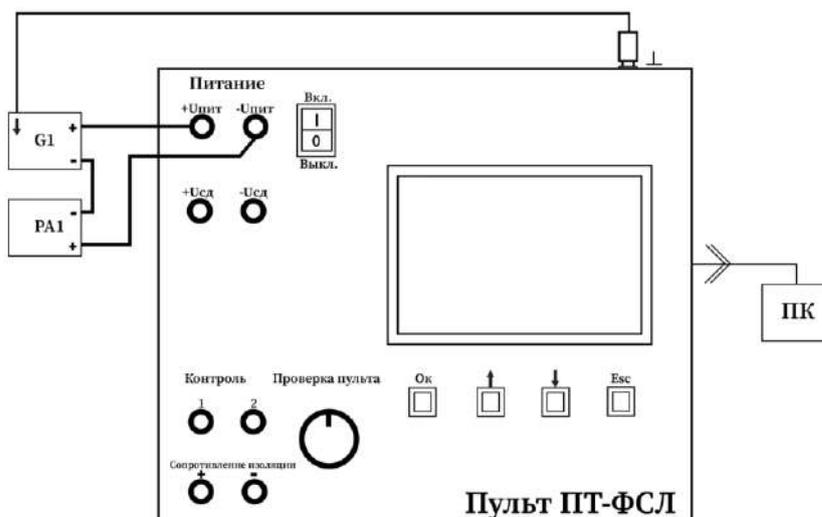


**Рис. 1. Схема настройки пульта:**

G1, G2 – источник питания постоянного тока; A1 – мультиметр;  
ПК – персональный компьютер.

Последовательность проверки выглядит следующим образом:

1. Соответствие конструкторским документам.
2. Питание.
3. Ток, потребляемый пультом.
4. Качество электрического соединения на корпус.
5. Габаритные размеры и общий вид.
6. Электрическое сопротивление изоляции.
7. Измерение основных электрических параметров.
8. Комплектность.
9. Маркировка.

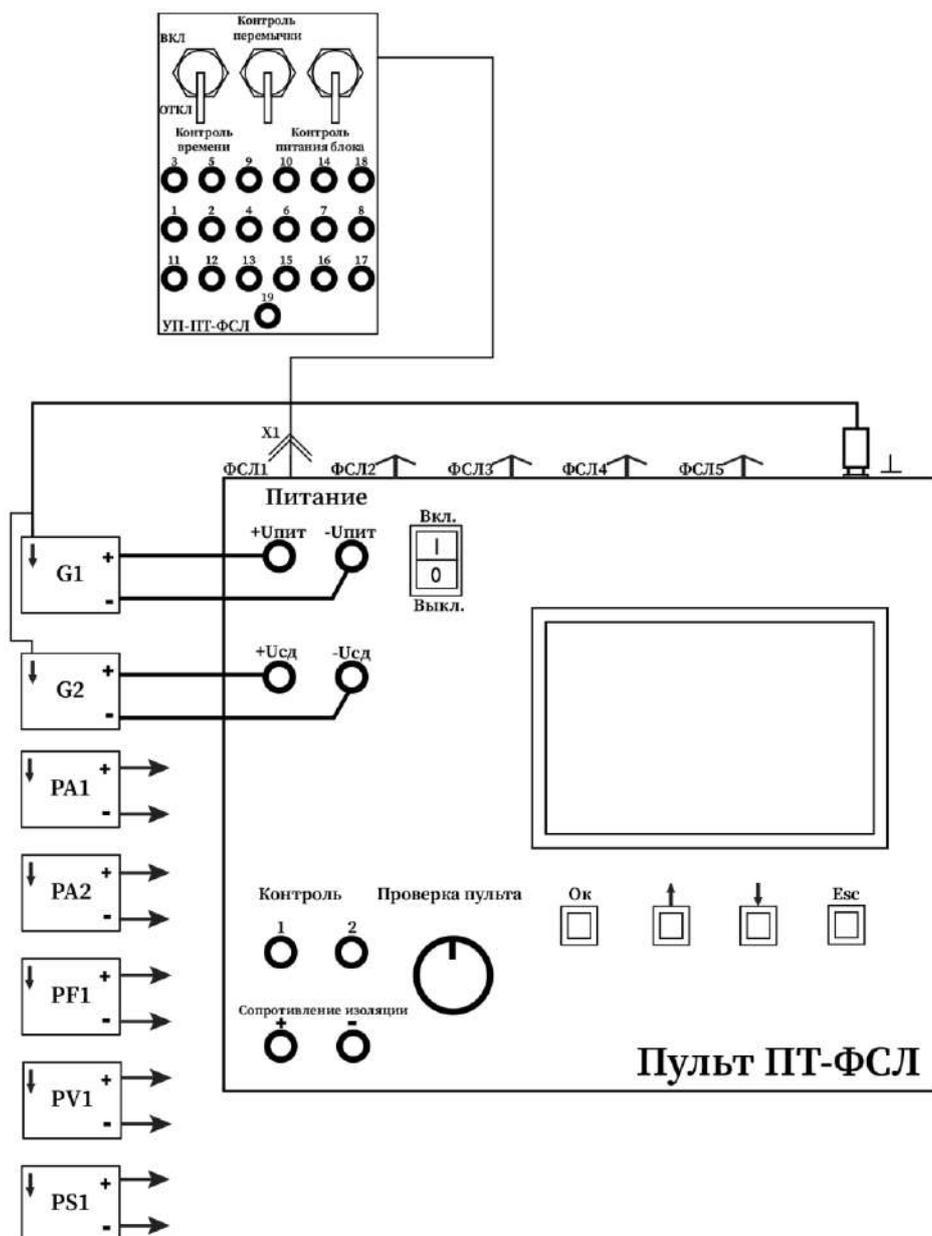


**Рис. 2. Схема проверки тока потребления пульта:**

G1 – источник питания постоянного тока; PA1 – мультиметр

Сопротивление проверяется мегаомметром с измерительным напряжением 100 В между корпусом пульта и объединенными зажимами. Погрешность измерения  $\pm 3\%$ . Показания мегаомметра считывают через одну мин. после подачи в электрическую цепь пульта измерительного напряжения или через меньшее время, если мегаомметр показывает, что сопротивление изоляции остается неизменным. Пульт считают выдержавшим испытание, если измеренное значение сопротивления изоляции равно или превышает 20 Мом.

Калибровку можно произвести с использованием платы контроля, далее схема (рис.4).



**Рис. 3. Схема проверки пульта:**  
 G1, G2 – источник питания постоянного тока;  
 PA1, PA2, PF1, PV1 – мультиметр;  
 PS1 – осциллограф

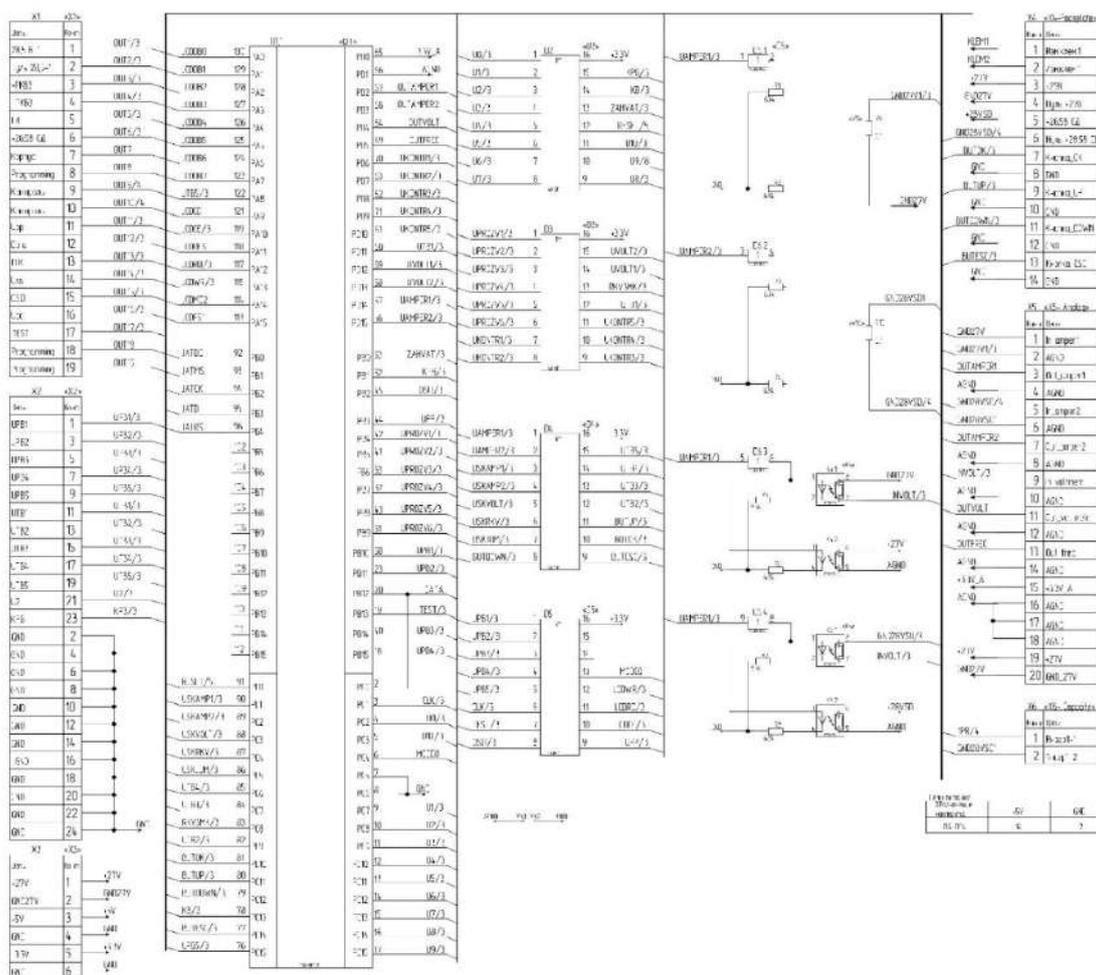


Рис.4. Плата контроля схема электрическая принципиальная

Настройка будет происходить следующим образом. Необходимо включить питание ПК. Системные требования для ПК: операционная система Windows 7 или выше; CD-дисковод; USB-порт. Загрузить в дисковод CD-диск – модуль загрузочный. Установить утилиту. Для этого запустить файл, расположенный в папке модуля, и следовать подсказкам мастера установки программ. В файле выбрать параметры для проверки. Включить источник питания и установить напряжение, после, возвести переключатель «ПИТАНИЕ» пульта в положение «ВКЛ». Следуя указаниям на экране пульта, произвести калибровку. Установить переключатель «ПИТАНИЕ» пульта в положение «ВЫКЛ».

Разработанная схема для проверки параметров формирователя сигналов ликвидации позволяет осуществить проверку на электрическое сопротивление изоляции и основные электрические параметры, а также снять необходимые данные.

#### Библиографический список

1. Сушкевич, Б.А. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь [Текст] - с.12.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УСИЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

*О.М. Кукушкина, А.В. Баранова*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В данной статье рассматривается автоматизированная система контроля (АСК) для усилительного устройства (УУ), которое используется для управления электродвигателями.

**Ключевые слова:** усилительное устройство; оборудование; контроль; программа; микроконтроллер.

Усилительное устройство предназначено для приема, усиления, формирования сигналов управления электродвигателями. Применяется на предприятиях оборонно–промышленного комплекса.

Устройство управления состоит из двух печатных узлов: печатный узел управления и печатный узел усиления.

При производстве УУ одной из технологических операций является проверка и контроль параметров устройства на соответствие параметров изделия требованиям технических условий (ТУ). Проверка может выполняться вручную или автоматически.

При ручной проверке рабочее место должно быть оборудовано в соответствии с табл. 1.

*Таблица 1*

### Применяемое оборудование

Наименование	Рекомендуемый тип
Вольтметр постоянного тока	Мультиметр цифровой АМ-1060
Генератор сигналов	Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-11-2
Осциллограф	Tektronix TDS 2002
Источник постоянного тока	Б5-71/2М

Все средства измерения и проверки, указанные в табл. 1, должны иметь паспорта, подтверждающие их пригодность. Допускается замена оборудования и источников питания на приборы и источники питания с аналогичными характеристиками. Категорически запрещается работать с приборами и средствами измерений, срок поверки которых истек [1].

Проверка усилительного устройства вручную осуществляется в следующем порядке.

Собрать рабочее место согласно инструкции по проверке. На пульте установить все тумблеры в нижнее положение. С помощью жгута подключить УУ к пульту, включить генератор низкочастотных сигналов, настроить на задачу синусоидального сигнала частотой 50 Гц и амплитудой 50 мВ. Включить осциллограф. Включить источники постоянного тока (+15В), (-15В) и выста-

вить напряжение  $15\text{В} \pm 0,1\text{В}$ . На пульте включить тумблер «Вкл $\pm 27\text{В}$ », должны загореться светодиоды «+27В», «-27В». К выходу генератора подключить осциллограф. Выставить переключатель «Номер канала» в положение «1», на осциллографе должен появиться сигнал в виде меандра с периодом  $(20 \pm 1)$  мс и размахом амплитуды  $(54 \pm 1)$  В. Выставлять поочередно переключатель «Номер канала» в положения «2», «3», «4», проверить, что сигнал в виде меандра присутствует только в положении «1». Включить тумблер на пульте «Нагрузка вкл», должен загореться светодиод «Нагрузка вкл». На источниках постоянного тока (+27В) и (-27В) потребление тока должно составлять  $(5,2 \pm 1)$  А и  $(4,9 \pm 1)$  А соответственно. Повторить операции с остальными каналами.

После завершения проверки выключить все оборудование. Результаты проверки усилительного устройства записывается вручную.

При проверке усилительного устройства должны быть выполнены требования защиты от статического электричества, обеспечены требования безопасности, источники питания и сетевые измерительные приборы должны иметь общее заземление по сети электропитания. Работать с незаземленными источниками питания и измерительными приборами запрещается [1].

Такая проверка занимает большое количество времени, что в свою очередь замедляет процесс изготовления и выпуска изделий. Для более легкой, быстрой и точной проверки была разработана автоматизированная система контроля усилительного устройства АСК УУ.

АСК УУ предназначена для проверки усилительного устройства и используется для измерения параметров УУ в процессе оценки соответствия их ТУ. АСК относится к техническому оборудованию. Для выполнения работ необходим пульт сопряжения содержащий микроконтроллер [2].

В состав рабочего места АСК УУ входят:

- пульт сопряжения ПС-УУ;
- программа проверки АСК УУ;
- программа проверки УУ;
- промышленный компьютер;
- комплект жгутов.

АСК подвергают первичной и периодической проверкам. Периодичность проверки – один год.

Оператор должен иметь как минимум среднее техническое образование, опыт и навыки работы с радиоаппаратурой и персональным компьютером.

При работе с измерительными приборами, а также при проверке УУ необходимо соблюдать требования безопасности в соответствии с действующими «Правилами технической эксплуатации электроустановок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок», утвержденными Федеральной службой по экологическому и техническому надзору [2].

При подготовке рабочего места необходимо соединить корпуса источников питания и пульта с шиной заземления. Все соединения между источниками питания и пультом производить при отключенных напряжениях питания.

Средства измерений подготовить к работе в соответствии с их эксплуатационной документацией. Подготовить к работе источники постоянного тока G1...G3, установив напряжения минус  $(15 \pm 0,45)$  В,  $(15 \pm 0,45)$  В,  $(27 \pm 0,1)$  В соответственно. Проверить выставленные напряжения мультиметром. Ограничить ток на источниках постоянного тока с напряжением  $\pm 15$  В до 350 мА, с напряжением 27 В до 500 мА. Включить источники постоянного тока, мультиметр. Проконтролировать загорание светодиода «+27 В» на пульте сопряжения ПС-УУ. Включить компьютер и дождаться запуска операционной системы. Запустить программу проверки усилительного устройства, в появившемся меню выбрать пункт «Проверка УУ» (рис. 1).

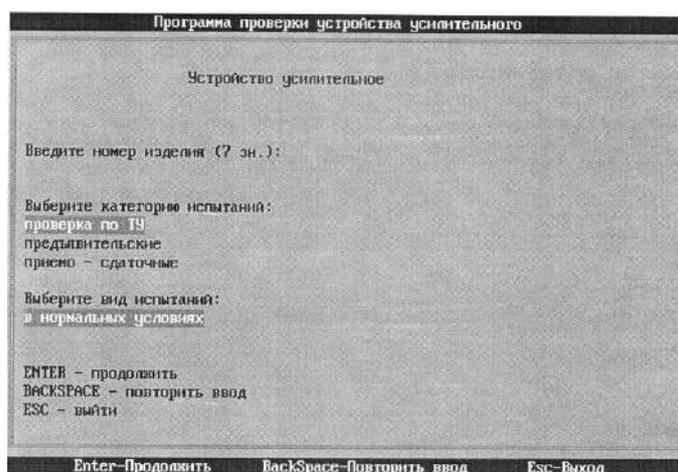


Рис. 1. Внешний вид экрана (пункт «Проверка УУ»)

На экране монитора появится главное окно программы. Оператор должен ввести номер изделия, выбрать категорию и вид испытаний. Нажать клавишу «Enter».

АСК УУ обеспечивает задание и контроль на выводах УУ электрических режимов и измерение электрических параметров, установленных в ТУ.

Программа позволяет проверять УУ в двух режимах: с контролем всех параметров («Полная проверка») и параметрами, выбранными оператором («Выборочная проверка»). Окно монитора представлена на рис. 2.

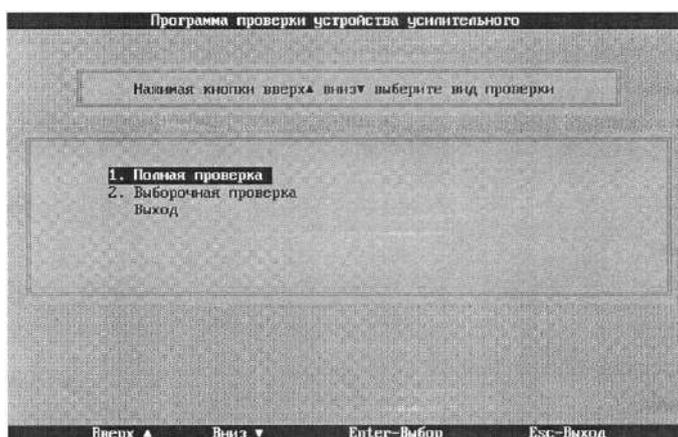


Рис. 2. Внешний вид экрана (пункт «Выборочная проверка»)

Для проверки УУ в автоматическом режиме на мониторе выбрать пункт меню «Полная проверка». Нажать клавишу «Enter». Провести проверку, выполняя указания на экране монитора.

Для проверки УУ в ручном режиме выберите в появившемся на мониторе окне пункт меню «Выборочная проверка». Нажать клавишу «Enter». Откроется окно, в котором можно с помощью стрелок вверх/вниз перемещаться по меню с названием проверки, выбрать проверку, нажать Enter и выполнить проверку согласно инструкции, отображаемой на экране монитора.

Для выхода в главное меню нажать кнопку «Назад», для завершения проверки – «Выход».

После каждого пункта проверки при получении параметра, соответствующего требованиям ТУ, на мониторе должна появиться строка с наименованием, измеренным и допустимым значениями этого параметра и сообщением «Соответствие ТУ».

При получении параметра, выходящего за пределы поля допуска, отсутствия ответа от мультиметра или отсутствия контролируемой команды на мониторе появится сообщение красного цвета с наименованием параметра, несоответствующего ТУ и предложение – продолжить проверку или остановить ее. Рекомендуется остановить проверку, нажав клавишу «Esc», и повторить проверку еще раз. Для продолжения проверки нажать «Enter».

Если при проверке УУ возникает несоответствие параметра ТУ, проверка должна быть проведена дважды, при соответствии ТУ проверку считать пройденной.

Для проверки величины переменной составляющей подключить осциллограф к разъемам «Общ.» и «Осц.» пульта сопряжения ПС-УУ. В центре экрана осциллографа - горизонтальная линия. Нажать клавишу «Enter».

При изменении напряжения от  $-10$  до  $+10$  В измерить с помощью осциллографа величину переменной составляющей  $U_1$  и ввести ее значение в компьютер с помощью клавиатуры.

Отключить сигнальный провод мультиметра от гнезда «+» пульта сопряжения ПС-УУ, а затем подключить осциллограф к гнездам «Общ.» и «+» пульта сопряжения ПС-УУ. Нажать клавишу «Enter». Ручку осциллографа «ВРЕМЯ/ДЕЛ» установить в положение « $0,1 \mu\text{s}$ ». По окончании проверки величины переменной составляющей, следуя указаниям программы, выводимым на экран монитора, подключить сигнальный провод мультиметра к гнезду «+» пульта сопряжения ПС-УУ, затем – общий провод мультиметра к гнезду «-» пульта сопряжения ПС-УУ.

По окончании проверки с положительным результатом на мониторе появится надпись «Все проверки в норме». Если в ходе проверки возникли ошибки, то на мониторе появится надпись «В ходе проверки выявлено несоответствие» Результаты проверки автоматически записываются в текстовые документы с расширениями \*.txt. Допускается печать результата проверки. Для закрытия программы нажать кнопку «Выход».

Таким образом, можно сделать вывод, что автоматизированная система контроля усилительного устройства значительно сократит время изготовления и выпуск изделий с сохранением точности проверки изделий.

#### **Библиографический список**

1. **Кризе, С.Н.** Усилительные устройства. – Москва: Государственное издательство литературы по вопросам связи и радио. – 1958. 316 с.
2. **Плаксиенко, В.С.** Устройства приема и обработки сигналов: Учебное пособие для вузов/ В.С. Плаксиенко, Н.Е. Плаксиенко, С.В. Плаксиенко / М.: Учебно-методический издательский центр «Учебная литература», 2004. 376 с.
3. **Ямпурин, Н.П.** Основы надежности электронных средств / Н.П. Ямпурин, А.В. Баранова. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" / Москва, 2010. – 240 с.

### **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КАРКАСА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ АППАРАТУРЫ ИЗ СОСТАВА КОМПЛЕКСА ПрНПК-124М**

***И.О. Малкин***

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье разработана и исследована конструкция каркаса для размещения аппаратуры из состава комплекса ПрНПК-124М на самолете Ан-124-100М.

**Ключевые слова:** численное моделирование, статический анализ, метод конечных элементов, расчет на прочность.

Транспортный самолет Ан-124-100М является модификацией самолета Ан-124-100, созданного на базе тяжелого военно-транспортного самолета Ан-124 «Руслан», который является самым грузоподъемным из серийно производимых самолетов. Модернизированное радиоэлектронное оборудование, установленное на самолете Ан-124-100М, позволяет повысить безопасность полетов и точность навигации.

Одной из модернизаций данного самолета, является обновленный прицельно-навигационный комплекс ПрНПК-124М. Данный комплекс разработан в рамках модернизации бортового радиоэлектронного оборудования для самолета Ан-124-100М. Управляющая вычислительная система (УВС) обеспечивает вертикальную и горизонтальную навигацию самолета в соответствии с действующими и перспективными требованиями ICAO. Помимо современных навигационных задач, комплекс обеспечивает обнаружение и обход зон грозовой деятельности, с возможностью последующего возврата на запрограммированную траекторию полета. Обнаружение грозовых фронтов с помощью РЛС производится на дальностях не менее 350 км.

Для размещения аппаратуры из состава комплекса ПрНПК на борту ЛА была спроектирована конструкция, представляющая собой ферменную конструкцию из прессованных профилей марки Д16чТ. Сплав Д16чТ является деформируемым, а также в закаленном и естественно состаренном состоянии обладает хорошим сочетанием характеристик выносливости, вязкости разрушения, сопротивления росту усталостной трещины. Для сборки каркаса и усиления прочности и жесткости в местах крепления профилей требуются косынки. Косынки будут изготавливаться из материала Д16АТ. Листы марки Д16АТ имеют наилучшие конструкционные показатели среди прочих видов сплава алюминия. Для фиксации оборудования на ярусах каркаса используются болты диаметром 4 мм. Для крепления каркаса к полу используются 4 кронштейна толщиной 3 мм. Также для обеспечения большей устойчивости и прочности, кронштейны крепятся к полу с помощью болтов.

На рис. 1 представлен общий вид конструкции этажерки.

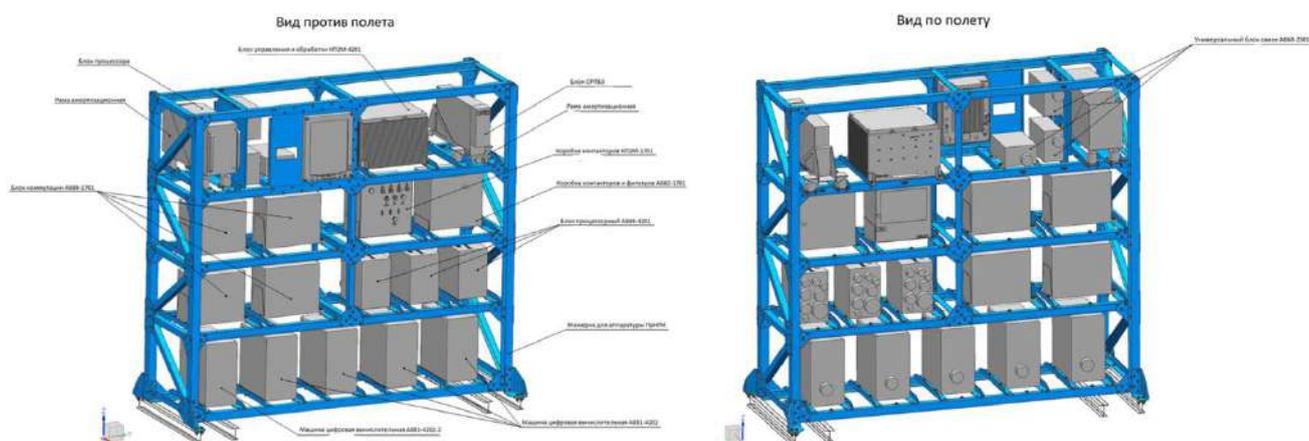


Рис. 1. Общий вид конструкции этажерки

Для оценки эффективности разработанной конструкции необходимо провести прочностные расчеты, которые требуют значительных временных затрат. На сегодняшний день этот этап может быть заменен численным моделированием посредством современных программных продуктов, предназначенных для проведения различного рода анализов. Появление и постоянное развитие вычислительных комплексов, основанных на конечно-элементном моделировании (КЭМ), делает возможным решение широкого спектра сложных динамических задач без использования экспериментальных методов.

Для анализа статической прочности конструкций необходимо определить напряженно-деформированное состояние (НДС). Для этого была построена КЭМ в среде численного моделирования *Siemens NX* с заданными граничными условиями.

Согласно авиационным правилам АП-25.561, нагрузка от аппаратуры комплекса ПрНПК была задана в виде сосредоточенной силы и передается кон-

струкции этажерки абсолютно жесткими одномерными элементами типа *RBE2* и *RBE3* в точки крепления оборудования. Направление нагрузок:

- $n_x=9$  направлена вперед;
- $n_y=6,5$  направлена вниз;
- $n_y=2,5$  направлена вверх;
- $n_z=2,25$  для боковой перегрузки.

При этом система координат в данном расчете ориентирована следующим образом:

- ось *X* – направление по полету;
- ось *Y* – перпендикуляр плоскости симметрии самолета;
- ось *Z* – плоскость симметрии самолета.

Пример расчетной модели представлен на рис. 2 для расчетного случая при направлении нагрузки вперед  $n_x=9$ .

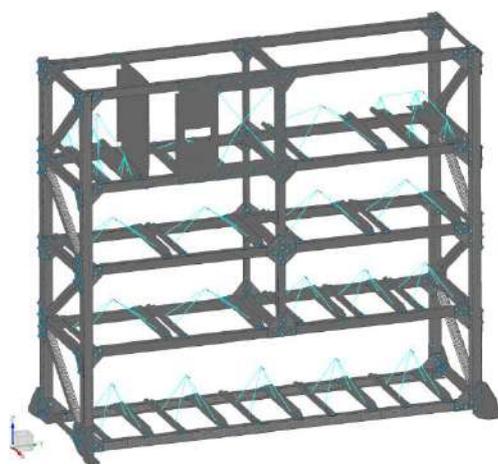


Рис.2. Схема приложения сил при направлении нагрузки вперед  $n_x=9$

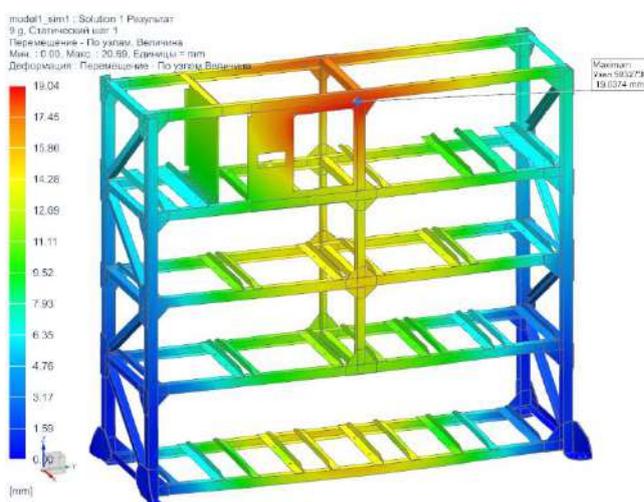


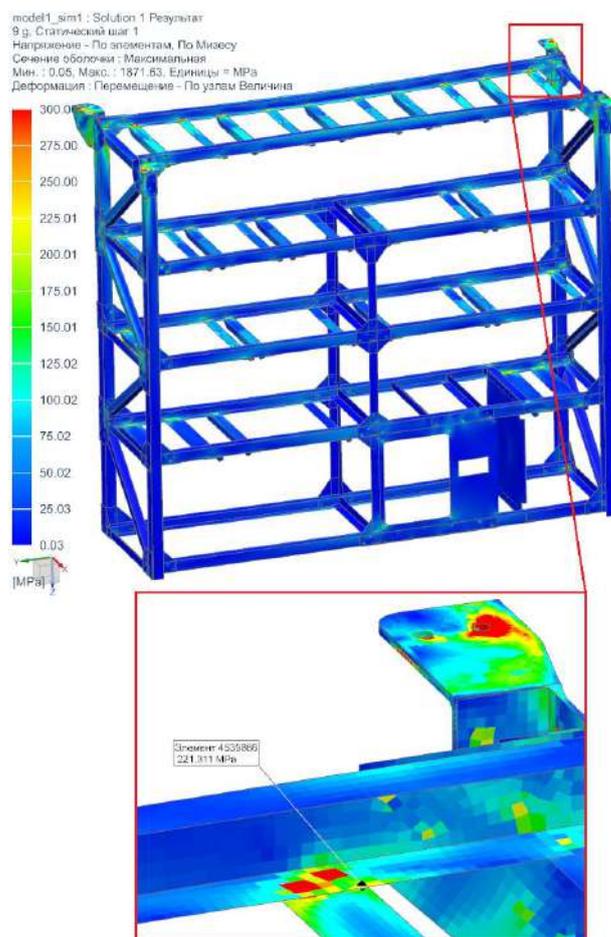
Рис. 3. Распределения перемещений в конструкции этажерки при направлении нагрузки вперед  $n_x=9$

В результате моделирования получены картины распределения перемещений в конструкции этажерки для каждого расчетного случая. Максимальное перемещение в конструкции составило 19,03 мм, оно возникает при направлении нагрузки вперед  $n_x=9$ .

На рис. 3 изображена картина распределения перемещений в конструкции этажерки при направлении нагрузки вперед  $n_x=9$ .

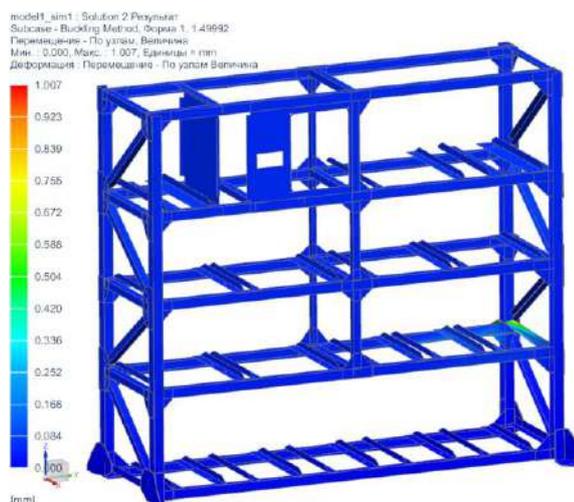
На рис. 4 представлена картина максимальных напряжения возникают в конструкции. Данное напряжение возникает в швеллере при направлении нагрузки вперед  $n_x=9$ . При такой нагрузке коэффициент запаса прочности равен 1,85.

Одним из важнейших этапов оценки эффективности спроектированной конструкции является расчет на потерю устойчивости. Так как при работе некоторых элементов конструкций потеря несущей способности может произойти не только из-за исчерпанной прочности, но и от потери своих эксплуатационных свойств.



**Рис. 4. Максимальное напряжение, возникающее в конструкции**

По результатам анализа минимальный запас потери устойчивости конструкции получен при направлении нагрузки вперед  $n_x=9$ . На рис. 8 изображено деформированное состояние этажерки.



**Рис. 5. Деформированное состояние этажерки**

Коэффициент запаса по устойчивости равен  $\eta=1,50$ . Потеря устойчивости конструкции не происходит.

В результате расчета на статическую прочность конструкции было получено максимальное перемещение равное 19,03 мм. Максимальные напряжения возникают в швеллере 221 МПа, коэффициент запаса прочности при этом равен 1,85. Минимальный запас на потерю устойчивости – 1,50. На основе полученных данных можно сделать вывод, что данная конструкция спроектирована с учетом авиационных правил, что соответствует техническому заданию на размещение аппаратуры из состава комплекса ПрНПК-124М.

#### **Библиографический список**

1. Журнал Общества экспериментальной механики SEM. "The International Journal of Analytical and Experimental Modal Analysis" The Society for Experimental Mechanics, Inc., School Street, Bethel, CT 06801.
2. D. J. EWINS "Modal Testing: Theory and Practice" Research Studies Press Ltd., Letchworth, Herts, England.

### **СОЗДАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА В VISUAL STUDIO 2019 ДЛЯ РЕШЕНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СОРТИРОВОК**

*Мангилев Л.С., Эварт Т.Е.*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В данной статье рассматриваются методы сортировки «пузырьком», выбором, вставками и Шелла. Описывается разработка графического приложения, позволяющего автоматизировать рассмотренные методы. Для реализации приложения использован инструмент Visual Studio.

**Ключевые слова:** сортировка, методы сортировки «пузырьком», выбором, вставками и Шелла.

Задача сортировки является одной из фундаментных задач в программировании от инженерных и математических программ до баз данных. Ее решению посвящено множество научных исследований, разработано множество алгоритмов.

Сортировка – это процесс упорядочения некоторого множества элементов в некотором определенном порядке, например, упорядочение в алфавитном порядке, по классам и типам, по возрастанию или убыванию количественных характеристик.

Первые прототипы современных методов сортировки появились в XIX веке. В 1890 году для ускорения обработки данных переписи населения в США американец Герман Холлерит создал сортировальную электромеханическую машину, предназначенную для автоматической обработки информации, записанной на перфокартах. Некоторые источники считают, что именно программа сортировки стала первой программой для вычислительных машин. Следующий этап развития методов и алгоритмов сортировки начался в начале 1940-х годов с появлением первых электронных вычислительных машин.

В настоящее время актуальность задач сортировки объясняется появлением высокоэффективных сетевых компьютерных систем и широким распространением компьютеров на сверхсложных микропроцессорах с параллельно-векторной структурой. В промышленности сортировка применяется для проверки восстановления электрических связей по геометрическим данным, сборки `radstack`'ов из разрозненных деталей, проверки конструкторско-технологических ограничений.

Различают простые и сложные методы сортировок. Простые методы требуют порядка  $n \times n$  сравнений, где  $n$  – количество элементов массива. Если  $n$  невелико, то такие алгоритмы вполне могут считаться эффективными, благодаря простоте реализации. Но с ростом числа элементов будет неизбежно возрастать время сортировки, поэтому при больших количествах элементов предпочтение отдают сложным алгоритмам.

Рассмотрим три простых алгоритма: сортировку методом пузырька, вставками и выбором и сложный алгоритм сортировки – сортировку Шелла.

**Сортировка «пузырьком».** Основой этого алгоритма являются повторяющиеся проходы внутри сортируемых массивов [1]. В рамках каждого такого прохода элементы будут постепенно сравниваться по парам. Если порядок внутри одной пары неверен, алгоритм будет переставлять элементы. Такие проходы будут повторяться « $n - 1$ » раз или же вплоть до того момента, пока все пары не найдутся. При этом на каждой новой итерации во внутреннем цикле элемент с наибольшим значением будет перемещаться в конец массива. В итоге в массиве элементы с наименьшим значением будут располагаться в начале, а с наибольшим – в конце массива. В худшем случае сложность алгоритма  $O(n^2)$ . Что же касается лучшего варианта, одним из главных условий его существования является упорядоченность исходных данных. Тогда происходит лишь один проход без перестановок.

**Сортировка выбором.** Идея метода состоит в проходе по массиву в поисках максимального элемента. Найденный максимум меняют местами с последним элементом массива. В этом случае неотсортированная часть массива уменьшается на один элемент. Далее к неотсортированной части применяют те же действия – находят максимум и ставят его на последнее место в неотсортированной части массива. Так продолжают до тех пор, пока неотсортированная часть массива не уменьшится до одного элемента.

**Сортировка вставками.** В данном методе массив необходимо разделить на две части: упорядоченную и неупорядоченную. Сначала весь массив является неупорядоченным [2]. При выполнении каждого шага алгоритма из неупорядоченной части выбирается элемент, который затем вставляется в нужное место отсортированной части. Сам элемент отправляется в буфер, в результате чего в массиве появляется свободная ячейка – это позволяет сдвинуть элементы и освободить точку вставки. Данный процесс выполняется до того момента, когда не останется неупорядоченной части массива. Если решается задача с массивом большой размерности, метод вставки не будет показывать достаточный уровень эффективности.

**Сортировка Шелла.** Это улучшенная версия алгоритма сортировки вставками. Идея этого метода заключается в сравнении и сортировании тех

значений, которые стоят друг от друга на расстоянии « $d$ ». Как только данный шаг будет выполнен, процесс повторится еще раз, но для меньших значений « $d$ ». Заканчивается сортировка на этапе упорядочивания элементов при условии « $d = 1$ ». Эффективность метода может быть обеспечена тем, что некоторые элементы смогут более оперативно встать на необходимые места, на которых они должны быть.

В настоящее время в различных областях науки и промышленности часто стоят задачи обработки массивов данных, которые содержат в себе большое количество элементов. Становится актуальным создание графических приложений, которыми смогут пользоваться специалисты своей предметной области. Для реализации алгоритмов сортировки было разработано приложение с графическим интерфейсом, в котором реализована возможность ввода элементов массива с клавиатуры, вывода отсортированного массива, созданы переключатели выбора алгоритма сортировки. Для создания графического приложения использовалась интегрированная среда разработки Visual Studio 2019.

На начальном этапе был создан пустой проект C# в Visual Studio 2019, в нем выбран шаблон **Windows Forms** и добавлены компоненты [3], которые указаны в табл. 1.

Таблица 1

Компоненты, добавленные в приложении

Компоненты	Назначения
Button	кнопка
RadioButton	переключатель
Textbox	редактор текста
Label	статический текст

В созданном графическом приложении в окне размещены: поле для ввода значений массива, список в виде переключателей для выбора метода сортировки, поле для вывода значений отсортированного массива, кнопки, при нажатии на которые открываются окна с описанием каждого метода. Окно основной формы приложения в режиме проектирования представлено на рис. 1.

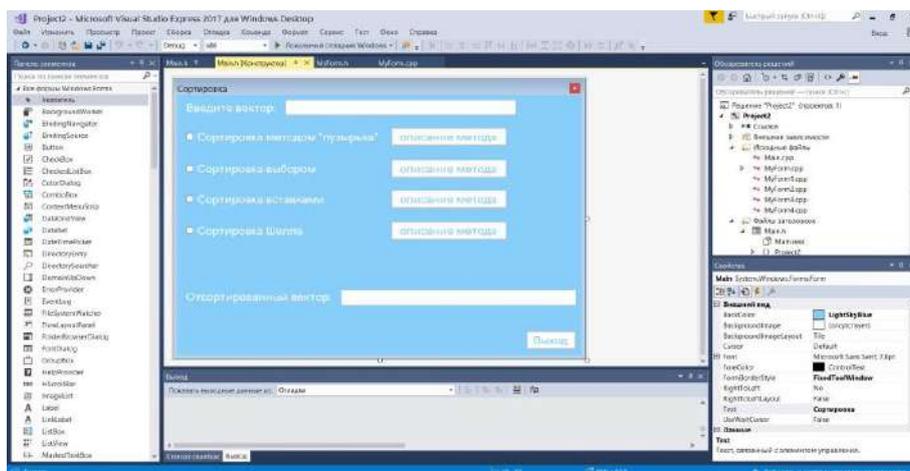


Рис. 1. Окно графического приложения в режиме проектирования

Метод «пузырьком» реализован с помощью вложенных циклов. Необходимо определить переменную « $ost$ », как переключать, и задать ей значение «0». Внешний цикл выполняется пока « $ost=0$ », это означает, что перестановки еще

необходимы. Внутренний цикл выполняется от первого элемента до предпоследнего, попарно сравнивая элементы. Если в паре элементов порядок неверный, то элементы меняются местами.

Метод выбором реализован с помощью вложенных циклов. Внешний цикл описывает итерации от первого элемента до предпоследнего, а внутренний цикл проходит от следующего значения счетчика на внешнем цикле до последнего элемента. Найденное минимальное значение во внутреннем цикле меняется местами с элементом указываемом во внешнем цикле.

Метод вставками реализован с помощью вложенных циклов. Внешний цикл выполняется от единицы до последнего элемента, присваивая значение рассматриваемого элемента массива дополнительной переменной. Внутренний цикл выполняется от первого элемента до счетчика внешнего цикла в обратном порядке, не включая значение счетчика внешнего цикла. Необходимо сравнивать во внутреннем цикле элемент массива со значением дополнительной переменной. Если дополнительная переменная больше, то внутренний цикл прекращается. Иначе значение следующего элемента внутреннего цикла присваивается значению предыдущего элемента внутреннего цикла. После окончания внутреннего цикла значение дополнительной переменной присваивается значению следующего элемента внутреннего цикла.

Метод Шелла реализован с помощью «тройного» цикла. Необходимо определить переменную  $d$ , как число итераций первого цикла, равной половине размерности массива. Первый цикл выполняется пока  $d > 0$ , где  $d$  – расстояние, на котором рассматривают переменные. Второй цикл идет от первого элемента до последнего за минусом  $d$ . Значение счетчика на третьем цикле « $j$ » присваиваем значению счетчика на втором цикле « $i$ ». Третий цикла выполняется, если счетчик третьего цикла больше нуля и значение элемента под номером « $j$ » больше значения элемента под номером « $j + d$ », тогда выполняется перестановка этих элементов и уменьшение « $j$ » на единицу. После завершения второго цикла значение « $d$ » уменьшается вдвое.

Сконструированное окно графического приложения представлено на рис.2.

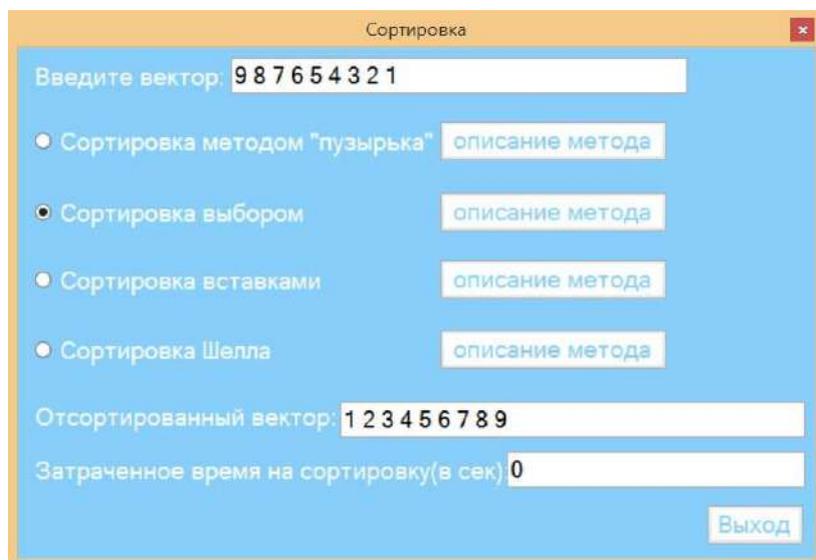


Рис. 2. Окно графического интерфейса

Развитие компьютерной техники в настоящее время позволяет хранить и обрабатывать огромные объемы информации, что требует необходимости в методах и средствах, обеспечивающих ее сортировку. Созданное приложение облегчает решение различных прикладных и инженерных задач, связанных с обработкой массивов данных, которые содержат в себе большое количество элементов: базы данных, библиотеки, интернет-каталоги. Важным преимуществом приложения является возможность работы без полноценной установки среды программирования Visual Studio [4].

#### Библиографический список

1. **Беляева, И.В., Беляев, К.С.** Методы сортировок и их реализации: методические указания к М54 выполнению лабораторных работ / сост. и. В. Беляева, К.С. Беляев. Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 48 с.
2. **Шагбазян, Д. В., Штанюк, А.А., Малкина, Е.В.** Алгоритмы сортировки. Анализ, реализация, применение: учебное пособие/Д.В. Шагбазян, А.А. Штанюк, Е.В. Малкина // Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2019. – 42с.
3. **Белая, Т.И.** Программирование: основы языка C++ : учебное пособие / составители Т.И. Белая // Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2020. – 171 с.
4. **Моренкова, О.И.** Программирование на языке C/C++: практикум для СПО / О.И. Моренкова, Т. И. Парначева // Саратов : Профобразование, 2021. – 102 с.

## СХОДИМОСТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ НЕЧЁТКИХ ЧИСЕЛ

*И. Н. Маслов*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

Рассматривается обобщение понятия предела числовой последовательности на случай, когда элементы последовательности – нечёткие числа. На множестве всех нечётких подмножеств, предложена метрика, отличная от обычно используемых расстояний Хемминга и Евклида. Доказаны некоторые утверждения о пределе последовательности нечётких чисел.

**Ключевые слова:** нечёткое число, расстояние в метрическом пространстве, предел числовой последовательности.

Нечёткими числами называют нечёткие подмножества, заданные на множестве действительных чисел  $\mathbb{R}$ . Нечёткой последовательностью будем называть счётное множество нечётких чисел.

Рассмотрим числовую последовательность  $\{x_n\}$  и поставим ей в соответствие последовательность нечётких подмножеств  $\{X_n\}$ , элементы которой будем считать нечёткими числами:

$$X_n = \bigcup_{i=1}^m \frac{\mu_{X_n}(x_n^{(i)})}{x_n^{(i)}} = \frac{\mu_{X_n}(x_n^{(1)})}{x_n^{(1)}} + \frac{\mu_{X_n}(x_n^{(2)})}{x_n^{(2)}} + \dots + \frac{\mu_{X_n}(x_n^{(k-1)})}{x_n^{(k-1)}} + \frac{1}{x_n} + \frac{\mu_{X_n}(x_n^{(k+1)})}{x_n^{(k+1)}} + \dots + \frac{\mu_{X_n}(x_n^{(m)})}{x_n^{(m)}}. \quad (1)$$

Напомним [1], что нечётким числом называется нечёткое множество  $A$ , заданное на множестве действительных чисел,  $A \subseteq \mathbb{R}$ , функция принадлежности которого

$$\mu_A(x): \mathbb{R} \rightarrow [0,1]$$

удовлетворяет следующим условиям:

- 1) нечёткое множество  $A$  является нормальным, то есть существует такое значение  $x \in \text{supp } A$ , в котором функция принадлежности равна 1 (здесь  $\text{supp } A$  обозначает носитель множества  $A$ );
- 2) при любом отступлении от точки своего максимума влево или вправо функция принадлежности не убывает или не возрастает соответственно, то есть нечёткое множество  $A$  является выпуклым.

Это означает, что значения функции принадлежности  $\mu_{X_n}(x)$  в формуле (1) удовлетворяют неравенствам

$$0 \leq \mu_{X_n}(x_n^{(1)}) \leq \mu_{X_n}(x_n^{(2)}) \leq \dots \leq \mu_{X_n}(x_n^{(k-1)}) \leq 1 \geq \mu_{X_n}(x_n^{(k+1)}) \geq \dots \geq \mu_{X_n}(x_n^{(m)}) \geq 0.$$

Допустим, что числовая последовательность  $\{x_n\}$  сходится и имеет предел  $a$ ,  $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = a$ , то есть

$$\forall \varepsilon > 0 \quad \exists N \quad \forall n > N: |x_n - a| < \varepsilon.$$

Поставим в соответствие числу  $a$  нечёткое подмножество  $A$ , имеющее вид:

$$A = \bigcup_{i=1}^m \frac{\mu_A(a^{(i)})}{a^{(i)}} = \frac{\mu_A(a^{(1)})}{a^{(1)}} + \frac{\mu_A(a^{(2)})}{a^{(2)}} + \dots + \frac{\mu_A(a^{(k-1)})}{a^{(k-1)}} + \frac{1}{a} + \frac{\mu_A(a^{(k+1)})}{a^{(k+1)}} + \dots + \frac{\mu_A(a^{(m)})}{a^{(m)}}. \quad (2)$$

В формуле (2)  $a^{(1)}, a^{(2)}, \dots, a^{(m)}$  - действительные числа. Связь их с последовательностями  $x_n^{(1)}, x_n^{(2)}, \dots, x_n^{(m)}$  будет установлена ниже.

*Определение.* Нечёткое множество  $A$  назовём пределом последовательности нечётких множеств  $\{X_n\}$ ,  $A = \lim_{n \rightarrow \infty} \{X_n\}$ , если

$$\forall \varepsilon > 0 \quad \exists N \quad \forall n > N: \rho(X_n, A) < \varepsilon.$$

Здесь  $\rho: U \times U \rightarrow \mathbb{R}_+$  - метрика универсального множества  $U$  (которое в случае нечётких чисел представляет собой множество действительных чисел  $\mathbb{R}$ ), содержащего все рассматриваемые нечёткие подмножества,  $\mathbb{R}_+$  - множество неотрицательных действительных чисел. Выберем эту метрику - расстояние между нечёткими числами  $A$  и  $B$  - например, в таком виде:

$$\rho(A, B) = \sum_{i=1}^m |\mu_A(a^{(i)}) - \mu_B(b^{(i)})| + \sum_{i=1}^m |a^{(i)} - b^{(i)}|, \quad (3)$$

напоминающем своим первым слагаемым расстояние Хемминга для конечного универсального множества  $U$ , содержащего  $m$  элементов.

Нетрудно убедиться, что метрика  $\rho(A, B)$  удовлетворяет трём условиям расстояния в метрическом пространстве: 1) аксиоме тождества:  $\rho(A, B) = 0$ , если и только если  $A = B$ ; 2) аксиоме симметрии:  $\rho(A, B) = \rho(B, A)$ ; 3) неравенству треугольника:  $\rho(A, B) + \rho(B, C) \geq \rho(A, C)$ .

Действительно, первое условие – аксиома тождества – очевидно, выполняется, поскольку для любого числа  $z$  имеет место неравенство  $|z| \geq 0$ ; кроме этого, равенство нулю суммы абсолютных величин чисел означает, что равно нулю каждое число. Второе условие – аксиома симметрии – очевидно, поскольку абсолютная величина числа не изменится, если изменить его знак. Третье условие – неравенство треугольника – следует из неравенства  $|a - b| + |b - c| \geq |a - c|$ , которое, в свою очередь, является следствием неравенства  $|x| + |y| \geq |x + y|$ , и соответствующих преобразований:

$$\begin{aligned} \rho(A, B) + \rho(B, C) &= \left( \sum_{i=1}^m |\mu_A(a^{(i)}) - \mu_B(b^{(i)})| + \sum_{i=1}^m |a^{(i)} - b^{(i)}| \right) + \left( \sum_{i=1}^m |\mu_B(b^{(i)}) - \mu_C(c^{(i)})| + \sum_{i=1}^m |b^{(i)} - c^{(i)}| \right) = \\ &= \sum_{i=1}^m (|\mu_A(a^{(i)}) - \mu_B(b^{(i)})| + |\mu_B(b^{(i)}) - \mu_C(c^{(i)})|) + \sum_{i=1}^m (|a^{(i)} - b^{(i)}| + |b^{(i)} - c^{(i)}|) \geq \\ &\geq \sum_{i=1}^m |\mu_A(a^{(i)}) - \mu_C(c^{(i)})| + \sum_{i=1}^m |a^{(i)} - c^{(i)}| = \rho(A, C). \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\rho(X_n, A) = \sum_{i=1}^m |\mu_{X_n}(x_n^{(i)}) - \mu_A(a^{(i)})| + \sum_{i=1}^m |x_n^{(i)} - a^{(i)}|. \quad (4)$$

*Лемма.* Для того, чтобы последовательность нечётких подмножеств  $\{X_n\}$  имела пределом нечёткое подмножество  $A$ , необходимо и достаточно, чтобы каждая числовая последовательность  $\{x_n^{(i)}\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ , в формуле (1) имела предел  $a^{(i)}$ , а каждая числовая последовательность  $\{\mu_{X_n}(x_n^{(i)})\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$  имела предел  $\mu_A(a^{(i)})$ .

*Доказательство.* 1. Необходимость. Пусть последовательность нечётких чисел  $\{X_n\}$  имеет пределом нечёткое число  $A$ . Тогда

$$\forall \varepsilon > 0 \quad \exists N \quad \forall n > N: \rho(X_n, A) < \varepsilon, \quad \text{или} \quad \sum_{i=1}^m |\mu_{X_n}(x_n^{(i)}) - \mu_A(a^{(i)})| + \sum_{i=1}^m |x_n^{(i)} - a^{(i)}| < \varepsilon.$$

Отсюда следует, что  $\sum_{i=1}^m |\mu_{X_n}(x_n^{(i)}) - \mu_A(a^{(i)})|$  и  $\sum_{i=1}^m |x_n^{(i)} - a^{(i)}|$ , а, значит,

$$\max_{i=1,2,\dots,m} |\mu_{X_n}(x_n^{(i)}) - \mu_A(a^{(i)})| < \varepsilon \quad \text{и} \quad \max_{i=1,2,\dots,m} |x_n^{(i)} - a^{(i)}| < \varepsilon. \quad \text{Следовательно, для любого}$$

$i = 1, 2, \dots, m$  выполняются неравенства  $|\mu_{X_n}(x_n^{(i)}) - \mu_A(a^{(i)})| < \varepsilon$  и  $|x_n^{(i)} - a^{(i)}| < \varepsilon$  при

$n > N$ . Это означает, что существуют пределы  $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n^{(i)} = a^{(i)}$  и  $\lim_{n \rightarrow \infty} \mu_{X_n}(x_n^{(i)}) = \mu_A(a^{(i)})$ .

2. Достаточность. Пусть  $x_n^{(i)} \rightarrow a^{(i)}$  и  $\mu_{X_n}(x_n^{(i)}) \rightarrow \mu_A(a^{(i)})$  при  $n \rightarrow \infty$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ . Тогда, каково бы ни было число  $i$ , принимающее значения от 1 до  $m$ :  $i = 1, 2, \dots, m$ ,  $\forall \varepsilon > 0 \exists N^{(i)} \forall n > N^{(i)}: |x_n^{(i)} - a^{(i)}| < \frac{\varepsilon}{2m}$ . Аналогично, каково бы ни было число  $j$ , принимающее значения от 1 до  $m$ :  $j = 1, 2, \dots, m$ ,  $\forall \varepsilon > 0 \exists N^{(j)} \forall n > N^{(j)}: |\mu_{X_n}(x_n^{(j)}) - \mu_A(a^{(j)})| < \frac{\varepsilon}{2m}$ .

Положим  $N = \max_{\substack{i=1 \div m \\ j=1 \div m}} \{N^{(i)}, N^{(j)}\}$ . Тогда  $\forall n > N$  и  $\forall i, j$ , принимающих значения от 1 до  $m$ , для каждого из слагаемых в формуле (4) выполняются неравенства  $|\mu_{X_n}(x_n^{(j)}) - \mu_A(a^{(j)})| < \frac{\varepsilon}{2m}$  и  $|x_n^{(i)} - a^{(i)}| < \frac{\varepsilon}{2m}$ , из которых следует:  $\rho(X_n, A) = \sum_{i=1}^m |\mu_{X_n}(x_n^{(i)}) - \mu_A(a^{(i)})| + \sum_{i=1}^m |x_n^{(i)} - a^{(i)}| < \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\varepsilon}{2} = \varepsilon$ , то есть существует предел  $\lim_{n \rightarrow \infty} \{X_n\} = A$ .

*Теорема.* Если существует предел последовательности нечётких чисел, то этот предел – единственный.

*Доказательство.* Пусть существует предел  $\lim_{n \rightarrow \infty} \{X_n\} = A$ . Из доказанной леммы следует, что тогда существуют пределы числовых последовательностей  $\{x_n^{(i)}\}$  и  $\{\mu_{X_n}(x_n^{(i)})\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ , равные соответственно числам  $a^{(i)}$  и  $\mu_A(a^{(i)})$ . Эти числа, как известно из курса математического анализа, единственны. Теорема доказана.

Представляет интерес дальнейшее развитие теории нечётких последовательностей. При этом совсем не обязательно ограничивать рассмотрение только случаем конечного универсального множества  $U$ . Не меньший интерес вызывает случай, в котором множество  $U$  счётно или даже имеет мощность континуума.

В этом последнем случае естественно было бы обобщить понятие предела последовательности нечётких чисел до понятия предела функций, аргументами которых являлись бы нечёткие числа.

При этом оказывается возможным избежать известной трудности: при выполнении арифметических операций над нечёткими числами результатом не всегда оказывается нечёткое число. Как известно для того, чтобы в результате выполнения арифметических операций (сложения, вычитания, умножения, деления) над нечёткими числами получались нечёткие числа, достаточно, чтобы функции принадлежности исходных нечётких чисел были непрерывны [2].

### Библиографический список

1. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
2. Дюбуа, Д. Теория возможностей / Д. Дюбуа, А. Прад. М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.

## СОЗДАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЛЕГКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ГРАЖДАНСКОГО И ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*И.С. Маслов, В.Д. Столяров*

*ПАО Арзамасское научно-производственное предприятие «ТЕМП-АВИА»*

В статье рассмотрены результаты разработки специалистами ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА» перспективных пилотажно-навигационных систем: представлены аппаратные и программные средства повышения качества (показателей назначения, надежности и эргономичности), определены основные способы комплексирования информации, предложены дальнейшие направления исследований.

**Ключевые слова:** интегрированные интеллектуальные системы, комплексирование информации, адаптивный фильтр Калмана.

В настоящее время практически на всех подвижных объектах (наземных, морских и воздушных) в качестве основных источников информации используются платформенные или бесплатформенные инерциальные навигационные системы, в состав которых входят акселерометры и гироскопы.

Всем гироскопическим датчикам, вне зависимости от физических принципов работы, свойственен дрейф нулевого сигнала, т.е. накапливаемая со временем погрешность [1]. Величина дрейфа нулевого сигнала для разных типов гироскопов приведена на рис. 1.



Рис.1. Характеристика точности гироскопов

Электромеханические гироскопы успешно применялись на всех типах летательных аппаратов (ЛА). Однако из-за существенных массогабаритных характеристик, сложности изготовления и регулировки гиросtabilизированных платформ и с учетом повышения требований к летательным аппаратам сейчас в составе инерциальных систем применяются новые типы гироскопов: в первую очередь, оптические, твердотельные волновые и микромеханические.

Предприятие ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА» за свою 60-летнюю историю разработало и освоило производство целой линейки пилотажных приборов и систем на всех перечисленных типах гироскопов (рис. 2) [2].



**Рис. 2. Пилотажно-навигационные приборы**

Для снижения погрешностей, свойственных инерциальным датчикам, применяются различные подходы: изменение конструкции самих преобразователей, их механическая регулировка (для платформенных приборов), или же проведение специальных калибровочных процедур (для бесплатформенных систем), в процессе которых определяется систематическая составляющая погрешности, которая впоследствии учитывается при вычислении параметров полета.

В настоящее время одним из наиболее перспективных способов повышения точности систем позиционирования подвижных объектов считается комплексирование информации от источников различной физической природы (инерциальных, геотехнических, радиотехнических, спутниковых и т.д.). Это позволяет не только обеспечить требуемые точностные характеристики и повысить надежность, но и расширить функциональные возможности информационно-измерительных систем.

Однако до настоящего времени недостаточно проработаны научно обоснованные методы комплексирования информации от измерительных устройств различной физической природы.

Кроме того, последние несколько лет критической стала зависимость характеристик интеллектуальных систем от применяемой элементной базы. Из-за экономических санкций производители применяют отечественные комплектующие, которые зачастую уступают по многим показателям иностранным аналогам. Особенно остро их негативное влияние авиационная отрасль ощутила несколько недель назад. Например, из-за наличия в составе поставляемого модуля иностранной микросхемы разработчики вынуждены заново отлаживать изделие, которое испытывали и отработывали более двух лет.

В результате для достижения требуемого уровня качества системы необходима разработка целого ряда научно-технических решений.

Поэтому целью исследований является разработка методов, аппаратных и программных средств улучшения качества (показателей назначения, надежности и эргономичности) интеллектуальных приборов и систем авиационного применения, что непосредственным образом способствовало бы не только обеспечению технологической независимости России в вопросах освоения и использования воздушного пространства РФ, в том числе, арктических регионов, но и обеспечению безопасности нашей страны.

В составе современных пилотажных комплексов разрабатываемые системы будут соответствовать всем критериям телекоммуникационных систем: они получают информацию от множества различных источников, преобразуют ее и обрабатывают, выдают ее потребителям по каналам связи (в соответствии с наиболее распространенными стандартами информационного обмена), имеют локальное применение (в составе объекта применения), имеют интеллектуальный информативный интерфейс. При этом, источники информации могут быть как внутренние (входить в состав системы), так и внешние (бортовые, наземные, воздушные и т.д.).

Применение разнородных источников информации обусловлено тем, что каждый тип устройств имеет свои «слабые» стороны, но в результате комплексирования информации появляется возможность полного или частичного устранения этих недостатков. Так, инерциальные системы являются автономными и помехоустойчивыми, но главный их недостаток – накопление погрешностей с течением времени; барометрические измерители часто имеют ограниченную функциональность, а также существенные аэродинамические и температурные погрешности; спутниковые навигационные системы имеют задержки приемо-передачи сигнала по мере прохождения атмосферы, ошибка часов приемника и эфемеридные погрешности, а также ошибки, вызванные влиянием отраженных сигналов [3].

Предложенная структура (рис. 3) позволяет объединить достоинства инерциальных и геотехнических систем: для определения углов крена, тангажа и гиромагнитного курса используется информация от триады одноосных датчиков угловых скоростей, триады одноосных акселерометров и трехкомпонентного магнитометра (применение одноосных инерциальных датчиков обусловлено

требованиями по обеспечению надежности). По информации от датчиков статического и динамического давления происходит определение приборной и истинной скорости, относительной и абсолютной высоты, вертикальной скорости, числа Маха. Также применяются дополнительные датчики температуры, измеряющие характеристики датчиков угловой скорости, акселерометров и датчиков давления. Полученная информация используется при расчете некоторых параметров движения объекта, а также для более точного определения температурных зависимостей погрешностей датчиков в процессе калибровки и тарировки.

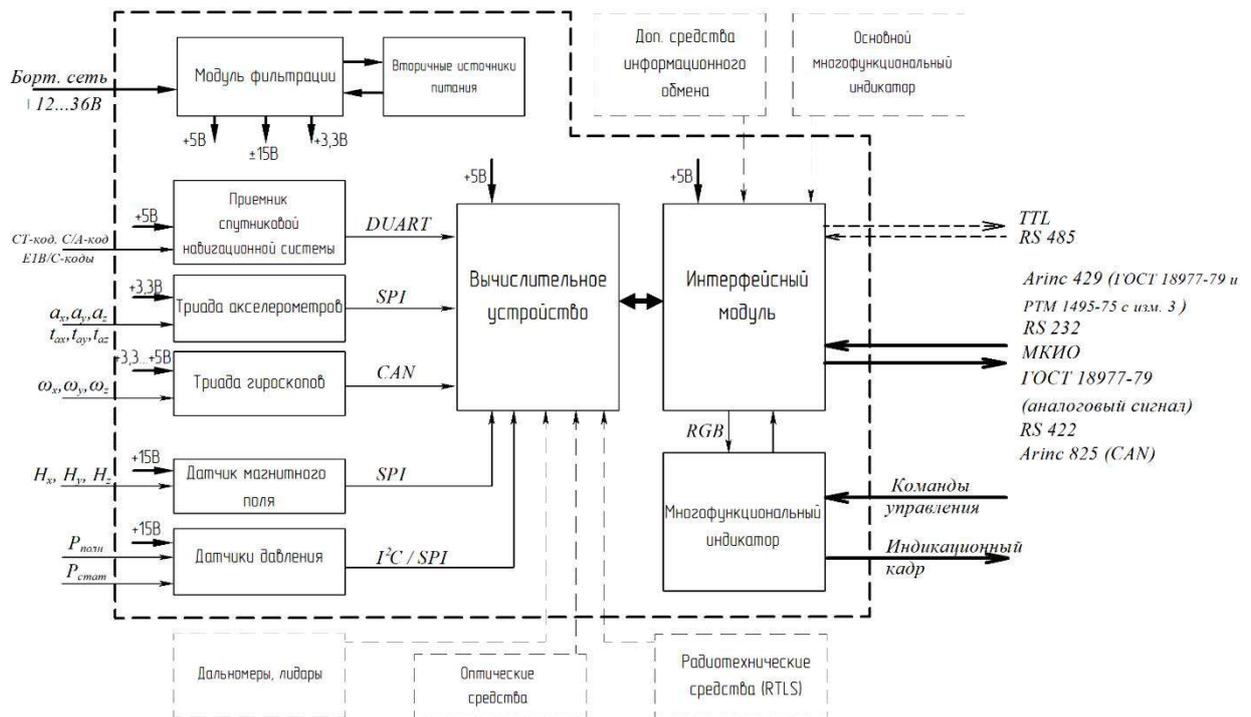


Рис. 3. Структурная схема инерциальных и геотехнических систем

Такие системы могут успешно применяться как пилотируемых ЛА, так и в беспилотных летательных аппаратах с некоторыми доработками по информационным интерфейсным каналам.

Основными элементами конструкции интеллектуальных систем является интерфейсный модуль (обеспечивает взаимодействие с потребителями по линиям связи наиболее распространенных авиационных стандартов) и вычислительное устройство на основе высокопроизводительных отечественных микроконтроллеров на базе ядра ARM Cortex-M4 (выполняет обработку информации, осуществляет обработку и формирование входных/выходных команд, конфигурирует информацию для отображения на многофункциональных индикаторах).

Для решения задачи комплексирования сигналов, поступающих от нескольких измерительных устройств, в разрабатываемой системе применяется адаптивный фильтр Калмана из-за его универсальности, простоты реализации и возможности получения оптимальной оценки параметров динамической систе-

мы. Единственным ощутимым недостатком фильтра является его «громоздкость» (необходимы существенные вычислительные мощности). Однако проведенная предварительная оценка продемонстрировала невозможность использования альтернативных программных подходов (например, фильтра Маджвика как менее ресурсозатратного) (рис. 4).

Одновременно с разработкой программных средств осуществлялись отработка аппаратных технических решений, а также параллельная разработка дополнительных устройств, необходимых для обеспечения максимального функционала разрабатываемой интеллектуальной системы: например, феррозондового трехкомпонентного аналогового магнитометра и датчиков давления с кремниевым чувствительным элементом.

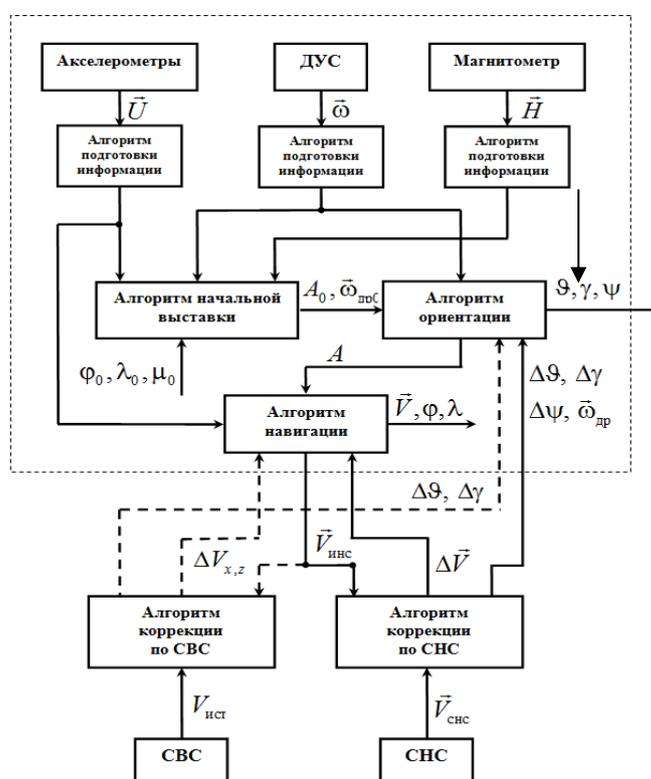


Рис. 4. Структурная схема алгоритмов системы

Результатом работ явилось создание семейства приборов и систем, которые находят применение в составе пилотажно-навигационных комплексов объектов малой гражданской авиации. К сожалению, из-за общего негативного состояния, достижения в данном направлении пока не велики.

Иная ситуация по направлению создания интеллектуальных систем для пилотируемых ЛА военного и двойного назначения, а также учебно-тренировочных самолетов.

Основными достоинствами систем является использование модульной структуры, позволяющей достаточно быстро адаптировать имеющуюся конструкцию под конкретные требования того или иного объекта.

Однако современные реалии ставят новые задачи:

- необходима элементная база, например, проработка возможности освоения технологии изготовления видеомодулей в собственном производстве, совместная разработка датчиков давления, разработка магнитометров цифровых, освоение технологий, разработка микромеханического датчика угловой скорости совместно с профильным подразделением ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА»;
- совершенствование алгоритмического обеспечения, комплексирование с встроенным и внешним приемником спутниковой навигации, обработка и учет информации датчика температуры торможения;
- повышение точностных характеристик за счет применения элементов искусственного интеллекта, унификация схемотехнических решений, автоматизация процессов разработки и производства, цифровая трансформация, повышение технологичности изготовления деталей в собственном производстве.

Наиболее значимыми можно назвать разработку видеомодулей и многофункциональных индикаторов, а также совместную разработку датчиков на отечественной элементной базе.

Также необходимо постоянно совершенствовать алгоритмическое обеспечение и осуществлять работы для повышения конкурентоспособности, в частности, повышать точность за счет применения элементов искусственного интеллекта и за счет повышения технологичности изготовления.

### Заключение

В статье рассмотрены результаты разработки специалистами ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА» перспективных пилотажно-навигационных систем: представлены аппаратные и программные средства повышения качества (показателей назначения, надежности и эргономичности), определены основные способы комплексирования информации, предложены дальнейшие направления исследований.

### Библиографический список

1. **Вавилов, В.Д.** Интегральные датчики: учеб. пособие. Н. Новгород, 2003. – 503 с.
2. **Матвеев, В.В.** Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / Под общ. ред. д.т.н. В.Я. Распопова. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009. – 280 с.
2. ПАО АНПП «Темп-Авиа». Каталог гражданской продукции [Ресурс]. Рабочая страница: <http://www.temp-avia.ru/index.php.katalog-produktsii>
3. **Мамаева, В.Я.** Воздушная навигация и элементы самолетовождения [Текст] / учебное пособие. – СПб.: СПбГУАП, 2002. – 256 с.

## КООРДИНАТНЫЙ СТОЛ СТАНКА ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ. ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ

*А.Н. Панченко, О.Ю. Мельникова*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье описана конструкция координатного стола станка плазменной резки с числовым программным управлением, его особенности и преимущества перед существующими конструкциями.

**Ключевые слова:** координатный стол, плазменная резка, числовое программное управление, зубчатый ремень, резка металла, производственный процесс.

Станок плазменной резки металла с ЧПУ предназначен для изготовления деталей из листового металлопроката толщиной от 0,5 мм до 10 мм в зависимости от источника плазмы. В рассматриваемом станке в качестве источника плазмы используется аппарат «HeroCut CUT55i Non-HF arc starting». Точность выдерживания геометрических размеров составляет 0,5мм.

Принцип работы станка заключается в следующем:

- в управляющий компьютер загружается управляющая программа с расширением GАР;
- управляющая программа используется программным продуктом Mach3;
- компьютер соединен с блоком электроники станка через параллельный интерфейс для подключения периферийных устройств LPT;
- блок электроники станка осуществляет управление координатными осями X, Y, Z, включением и отключением источника плазмы, контролёром высоты удержания плазмотрона над заготовкой, имеет возможность контролировать крайние положения координатных осей;
- координатные оси X, Y приводятся в действие шаговыми двигателями через зубчатые ременные передачи. Ось Z приводится в действие ходовым винтом M8x4 с разрезной безлюфтовой гайкой;
- на оси Z через монтажный кронштейн закреплён плазменный резак, в составе которого имеется плазмотрон;
- для подачи сжатого воздуха к аппарату плазменной резки используется пневмосистема, состоящая из компрессора АСО К-25М Бежецкого завода АСО производительностью 500 л/мин, сепаратора циклонного типа ОМІ, трубопроводов PPR 25.

Станок плазменной резки с числовым программным обеспечением (рис. 1) представляет собой комплекс элементов и оборудования. Условно их можно разделить на механическую и электрическую части [3].

К механической части относится рама станка, раскроечный стол 12, источник плазмы 13, источник сжатого воздуха 15, станция осушения воздуха 14. Рама станка состоит из двух жёстко закреплённых взаимно сориентированных рельсовых путей 7, по которым перемещается портал 1. Крепление к полу и ориентация выполняется через опорные пяты 10. Зубчато-ременной привод оси X 8, состоящий из двух ремней с помощью натяжителей 9 крепится к кронштейнам рельсов и запасован через перекладные ролики на шкив шагового двигателя оси X 16. Зубчатый ремень привода оси Y 4 также через натяжители закрепляется на боковинах портала и через ролики запасован на шкив шагового двигателя оси Y, смонтированного непосредственно на каретке 5. Каретка имеет возможность перемещаться по направляющим портала. На ней болтовыми соединениями установлен привод оси Z 2, на которой в свою очередь через кронштейн инструмента 6 закреплена плазменная горелка 3.

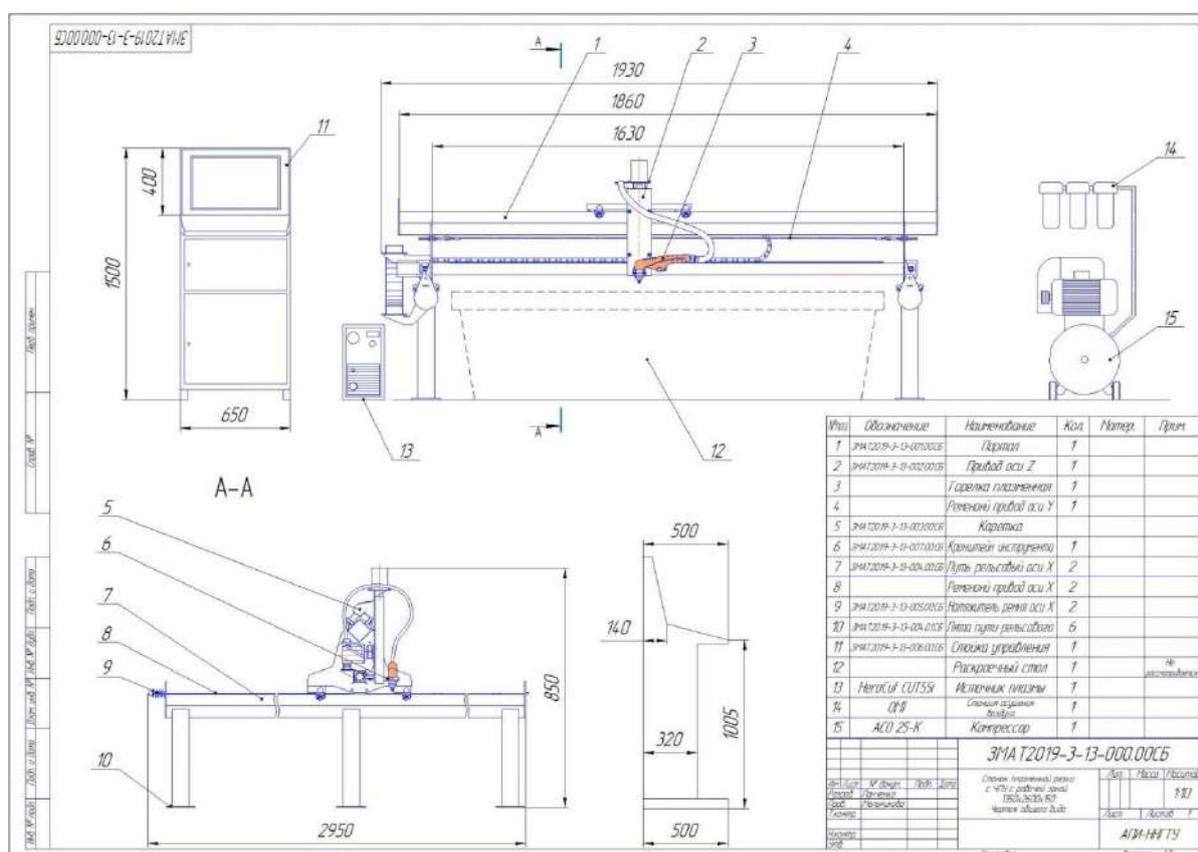


Рис. 1. Общий вид станка плазменной резки

К электрической части относятся стойка управления 11. В ней интегрированы управляющий компьютер, блок стабилизации напряжения, блок автоматической защиты, блок управляющей электроники станка. Стойка управления подключена к электрической цепи кабелем, к станку жгутом электропроводки через разъёмы. Жгут электропроводки закреплён на левом рельсе и через трассировщик направлен на портал, где часть проводов уходит на подключение ша-

гового двигателя и индукционных датчиков крайних положений, часть, также через второй трассировщик, передается на каретку. На каретке происходит подключения шагового двигателя перемещения каретки, управления оси Z, сенсора касания заготовки. Кабель источника плазмы проходит по станку аналогичным маршрутом.

Основные технические данные разрабатываемого станка полностью отражены в табл. 1.

Рассмотрим конструкторские решения, примененные при проектировании координатного стола [2].

При работе станков плазменной резки металла с числовым программным обеспечением для привода портала (координата X) применяются два шаговых двигателя с каждой стороны. При этом используется реечная передача для преобразования вращательного движения двигателей в поступательное движение портала. Типовая схема представлена на рис. 2.

Таблица 1

Основные технические данные станка

Параметры	Ед. изм.	Значение
Параметры конструкции:		
Тип конструкции станка		Раздельная, порталная
Материал станины / порталной балки		Сталь
Привод порталной балки – ось Y		Двухсторонний
Динамическая стабилизация приводов		Пружинная
Возможные методы резки		Плазменная, газо-кислородная
Габаритные размеры ДхШхВ	мм	2950 x 1930 x 850
Вес	кг	65
Параметры порталной системы:		
Предел перемещения по осям X/Y	мм	1350 x 2650
Ход вертикальной оси Z	мм	160
Точность позиционирования	мм	0,1
Потребляемая мощность	кВт	0,74
Напряжение сети	В	220
Параметры передачи:		Зубчато ременная
Параметры направляющих:		Роликоподшипниковая
Параметры привода по оси X,Y,Z:		NEMA34 87HS78-6008 NEMA23 57HS82-3004
Параметры управления:		
Система ЧПУ		Mach3
Тип управления		Клавиатура, мышь
Тип ввода данных		USB
Система контроля высоты резака		По напряжению дуги
Дистанционное управление		Беспроводная клавиатура
Поддерживаемое программное обеспечение		SheetCAM [4]

В данных конструкциях присутствует ряд недостатков, перечисленных далее.

Использование двух, не связанных между собой шаговых двигателей подразумевает использование двух драйверов, получающих сигнал высокой частоты (от 25 кГц) от одного источника. При работе станка, при отработке управляющей программы не редко встречаются случаи пропуска шагов одним из шаговых двигателей. Данная проблема решается использованием шаговых двигателей с обратной связью с встроенным энкодером, но это дополнительно усложняет конструкцию, значительно повышает стоимость, не решая полностью проблему пропуска шагов (возникающие в процессе резки сильные электромагнитные импульсы способны наводить помехи, как на линии управляющего сигнала, так и на линии энкодера). В данной конструкции это приводит к перекосу портала и соответственно к преломлению координатных осей. Как следствие, искажение размеров изготавливаемых деталей и их брак. Следует отметить, что перекося может возникать непредсказуемо и не определяемо без тестовых прогонов станка.

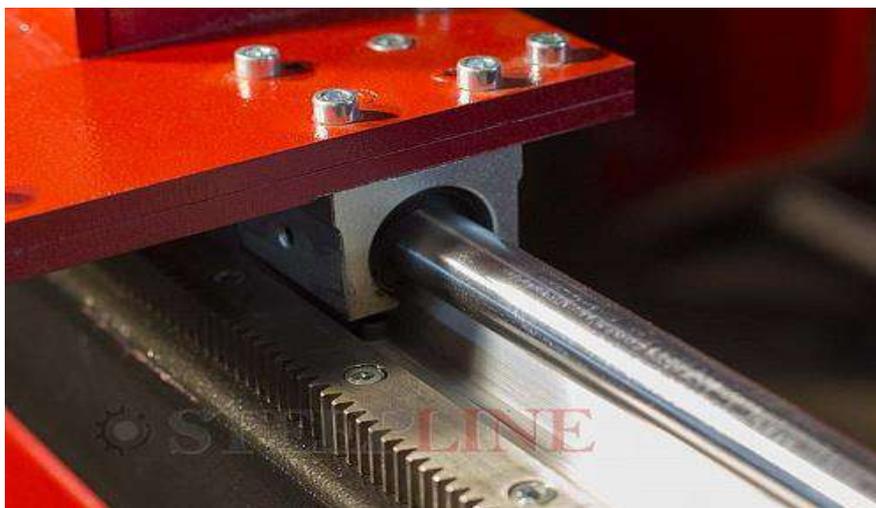


Рис. 2. Типовая схема привода портала

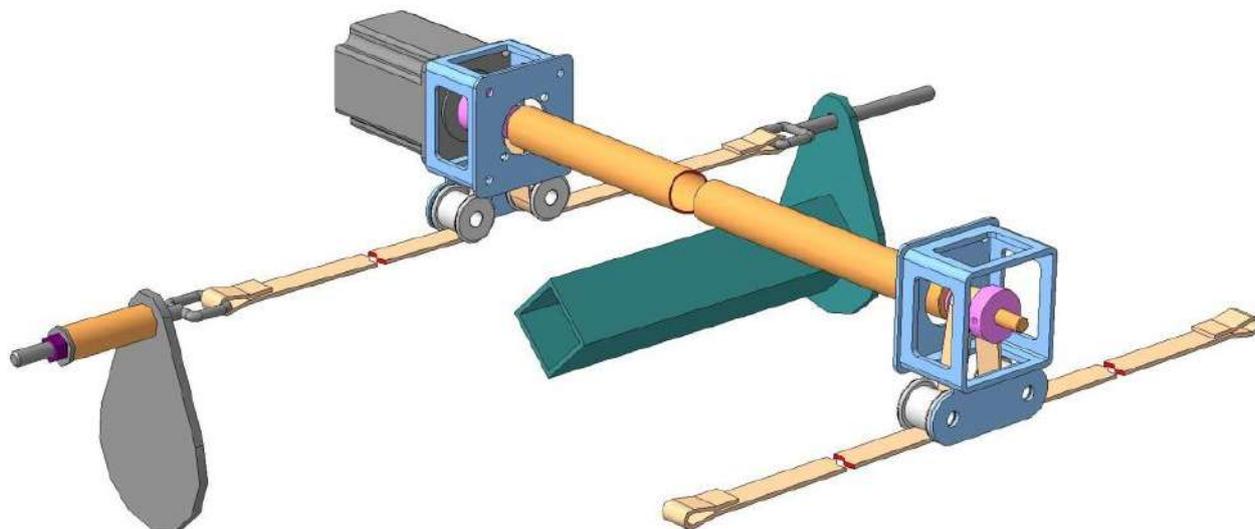
Использование реечного привода обуславливает излишне металлоемкую раму, необходимость точного позиционирования рейки относительно направляющих линейного перемещения. Шаговые двигатели с редукторами закрепляются на портале через систему компенсации зазора в реечной передаче.

Система линейного перемещения, использующая линейные подшипники, чувствительна к загрязнениям на направляющих. Учитывая, что при резке металла плазмой образуется мелкодисперсная металлическая пыль, крайне необходимо постоянно поддерживать чистоту поверхностей направляющих.

Представленная в статье конструкция станка обеспечивает уход от возможных перекосов портала, упрощает конструкцию привода с обеспечением безлюфтовой передачи вращения двигателя, повышает стойкость системы линейного перемещения к загрязнениям.

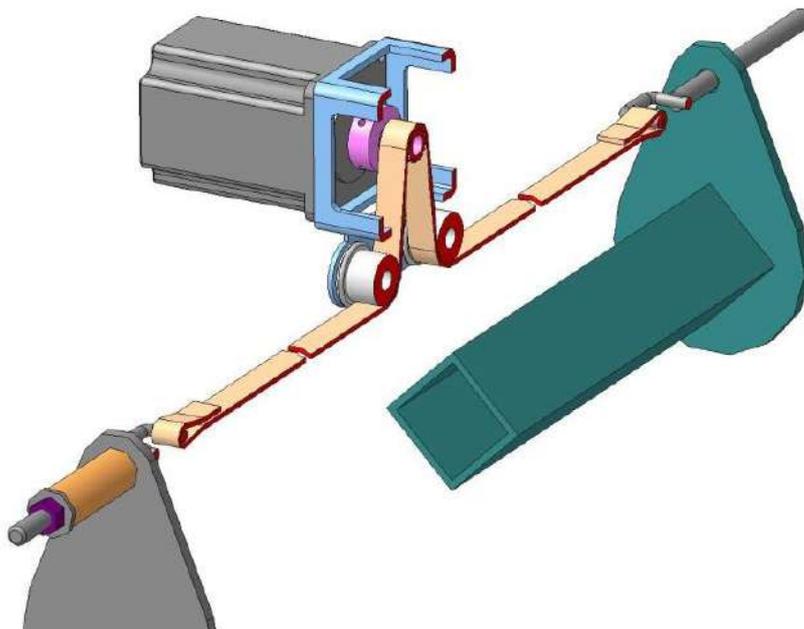
Станок имеет привод портала с одним шаговым двигателем увеличенной мощности, с передачей вращения на вторую сторону портала карданным валом

(рис. 3). Вал установлен в двух самоцентрирующихся подшипниках фланцевого крепления серии UFL.



**Рис. 3. Привод с одним шаговым двигателем**

Ременной зубчатый привод имеет перекладные ролики, зубчатый шкив на валу шагового двигателя и системой предварительного натяжения ремня. Конструктивная схема представлена на рис. 4.



**Рис. 4. Ременной зубчатый привод**

Роликовая система линейного перемещения на стандартных шариковых подшипниках легкой серии [1]. Втулки подшипников имеют эксцентриковые посадочные поверхности в уголок, что дает возможность быстрого и точного позиционирования портала и полного касания направляющих всеми опорами. Внешний вид роликовой системы представлен на рис. 5.

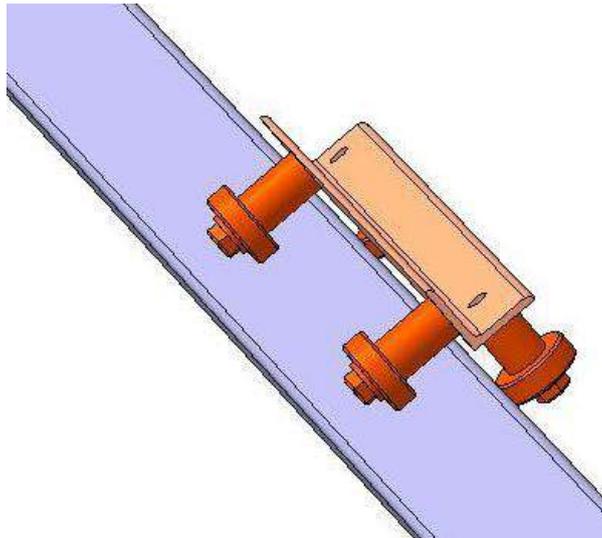


Рис. 5. Роликовая система привода

Данная конструкция линейного перемещения дает возможность проведения текущих ремонтов, не прибегая к длительным простоям оборудования.

Предложенная в статье оптимизация конструкции координатного стола станка плазменной резки позволяет повысить стойкость его элементов к агрессивным условиям работы, обеспечить возможность применения «водяного стола» для заготовок. При этом в значительной степени снижается стоимость самого станка, что сокращает капиталовложения предприятия, тем самым повышая доступность данного оборудования для машиностроительного производства.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 8338-75 Подшипники шариковые радиальные однорядные
2. **Быков, В.В.** Исследовательское проектирование в машиностроении: Учебное пособие / В.В. Быков, В.П. Быков. - М.: Машиностроение, 2011. - 256 с.
3. **Сибиркин, М.Ю.** Современное металлообрабатывающее оборудование: справочник / М.Ю. Сибиркин. – М.: Машиностроительные материалы, 2013. – 308 с.
4. Сайт производителя программного обеспечения АСКОН – Электронный ресурс // URL: <https://kompas.ru/> (дата обращения: 16.02.2022)

## МЕТОДИКА СИНТЕЗА КОНТУРА СТАБИЛИЗАЦИИ БПЛА С ЗАДАНЫМ КАЧЕСТВОМ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

*А.А. Плотников, А.А. Шабашов*  
*ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА»*

В статье рассмотрены методики синтеза контура стабилизации по перегрузке в продольном канале с требуемым качеством переходных процессов.

**Ключевые слова:** задача оптимизации, синтез в продольном канале БПЛА, оптимальное управление.

Основным результатом синтеза контура стабилизации (КС) беспилотного летательного аппарата (БПЛА) являются алгоритмы стабилизации, реализующие

шие формирования управляющих сигналов и адаптации, реализующие закон изменения коэффициентов передачи в зависимости от условий полёта [1].

Основное требование, предъявляемое к разработанному КС, – обеспечение устойчивости и управляемости на основных режимах полёта. Однако на практике не менее важным требованием является обеспечение определённого вида переходной характеристики в замкнутом контуре [2]. Цель настоящей работы – проведение первичного синтеза контура стабилизации по перегрузке в продольном канале типового БПЛА с обеспечением требуемого качества переходных процессов.

Продольное короткопериодическое движение БПЛА в связке «объект управления – рулевой привод» может быть представлено следующей системой:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu \\ \tilde{y} &= Cx + Du - n_{yz} \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x = [\alpha \quad \omega_z \quad \delta_z \quad \delta_z^{зад}]^T$   $u = \dot{\delta}_z^{зад}$

$y = [n_y - n_{yz} \quad \dot{\omega}_z \quad \dot{\alpha} \quad \dot{\delta}_z]^T$   $\tilde{y} = y - n_{yz} [1 \quad 0 \quad 0 \quad 0]^T$

$$A = \begin{bmatrix} -a_{42} & 1 & -a_{43} & 0 \\ -a_{12} & -a_{11} & -a_{13} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{T_n} & \frac{1}{T_n} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} \frac{V}{57,3g} a_{42} & 0 & \frac{V}{57,3g} a_{43} & 0 \\ -a_{12} & -a_{11} & -a_{13} & 0 \\ a_{42} & 0 & -a_{43} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{T_n} & \frac{1}{T_n} \end{bmatrix} \quad D = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

где  $a_{11} = -\frac{m_z^{\omega_z} q S b_a^2}{J_z V}$ ;  $a_{12} = -\frac{m_z^{\alpha} q S b_a^2}{J_z}$ ;  $a_{13} = -\frac{m_z^{\delta_z} q S b_a^2}{J_z}$ ;  $a_{42} = \frac{c_y^{\alpha} q S}{mV}$ ;  $a_{43} = \frac{c_y^{\delta_z} q S}{mV}$ ,

$\alpha$  – угол атаки;  $\omega_z$  – угловая скорость;  $\delta_z$  – угол отклонения руля высоты;  $\delta_z^{зад}$ ,  $\dot{\delta}_z^{зад}$  – подаваемый управляющий сигнал и скорость подачи сигнала на рулевой привод;  $n_y, n_{yz}$  – фактическая и заданная вертикальная перегрузка;  $T_n$  – постоянная времени привода;  $V$  – скорость ОУ;  $g$  – ускорение свободного падения;  $m_z^{\omega_z}, m_z^{\alpha}, m_z^{\delta_z}, c_y^{\alpha}, c_y^{\delta_z}$  – частные производные коэффициентов сил и моментов;  $q$  – скоростной напор;  $S$  – характерная площадь крыла;  $b_a$  – средняя аэродинамическая хорда;  $J_z$  – момент инерции;  $m$  – масса объекта управления.

Коэффициенты передачи, обеспечивающие устойчивость системы (1), могут быть найдены с помощью задачи о линейно-квадратичном регуляторе [3].

Пусть для линейной стационарной системы (1) требуется найти линейный закон управления по выходу

$$u = \dot{\delta}_z^{зад} = -K C x \quad (2)$$

минимизирующий функционал:

$$J = \int_0^{\infty} (Q_{11} (n_{yz} - n_y) + R_{11} \dot{\delta}_z^{зад}) dt \rightarrow \min_{\delta_z^{зад}} \quad (3)$$

где  $Q_{11}, R_{11}$  – штрафы накладываемые на систему.

Матрица усиления, стабилизирующая систему:

$$K = R^{-1} B^T P \quad (4)$$

где  $P$  – матрица решения алгебраического уравнения Риккати:

$$A^T P + PA - PBR^{-1}B^T P + Q = 0, \quad (5)$$

где  $Q = (C^{-1})^T (C(1,:))^T Q_{11} C(1,:) C^{-1}$

Получаемый закон управления гарантирует малость как состояний системы, так и затраченных управлений [4]. Для практических задач синтеза КС не менее важным будет вид переходной функции замкнутого контура, что критерий (3) уже может не гарантировать. В задаче о линейно-квадратичном регуляторе определённый вид переходной функции замкнутого контура достигается путём подбора элементов весовых матриц, смещающих решение алгебраического уравнения Риккати. В результате, требуется найти оптимального управления с точки зрения качества переходного процесса из семейства оптимальных управлений, доставляющих минимум критерию (3).

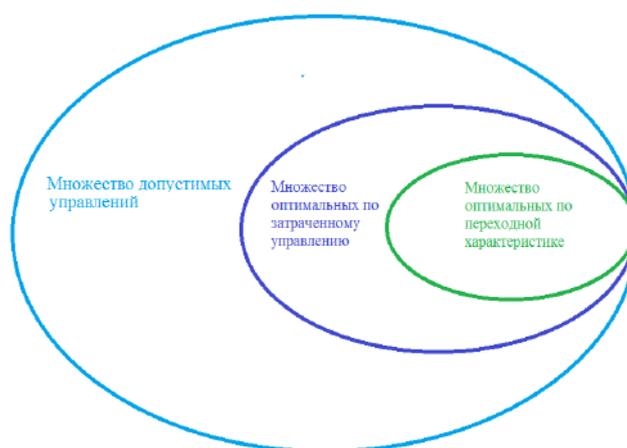


Рис. 1. Множества управлений

Процедура поиска оптимального управления с точки зрения вида переходной характеристики замкнутого контура может быть сформулирована как многоэкстремальная задача оптимизации многомерной функции с ограничениями, в которой в качестве координат минимума (максимума) служат элементы весовых матриц.

Таким образом, из семейства управлений, доставляющих минимум (3), требуется найти такой закон управления  $u_0 \in U$ , который удовлетворяет следующему критерию:

$$J_1(Q_{11}, R_{11}) = \frac{1}{T} \int_0^T (y_s(t) - y_m(u(Q_{11}, R_{11}), t))^2 dt \rightarrow \min \quad (6)$$

$$Q_{11}, R_{11} > 0 \quad u \in (Q_{11}, R_{11}) \leq D$$

где  $u((Q_{11}, R_{11}), t)$  – множество оптимальных управлений, доставляющих минимум функционалу (3);  $y_s(t), y_m(u(Q_{11}, R_{11}), t)$  – эталонный и фактический переход-

ной процесс;  $T$  – время моделирования;  $D$  – область ограничений, накладываемая на передаточные числа.

Важной частью в рассматриваемой задаче является разработка системы ограничений и штрафов, накладываемых и получаемых за выход из допустимой области ограничений. Так в случае превышения величины передаточных чисел величина штрафа должна быть пропорциональна отклонению коэффициента передачи от допустимой границы.

На основе рассмотренной методики произведем синтез контура стабилизации во всем диапазоне высотно-скоростных режимов ОУ. В качестве эталонного переходного процесса зададим колебательное звено с параметрами  $T_s = 0,8$ ,  $\xi_s = 0,7$ . Время переходного процесса, определяемое по достижению 10% трубки относительно заданного значения, для такого звена составляет 2,11 секунды. В качестве алгоритма оптимизации воспользуемся методом деформирующегося многогранника.

На графике (рис. 2) представлено семейство квазиоптимальных переходных процессов, полученных в результате решения задачи оптимизации с требуемым качеством.

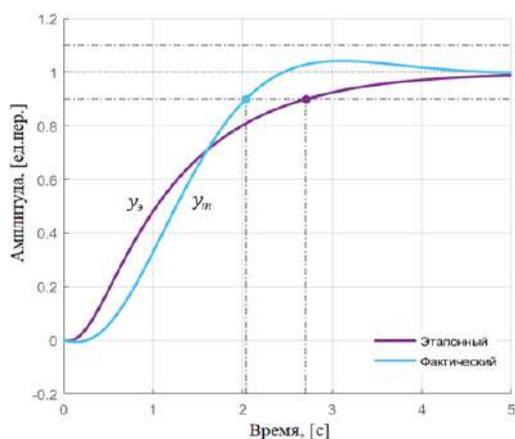


Рис. 2. Эталонный и фактический переходные процессы

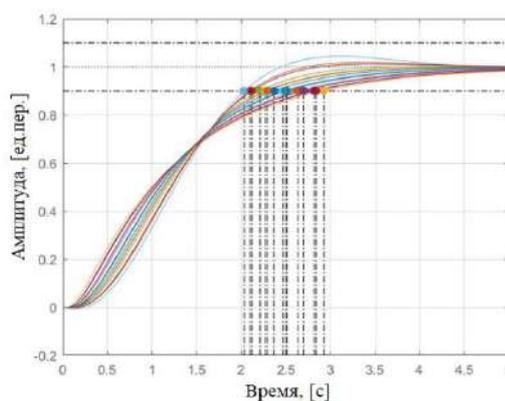


Рис. 3. Семейство переходных процессов

Таблица 1

#### Запасы устойчивости

№	L, [дБ]	$\varphi$ , [град]	№	L, [дБ]	$\varphi$ , [град]
1	22.6	76.8	9	17.2	68.6
2	26.9	81.7	10	21	74.6
3	34.2	86.9	11	27.8	82.9
4	30.9	84.9	12	28.2	84.2
5	19.9	73	13	16.2	65.1
6	24.1	78.7	14	19.3	72.3
7	31.2	85.3	15	23.5	75.9
8	28	82.8	16	26.2	78.1

Согласно требованиям, КС с разомкнутой главной обратной связью должен располагать запасами устойчивости по фазе и амплитуде (не менее 30 град и 7дБ соответственно). Полученные запасы приведены в табл. 1.

Исходя из полученных результатов, можно утверждать, что синтез контура стабилизации по перегрузке в продольном канале БПЛА с требуемых качеством переходных процессов произведен успешно. Время минимального и максимального переходного процесса в замкнутого контура составило 2 и 3 секунды соответственно (при заданном 2,11 секунды), что является допустимым результатом (разнообразие высотно-скоростных режимов не позволяет достигнуть полного соответствия эталонной динамики). Для дальнейшего проведения процедуры синтеза требуется уточнение полученных результатов на нелинейной модели.

#### Библиографический список

1. **Вавилов, В.Д.** Интегральные датчики: учеб. пособие. Н. Новгород, 2003. – 503 с.
2. **Ефремов, А.В.** Динамика полета: Учебник для студентов высших учебных заведений / А.В. Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н. Овчаренко, В.Л. Суханов, Ю.Ф. Шелюхин, А.С. Устинов. – М., Машиностроение, 2011. – 776 с.
3. **Топчеев, Ю.И.** Системы стабилизации / Ю. И. Топчеев, В. Г.Потемкин, В. Г. Иваненко; редкол. Б. А. Рябов, А. С. Шаталов, В. А. Боднер, Ю. И. Топчеев. – М.: Машиностроение, 1974. – 248 с.
4. **Mracek, S P** Missile longitudinal autopilots: connections between optimal control and classical topologies. Guidance, Navigation, and Control Conference, California, AG, 2005.
5. **Поляк, Б.Т.** Математическая теория автоматического управления / Б.Т. Поляк, М.В. Хлебников, Л.Б. Рапопорт. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – 500 с.

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*А.С. Рознов*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье затронута тема разработки и исследования распределительной информационной системы. Описаны основные конструктивные элементы, принцип работы. В результате модернизации информационной системы, стало возможно добиться многократного резервирования, что позволяет получить высокую степень надежности.

**Ключевые слова:** система бортовых измерений, приемный модуль, процессор, модернизация.

Авиационная промышленность играет особо важную роль в российском машиностроении. Современному самолету во время полета необходимо наличие такой информации, как: относительная и барометрическая высота полета, приборная и истинная скорость полета, температура наружного воздуха, темпе-

ратура топлива в баках и т.д. Все информационные сигналы должны пройти регистрацию, обработку и документирование. С целью обеспечения современных и перспективных требований, предъявляемых к авиационной технике, ЭМЗ им. В. М. Мясищева занимается модернизацией самолетных систем (СС) и оборудования. Особо важную роль здесь занимает система бортовых измерений (СБИ).

Система бортовых измерений представляет собой комплекс программно-технических средств, предназначенный для обеспечения лётных испытаний авиационной, ракетно-космической техники и натурных испытаний наземной техники.

СБИ выполняет функции сбора, регистрации и обработки измерительной информации, получаемой от датчиков и бортовых систем в период проведения испытаний изделий, а также в процессе эксплуатации. СБИ выполнена в виде распределённой измерительной системы, построенной на базе малогабаритных модульных комплексов и сканеров физических параметров.

СБИ обеспечивает решение следующих задач:

- сбор, преобразование и обработку измерительной информации на борту самолёта в режиме реального времени;
- регистрацию и хранение зарегистрированных измерительных данных, а также их перенос на наземные средства и послеполётную обработку зарегистрированной информации.

СБИ предназначена для съёма сигналов измеряемых параметров во время полета ЛА с последующей передачей обработанных сигналов оператору.

СБИ, устанавливаемая на самолёт, должна обеспечивать проведение следующих видов измерений:

- параметрические измерения;
- траекторные измерения;
- прочностные измерения;
- виброизмерения.

СБИ может работать в автономном режиме, являясь аналогом полётного регистратора, обладающим расширенными, относительно обычных регистраторов, возможностями.

Система бортовых измерений состоит из нескольких подсистем, одна из которых – распределённая вычислительная система (РВС). РВС представляет собой программно-технический комплекс, имеет распределённую модульную структуру, обеспечивает регистрацию, обработку, отображение, накопление и документирование параметрической информации самолёта и его систем в реальном масштабе времени при проведении лётного эксперимента, а так же при проведении послеполётной обработки его результатов, осуществляет контроль технического состояния самолёта и бортового оборудования при проведении различных видов испытаний и эксплуатации.

Данная система разрабатывается в оборонно-промышленном комплексе России как в гражданской, так и военной авиации. На данный момент выполня-

ется модернизация системы научно-исследовательскими и производственными предприятиями.

Система регистрирует следующие данные: аналоговые сигналы, разовые команды и кодовые параметры следующих самолетных систем: двигателя, системы пожарной защиты, топливной системы, шасси, СКВ (система кондиционирования воздуха), САРД (система автоматической регулирования давления), ПОС (противообледенительная система), гидравлическая система, система управления механизацией крыла, системы электроснабжения, РСО (радиосвязное оборудование), а также регистрируются параметры аэродинамика и температурного состояния подкапотного пространства двигателя.

Базовым конструктивным элементом системы является приемный модуль (ПМ). Конструктивно РВС представляет собой набор приемных модулей в количестве до 30 шт. на каждую интерфейсную линию связи, которые заполняются узлами сопряжения и распределяются на борту самолета, исходя из критерия минимизации объема и длины кабельной сети, соединенных между собой электрически с помощью кабелей и разъемных соединителей.

Измерительная информация поступает в СБИ от первичных датчиков, преобразователей, блоков, комплексов и систем самолёта и принимается каждым приемным модулем, обрабатывается и передается в персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ) по мультиплексному и высокоскоростному последовательному каналу обмена.

Одна ПЭВМ или сеть из ПЭВМ обеспечивает настройку системы РВС на заранее подготовленную программу сбора, принимает информацию от всех приемных модулей и управляет регистрацией информации на встроенном накопителе.

После включения питания осуществляется загрузка и запуск системы сбора и обработки. Эта процедура занимает от нескольких секунд до двух минут в зависимости от конфигурации РВС.

Во время работы оператор (операторы) может наблюдать выбранные параметры на экране ПЭВМ в виде кодов или физических значений, а также в заданном графическом или табличном виде.

Обязательными элементами РВС являются: узлы источник вторичного питания (ИВП), два процессора, блок съемный и выносной пульт управления (ВПУ).

ИВП обеспечивает преобразование напряжения бортовой сети +27 В в выходные напряжения +5 В; +15 В; -15 В.

ИВП имеет защиту по перегрузкам в выходных цепях питания.

Напряжение бортовой сети +27 В через внешний соединитель и входной фильтр питания поступает на модули преобразования и защиты. Модули преобразования представляют собой импульсные преобразователи напряжения с гальванической развязкой. С выхода преобразователей питающие напряжения поступают на выходные фильтры, элементы контроля выходного напряжения, датчик температуры, трехканальный акселерометр и электронный календарь с резервным питанием.

Первый процессор предназначен для работы в составе ПМ в качестве основного активного устройства. Имеет в своем составе два канала: системный и интерфейсный. Системный канал предназначен для взаимодействия процессора со всеми устройствами, подключенными к шине. Интерфейсный канал процессора служит для обмена информацией с внешними абонентами.

Взаимодействие абонентов, подключенных к каналу, осуществляется в виде сообщений, организованных по принципу команда-ответ. Контроллер инициирует все пересылки путем выдачи в канал соответствующих команд и обеспечивает абонентам возможность обмена данными и получение диагностической информации об обменах.

Второй процессор - предназначен для работы в составе приёмного модуля системы РВС в качестве основного вычислителя, а также в качестве контроллера внешнего запоминающего устройства (ВЗУ). Процессор выполнен в типовом конструктиве приёмного модуля РВС и занимает объём в один узел.

Узел ВЗУ работает совместно с блоком съёмным в составе модуля приемного РВС в качестве накопителя принимаемой информации.

Контроллер ВЗУ управляет твердотельным накопителем блока съёмного. Контроллер ВЗУ в процессе работы проверяет целостность информации на твердотельном накопителе. При этом контролируется целостность файловой системы, структура каталога и состав файлов. ВЗУ выполнен в типовом конструктиве приёмного модуля РВС и занимает объём в три узла.

Блок съёмный совместно с ВЗУ обеспечивает регистрацию информации в составе РВС. Блок съёмный представляет собой кассету с твердотельным накопителем формата IDE 2,5. Емкость кассеты Блока съёмного для исполнений составляет от 256 МБ до 8192 МБ. Скорость записи информации 0,4 МБ/с, скорость чтения информации 6 МБ/с.

Блоком съёмным управляет ВЗУ. ВЗУ в процессе работы проверяет целостность информации на блоке съёмном. При этом контролируется целостность файловой системы, структура каталога и состав файлов.

Блок ВПУ входит в состав РВС. Предназначен для оперативного контроля и управления системой при межполетном обслуживании. ВПУ осуществляет прием и выдачу информации по мультиплексной шине. Питание ВПУ осуществляется напряжением +27 В бортовой сети.

ВПУ состоит из следующих составных узлов:

- трансформаторов предназначенных для согласования ВПУ с линиями передачи информации;
- приемника/передатчика последовательного цифрового кода, осуществляющего прием, выдачу, контроль, запись в память последовательного цифрового кода, а также формирование управляющих сигналов на индикаторы;
- генератора частоты, формирующего тактовую частоту  $F=12$  МГц;
- ППЗУ, предназначенного для хранения и записи рабочей программы;
- индикаторов, предназначенных для отображения информации, принятой ВПУ по мультиплексному каналу.

ВПУ является оконечным устройством на мультиплексной шине системы РВС. Имеет две линии передачи информации. По первой линии к ВПУ подключается инструментальная ПЭВМ. По второй линии ВПУ подключается к мультиплексной шине РВС.

Благодаря модернизации РВС способна обеспечивать выполнение следующих функций: контроль параметров и оценка функционального состояния СС, включая двигательные, в реальном времени; оценка эксплуатационно-функционального состояния СС в полете и на стоянке; документирование результатов контроля и оценки, включая данные об отказах; накопление (регистрация) полетной информации для последующей обработки; а также позволяет строить системы с многократным резервированием, что позволяет получить практически любую степень надежности.

#### **Библиографический список**

1. Углов, Б.А. Испытание летательных аппаратов и двигателей (общие вопросы наземной подготовки): Учебное пособие. – Куйбышев: КуАИ, 1987.- 400 с.
2. Системы оборудования летательных аппаратов. Под ред. Акопов М.Г., Бекасова В.И., Долгушев В.Г. – М.: Машиностроение, 2006. – 235 с.

## **РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТИ БЛОКА АКСЕЛЕРОМЕТРОВ**

***М.В. Рубченков***

*Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»*

В статье приведено описание модуля электроники трехосного блока акселерометров на базе отечественного микроконтроллера, позволяющего осуществить алгоритмическую компенсацию систематической погрешности. Приведена функциональная схема модуля, описаны основные ее функциональные узлы, эскизный проект.

**Ключевые слова:** линейное ускорение, блок акселерометров, модуль электроники, отечественный микроконтроллер, погрешность, алгоритмическая компенсация.

Современные управляемые подвижные объекты (летательные аппараты, подводные и надводные суда и т.д.) имеют систему определения пространственного положения и координат [1]. Для обеспечения необходимых траекторно-скоростных параметров необходимо точное определение характеристик движения. Одной из таких характеристик является линейное ускорение подвижного объекта и его ориентация относительно вектора свободного падения. В данном случае используется трехосный блок акселерометров, так как движение происходит в трехмерной системе координат, и для правильного расчета необходима информация о проекции линейного ускорения на три ортогональные оси – оси чувствительности трехосного блока.

Блок акселерометров представляет собой единый объем, в котором установлены три чувствительных элемента (согласно трем координатам измерения) и модуль электроники [1, 2].

На сегодняшний день, с учетом специфики применения блока, существует возможность разработки нового модуля с отечественным микроконтроллером, позволяющим осуществлять дополнительные математические вычисления [3]. Из теории приборостроения и радиоэлектроники известно, что погрешность может иметь случайный и систематический характер. Случайная погрешность носит стохастический характер и не поддается прогнозированию. Систематическая погрешность позволяет произвести ее алгоритмическую компенсацию, для чего требуется правильно построенная ее математическая модель.

Целью разработки является создание модуля электроники блока, предназначенного для измерения линейных ускорений объекта по трем ортогональным осям и выдачи информации в виде последовательного кода по интерфейсу RS-232 с последующей математической компенсацией погрешности. В дальнейшем называем его блок акселерометров.

В основу функционирования модуля электроники для блока акселерометров заложена схема измерения линейного ускорения на основе маятниковой инерционной массы чувствительного элемента (ЧЭ), охваченная отрицательной обратной связью для формирования силового компенсирующего воздействия [3]. Функциональная схема модуля электроники представлена на рис. 1

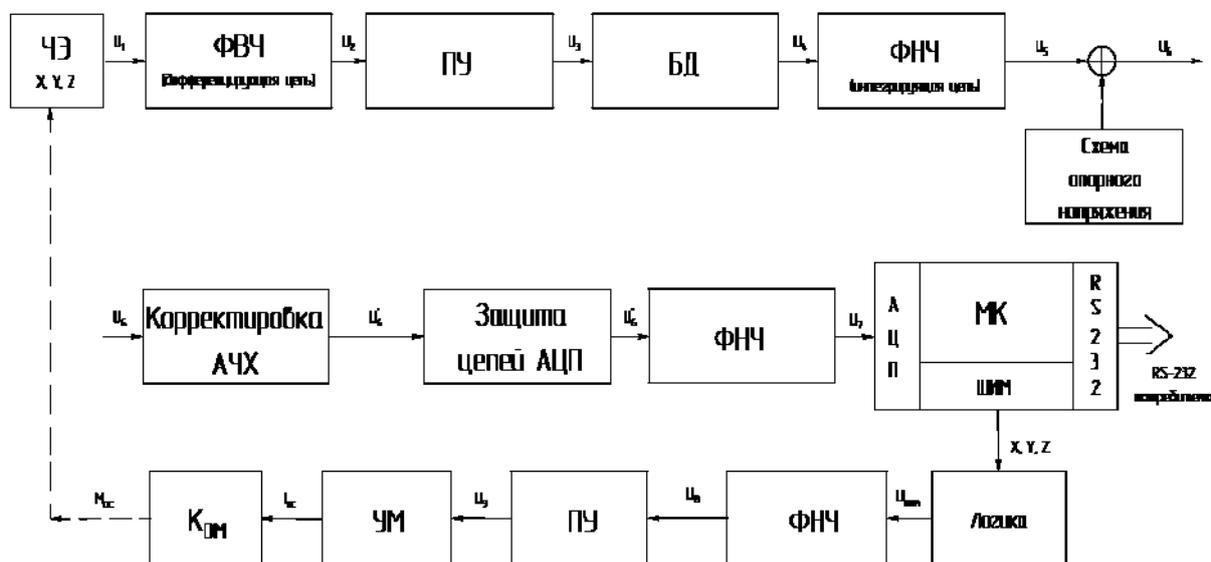


Рис. 1. Функциональная схема модуля электроники:

МК – микроконтроллер; ФНЧ – фильтр низких частот; ФВЧ – фильтр высоких частот;  
АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ДМ – датчик момента; У – усилитель;  
К1, К2 – электронные ключи; ЧЭ – чувствительный элемент; БДМ – балансный демодулятор

В качестве чувствительного элемента выступает подвижная масса, изготовленная из плавящегося кварца. Для обеспечения возможности управления подвижной массой и динамической регулировки диапазона измерения и погреш-

ностей сформирован контур управления данной массы на основе отрицательной магнитоэлектрической обратной связи.

Данный модуль позволяет за счет измерения тока (или подсчетов импульсов тока), протекающего в катушках контура обратной связи, производить изменение положения подвижной массы. Такая манипуляция позволяет производить компенсацию систематической погрешности измерения в процессе работы прибора.

Рассмотрим принцип действия системы «чувствительный элемент – модуль». При воздействии линейного ускорения по какой-либо из трех осей чувствительности на подвижную массу начинает действовать сила инерции, равная произведению данной массы на действующее линейное ускорение. Поскольку чувствительный элемент имеет консольную установку в точке крепления, данная сила может быть представлена инерциальным моментом, равным произведению действующей силы инерции на плечо.

Инерциальный момент, действуя на подвижную массу, приводит к ее угловому перемещению. Перемещение детектируется датчиком угла ёмкостного типа. Конструктивно датчик представляет собой две дифференциальных емкости с одной общей обкладкой. При отклонении массы происходит разбалансировка емкостей, величина которой содержит информацию о проекции линейного ускорения на ось чувствительности [3]. Для вычисления разбалансировки служит емкостной преобразователь, который входит в модуль первоначальной обработки информации - демодулятора.

Измерительный каскад конденсаторов запитывается противофазными аналоговыми сигналами в виде меандров частотой 700 кГц. Данные сигналы формируются во внутренней схеме широтно-импульсной модуляции (ШИМ) микроконтроллера. Математическая разность информационных сигналов проходит высокочастотный фильтр (ФВЧ) с целью минимизации паразитных емкостей. Вторым узлом является балансный демодулятор, который осуществляет суммирование полезных сигналов, что позволяем минимизировать синфазную погрешность. После прохождения аналогового демодулятора происходит фильтрация с выделением постоянного уровня. Затем сигнал поступает на вход операционного масштабного усилителя, который формирует сигнал для входа АЦП.

АЦП интегрирован в микроконтроллер и принимает три аналоговых сигнала с дифференциальных емкостных датчиков по трем осям и сигнал с датчика температуры, который размещен на модуле электроники, и представляет собой транзисторный каскад с замкнутым транзистором. Микроконтроллер обеспечивает оцифровку аналоговых сигналов. Оцифрованный сигнал может поступать внешнему потребителю в соответствии с протоколом обмена по RS-232. Так как зависимость нулевого сигнала и крутизны преобразования от температуры и других внешних возмущающих факторов описывается математической функцией, компенсация погрешности акселерометра может производиться алгоритмически, с помощью программы микроконтроллера [3].

Представим эскизный проект модуля электроники.

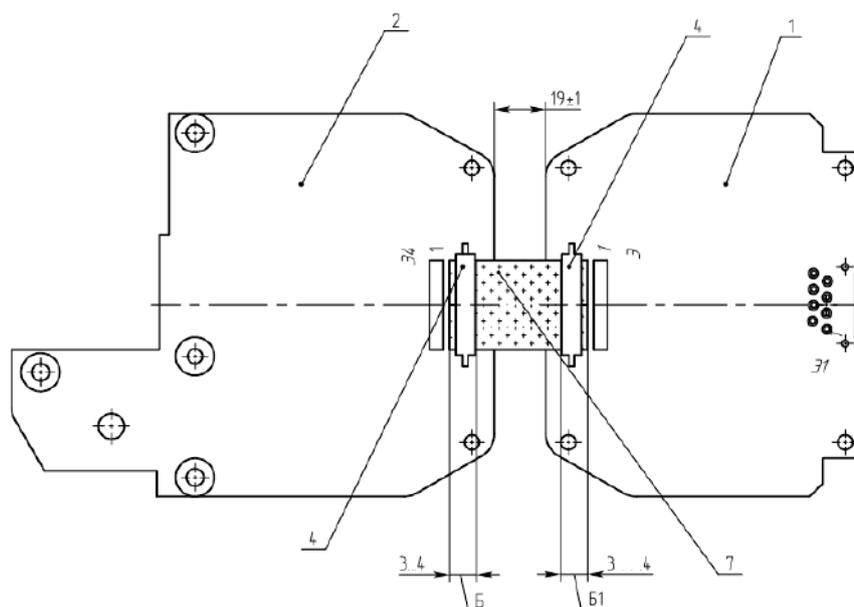
Главными принципами при конструировании модуля выступают:

- КТЕ должны быть функционально и конструктивно завершенными;
- количество выводов у КТЕ должно быть минимальным;
- должна быть обеспечена конструктивная, технологическая, тепловая и электромагнитная совместимость КТЕ.

Конструкция модуля электроники для блока акселерометров требует размещения внутри корпуса устройства АЦП и трех чувствительных элементов.

Произведем разбиение на следующие функциональные ячейки (ФЯ), что представлено на рис. 2:

- функциональная ячейка аналогового преобразования (АП);
- функциональная ячейка цифрового преобразования (ЦП).



**Рис. 2. Конструкция модуля электроники:**

1 – ФЯ аналогового преобразования; 2 – ФЯ цифрового преобразования;  
4 – разъемы, 7 – шлейф гибко-жесткий

Платы имеют сложную форму, что объясняется необходимостью размещения в корпусе блока не только функциональных ячеек, но и чувствительных элементов. Учитывая количество ЭРЭ в схеме, все платы будут иметь двухстороннее размещение элементов. В этом случае модуль будет иметь меньшие габариты, что позволит сделать устройство более компактным.

Данная конструкция электронного модуля позволит обеспечить малогабаритность, виброустойчивость блока акселерометров при условии установки его на амортизационное основание [1].

#### Библиографический список

1. **Вавилов, В.Д.** Интегральные датчики: учеб. пособие. Н. Новгород, 2003. – 503 с.
2. **Егоров, С.А.** Подход к разработке информационно-измерительных телеуправляемых подводных аппаратов / С.А. Егоров, Е.В. Николаев, В.В. Вельтищев, А.Н. Кропотов, В.А. Челышев // Оборонная техника. – М.: НТЦ "Информтехника", 2001. – N8-9. С.83-92.

3. **Блажнов, Б.А.** Миниатюрные интегрированные системы ориентации и навигации для гидрографических судов и катеров / Б.А. Блажнов, Л.П. Несенюк, В.Г. Пешехонов, Л.П. Старосельцев // Интегрированные инерциально-спутниковые системы навигации: Сборник статей и докладов. – СПб.: ГНЦ РФ-ЦНИИ «Электроприбор», 2001. С.134-143.
4. **Логозинский, В.** Волоконно-оптический датчик вращения с цифровым откорректированным выходом / В. Логозинский, И. Сафутин, В. Соломатин // VIII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам: матер. конф. – С-Пб.: ГНЦ РФ-ЦНИИ «Электроприбор», 2001. С. 44-51.
5. **Ямпурин, Н.П.** Основы надежности электронных средств / Н.П. Ямпурин, А.В. Баранова. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" / Москва, 2010. – 240 с.

## РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ

**В. А. Рустамов**

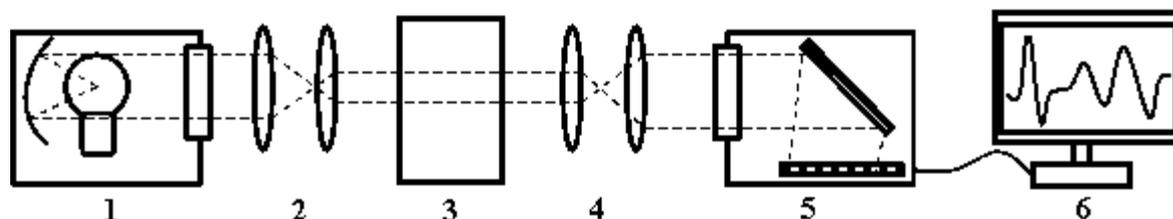
*Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»*

Приведена принципиальная электрическая схема блока управления полупроводниковыми лазерными излучателями, входящего в состав источника линейчатого оптического излучения, предназначенного для проведения узкополосной спектроскопии биологических жидкостей. Разработана конструкция блока, описаны режимы функционирования, изготовлен и протестирован макет источника излучения.

**Ключевые слова:** блок управления, полупроводниковые лазерные излучатели, узкополосная спектроскопия, биологические жидкости, *in vitro*.

### Введение

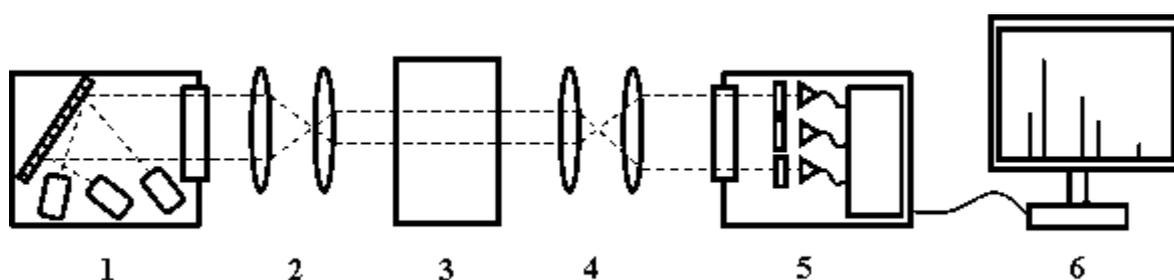
Для химического анализа состава вещества часто используется широкополосная оптическая спектроскопия [1], когда в исследуемый образец заводится излучение источника с непрерывным спектром, а рассеянное веществом излучение регистрируется при помощи спектрометра. В качестве широкополосного источника излучения используют галогенные лампы [2]. Схема проведения широкополосной оптической спектроскопии приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Схема проведения широкополосной оптической спектроскопии:**

1 – источник широкополосного оптического излучения,  
2,4 – коллимирующая оптика, 3 – кювета с исследуемой средой,  
5 – спектрометр, 6 – компьютер

Как правило, стоимость стабилизированного широкополосного источника, высокочувствительного спектрометра на базе дифракционной решетки и линейки полупроводниковых приемников, оптических и оптомеханических элементов достаточно высока из-за универсальности схемы. Гораздо проще и дешевле собрать схему измерений, когда известно, какое именно химическое соединение планируется обнаружить в образце, и знакомы его спектральные особенности. Тогда можно использовать набор узкополосных излучателей, а вместо спектрометра – набор фотоприемных устройств, оснащенных вырезающими светофильтрами с полосой пропускания нужной ширины, что показано на рис. 2.



**Рис. 2. Схема проведения узкополосной оптической спектроскопии:**

1 – источник линейчатого оптического излучения, 2,4 – коллимирующая оптика, 3 – кювета с исследуемой средой, 5 – набор фотоприемных устройств с вырезающими светофильтрами, 6 – компьютер

В качестве узкополосных излучателей могут выступать светодиоды и лазерные диодные модули, излучение от которых собирается в единый пучок при помощи дифракционной решетки или оптоволокна.

Настоящая работа посвящена разработке блока управления полупроводниковыми лазерными излучателями в источнике линейчатого оптического излучения, являющегося составной частью системы для определения качественного и количественного состава биологических жидкостей *in vitro* [3, 4].

### **Конструкция источника линейчатого оптического излучения**

Источник излучения представляет собой набор непрерывных диодных лазерных модулей, каждый из которых может иметь свои входные и выходные параметры. В разрабатываемом устройстве были установлены три модуля со следующими характеристиками, приведенными в табл.1.

**Таблица 1**

**Характеристики лазерных диодных модулей**

Длина волны, нм	Измеряемый маркер	Ширина полосы излучения, нм	Выходная мощность, мВт	Потребляемый ток, мА	Напряжение питания, В
415	НЬО <sub>2</sub>	1	120	110	4.7
430	НЬ	0.5	50	110	5
460	Билирубин	0.5	50	110	5

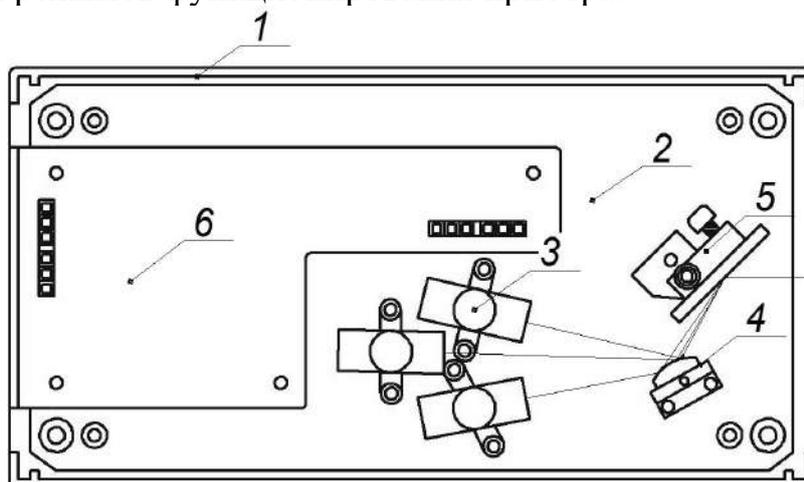
Пики поглощения в спектре рассеянного излучения с длиной волны 415 нм (а также 542 нм и 577 нм) - соответствует оксигемоглобину ( $\text{HbO}_2$ ), 431 нм (а также 555 нм) соответствует дезоксигемоглобину ( $\text{Hb}$ ), 460 нм – билирубину.

Модули расположены в корпусе источника таким образом, чтобы при падении излучения от каждого модуля на поверхность дифракционной решетки, оно отражалось в едином направлении соосно с выходной диафрагмой на корпусе прибора. Это возможно благодаря фундаментальным свойствам дифракционной решетки:

$$d(\sin\alpha - \sin\beta) = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$$

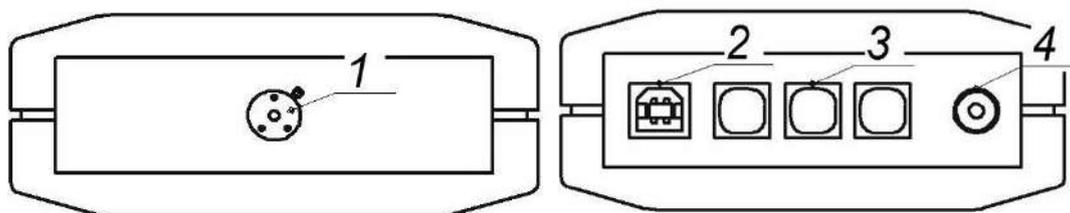
где  $d$  – период решетки (расстояние между штрихами),  $\alpha$  – угол падения,  $\beta$  – угол отражения,  $\lambda$  – длина волны излучения,  $m$  – порядок дифракционного максимума.

Также в корпусе источника излучения располагается блок управления, при помощи которого осуществляется стабилизированное питание лазерных диодных модулей, управление средней мощностью излучения, а также реализация различных режимов функционирования прибора.



**Рис. 3. Источник линейчатого оптического излучения:**

1- корпус, 2 – оптическая платформа, 3 – лазерные излучатели, 4- асферическое зеркало, 5 – дифракционная решетка, 6 – плата блока управления.



**Рис. 4. Передняя (слева) и задняя (справа) панели источника линейчатого оптического излучения:**

1- диафрагменный узел, 2 – разъем USB - В, 3 – кнопки переключения режимов, 4 – разъем электропитания

На передней панели корпуса (рис.4) находится диафрагменный узел вывода излучения, на задней панели – разъем питания, кнопки переключения режимов функционирования прибора («Работа», «Калибровка», и «Настройка»), и разъем USB для подключения к ПК.

### Конструкция блока управления полупроводниковыми лазерными излучателями

Блок управления лазерными излучателями выполнен на единой однослойной плате, к которой подключаются лазерные диодные модули. Всего к плате можно подключить до 6 диодных модулей непосредственно с возможностью программного расширения данного числа до 12.

Принципиальная электрическая схема блока управления приведена на рис. 5. Управление режимами функционирования блока осуществляется при помощи микроконтроллера ATmega328P, имеющего тактовую частоту 16 МГц, встроенный 10-битный АЦП, 32 кб флэш-памяти, 2 кб оперативной памяти. Входное напряжение питания контроллера составляет 7-12 В, максимальный выходной ток с управляющих выводов составляет 40 мА. Для связи с персональным компьютером через интерфейс USB с целью изменения параметров устройства используется микросхема преобразователя CH340G.

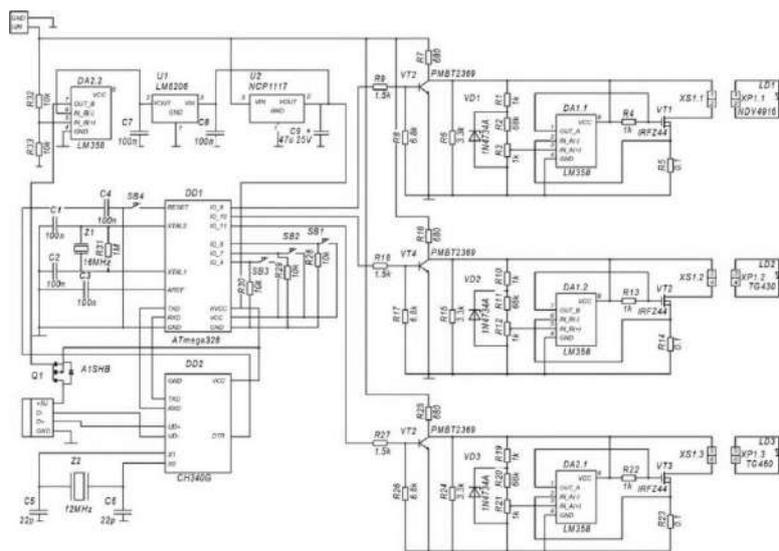


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема блока управления

Стабилизированное питание лазерных излучателей осуществляется с использованием операционных усилителей LM358, включенных в схему в режиме компаратора. опорное напряжение для сравнения задается стабилитроном и переменным сопротивлением. Полевой транзистор на выходе регулирует выходную нагрузку. Широтно-импульсная модуляция лазерных излучателей происходит через высокоскоростной ключ PMBT2369.

Питание микросхем +5В и +3.3В организовано также на базе LM358 и стабилизаторов напряжения LM6206 и NCP1117.

Для питания платы блока управления с подключенными тремя лазерными излучателями, характеристики которых приведены ранее, необходим источник

с выходным напряжением  $+6 - +15\text{В}$  и током не менее  $1.5\text{А}$ . Большое число лазерных излучателей потребует более мощного источника питания.

Алгоритм работы блока управления лазерными излучателями зависит от реализуемой в данный момент функции прибора. При подключении устройства к источнику питания автоматически включается режим «Работа». Излучение на выходе диафрагменного узла при этом отсутствует. Для запуска прибора необходимо нажать кнопку «Работа» на задней панели. Режим «Работа» позволяет включать лазерные излучатели определенными заранее группами (паттернами) и переключаться между паттернами в ручном или автоматическом режиме с заданной задержкой. Повторное нажатие на кнопку «Работа» прекращает генерацию лазерного излучения. Режим «Калибровка» позволяет включить по отдельности каждый из лазерных излучателей или все доступные лазерные излучатели одновременно с заданной посредством ШИМ средней мощностью. Данный режим предназначен для калибровки фотоприемных устройств по чувствительности и динамическому диапазону. Режим «Настройка» позволяет прописывать в память микроконтроллера паттерны, задержки, ШИМ для каждого излучателя при подключении устройства к персональному компьютеру через интерфейс USB. Для этого на ПК должно быть запущено специально разработанное приложение «devconnect.exe».

### Заключение

Для отработки конструкторских и схемотехнических решений был изготовлен макет источника линейчатого оптического излучения, генерирующий непрерывный лазерный пучок на длинах волн  $415\text{ нм}$ ,  $430\text{ нм}$  и  $460\text{ нм}$ . К выходу источника был подключен спектрометр Ocean Optics S2000, способный детектировать зависимость интенсивности излучения от длины волны в диапазоне  $(200 \div 1100)\text{ нм}$  с разрешением  $0.2\text{ нм}$ . На рис.6 показан спектр излучения на выходе источника без корректировки мощности излучения лазерных диодов (черная пунктирная линия), и с корректировкой мощности излучения – физически, при помощи подстроечных сопротивлений на плате блока управления, и программно при помощи ШИМ (красная сплошная линия).

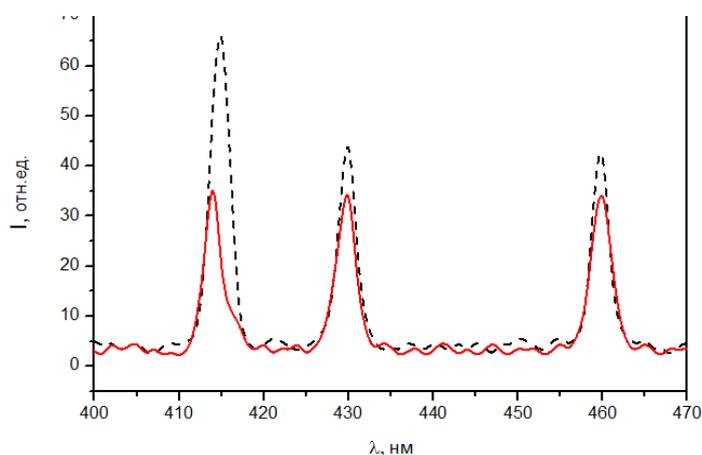


Рис. 6. Спектр излучения источника без корректировки (черная пунктирная линия) и с корректировкой (красная сплошная линия)

В целом, устройство показало свою работоспособность и соответствие заявленным параметрам, что позволяет использовать его в составе исследовательской установки.

В дальнейшем планируется модифицировать источник путем расширения количества лазерных диодных модулей и добавления в блок управления генераторов сигнала произвольной формы для прецизионного управления временными и энергетическими параметрами излучения.

#### **Библиографический список**

1. Методы оптической спектроскопии / под ред. И.И. Кулаковой, О.А. Федоровой, А.В. Хорошутина, Москва, МГУ, 2015.
2. **Слепченко, Г.Б.** Инструментальный анализ биологически активных веществ и лекарственных средств / Г.Б. Слепченко, В.И. Дерябина, Т.М. Гиндуллина, Н.П. Пикула, А.А. Бакибаев, Томск: ТПУ, 2015
3. **Рогожников, Г.С.** Разработка комплекса инвазивной малотравматичной оптической биопсии / Г.С. Рогожников, Т.Е. Любынская // Сб. трудов X Междунар. конф. по фотонике и информационной оптике. М.: НИЯУ МИФИ, 2021.
4. **Скрыбыкина, А.А.** Исследование рассеяния широкополосного оптического излучения модельными средами в интересах создания комплекса оптической биопсии / А.А. Скрыбыкина, В.В. Костромыкина, Г.С. Рогожников // Сб. трудов XI Междунар. конф. по фотонике и информационной оптике. М.: НИЯУ МИФИ, 2022.

## **КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CAD/CAM СИСТЕМ**

***Рябов А.В., Платонов А.В.***

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье представлены исследования в части автоматизированной подготовки производства изделий машиностроения в среде CAD/CAM систем, в частности, при проектировании заготовок металлических деталей. Возможность автоматизированного проектирования с использованием CAD/CAM систем показана на примере назначения параметров заготовки детали «Обойма».

**Ключевые слова:** автоматизированная подготовка производства, CAD системы, CAM системы, металлические заготовки, способы получения заготовок, автоматизированное проектирование.

В современных условиях при повышении требований к качеству конструкций сложных форм деталей и ускорению сроков подготовки производства их изготовления насущной потребностью становится разработка достоверных математических моделей объектов технологической подготовки заготовительного производства (ТПЗП). В свою очередь, для решения поставленных задач требуется разработка методов математического формирования документации в виде трехмерных моделей. Автоматическое трехмерное моделирование объек-

тов заготовительного производства позволяет в десятки раз сократить время технологической подготовки производства. Такое моделирование наиболее приемлемо для сложных и типовых деталей и должно быть адаптировано для конкретного производства с учетом специфики и традиций [1].

Вопросам совершенствования технологий производства сложных заготовок посвящены работы отечественных ученых А.В. Подзея, Р.Х. Мавлютова, В.И. Омельченко, В.П. Фираго, Г.З. Серебренникова, Л.И. Зильбербука и др. Данная тема широко освещается в современных научных работах. Например, в работе [2] показано, что наиболее распространенными технологическими методами получения заготовок в условиях автоматизированного машиностроения являются литье, обработка давлением, методы порошковой металлургии, комбинированные методы. Детали составляют основную массу объектов производства на любом машиностроительном предприятии, поэтому этап изготовления деталей является наиболее трудоемким и сложным во всем производственном цикле создания машины. Трудоемкость этапа получения заготовок в машиностроении составляет примерно 34 % суммарной трудоемкости всех технологических процессов по получению изделия. Трудоемкость других этапов составляет: обработка резанием – 34 %, сборка – 25 %, прочие работы – 7 %. Совершенствование технологии получения заготовки и повышение её качества – одна из важнейших задач технологии машиностроения по сокращению объема обработки резанием и связанных с ней отходов металла. Этапы технологических процессов изготовления заготовок – как основные (операции, приёмы, переходы), так и вспомогательные (транспортирование, контроль, маркирование и другие) – характеризуются большим разнообразием их выполнения, а также разными уровнями использования материальных, энергетических и трудовых затрат, достигающих 40 % общей стоимости машины. Эффективность производства заготовок и их качество во многом определяются технологичностью конструкции детали. Технологичные детали проще в изготовлении, практически лишены дефектов, надёжнее в эксплуатации. Наибольший экономический эффект обеспечивается в тех случаях, когда заготовка по конфигурации, размерам, параметрам шероховатости поверхности мало отличается от готовой детали и поэтому последующая обработка на металлорежущих станках сокращается до минимума либо исключается совсем.

Вопросы автоматизированного формирования моделей операционных заготовок представлены, например, в работе [3]. Рассмотрены принципы формирования параметрических моделей деталей и операционных заготовок. Описана система формирования и редактирования конструкторско-технологических моделей деталей и заготовок. Представлены способы автоматического формирования параметрических моделей при создании 3D-моделей деталей и операционных заготовок. В работе предложена система проектирования заготовки, которая информационно состыкована с САПР технологических процессов (ТИС-Процесс), такой подход позволяет существенно ускорить процесс проектирования за счет автоматизированной передачи информации в модули, решающие технологические задачи.

В данной статье показаны исследования в части автоматизированной подготовки производства заготовки детали «Обойма», являющейся деталью узла привода одного из механизмов изделия, изготавливаемого на одном из предприятий ОПК. Материал заготовки детали – ЛЦ16К4 ГОСТ 17711-93. 3D-модель детали, которая необходима для выполнения действий в САПР по проектированию заготовки, показана на рис. 1.

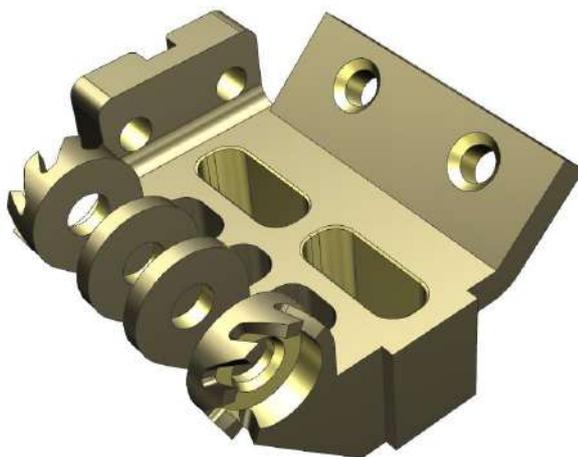


Рис. 1. 3D-модель изделия «Обойма», внешний вид

В начале проектирования заготовки детали обозначаются поверхности, получаемые именно в процессе механической обработки (рис. 2)

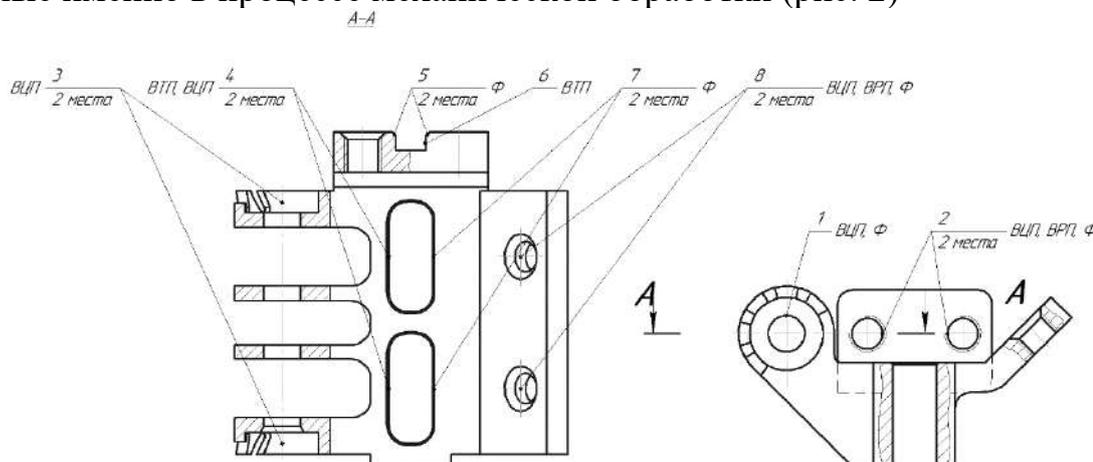


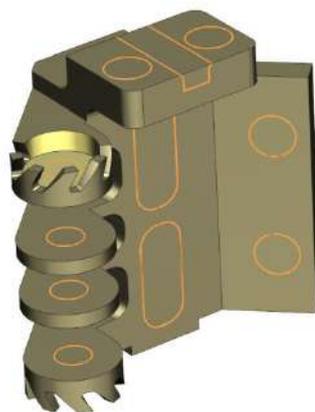
Рис. 2. Обозначение элементарных поверхностей детали «Обойма», с указанием из типа, количества

Далее показана расшифровка обозначений, представленных на рис. 2: ВТП – внутренняя торцовая поверхность (3 шт.); ВЦП – внутренняя цилиндрическая поверхность (9 шт.); ВРП – внутренняя резьбовая поверхность (4 шт.); Ф – фаска (9 шт.).

В условиях серийного производства (15000 шт. в год), конфигурация заготовок должна быть максимально приближена к конфигурации готового изделия, после обработки резанием [4], поскольку для машиностроительного предприятия увеличение прибыли (либо сокращение упущенной выгоды) актуально.

На практике это во многом зависит от минимизации затрат на изготовление деталей, что, в свою очередь, определяется коэффициентом использования материала (КИМ) и, соответственно, трудоемкостью последующей механической обработки. Повышение КИМ позволяет сократить затраты времени на получение заготовки и механическую обработку, повысить стойкость режущего инструмента. В условиях автоматизированного производства, когда размеры детали при механической обработке получаются «автоматически» на предварительно настроенных станках с ЧПУ особенно важно правильно назначить наиболее рациональный технологический процесс ее изготовления. Практика показывает, что малые припуски так же вредны, как и излишние, а неравномерная твердость материала и большие уклоны на заготовке могут вызвать значительные колебания в допусках действительных размеров готовой детали [5]. Исходными данными к проектированию заготовки (отливки) изделия «Обойма» являются: чертеж детали; 3D-модель детали «Обойма»; метод получения отливки – литье под давлением. Очевидно, что заготовка (в общем случае) должна иметь несколько большие размеры, чем обработанная в конечном итоге деталь – т.е. предусматривается припуск – слой металла, снимаемый при механической обработке. Величина припуска должна быть наименьшей, но при этом обеспечивать получение годной детали [6].

Известно, что одну и ту же деталь можно изготавливать из заготовок, полученных различными способами, но основополагающим принципом выбора способа получения заготовки является обеспечение максимального приближения ее размеров к проектируемой детали, в этом случае существенно сокращается расход металла, объем механической обработки и производственный цикл изготовления детали [7].



**Рис. 3. 3D-модель детали «Обойма», с отображением поверхностей, отсутствующих в заготовке**

Проектирование 3D-модели заготовки осуществлено в среде «NX» (CAD), посредством создания ассоциативной копии детали с последующим наложением припусков на поверхности, получаемые вследствие обработки резанием (рис. 3).



2. Выявлено, что наиболее оптимальной методикой для автоматического проектирования заготовок является использование CAD/CAM систем, информационно адаптированных с САПР технологических процессов.

3. Рассмотрен пример (фрагменты) автоматизированного проектирования заготовки детали «Обойма» в среде «NX» (CAD).

4. Материалы статьи могут быть полезны студентам машиностроительных специальностей и специалистам металлообрабатывающих предприятий, в том числе, относящихся к ОПК.

#### Библиографический список

1. **Ковалькова, И.Н.** Автоматизация проектирования объектов заготовительно-штамповочного производства деталей сложной формы, автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.13.12 /Ковалькова Ирина Николаевна. – Самара., 2000. – 17 с.
2. **Богодухов, С.И.** Основы проектирования заготовок в автоматизированном машиностроении / С.И. Богодухов, А.Г. Схиртладзе, Р.М. Сулейманов, Е.С. Козик // Международный журнал экспериментального образования. – 2011. – № 12. – С. 101-103; URL: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=2312> (дата обращения: 06.03.2022).
3. **Куликов, Д.Д.** Автоматизированное формирование моделей операционных заготовок/ Д.Д. Куликов, Н.С. Клеванский, В.С. Бабанин //Известия высших учебных заведений. Приборостроение. Министерство образования Российской Федерации. (Санкт-Петербург). Т. 57, № 8, 2014. – С. 26-29.
4. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Ч.1. Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 210 с.
5. Управление машиностроительным предприятием: учебное пособие/ С.Г. Баранчикова [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 252 с.
6. Расчет припусков: Метод указания к выполнению практических работ и разделов в курсовых и дипломных проектах для студентов машиностроительных специальностей всех форм обучения /НГТУ; Сост.: Д.С. Пахомов. – Н. Новгород, 2001. 24 с.
7. Проектирование заготовок деталей машин: учебное пособие / В.Ф. Пегашкин, Е.В. Пегашкина; Министерство образования и науки РФ; ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижнетагил. техн. ин-т (филиал). – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2016. – 105 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

*П.М. Саляева, И.М. Сорокин, И.А. Субботина*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассматриваются пути модернизации технологического процесса, применение многоцелевых обрабатывающих центров с ЧПУ при выполнении программно-комбинированных операций. Описано применение специального оснащения, режущего инструмента, что позволит сократить сроки технологической подготовки производства.

**Ключевые слова:** технологическое оснащение, машиностроение, станочное приспособление.

Среди приоритетных направлений развития современного оборонно-промышленного комплекса (ОПК) России выделяют производство ядерного оружия, двигателестроение, ракетно-космическую промышленность и страте-

гически важные составляющие машиностроения. Интенсификация производства в машиностроении неразрывно связана с техническим перевооружением и модернизацией на базе применения новейших достижений науки и техники. Техническое перевооружение, подготовка новых видов продукции в машиностроении и модернизация средств производства неизбежно включают процессы проектирования средств технологического оснащения, режущего инструмента и применение современного оборудования, играющих важнейшую роль в развитии ОПК.

Для повышения качества выпускаемой продукции, снижения трудоемкости ее изготовления при увеличении программы выпуска рекомендуется применять современное оборудование, специальные приспособления, режущий инструмент, быстродействующие контрольные датчики, которыми можно замерить заданную точность продукции.

Одной из главных задач промышленного предприятия в сфере развития ОПК является сокращение сроков изготовления и модернизация оборудования, снижение затрат на технологическую подготовку производства и выполнение оснащаемых операций при достижении заданных показателей производительности и точности. Этому способствуют унификация и стандартизация приспособлений, их деталей и сборочных единиц.

Анализ используемых деталей и сборочных единиц на промышленном предприятии ПАО «АПЗ» им. П.И. Пландина, был выбран целью научного исследования. Объектом, в механическом цехе, была выбрана шарико-винтовая передача.

Шарико-винтовые передачи (ШВП) применяют в исполнительных механизмах, в следящих системах и в ответственных силовых передачах. Благодаря компактным размерам и простоте конструкции ШВП могут быть легко интегрированы в различные машины и механизмы, в том числе с гидравлическим и пневмоприводом [1].

ШВП находят широкое применение в различных отраслях техники: от точного приборостроения до тяжело нагруженных приводов нажимных устройств прокатных станков и подъемных механизмов. Основные характеристики ШВП – это простота конструкции, компактность, технологичность, высокая степень редукции. Ведущим звеном, совершающим вращательное движение, может быть как винт, так и гайка.

Область применения передач качения – приводы, в которых высокая нагрузочная способность и малые потери на трение должны сочетаться с требованиями кинематической точности, без зазорности и осевой жесткости.

Шариковые винтовые механизмы качения лишены основных недостатков передач скольжения таких как повышенная интенсивность изнашивания и сравнительно низкий КПД. Особенность конструкции состоит в том, что усилие между винтом и гайкой передается через стальные шарики, которые перемещаются в винтовых дорожках качения, выполненных в винте и в гайке.

Шарико-винтовая передача (представлена на рис. 1) – это разновидность линейного привода, которая преобразует поступательное движение во враща-

тельное или наоборот [2]. Винт ШВП является наиболее распространенным видом данной передачи. Благодаря нему в движение приводится рулевая рейка от мотора рулевого управления. Именно сфера машиностроения является наиболее перспективной относительно использования ШВП. Данные конструкции легко можно интегрировать в любые машины, в том числе с гидравлическим или пневмоприводом.



**Рис. 1. Шарико-винтовая передача**

Винт-гайка и ШВП имеют много общего. Основные недостатки ШВП это сложность изготовления, ограничения по длине и скорости вращения, дороговизна. Но, несмотря на такие недостатки, винту ШВП до сих пор не нашли замену.

Отметим некоторые моменты, которые влияют на срок службы винта ШВП. Так, если на него попадет вода, то трение увеличится, что может быстро разрушить деталь. Также стоит опасаться попадания стружки и пыли, которые снижают срок службы изделия. Если стало очевидным, что избежать попадания воды, пыли, механических частиц или влаги на ШВП нельзя, то необходимо дополнительно защитить механизм. Хорошей защитой винта от пыли может послужить смазка или более современный метод, азотирование.

На работоспособность и долговечность работы механизма может влиять неравномерная его нагрузка. Чаще всего данная проблема будет беспокоить в качестве проявления дополнительного шума и вибраций. Перед следующим использованием рекомендуется проверить механизм на уровень нагрева и шумность в моменты нагрузки и без нее.

Рассматриваемая шарико-винтовая передача представлена на рис. 2. Она применяется в блоке рулевого привода (БРП).

Блок рулевого привода установлен в хвостовой части летательного устройства (ЛУ), ракеты, отвечает за ее направление во время полета. Поступающее из соседнего блока избыточное давление, после запуска ЛУ, передается через узел коллектор и активизирует арретиры, которые после срабатывания выпускают четыре вала. После их разблокировки за счет зубчатого колеса по-

дается сигнал на датчик обратной связи, который в свою очередь дает ответный сигнал на установленную в блоке управления приводом плату. После полученного сигнала она запускает четыре установленных электродвигателя, которые управляют этими валами за счет шарико-винтовой передачи [3].

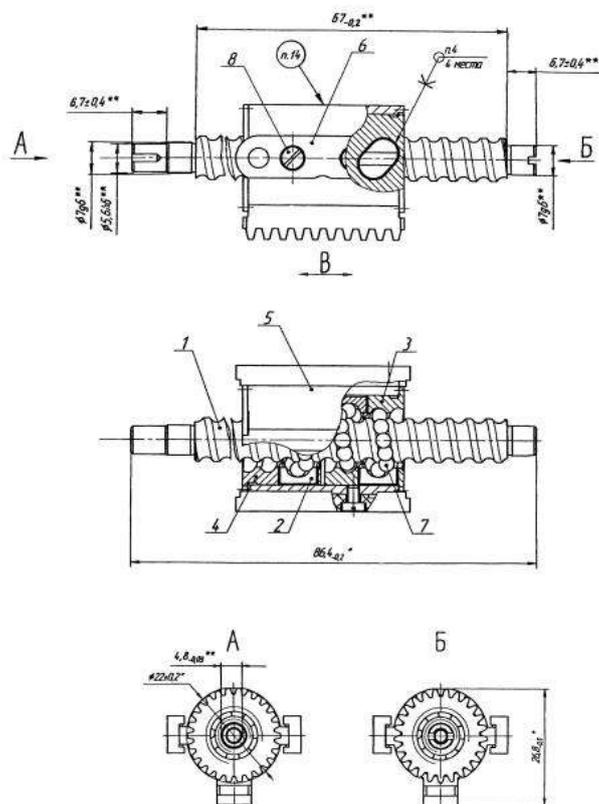


Рис. 2. Шарико-винтовая передача

Перед сборкой все позиции промываются в спирто-этиловой смеси. Винт (позиция 8) устанавливается на рейку (позиция 5) на грунтовке ЭП-076, вкладыш (позиция 2) устанавливается на ходовые гайки (позиция 3 и 4), гайка ходовая (позиция 4) устанавливается на в рейку (позиция 5). Далее рабочие каналы ходовых гаек (позиция 3,4) заполняются шариками (позиция 7) по 16 штук в каждый канал. Винтовую канавку ходового винта (позиция 1) смазывают смазкой ЭРА. Разноразмерность шариков (позиция 7) по диаметру, допускается подгонка вкладышей (позиция 2) с ходовыми гайками (позиция 3 и 4), для обеспечения плавного сопряжения канала вкладыша и резьбы гайки ходовой. Далее идет прикатка при реверсивном движении ходового винта. Основной проблемой при сборке и дальнейшей регулировке является люфт и удерживание шариков [4].

Для оптимизации процесса требуется демонтировать винт и устанавливать шарики повторно, после чего производить регулировку, на что уходит много времени. Люфт – это расстояние, на которое можно сместить винт и гайку друг относительно друга без взаимного вращения (зазор). Люфт проявляет свои вредные свойства прежде всего при смене направления движения: пока

вал движется в одном направлении, промежуток между гайкой и винтом постоянно выбран за счет сил трения и не вносит погрешности.

Для решения данной проблемы предлагается разработать новый технологический процесс с использованием многоцелевых обрабатывающих центров, спроектировать приспособление и режущий инструмент, что в свою очередь повысит точность изготовления ходовой гайки и позволит исключить люфт, сократит время на изготовление и регулировку. Указанный круг вопросов может быть поставлен в следующем исследовании, что позволит расширить применения инновационных технологий в развитии современного ОПК.

#### Библиографический список

1. **Дубик, Е.А.** Оценка эффективности использования универсально-сборных приспособлений при внедрении инновационного процесса на производственном предприятии /Е.А. Дубик, И.А. Павлова, И.В. Демаков // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 12-5. – С. 1081-1089.
2. **Мычко, В.С.** Основы технологии машиностроения: учебное пособие [Текст] / В.С. Мычко. - Минск: Вышэйшая школа, 2011. – 382 с.
3. **Прис, Н.М.** Конструкторско-технологические методы обеспечения заданных параметров точности в машиностроении [Текст] /Н.М. Прис, А.Г. Схиртладзе, В.П. Пучков. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 364 с.
4. **Пучков, В.П.** Технология машиностроения: учеб. пособие [Текст]/ В.П. Пучков, Н.М. Прис, Т.В. Рябикина. - Н.Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т, 2007. – 90с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ИНСТРУМЕНТА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК

**Б.С. Сизов, А.В. Платонов, И.И. Клоков**

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье показана значимость машиностроительной отрасли, в частности сектора металлообработки, для изготовления машин и оборудования, используемого в ВПК. Отмечено, что для изготовления деталей требуемого качества для изделий в машиностроении необходимо использовать при металлообработке инструменты высокой прочности. Показаны технологические методы повышения прочности инструмента, физические основы их реализации. Приведены сведения о предприятиях РФ, изготавливающих режущие пластины, показаны страны, в том числе, промышленно развитые, куда инструмент экспортируются. Высказано предложение по рассмотрению возможности отказа от импорта подобного инструмента и перехода на российских поставщиков.

**Ключевые слова:** машиностроение ВПК, значение металлообработки, значение упрочнения инструмента, методы упрочнения инструмента, сравнение методов упрочнения, российские производители инструмента, российский экспорт инструмента.

К изделиям, производимым предприятиями ВПК, предъявляются повышенные требования в части их эксплуатационной надежности. В том числе, в связи с реальной международной обстановкой, эти требования являются наибо-

лее актуальными. Доля машиностроительных предприятий в общем объеме российских предприятий всех отраслей составляет примерно 22 % [1], от его научно-технического уровня зависят результаты работы смежных областей экономики. Рассматриваемый сектор производства обеспечивает обороноспособность страны.

Металлообработка является наиболее используемым элементом производственного цикла изготовления различных машин и механизмов, в том числе, используемых в ВПК. Получение качественных деталей машиностроения металлообработкой, наряду со снижением их себестоимости, возможно при оптимальной стойкости режущего инструмента, участвующего в формообразовании деталей, что, в свою очередь, обеспечивается различными способами упрочнения режущего инструмента [2].

Первые упоминания в части упрочнения режущих инструментов (1961 г.) показаны в книге [3]. Данный метод упрочнения материала реализуется не только на специальных установках, но и на станках электроэрозионной обработки, широко используемых на предприятиях ВПК для размерной обработки деталей сложной конструкции и для упрочнения их поверхностей.

Наиболее широко применяемые методы упрочнения с указанием твердости обработанных поверхностей деталей и инструментов показаны в табл. 1 [4].

Таблица 1

**Методы упрочнения и получаемая при каждом из них твердость поверхности**

№	Методы упрочнения	Твердость, МПа
1	Центробежно-планетарное упрочнение (ЦПУ)	3000 ....5500
2	Термо-вибрационная обработка (ТВО)	5500 .... 7600
3	Ультро-звуковая обработка (УЗО)	5700 ....20000
4	Отделочно-упрочняющая вибрационная обработка (О)	20000 ....22000
5	Фрикционно-диффузионное упрочнение (ФДУ)	11000 .... 13000
6	Электроискровое легирование (ЭЛ)	6500 .... 30000
7	Наплавляемые покрытия (Напл. П)	6000 .... 16000
8	Напыляемые покрытия (Напыл. П)	6500 .... 3000
9	Лазерное упрочнение (ЛУ)	7500 .... 13500
10	Метод конденсации (МК)	10000 .... 14500
11	Композиционные покрытия (КП)	6000 .... 22000

Из таблицы видно, что из показанных методов упрочнения наибольшую твердость имеют поверхности деталей и инструментов, упрочненных отделочно-упрочняющей вибрационной обработкой, а наименьшую твердость – центробежно-планетарным упрочнением. Далее показаны физические основы некоторых, наиболее применимых, методов упрочнения.

*При лазерном упрочнении* происходит импульсное воздействие на упрочняемую поверхность светового луча с чрезвычайно высокой плотностью энергии [5]. В результате происходит нагрев поверхностного слоя. При этом дости-

гается температура, при которой происходит фазовое превращение. После этого производится охлаждение с высокой скоростью. Скорость охлаждения при лазерном упрочнении может в 100 раз превышать скорость охлаждения при закалке, образуется тонкий поверхностный мелкозернистый слой глубиной до 1 мм с твердостью до 300 НВ, в 1,5...2 раза выше, чем при закалке. Однако оборудование для лазерного упрочнения очень дорого

*Отделочно-упрочняющая вибрационная обработка* – это процесс многократного деформирования локальных объемов металла поверхностного слоя, приводящих к его упрочнению и снижению шероховатости поверхности [6]. Стойкость инструмента возрастает в результате изменения структуры поверхностного слоя. Стойкость в процессе отделочно-упрочняющей вибрационной обработки увеличивается в 1,6 раза.

*Термовибрационная обработка* – это процесс окисления поверхностного слоя инструмента при температуре 850...950°C, сопровождаемое вибрационной обработкой. В результате проведения данного вида упрочнения обработки наблюдается увеличение предела прочности на изгиб (до 20 %) и ударной вязкости (до 50 %) твердосплавных пластин.

*Ультразвуковая обработка* основана на воздействии механических ультразвуковых колебаний большой мощности на обрабатываемый материал. В результате образуются стабильные дислокационные конфигурации в структуре материала. При этом макроскопические напряжения в кристаллах не наблюдаются. Формирование новой дислокационной структуры кристаллов вызывает изменение механических свойств[7]:

- 1) упрочнение, когда наблюдается повышение твердости кристаллов;
- 2) динамическое равновесие;
- 3) непрерывное разупрочнение.

Ультразвуковая обработка оказывает сложное воздействие одновременно на целый ряд процессов, которые могут развиваться под действием ультразвука [7]. В результате ультразвуковой обработки измельчается микроструктура, уменьшаются внутренние напряжения твердосплавных пластин.

*Центробежно-планетарное упрочнение* это процесс упрочнения шариками в специальных машинах. Шарик упрочняет и выглаживает обрабатываемую поверхность. Стойкость инструмента повышается в среднем 1,5...4 раза [7].

*Электроискровое легирование* – это воздействие искрового разряда под действием выпрямленного пульсирующего тока на легирующий элемент (анод) и обрабатываемую поверхность(катод). При этом происходит полярный перенос материала анода на катод. Стойкость инструмента после электроискрового легирования увеличивается до 5 раз [7].

*Метод конденсации* заключается в испарении тугоплавких материалов электрической вакуумной дугой. Износостойкое покрытие образуется в результате плазменно-химических реакций в среде газов.

В табл. 2 приведены данные для сравнения и выбора методов упрочнения и повышения износостойкости инструментов с учетом их недостатков и достоинств [7].

Таблица 2

**Недостатки и достоинства методов повышения износостойкости инструмента**

Метод	Недостатки	Достоинства
Лазерное упрочнение	Высокая стоимость оборудования.	Стабильность результата повышения стойкости режущего инструмента.
Отделочно-упрочняющая вибрационная обработка	Незначительное увеличение стойкости - до 1,6 раз.	Метод экономичен и распространяется на инструмент как из быстрорежущей стали, так и из твердых сплавов.
Термовибрационная обработка	Распространяется только на инструмент из твердых сплавов.	Позволяет регулировать толщину окисленного слоя.
Электролитическое полирование	Метод требует работы с веществами опасными для здоровья человека.	Простота и высокая производительность метода.
Ультразвуковая и термоультразвуковая обработка	Твердость инструмента из быстрорежущих сталей практически не изменяется.	Макроскопические напряжения в кристаллах отсутствуют.
Алмазная обработка	Используется только для заточки резцов.	Повышает производительность труда в 2...4 раза и снижает стоимость обработки в 1,3...2 раза.
Эпиламирование	В настоящее время мало изучен - определяются виды обработки, режимы обработки.	Распространяется на инструмент из твердых сплавов.
Конденсация газообразных соединений с образованием твердых осадков	Высокая стоимость оборудования.	Хорошая сцепляемость с основой, высокая твердость и достаточная теплопроводность, хорошие антифрикционные свойства, инертность к черным металлам, хорошее сопротивление износу по задней поверхности.
Электроискровое легирование	Небольшая глубина и шероховатость упрочненного слоя.	Метод распространяется на инструмент, как из быстрорежущей стали, так и из твердых сплавов.
Электрофизический метод	Высокая стоимость оборудования.	Возможность поддержания низкого температурного режима процесса (400...500°C). Возможность осаждения многослойных покрытий

Целью данной статьи является не только показ методов упрочнения твердосплавных режущих пластин, но и получение представления о состоянии производства режущего инструмента в РФ и за рубежом. Заводы по изготовлению режущих пластин для инструмента находятся, в основном, в центральной части

России. Информация о возможности приобретения отечественных инструментов должна быть доведена до инженерных служб наших предприятий. Она актуальна в нынешних отношениях РФ с западными странами, в том числе в части санкций на поставки большого перечня продукции. Далее даны названия предприятий и краткая характеристика производимых ими твердосплавных пластин для различного режущего инструмента [8].

ЗАО «Уралтвердосплав», является производителем режущих ножей для фрез из твердых сплавов ВК и ТК, и пластин для токарных резцов.

ОАО «ПНИТИ» производит пятигранные сменные твердосплавные пластины, ножи для обработки металла, сменные части для расточных резцов, усиление режущей части производится за счет наплавления твердого сплава марки ВК.

ООО «АЛГ» – производство режущих пластин для инструмента по обработке металла, изготовление комплектов режущих пластин для снятия фаски с плоских поверхностей и труб для подготовки их к сварке.

ОАО «САНДВИК-МКТС» специализируется на производстве сменных твердосплавных поворачиваемых вставок из металлокерамики для оснащения режущего инструмента токарных станков.

ОАО «КИРОВГРАДСКИЙ ЗАВОД ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ» производит пластины, режущие сменные поворачиваемые многогранные твердосплавные из металлокерамики для режущего инструмента, сменные твердосплавные поворачиваемые вставки пластины из металлокерамики для оснащения режущего инструмента токарных станков.

АО «МОСКОВСКИЙ ЗАВОД ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ» производит пластины, режущие твердосплавные, поворачиваемые вставки тип МО сплав ТК для инструментов, с установленными на них пластинами из металлокерамики, карбида вольфрама, карбида титана и кобальта.

ООО «СКИФ-М» изготавливает сменные пластины из твердого сплава, металлокерамики для обработки металлов резанием с нанесением износостойких покрытий. Твердосплавные пластины используются для черновой и получистовой обработки.

ООО «ПОРМ» производит пластины сменные многогранные и наплавляемые для режущего инструмента из твердого сплава марки ВК и ТК.

ОАО «КЗТС» изготавливает пластины из металлокерамики для режущего инструмента, используемого при механической обработке металлических заготовок.

Россия является поставщиком режущих пластин. Далее названы страны, куда осуществлялись поставки из России в последние годы (2018, 2019, 2020, 2022): Казахстан, Украина, Германия, Израиль, Узбекистан, Чешская республика, Киргизия, Корея (республика), Китай, Эстония, Ангола, Монголия, Молдова (республика), Соединенные Штаты, Италия.

Представленная информация может быть неожиданной для некоторых наших предприятий, отдающих предпочтение импортным производителям режущего, в частности, сборного инструмента. Бытуют мнения об отставании нашей инструментальной отрасли от запада. Однако имеются объективные статистические сведения по экспорту наших режущих пластин в другие страны, в том числе, технически развитые.

Практика показывает, что наши предприятия ВПК в основном используют импортный режущий инструмент, например, производимый фирмой «ISCAR», страна-производитель: Израиль [9]. «ISCAR» – крупнейшая из 15 компаний, которые входят в IMC Group (International Metalworking Companies). Предприятие было основано в 1952 году в Израиле, город Наария. По последней информации в состав концерна входят 130 дочерних компаний из 60 стран мира. Другой маркой инструмента, используемого нашими предприятиями, является «Seco», страна-производитель Швеция [10]. Концепция структуры каталога «Seco», особенности конструкций державок и крепления режущих пластин показаны далее.

Быстрое снятие металла (FMR) особенно необходимо на черновых операциях, где требуются большие объёмы снятия материала. Новая державка HELITURN с тангенциальным креплением пластины и уникальная изогнутая форма режущих кромок пластины являются исключительным решением, которое обеспечивает обработку на очень большую глубину резания с большими подачами. На державку HELITURN SLANR/L-... TANG установлена уникальная пластина с тангенциальным креплением – LNMX 150616R/L-НТ. Двухсторонняя пластина имеет узкую криволинейную переднюю поверхность, и устанавливается в соответствующий карман державки с помощью винтов с конической головкой. Эта конструкция защищает державку от перегрузки и повреждения пластины. Верхняя передняя поверхность пластины установлена на одном уровне с корпусом державки, что обеспечивает свободный сход стружки без помех со стороны корпуса державки или другого элемента. Четыре криволинейные изогнутые режущие кромки образуют позитивные радиальные передние углы, обеспечивая мягкое врезание в обрабатываемый материал. В результате, пониженные силы резания и уменьшенные нагрузки обеспечивают повышенную стойкость, увеличение стабильности, и возможность обрабатывать на очень большую глубину с увеличенными подачами. Стружколом (с маленькими выпуклостями) деформирует и разбивает стружку на ребристые закрученные сегменты, которые легко удаляются из зоны резания. Главный задний угол пластины составляет  $3.7^\circ$  с задним боковым углом  $6^\circ$  для обработки уступов в  $90^\circ$ . Инструменты HELITURN обеспечивают глубину резания до 8 мм и глубину торцевой обработки до 3.2 мм с подачей до 1.2 мм/об. Большой позитивный передний угол этих резцов позволяет уменьшить энергозатраты на 10-15% в сравнении со стандартными инструментами, работающими на тех же

параметрах. Применение инструментов HELITURN гарантирует большую экономичность и производительность операций на токарных станках.

Несмотря на многие позитивные элементы построения режущего инструмента импортных производителей, следует учесть и положительные отзывы пользователей отечественного инструмента. Нельзя забывать, что, в связи с санкциями, не исключен выход из товарного рынка инструмента инжиниринговых компаний, представляющих торговые представительства предприятий западных стран. Нашим отечественным металлообрабатывающим предприятиям, в том числе ВПК, целесообразно пересмотреть свои предпочтения, поддержать производственную стабильность российских предприятий, выпускающих режущие инструменты, наладив контакты по приобретению у них рассматриваемой продукции.

### **Выводы**

1. Показано значение металлообработки в машиностроительной отрасли, в том числе на предприятиях ВПК.

2. Отмечена важность выполнения операций по повышению стойкости лезвийных инструментов, используемых в металлообработке, за счет использования методов их упрочнения.

3. Показаны основные методы упрочнения режущего инструмента, их достоинства и недостатки, некоторые виды оборудования, используемого для упрочнения.

4. На основе анализа производства режущих пластин на предприятиях РФ, состояния экспорта режущих пластин и инструмента, показаны страны, в том числе, промышленно развитые, куда они экспортируются. Высказано предложение по рассмотрению возможности отказа от импорта подобного инструмента для поддержания отечественных производителей инструмента для машиностроительного производства

### **Библиографический список**

1. Машиностроительная отрасль РФ / 2020 г. /<https://finplan.org/lk/industries/mechanical-engineering> (дата обращения: 16.03.2022).
2. Технология металлообработки и машиностроение / <http://gk-drawing.ru/line-module/metalworking/> (дата обращения 16.03.2022).
3. **Иванов, Г.И.** Технология электроискрового упрочнения деталей машин / Г.И. Иванов – М. : Машгиз, 1961.
4. **Зеленков, Д.А.** Анализ способов повышения работоспособности и износостойкости режущего инструмента/ Д.А. Зеленков, А.Т. Тебиев, А.В. Волкова // Международный студенческий научный вестник. – 2019. – № 1.  
URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19552> (дата обращения: 16.03.2022).
5. **Лесников, С.В.** Исследование методов повышения стойкости режущего инструмента / С. В. Лесников, Е. А. Соловьёв. // Молодой ученый. – 2019. – № 44 (282). С. 106-112.

6. Схиртладзе, А.Г. Технологические процессы в машиностроении [Текст]: Учебник / А.Г. Схиртладзе, С. Г. Ярушин. – Допущено Министерством образования РФ. – Старый Оскол: ТНТ, 2007. - 524 с.
7. Петрушин, С.И. Оптимизация свойств материала в композиционной режущей части лезвийных инструментов [Текст]: Учебное пособие / С.И.Петрушин, Б.Д.Даниленко, О.Ю. Ретюнский. – Томск: Изд. ТПУ, 1999. - 99 с.
8. Производство пластин, режущих оптом на экспорт. <https://exportv.ru/zavod/plastiny-rezhushchie-ot-proizvoditelya.html> (дата обращения 19.03.2022)
9. Каталог «Iscar Инструмент» <https://steelcam.org/каталоги/iscar/инструмент-для-токарной-обработки-и-резьбонарезания-1/> (дата обращения 19.03.2022)
10. «SECO»2015 Каталог Токарная обработка Режущий инструмент (Швеция) <http://lab2u.ru/kompaniia-seco-shvetciia-izgotovitel-metallorazreshchego-instrumenta-i-instrumentalnoi-osnastki-dlia-metalloobrabatyvaiushchikh-stankov-i-tcentrov-s-chpu-reztcy-frezy-tverdosplavnye-monolitnye-sbornye-sverla-informatciia-ot-shvedskoi-firmy-seko-lab2u.html> (дата обращения 19.03.2022)

## **ПОВЫШЕНИЕ ОПОРНОЙ ПРОХОДИМОСТИ КОЛЕСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ НА ГРУНТАХ С МАЛОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ**

***Н.М. Филькин***

*ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет  
имени М.Т. Калашникова»*

В статье рассмотрены проблемы повышения опорной проходимости машины в особо сложных условиях – по снегу, болотистым местностям и др. Представлен анализ особенностей взаимодействия колесного движителя с опорной поверхностью с малой несущей способностью и разработанные технические требования к колесному движителю транспортной машины для Арктики и Северных территорий РФ, позволяющие улучшить ее опорную проходимость.

**Ключевые слова:** транспортная машина, опорная проходимость, колесный движитель, грунт с малой несущей способностью.

При создании транспортных машин для Арктики и Северных территорий РФ всегда стоит проблема обеспечения опорной проходимости машины в особо сложных условиях – по снегу, болотистым местностям и другим опорным поверхностям с малой несущей способностью грунта, на котором будет эксплуатироваться эта машина. Под опорной проходимостью в данном случае понимают способность транспортной машины с большой вероятностью преодолевать сложные участки местности. Современные транспортные машины, обеспечивающие высокие характеристики проходимости по грунтам с малой несущей способностью, относятся к машинам высокой проходимости с удельной мощностью 30-60 кВт/т и давлением на опорную поверхность 0,04-0,1 МПа [1].

Несущая способность грунта определяется предельным давлением, превышение которого приводит к разрушению грунта (опорной поверхности).

Проектирование транспортных машин для Арктики и Северных территорий РФ должно проводиться для заданной способности грунта выдерживать нагрузки. Для предварительной оценки проходимости можно использовать эмпирические средние максимальные давления MMP (Mean Maximum Pressure), предложенные в [2]. Например, для колесной машины, эксплуатирующейся на мелкозернистых связных грунтах (дисперсный грунт с физическими, физико-химическими или механическими структурными связями, размеры частиц не более 5 мм) с равномерной нагрузкой по колесам, средние максимальные давления рассчитывается по формуле:

$$\text{MMP} = \frac{10^{-3} k G_m}{2 m b^{0,85} d^{1,15} \sqrt{\frac{\delta}{h}}} \text{ МПа}, \quad (1)$$

где  $k$  – эмпирический коэффициент колесной формулы машины, равный 3,65, 3,90, 4,10, 4,32 и 4,60 соответственно для полноприводных автомобилей с количеством колесных осей 2, 3, 4, 5 и 6;  $G_m$  – разрешенная максимальная масса (вес) машины, кН;  $m$  – количество колесных осей машины;  $b$  – ширина профиля шины, м;  $d$  – диаметр колеса, м;  $\delta$  – прогиб шин на твердой опорной поверхности под нагрузкой  $G_m$ , м;  $h$  – высота профиля шины, м.

Несущая способность грунта зависит от большого количества факторов, основными из которых являются: тип почвы, плотность грунта, влажность грунта. Влажность снижает несущую способность грунта, за исключением песка, в несколько раз. Большое влияние на несущую способность грунта оказывает также плотность грунта. При создании машины для Арктики и Северных территорий РФ следует рассматривать условия с относительной влажностью грунта 100 %, что соответствует для песка, супеси, суглинка и глины несущей способности примерно 0,1 МПа. При этом в сравнении с сухим грунтом несущая способность глины уменьшается в 6-7 раз, суглинка – в 5-6 раз, супеси – примерно в 2 раза. Несущая способность сухого песка и влажного с относительной влажностью 100 % примерно не изменяется. Несущая способность сухого песка примерно 0,1 МПа, при увеличении влажности несущая способность увеличивается, достигает максимального значения при относительной влажности 60-70 %, а далее уменьшается примерно до 0,1 МПа.

Обеспечить равномерную нагрузку по колесам для двухосной машины с разрешенной максимальной массой машины практически невозможно. Поэтому количество колесных осей для данного критерия должно быть не менее трех и зависит от грузоподъемности проектируемой машины.

Компоновка расположения ведущих колес должна обеспечивать равномерную нагрузку по колесам. При эксплуатации машины равномерность распределения перевозимого груза по платформе контролировать сложно. Для исключения превышения нагрузки на колесах более несущей способности грунта, например, 0,1 МПа, необходимо оборудовать колеса датчиками веса с соответствующей системой автоматического контроля.

Введем понятие – геометрический фактор проходимости колеса:

$$S_{\text{пр}} = b^{0,85} d^{1,15} \sqrt{\frac{\delta}{h}}.$$

Тогда из формулы (1) при  $MMP = 0,1$  МПа находим

$$S_{\text{пр}} = \frac{10^{-2} kG_M}{2m} \text{ м}^2,$$

т.е. для заданного количества ведущих осей геометрический фактор проходимости колеса зависит только от разрешенной максимальной массы машины. Расчетные значения геометрического фактора проходимости для машин различной массы и количества колесных осей представлены в таблице.

Проведенный анализ расчетных значений из таблицы позволяет сделать следующие выводы:

- геометрический фактор проходимости колеса уменьшается с увеличением количества ведущих осей по линейной зависимости;
- геометрический фактор проходимости колеса имеет нелинейную параболическую зависимость от разрешенной максимальной массы машины с выпуклостью вниз.

Таблица 1

Геометрический фактор проходимости колеса в  $\text{м}^2$

Количество осей	Разрешенная максимальная масса машины, кг				
	2000	5000	10000	15000	20000
2	0,1790	0,4782	1,0055	1,5892	2,2563
3	0,1194	0,3188	0,6704	1,0595	1,5042
4	0,0895	0,2391	0,5028	0,7946	1,1282
5	0,0716	0,1913	0,4022	0,6357	0,9025
6	0,0597	0,1594	0,3352	0,5297	0,7521

Введение понятия геометрический фактор проходимости колеса позволяет для заданной максимальной массы машины и количества ведущих колес разрабатывать конструкцию колеса, обеспечивающего проходимость машины по грунтам с малой несущей способностью, уменьшая количество затрат на экспериментальные исследования и время проектирования машины, создавая в перспективе параметрический ряд конструкций колес для машин различной грузоподъемности, эксплуатируемых на грунтах с малой несущей способностью.

При проектировании колеса конструктор для обеспечения требуемого значения  $S_{\text{пр}}$  выбирает и обосновывает численные значения соответствующих геометрических параметров колеса: ширина профиля шины; диаметр колеса; прогиб шины на твердой опорной поверхности под максимальной нагрузкой, которая может возникнуть при эксплуатации машины. Эмпирическая формула (1) получена на основе экспериментальных исследований реальных шин. Поэтому в качестве высоты профиля шины  $h$  необходимо брать среднее фиксированное значение подобных типов шин, а решение оптимизационных задач, направленных на увеличение  $S_{\text{пр}}$ , необходимо проводить по конструктивным параметрам  $b$ ,  $d$  и  $\delta$ , т.е. не следует улучшать  $S_{\text{пр}}$  путем уменьшения  $h$ .

При невозможности (затруднении) для выбранного количества ведущих осей реализовать геометрический фактор проходимости колеса, необходимо увеличивать количество ведущих осей, усложняя конструкцию машины. Для обеспечения движения транспортной машины по опорной поверхности с малой несущей способностью необходимо применять шины высокой проходимости, например, арочные шины, пневмокаты и т.п. [3], а в будущем – «электронные шины», позволяющие регулировать свойства шины в зависимости от характеристик опорной поверхности [4]. Например, только изменение давления в шинах позволяет повысить коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью  $\varphi$  на грунтах с малой несущей способностью, а значит и максимальную силу тяги на ведущих колесах по условию сцепления шин с опорной поверхностью, на 10-30 %. Для болотистой местности увеличение  $\varphi$  составляет примерно в два раза [5].

При этом необходимо учитывать экологические свойства, связанные с движением по грунтам с малой несущей способностью, которые связаны с разрушением опорной поверхности, например, разрушение скудной растительности в условиях движения в тундре. Поэтому вращающий момент на ведущих колесах при трогании машины с места должен плавно увеличиваться от нуля до момента, соответствующего выбранной скорости движения машины. Это обеспечивают для транспортной машины электромеханические, гидромеханические и гидрообъемные трансмиссии.

Для механической ступенчатой трансмиссии необходимо применять противобуксовочные системы, которые помимо повышения экологии, связанной с разрушением опорной поверхности, позволяют повысить проходимость автомобиля, например, при движении по пескам. Снижение разрушающего воздействия на опорную поверхность должно происходить путем конструктивных изменений как трансмиссии, так и колесного движителя, например, на основе критериев разрушающего воздействия на опорную поверхность движителя создаваемого автомобиля [6].

Проведенный анализ позволяет сформулировать вывод в виде технических требований к колесному движителю транспортной машины для Арктики и Северных территорий РФ:

- все колеса ведущие;
- количество колесных осей не менее трех;
- компоновка осей шасси автомобиля должна обеспечивать равномерную нагрузку по колесам для разрешенной максимальной массы машины;
- при эксплуатации машины контроль превышения нагрузки на колесах более несущей способности грунта должен обеспечиваться электронной системой контроля нагрузки по колесам;
- для проходимости машины необходимо обеспечить геометрический фактор проходимости ее колеса в соответствии со значениями из таблицы;
- количество ведущих осей должно быть минимально возможным, позволяющем обеспечивать необходимое значение геометрического фактора про-

ходимости колеса машины;

- предпочтительно применение электромеханических, гидромеханических или гидрообъемных трансмиссий;
- плавное регулирование вращающего момента на колесах во время трогания машины с места для механических ступенчатых трансмиссий необходимо обеспечивать путем применения противобуксовочных систем;
- применение устройств регулирования свойств шин в зависимости от характеристик опорной поверхности.

#### Библиографический список

1. **Котович, С.В.** Движители специальных транспортных средств / С.В. Котович. – Часть 1: Учебное пособие. – М.: МАДИ (ГТУ), 2008. – 161 с.
2. **Saarilahti, M.** Modelling of the wheel and tyre. Tyre and soil contact. Survey on tyre contact area and ground pressure models for studying the mobility of forest tractors / M. Saarilahti. – University of Helsinki, Department of Forest Resource Management, 2002. – 43 p.
3. **Иванов, И.А.** Автомобильные шины. Вчера, сегодня, завтра / И.А. Иванов. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 74.
4. **Бакфиш, К.П.** Новая книга о шинах / К.П. Бакфиш, Д.С. Хайнц. – М.: ООО «Издательство Астрель», 2003. – 303 с.
5. **Платонов, В.Ф.** Полноприводные автомобили / В.Ф. Платонов. – М.: Машиностроение, 1989. – 312 с.
6. **Шухман, С.Б.** Теория силового привода колес автомобиля высокой проходимости / С.Б. Шухман, В.И. Соловьев, Е.И. Прочко. – М.: Агробизнесцентр, 2007. – 336 с.

### РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*А.Н. Хаустов<sup>1</sup>, Н.М. Хаустова<sup>1,2</sup>, Т.В. Рябикина<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики*

*<sup>2</sup>Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассматривается возможность изготовления конструкции беспилотной платформы мультироторного типа методом 3D печати. Представлены результаты экспериментов по определению материалов и схем послойного наплавления материалов. Определены прочностные характеристики деталей платформы.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, 3D печать, композитные материалы, беспилотные летательные аппараты.

Аддитивные технологии расширили технические возможности и позволяют решать задачи, которые были не доступны ранее. Благодаря популяризации 3D печати, наравне с промышленными машинами прототипирования, стали совершенствоваться и принтеры, основанные на технологии послойного наплавления материала (FDM/FFF), и вслед за ними и материалы печати. Появились конструкционные материалы доступные по цене широким массам эн-

тузиастов. Это расширило возможности при изготовлении высокотехнологичных деталей, доступных по цене и практически ничем не уступающих по техническим характеристикам промышленным образцам. Одно из перспективных применений технологии послойного наплавления – это печать деталей для БПЛА, ориентированных на массовое производство. Данный вид летательных аппаратов (ЛА) должен соответствовать следующим требованиям:

- повторяемость конструкции;
- низкая цена борта;
- простота изготовления;
- низкий вес конструкции;
- всепогодная эксплуатация ЛА.

Благодаря этому родилась идея создания доступного БПЛА мультироторного типа (квадрокоптер) для выполнения поисково-спасательных работ для НКОО ПСО «Волонтер-НН», в рамках президентской программы поддержки волонтеров.

В конструкции серийных квадрокоптеров присутствует множество деталей, выполненных при помощи литья под давлением, фрезерования металлов и композитов. Но все эти технологии требуют дорогостоящего оборудования, высококвалифицированного оборудования, а также данные виды производства подходят для крупносерийного производства. Применяв технологию FDM можно значительно сократить сроки проектирования БПЛА, выполнить вышеописанные требования, а значит, данный аппарат будет массово доступен поисково-спасательным группам. Особое внимание при разработке конструкции уделялось ее мобильности.

Для снижения веса и увеличения жесткости конструкции определялись материалы и форма элементов платформы. Для 3D печати деталей и узлов выполнен анализ материалов, в табл. 1 представлены характеристики материалов, участвующих в исследованиях [1]. Сравнительные характеристики показали, что материал – Filamentarno! Aerotex, полностью соответствует всем необходимым требованиям предъявляемым к конструкции квадрокоптера: малая плотность материала ( $0,82\text{г/см}^3$ ); отсутствие гигроскопичности; термостойкость (температура размягчения  $+120^\circ\text{C}$ ). Данный материал уникален и на данный момент не имеет аналогов в мире.

Таблица 1

Сравнительные характеристики материала

Наименование характеристики	Filamentarno!PLA+	Filamentarno! CF-5	Filamentarno!Aerotex
Плотность	1.24 г/см <sup>3</sup>	1.16 г/см <sup>3</sup>	0.819 г/см <sup>3</sup>
Термостойкость	до $+70^\circ\text{C}$	от $-50$ до $+120^\circ\text{C}$	до $+120^\circ\text{C}$
Гигроскопичность	отсутствует	присутствует	отсутствует
Скорость печати	до 150 мм/с	до 70 мм/с	10мм/с - 90мм/с

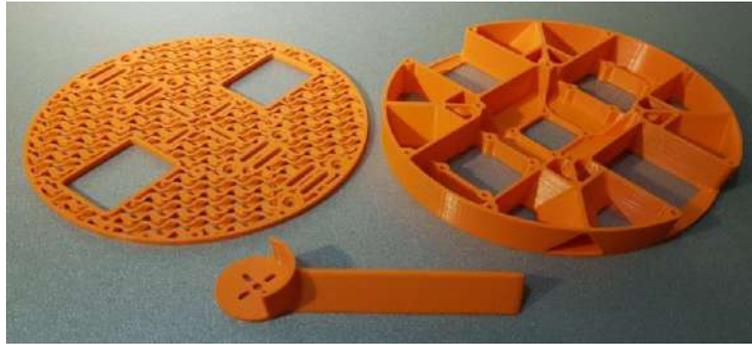


Рис. 1. Детали, напечатанные на 3D принтере

По технологии FDM были напечатаны следующие детали: корпус; верхняя дека; луч, рис. 1. Применяв данный материал, удалось разработать и изготовить экспериментальную модель беспилотной летательной платформы, рис. 2.



Рис. 2. Спроектированная и напечатанная платформа БПЛА

Платформа обладает следующими габаритами, в мм:  $365 \times 365 \times 40$ , диагональ по осям моторов составляет 466 мм. Квадрокоптер имеет сборно-разборную конструкцию, данное решение позволяет подготовить борт к полету за 10 минут, а также производить замену вышедших из строя деталей в кратчайшие сроки.

Прочностной анализ с учетом действующих сил на конструкцию платформы выполнялся экспериментально. Схема представлена на рис. 3.

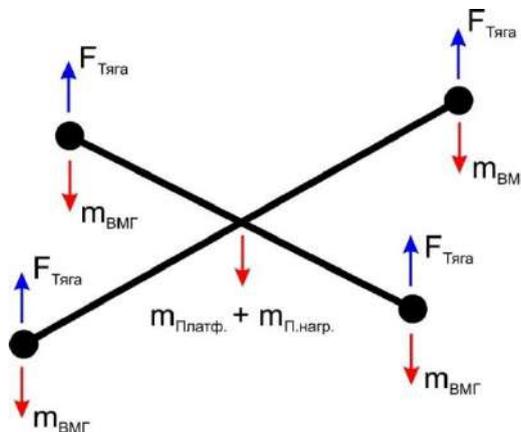


Рис. 3. Схема действия сил при испытании

Упростим модель нагрузок, выполнив прочностные испытания луча, т.к. это самый нагруженный элемент конструкции. Рама не является несущим элементом (имеет жесткую конструкцию, из-за того, что дека и рама стянуты винтовым соединением), перенося всю нагрузку на лучи.

Учитывая то, что невозможно набрать статистику разрушений деталей, напечатанных по технологии послойного наплавления материала, а также отсутствие моделей материалов в САЕ, принято решение изготовить стенд, состоящий из фиксатора луча, жестко зафиксированного к столу, рис. 4. В фиксаторе луча предусмотрено посадочное место для луча. На край луча устанавливается цифровой безмен, погрешность показаний составляет  $\pm 1$  г.



Рис. 4. Стенд для испытания на прочность луча

Характер разрушений при испытаниях луча, в зависимости от материала, применяемого при печати, представлен на рис. 5.

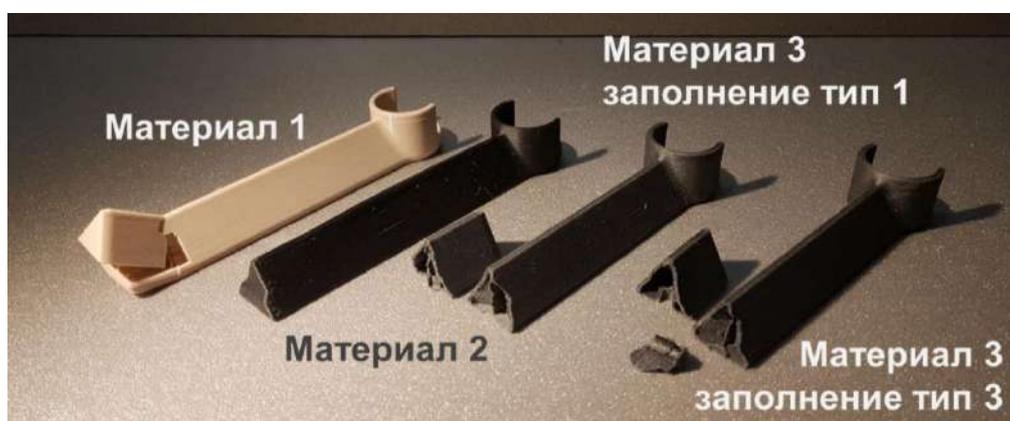


Рис. 5. Характер разрушений при испытаниях:  
Материал 1 – PLA+; материал 2 – CF-5; материал 3 – Aerotex

Проведен анализ разрушенных фрагментов луча. Установлено, что материал 1 и 3 имеют лучшую межслойную адгезию. Об этом говорит характер разрушения – деталь разрушилась поперек слоев, в то время как луч, напечатанный из материала 2, разрушился по направлению слоев.

По итогам прочностных испытаний установлено, что наиболее подходящим материалом печати как луча, так и всей конструкции платформы является Aerotex, т.к. он имеет наилучшее соотношение веса к прочности.

В ходе экспериментов установлено, что все материалы выдержали заданную нагрузку и имеют значительный запас прочности, а также схемы заполнения 1, 2 и 3 никак не влияют на прочность луча напечатанного из PLA и CF-5, но при этом заполнение 3 позволило значительно увеличить предел прочности луча выращенного из Aerotex, рис. 6.

Тип заполнения 1 – это в рассматриваемом случае чередование заполнения вдоль длинной стороны детали и поперек. Слои, которые идут вдоль, необходимы для придания жесткости по направлению распределения нагрузки, а поперечные слои для связывания/армирования нижних. Данная схема схожа с конструкцией висячего моста или натянутой струной. Как удалось выяснить на печать по такой схеме уходит больше всего времени.

Тип заполнения 3 схож с процессом изготовления крыла самолета из композитных материалов. Слои, которые идут вдоль, необходимы для придания жесткости по направлению распределения нагрузки, а слои расположенные под углом увеличивают жесткость на скручивание. Данный способ находится на втором месте по скорости печати.



**Рис. 6. Величина нагрузки для разрушения образца**

Спроектированная конструкция из материала Aerotex выдержала прочностные испытания, луч разрушился при нагрузке 12 кг, обеспечив двенадцатикратный запас прочности.

Стоит отметить и низкий вес напечатанных деталей платформы, который составляет 258 г, что, несомненно, сказывается на полетном времени, а также позволяет установить дополнительную полезную нагрузку весом 600 г.

Полетное время квадрокоптера с взлетным весом 2600 г составляет до 48 минут.

На изготовление деталей платформы необходимо 50 часов, а стоимость составляет 5200 руб. Из одной катушки материала можно изготовить два полных комплекта деталей.

Данное решение уникально и не имеет аналогов. Позволяет в кратчайшие сроки оснастить поисковиков-спасателей необходимым количеством летательных аппаратов, используемых при поисково-спасательных работах. Также платформа может применяться во время ЧС с целью:

- мониторинга лесных угодий,
- выявления очагов возгорания леса,
- прогнозирования подтопления местности,
- выявления незаконных вырубок и свалок,
- мониторинга общественных водоемов и спасение людей на них,
- ликвидации последствий техногенных катастроф.

#### **Библиографический список**

1. Хаустов А.Н. Исследование процесса 3D-печати для литья по выплавляемым моделям с целью определения ее режимов/ А.Н. Хаустов, В.В. Глебов, Т.В. Рябикина // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации: межвузовский сборник статей по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции / Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2017.- С.176-180.
2. Сайт производителя филамента <https://filamentarno.ru/catalog.html>
3. WEB портал посвящённый аддитивным технологиям <https://3dtoday.ru/>
4. Телеграм канал «Обозреватель БПЛА» <https://t.me/dronesrussia>
5. Сайт производителя БПЛА ГК «Геоскан» <https://www.geoscan.aero/ru>
6. Сайт производителя БПЛА DJI <https://www.dji.com/ru>

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ**

*А.А. Чернега, Е.Д. Иванников, В.В. Рыжков*

*Воронежский государственный технический университет*

В статье описаны преимущества и недостатки керамических композиционных материалов. Рассмотрены наиболее перспективные технологии изготовления этого уникального материала. Обоснована целесообразность и перспективы применения керамических композитов в авиакосмической отрасли и двигателестроении.

**Ключевые слова:** керамические композиционные материалы, углерод-керамические композиты, шликерное литьё, метод горячего прессования.

### **Требования к новым материалам**

В настоящее время прогресс в аэрокосмической отрасли во многом зависит от материалов, которые используются при создании летательного аппарата.

Это объясняется не только тенденцией к уменьшению взлётной массы машин, но и к возрастающим прочностным требованиям. Сейчас можно говорить о том, что существующие сплавы металлов исчерпывают свой потенциал. Появляется потребность в принципиально иных материалах, таких как композиционные материалы.

Увеличить эффективность летательного аппарата возможно путём увеличения эффективности установленных на нём двигателей. Это в свою очередь возможно при увеличении рабочей температуры двигателей, которая ограничена жаропрочностью материалов, из которых изготовлены рабочие элементы конструкции двигателя. Исходя из сказанного встаёт задача разработки материала, который не уступает легированным сплавам по прочности и при этом выигрывает в жаропрочности. Керамические композиционные материалы (ККМ) именно такие [1].

### **Способы изготовления ККМ**

Существуют множество способов изготовления керамических композиционных изделий. Наиболее распространенными из них являются метод шликерного литья и метод горячего (прямого) прессования.

Метод шликерного литья один из наиболее длительно применяемых и поэтому самый изученный способ формовки керамических изделий. Он заключается в смешивании металлических волокон керамической суспензии с последующей заливкой смеси в гипсовую форму. Жидкая фаза суспензии уходит через пористую гипсовую форму, а твёрдая фаза принимает вид будущей детали. Далее следует процесс извлечения и спекания заготовки [2]. Стоит отметить, что существует разновидность шликерного литья, при котором керамическую суспензию заливают в форму, заполненную металлической ватой или войлоком. Металлический компонент здесь также выполняет роль армирующего вещества. Применение такого способа позволяет достичь более высокой концентрации армирующего вещества в итоговом изделии, при этом избегая образования комков в смеси.

Преимуществами данного метода являются относительная простота и дешевизна процесса изготовления, а также равномерное распределение плотности детали по всему объёму.

К недостатку такого метода можно отнести низкую прочность заготовок до спекания (прессовок) и высокую трудоёмкость процесса производства. Трудоёмкость обусловлена многостадийностью производства: замешивание шликера, сушка, прессовка, спекание и последующая обработка.

Метод горячего (прямого) прессования является одним из самых перспективных при изготовлении керамических композиционных деталей. Сущность метода заключается в формовании детали из порошковой смеси под давлением с последующей выдержкой при высокой температуре. Одним из важнейших требований при применении такого метода является высокая однородность порошковой смеси, которая достигается в шаровых мельницах, смесителях типа двойного конуса и подобных. Температура выдержки детали должна составлять 0,8-0,9 от температуры плавления самого легкоплавкого компонента смеси. Ос-

новным ограничением к применению данного метода являются высокие требования к материалу пресс-формы, который должен быть инертным по отношению к материалу изготавливаемой детали, а так быть жаропрочным и обладать высокой твёрдостью. Как правило, в настоящее время пресс-формы для горячего прессования изготавливают из графита.

Достоинствами метода горячего прессования являются высокая прочность получаемых изделий, минимальные допуски, сокращение время производства за счёт совмещения процессов спекания и прессования. Так же сокращается время постобработки деталей.

Из ограничений метода вытекают его недостатки: малая износостойкость пресс-форм и, как следствие, низкая производительность и высокая стоимость метода. Композиционные материалы и методы их изготовления приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Керамические композиционные материалы и способы их изготовления**

Волокно	Матрица	Способ изготовления
Mo	$\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$	Горячее прессование
Mo	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{ZrO}_2$	Горячее прессование
Nb	$\text{Al}_2\text{O}_3 + 30\% \text{ Cr}$	Шликерное литьё
W, Mo, Th	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Шликерное литьё
W, Mo	Каолин, кремний, полевой шпат, $\text{ZrO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , муллит, $\text{ThO}_2$	Горячее прессование
W, Mo	муллит + 20% Cr	Горячее прессование
Mo	$\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$	Горячее прессование

### Перспективные области применения ККМ

Керамические композиты востребованы в различных отраслях аэрокосмической сферы. За счёт строения кристаллической решётки керамические материалы не склонны к схватыванию. Это выгодно отличает их от антифрикционных материалов на металлической основе. Термостойкость, жаропрочность, коррозионная стойкость и низкая плотность делают использование таких материалов очень перспективным в высокоскоростных парах трения, особенно при повышенных температурах. Подшипники скольжения из такого материала могут эксплуатироваться в авиационной технике, служить опорой для валов турбовинтовых двигателей. Известно, что достигнут успех в создании деталей цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма из высокотемпературного антифрикционного ККМ в ЦИАМ [3].

Также ККМ могут использоваться в перспективных газотурбинных двигателях в качестве материала для изготовления камеры сгорания, жаровой трубы, сопловых лопаток, турбинных лопаток, секторов турбин. Это позволит снизить массу двигателя и сократить или вовсе избавиться от системы охлаждения этих элементов. Рабочая температура таких деталей может достигать 1500 °С [4]. Основной остаётся проблема крепления деталей из ККМ к другим деталям. Одним из путей решения данной проблемы является проектирование опти-

мальной формы крепления, для снижения нагрузок на керамическую деталь в месте стыковки (рис. 1) [5].



**Рис. 1. Вставка из керамического матричного композита и теплозащитного покрытия**

Характерной чертой развития ракетостроения является увеличение скорости соответствующей техники, а это приводит к увеличению температуры на поверхности. Так как основную нагрузку испытывает головной обтекатель ракеты, следует, что необходимо изготавливать данное изделие из термостойкого и теплоизолирующего материала. Для этой задачи отлично подходят керамические композиты, которые имеют перечисленные выше свойства. Таким образом, обтекатели из ККМ получили широкое применение в ракетостроении (рис. 2) [6].



**Рис. 2. Ракетный обтекатель из ККМ**

Также можно выделить сверхпроводящие оксидные ККМ, которые выпускаются в виде проводов с серебряной оболочкой. Такой материал может работать при температуре 90-105К, следовательно, может охлаждаться азотом. При создании гистерезисных электродвигателей и магнитных подшипников используют данный вид керамического композита [7].

Одним из перспективных видов ККП, применяемых в создании тепловой защиты для новых концепций спускаемых аппаратов, является углерод-керамические композиты, которые имеют высокую электропроводность в сочетании с низкой теплопроводностью и высокой прочностью [8].

В заключении можно сделать вывод, что композиционные материалы являются одними из наиболее перспективных материалов, применяемых в промышленности. Композиционные материалы на основе керамики могут найти широкое применение в аэрокосмической технике.

#### Библиографический список

1. Чернега, А.А. Применение керамических композиционных материалов в авиастроении [Текст] // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – Красноярск 2021. – Т. 1. – С. 484-485.
2. Соколов, В.М. Технологии изготовления объёмных наноматериалов [Текст] // Томск, ТПУ, 2009. – 29 с.
3. Инновационная разработка ЦИАМ отмечена серебряной медалью международного салона «Архимед» – Электронный ресурс // URL: <https://www.ciam.ru/press-center/news/innovative-design-ciam-awarded-silver-medal-of-international-saloon-archimedes/> (дата обращения 10.03.2022)
4. Гребенщикова, Т.Д. Применение аддитивных технологий при изготовлении турбинных лопаток из сплавов на основе никеля [Текст] / Т.Д. Гребенщикова, В.В. Рыжков // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации. – 2020. – Т. 1. – С. 56-59.
5. Евдокимов, С.А. Керамические материалы в авиационном двигателестроении (обзор) [Текст] / С.А. Евдокимов, Н.Е. Щеголева, О.Ю. Сорокин // Труды ВИАМ. – 2018. – № 12. – С. 54-61.
6. Русин, М.Ю. Проектирование головных обтекателей ракет из керамических и композиционных материалов [Текст] // Москва, МГТУ, 2005. – 64 с.
7. Иванников, Е.Д. Электрические самолеты [Текст] // Авиакосмические технологии (АКТ-2020) – Воронеж, ВГТУ 2020. – С. 90-96.
8. Иванников, Е.Д. Роль графена в авиастроении [Текст] // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых). – Казань 2021. – Т. 1. – С. 406-409.

## МЕТОДИКА ПОИСКА КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАЧИ КОНТУРОВ СТАБИЛИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*А.А. Шабашов, А.А. Плотников*  
*ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА»*

В статье рассмотрен подход к синтезу системы стабилизации беспилотного летательного аппарата на этапе первичного поиска передаточных чисел контура стабилизации короткопериодического движения, основанный на использовании методов глобальной и локальной оптимизации. Далее рассмотренный подход реализуется в автоматизированном программном комплексе и приводится пример его использования.

**Ключевые слова:** система стабилизации, автоматизация, программный комплекс, оптимизация, нелинейность.

### Введение

Система стабилизации входит в состав системы автоматического управления полётом и отвечает за обеспечение устойчивости и управляемости беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в заранее определённых диапазонах вы-

сот и скоростей применения. Однако обеспечение устойчивости не всегда гарантирует хорошее качество системы управления. С практической точки зрения, важным показателем ее субоптимального функционирования является обеспечение необходимого вида и качества переходного процесса, соответствующих рассматриваемому объекту управления (ОУ).

Процедура синтеза системы стабилизации допускает разделение полной нелинейной модели на три составные части: продольный, боковой и креновой каналы [1, 2]. В результате подобного допущения исключаются влияния перекрёстных связей между каналами, что в свою очередь в зависимости от внешней компоновки, расположения рулевых органов и несущих поверхностей БПЛА приводит к снижению точности общей модели в целом [3]. Следующим шагом, согласно общепринятой методике, производятся разделение движения на короткий и длинный период и линеаризация в опорных точках [4]. Затем линеаризованная модель короткопериодического движения рассматривается в стационарных режимах работы. Описанная процедура серьезно упрощает процесс поиска передаточных чисел контура стабилизации. Однако, если рассматривать систему стабилизации как комплексную систему, состоящую из регулятора, исполнительного устройства, объекта управления и датчиков первичной информации (ДПИ), то линейная стационарная модель уже может не соответствовать исходной нелинейной модели с необходимой точностью. На практике процедура синтеза с использованием нелинейной модели является достаточно сложной задачей, которая решается в основном эвристическими методами.

Решение рассмотренной проблемы может быть достигнуто с помощью применения алгоритмов многомерной оптимизации [5]. Основой метода служит минимизация рассогласования переходной характеристики нелинейной модели относительно желаемой. Появляется возможность оценивать переходные процессы с учётом различных нелинейностей комплексной системы, к примеру, учитывать насыщение и зону нечувствительности исполнительного устройства, нелинейное поведение аэродинамических характеристик. В таком случае, неоспоримым преимуществом рассмотренного подхода является поиск таких передаточных чисел, которые обеспечивают системе стабилизации робастные свойства. Поставленная таким образом задача синтеза хорошо формализуема, что дает возможность автоматизировать процесс поиска передаточных чисел. Это существенно ускоряет процедуру синтеза систем стабилизации и как следствие сокращает время разработки.

Таким образом, актуальной является задача создания программного комплекса, реализующего рассмотренный подход нахождения передаточных чисел контура стабилизации нелинейного ОУ с требуемыми видом и качеством переходного процесса.

### **Структура программного комплекса**

Программный комплекс автоматизированного поиска передаточных чисел «Синтез» построен по модульному принципу и состоит из четырех основных элементов – планировщика, решателя, линеаризации и цифрового комплекса моделирования (ЦКМ) (см. рис. 1).

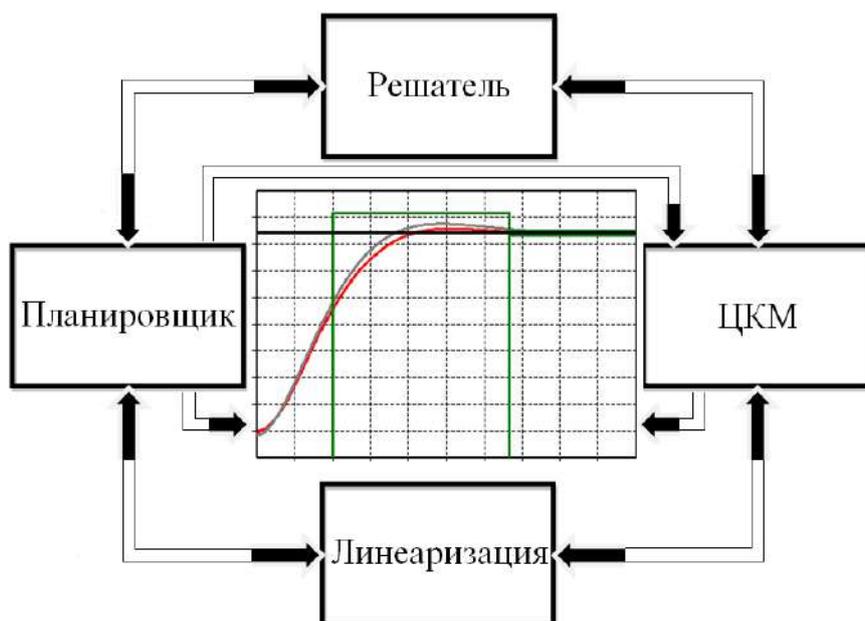


Рис. 1. Структурная схема программного комплекса «Синтез»

Планировщик является средством высокоуровневого взаимодействия пользователя с программным комплексом (см. рис. 2). Его основными задачами являются формирование сценариев синтеза, инициализация процедуры синтеза и отображение получаемых результатов. К настройкам сценария относятся:

- настройка режимов полета БПЛА (высотно-скоростные характеристики, аэродинамические конфигурации, инерционные и массо-центровочные характеристики, характеристика короткопериодического движения);
- настройка требований к передаточным числам (количество, начальные значения и ограничения);
- настройка поисковых методов;
- настройка желаемого вида переходного процесса (время и шаг моделирования, допустимое перерегулирование, трубка точности, величина заданного воздействия и т.д.).



Рис. 2. Структурная схема модуля «Планировщик»

Решатель производит поиск коэффициентов обратных связей контура стабилизации путём решения задачи многомерной оптимизации функции с

ограничениями [6]. В состав модуля входят целевая функция и поисковые методы. Целевая функция содержит показатели качества, формализованные на основе требований, предъявляемых к переходному процессу:

$$I = J_0 + \sum_{i=1}^n d_i J_i,$$

$$J_0 = \int_0^{T_M} (F_{\text{зад}}(t) - F(t))^2 dt,$$

где  $I$  – целевая функция;  $d_i$  – вектор, значения которого равны 0 или 1 в зависимости от использования того или иного штрафа;  $J_i$  – вектор динамических штрафов;  $F_{\text{зад}}(t)$ ,  $F(t)$  – желаемый и текущий переходные процессы;  $T_M$  – время моделирования.

При этом отдельной задачей является разработка системы динамических штрафов, которая напрямую влияет на показатель критерия качества.

Из существующих поисковых методов используются генетический алгоритм и метод Неллора-Мида, как методы глобальной и локальной оптимизации соответственно.

Модуль линеаризации реализует поиск балансирующих характеристик объекта управления на заданных режимах для формирования ограничения величины заданного воздействия. Процедура поиска выполняется путём численного решения нелинейных уравнений динамики БПЛА с помощью метода дихотомии с дополнительным разбиением исходного интервала.

Модуль ЦКМ предназначен для получения переходной характеристики контролируемой величины как результата отработки заданного воздействия нелинейной математической моделью движения БПЛА с учетом общей динамики регулятора, исполнительного устройства и ДПИ (см. рис. 3).

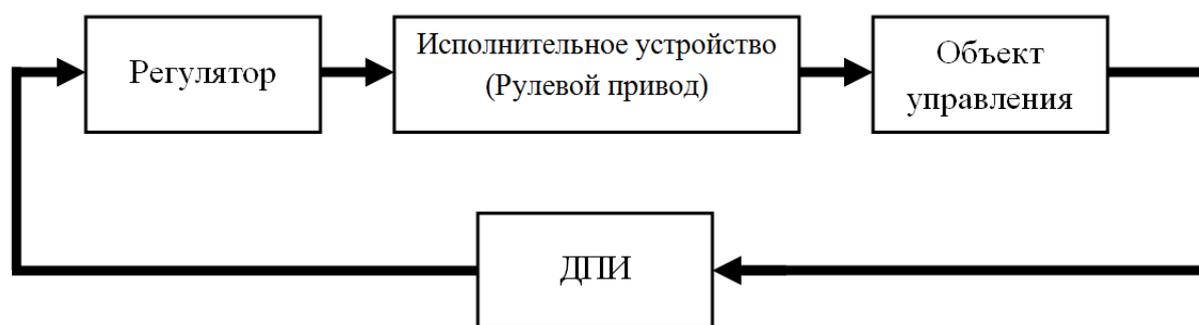


Рис. 3. Структурная схема ЦКМ

### Численное моделирование

В качестве примера использования программного комплекса рассмотрим процедуру синтеза на этапе первичного поиска передаточных чисел контура стабилизации вертикального канала БПЛА, структурная схема которого изображена на рис. 4.



Изменение полученных передаточных чисел от скоростного напора имеет закономерный характер, что сильно упрощает их дальнейшую аппроксимацию математическими функциями и использование при разработке алгоритмов для бортовых цифровых вычислительных машин.

Результаты моделирования переходных процессов по режимам представлены на рис. 6. Их анализ подтверждает выполнение заявленных требований.

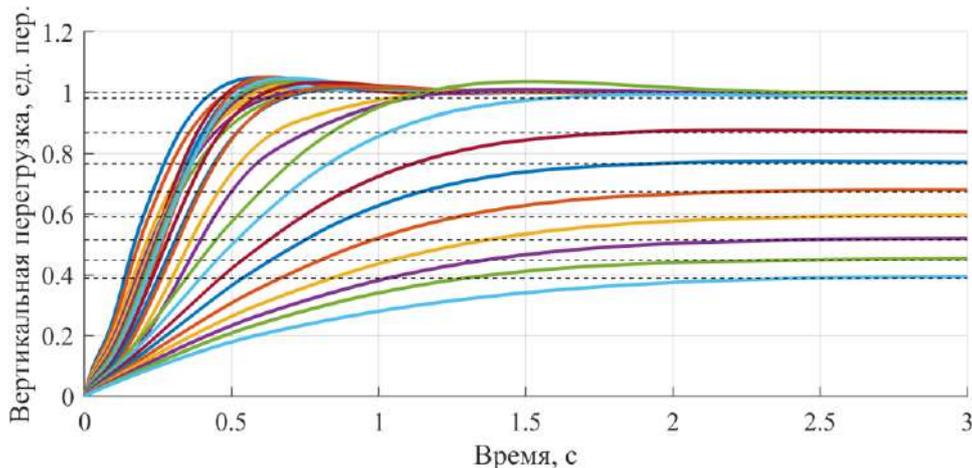


Рис. 6. Семейство переходных процессов по режимам

### Выводы

Исходя из полученных результатов можно утверждать, что рассмотренная методика автоматизированного поиска передаточных чисел и её реализация в виде программного комплекса достаточны для решения задач синтеза контуров стабилизации БПЛА. При этом система стабилизации имеет робастные свойства, поскольку обеспечиваются устойчивость, необходимое качество и желаемый вид переходного процесса при малоизменяющихся передаточных числах и широком диапазоне изменения АДХ в рамках короткопериодического движения.

### Библиографический список

1. **Вавилов, В.Д.** Интегральные датчики: учеб. пособие. Н. Новгород, 2003. – 503 с.
2. **Ефремов, А.В.** Динамика полета: Учебник для студентов высших учебных заведений / А.В. Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н. Овчаренко, В.Л. Суханов, Ю.Ф. Шелюхин, А.С. Устинов. – М., Машиностроение, 2011. – 776 с.
3. **Siouris, G.M.** Missile guidance and control systems. Springer-Verlag New York, 2005. 681 p.
4. **Топчеев, Ю.И.** Системы стабилизации / Ю. И. Топчеев, В. Г. Потемкин, В. Г. Иваненко; редкол. Б. А. Рябов, А. С. Шаталов, В. А. Боднер, Ю. И. Топчеев. – М.: Машиностроение, 1974. – 248 с.
5. **Schumacher, D.A.** Tactical Missile Autopilot Design Using Nonlinear Control. Dissertation for Doctor of Philosophy in Aerospace Engineering. The University of Michigan, 1994. 119 p.
6. **Обносов, Б.В.** Стабилизация, наведение, групповое управление и системное моделирование беспилотных летательных аппаратов. Современные подходы и методы: в 2т. / [Б. В. Обносов, Е. М. Воронов и др.]; под ред. Е. М. Воронова, Е. А. Микрина, Б. В. Обносова. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 464 с.
7. **Sebbane, Y.B.** Smart Autonomous Aircraft: Flight Control and Planning for UAV. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2015. 434 p

## УПРАВЛЕНИЕ С ИТЕРАТИВНЫМ ОБУЧЕНИЕМ ОДНОЗВЕННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ С ГИБКИМ ЗВЕНОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАБЛЮДАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ

*В.Д. Шкилёва*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассмотрена модель портального робота. К этой модели был применен алгоритм поиска матриц усиления, стабилизирующий управление на основе метода векторных функций Ляпунова и вычислительных процедур решения линейных матричных неравенств. Построен закон управления с итеративным обучением канала портального робота на основе наблюдателя состояния без учета ограничений и с учетом ограничений в виде функции насыщения. Проведено моделирование канала портального робота с полученным законом управления и анализом влияния величины насыщения на точность процесса обучения, которое подтвердило возможность достижения требуемой точности выполнения операций.

**Ключевые слова:** управление с итеративным обучением, 2D-модели, ограничения, устойчивость, векторная функция Ляпунова.

В настоящее время в развитии современных технологий ключевую роль играют системы управления. Среди них особое место занимают системы управления с итеративным обучением (УИО). УИО эффективно применяется с целью повышения точности систем, функционирующих в повторяющемся режиме.

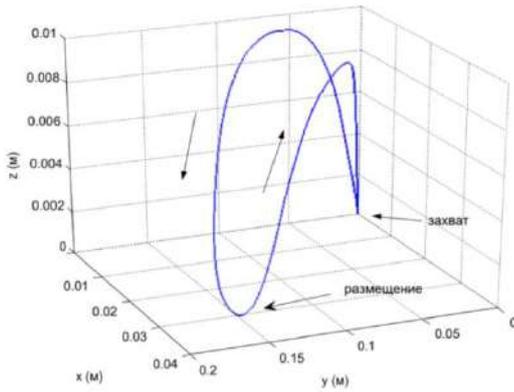
В реальных системах присутствуют ограничения на управление, обусловленные техническими характеристиками и условиями функционирования конкретной системы. Данные ограничения могут привести к снижению точности процесса обучения до недопустимых значений. Кроме того, на практике не все переменные состояния доступны измерению. В соответствии с этим, цель работы состоит в построении и исследовании закона управления с итеративным обучением с использованием наблюдателя состояния и с учетом ограничения на управление для канала портального робота.

Рассмотрим портального робота, описанного в работе [1]. Траектория движения исполнительного органа робота разделена на составляющие по трем ортогональным осям, и по каждой из осей экспериментально получена передаточная функция. Выбирая оси робота в качестве осей координат, можем отдельно рассматривать динамику процесса обучения по осям.

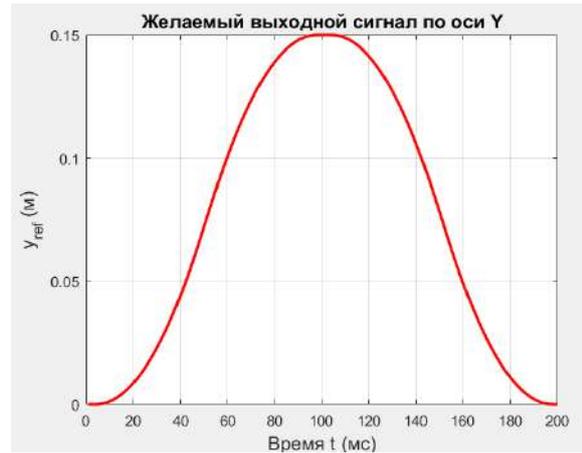
Желаемая пространственная траектория движения портального робота представлена на рис. 1.

Передаточная функция от управления к перемещению, полученная экспериментально в работе [2], имеет вид:

$$G(s) = \frac{23.7356(s + 661.2)}{s(s^2 + 426.7s + 1.744 \cdot 10^5)}$$



**Рис. 1. Желаемая пространственная траектория движения портального робота**



**Рис. 2. Желаемая траектория движения портального робота по оси Y**

Необходимо синтезировать алгоритм УИО, позволяющий реализовать данную траекторию движения и изучить влияние технических ограничений на управление на точность воспроизведения этой траектории.

Поставленная задача вписывается в рамки следующей общей постановки. Рассмотрим систему, функционирующую в повторяющемся режиме, модель которой на  $k$ -м повторении имеет вид:

$$x_k(p+1) = Ax_k(p) + Bu_k(p), \quad 0 \leq p \leq N-1$$

$$y_k(p) = Cx_k(p), \quad k = 0, 1, \dots,$$

где  $x_k \in R^{n_x}$  – вектор состояния,  $u_k \in R^{n_u}$  – вектор управления,  $y_k \in R^{n_y}$  – вектор выходных переменных,  $k$  – номер повторения.

Желаемая траектория движения по оси  $Y$  имеет вид, показанный на рис. 2.

Пусть  $y_{ref}(p)$  – желаемый профиль повторения и на каждом повторении измерению доступен только вектор профиля. Введем в рассмотрение ошибку воспроизведения профиля

$$e_k(p) = y_{ref}(p) - y_k(p), \quad k = 0, 1, \dots$$

Необходимо найти последовательность управлений  $u_k(p)$ ,  $k = 0, 1, \dots$ , которая обеспечивает достижение заданной точности воспроизведения желаемой траектории за конечное число повторений  $k_f$  и сохранение этой точности при дальнейших повторениях, т.е.  $|e_k(p)| \leq \varepsilon$ ,  $k \geq k_f$ ,  $0 \leq p \leq N$ , а также проанализировать влияние ограничений на управление на точность.

Последовательность  $u_k(p)$ ,  $k = 1, \dots$  при заданном граничном условии  $u_0(p)$  будем формировать в соответствии с общим алгоритмом УИО  $u_{k+1}(p) = u_k(p) + \Delta u_{k+1}(p)$ . На основе измеренных значений  $y_k(p)$  будем использовать оценку вектора состояния, так как сам вектор состояния недоступен для измерения. Для нахождения этой оценки используем наблюдатель полного порядка со структурой, аналогичной структуре фильтра Калмана.

$$\hat{x}_k(p+1) = A\hat{x}_k(p) + Bu_k(p) + F(y_k(p) - C\hat{x}_k(p))$$

Введем в рассмотрение ошибку оценивания, а также приращения оценки и ошибки оценивания.

$$\tilde{x}_k(p) = x_k(p) - \hat{x}_k(p), \hat{\xi}_{k+1}(p+1) = \hat{x}_{k+1}(p) - \hat{x}_k(p), \tilde{\xi}_{k+1}(p+1) = \tilde{x}_{k+1}(p) - \tilde{x}_k(p).$$

Динамика системы с наблюдателем относительно приращений имеет вид:

$$\tilde{\xi}_{k+1}(p+1) = (A - FC)\tilde{\xi}_{k+1}(p), \hat{\xi}_{k+1}(p+1) = FC\tilde{\xi}_{k+1}(p) + A\hat{\xi}_{k+1}(p) + Bu_{k+1}(p),$$

$$e_{k+1}(p) = -CA\tilde{\xi}_{k+1}(p) - CA\hat{\xi}_{k+1}(p) + e_k(p) - CBv_{k+1}(p).$$

Динамика системы в терминах ошибки и приращения состояния опишется уравнениями системы (1).

$$\eta_{k+1}(p+1) = A_{11}\eta_{k+1}(p) + A_{12}e_k(p) + B_1v_{k+1}(p), \quad (1)$$

$$e_{k+1}(p) = A_{22}\eta_{k+1}(p) + A_{21}e_k(p) + B_2v_{k+1}(p).$$

Устойчивость этой модели гарантирует сходимость процесса обучения.

Закон УИО должен обеспечивать условия сходимости. Воспользуемся методом векторных функций Ляпунова для повторяющихся процессов. Введем векторную функцию Ляпунова

$$V(\eta_{k+1}(p), e_k(p)) = \begin{bmatrix} V_1(\eta_{k+1}(p)) \\ V_2(e_k(p)) \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где  $V_1(x_{k+1}(p)) > 0, x_{k+1}(p) \neq 0, V_2(e_k(p)) > 0, e_k(p) \neq 0, V_1(0) = 0, V_2(0) = 0$ .

Тогда аналог дивергенции этой функции определим следующим образом

$$DV(\eta_{k+1}(p), e_k(p)) = \Delta_p V_1(\eta_{k+1}(p)) + \Delta_k V_2(e_k(p)),$$

где  $\Delta_p V_1(\eta_{k+1}(p)) = V_1(\eta_{k+1}(p+1)) - V_1(\eta_{k+1}(p)), \Delta_k V_2(e_k(p)) = V_2(e_{k+1}(p)) - V_2(e_k(p))$ .

Теорема 1. [3]. Система (1) является экспоненциально устойчивой, если существует функция (2) и положительные скаляры  $c_1, c_2$  и  $c_3$ , такие что

$$c_1 |\eta_{k+1}(p)|^2 \leq V_1(\eta_{k+1}(p)) \leq c_2 |\eta_{k+1}(p)|^2, c_1 |e_k(p)|^2 \leq V_2(e_k(p)) \leq c_2 |e_k(p)|^2,$$

$$DV(\eta_{k+1}(p), e_k(p)) \leq -c_3 (|\eta_{k+1}(p)|^2 + |e_k(p)|^2).$$

Если матричное неравенство

$$\begin{bmatrix} X & (\bar{A}X + \bar{B}Y\bar{C})^T & X & (Y\bar{C})^T \\ \bar{A}X + \bar{B}Y\bar{C} & X & 0 & 0 \\ X & 0 & Q^{-1} & 0 \\ Y\bar{C} & 0 & 0 & R^{-1} \end{bmatrix} \geq 0, X > 0, \bar{C}X = Z\bar{C}, \quad (3)$$

разрешимо относительно матрицы  $X = \text{diag}[X_1 \ X_2] > 0$ , то  $P = X^{-1}$ , где  $P$  – решение неравенства Риккати. Если система (3) разрешима, то матрица усиления  $K = -[\bar{B}^T P \bar{B} + R]^{-1} \bar{B}^T P \bar{A}$ .

Рассмотрим метод синтеза управления с учетом насыщения. Выражение для управления с насыщением имеет вид

$$v_{k+1} = \text{sat}(K\zeta_k(p)) = \begin{cases} U_k & \text{если } \zeta_k > U_k, \\ K\zeta_k(p) & \text{если } -U_k \leq K\zeta_k \leq U_k, \\ -U_k & \text{если } K\zeta_k < -U_k. \end{cases} \quad (4)$$

Пусть матрицы  $X, Y, Z$  удовлетворяют решению линейного матричного неравенства

$$\begin{bmatrix} X & (\bar{A}X + \bar{B}Y\bar{C})^T & X & (Y\bar{C})^T \\ \bar{A}X + \bar{B}Y\bar{C} & X & 0 & 0 \\ X & 0 & Q^{-1} & 0 \\ Y\bar{C} & 0 & 0 & R^{-1} \end{bmatrix} \geq 0, X > 0, \bar{C}X = Z\bar{C}. \quad (5)$$

Если система (5) разрешима, то матрица усиления  $K = YZ^{-1}$ .

Предположим, что для заданных ограничений (4) и заданных матриц  $Q$  и  $R$  существуют матрицы  $X = \text{diag}[X_1 X_2] > 0$ ,  $W = \text{diag}[W_1 W_2] > 0$ ,  $T_u = \text{diag}[T_{u_i}] > 0$ ,  $i = 1, \dots, n_u$ ,  $Y$  и  $Z$ , удовлетворяющие (5), и выполняется условие

$$\begin{bmatrix} -W & -(K\bar{C}W)^T & (\bar{A}W + \bar{B}K\bar{C}W)^T \\ -K\bar{C}W & -T_u & T_u\bar{B}^T \\ (\bar{A}W + \bar{B}K\bar{C}W) & \bar{B}T_u & -W \end{bmatrix} < 0.$$

Тогда последовательность ошибок  $e_k(p)$ , сходится к ограниченной по норме функции  $e_\infty(p)$  при  $k \rightarrow \infty$  для всех  $0 \leq p \leq N-1$  и  $\|\bar{e}_k(p)\|$  монотонно убывает.

УИО для системы запишется в следующем виде:

$$u_k(p) = u_{k-1}(p) + K_2(\hat{x}_k(p) - \hat{x}_{k-1}(p)) + K_3\Theta_1(z_{ref}(p+1) - Cx_{k-1}(p+1)).$$

Также рассмотрим насыщающую версию этого закона управления

$$u_k(p) = \text{sat}(u_{k-1}(p) + K_2(\hat{x}_k(p) - \hat{x}_{k-1}(p)) + K_3(y_{ref}(p+1) - Cx_{k-1}(p+1))).$$

Введем в рассмотрение среднеквадратическую ошибку обучения в качестве меры точности воспроизведения желаемой траектории и среднее значение ошибки

$$D(k) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{p=0}^N \|e_k(p)\|^2}, E(k) = \frac{1}{N} \sum_{p=0}^N e_k(p).$$

Зададим ограничения на управление, равное 3.34. Рис. 3 показывает, что средняя ошибка и среднеквадратическая ошибка стремятся к нулю при увеличении  $k$ . На рис. 4 показано соответствующее изменение входных сигналов управления.

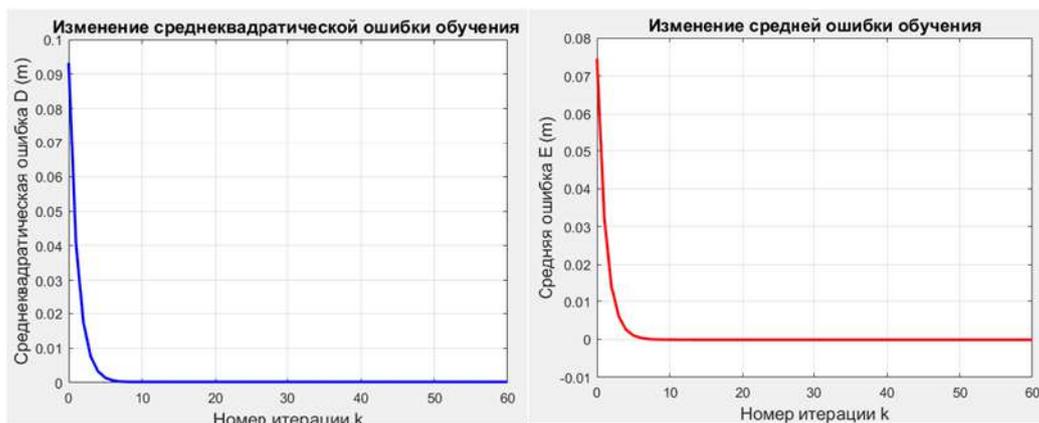


Рис. 3. Динамики изменения среднеквадратической и средней ошибки без насыщения

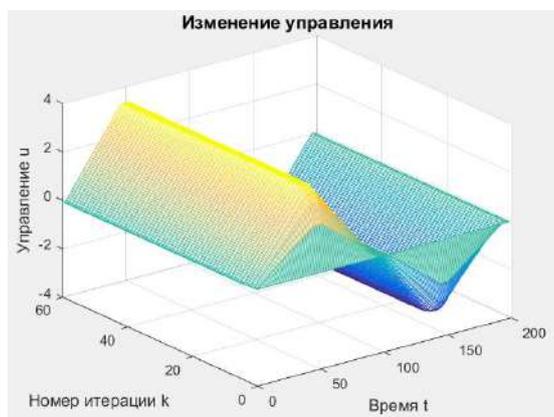


Рис. 4. Динамика изменения управления без насыщения

Зададим ограничение на насыщение, равное 2,55. На рис. 5 показано, что средняя ошибка стремится к нулю при увеличении  $k$ , среднеквадратичная ошибка стремится к очень малому ненулевому значению, поскольку реакции вдоль прохода имеют колебательную характеристику. Без управления система неустойчива, а при низком уровне насыщения энергия управления довольно мала и достаточная точность не обеспечивается. На рис. 6 изображена динамика изменения управления для этого случая.

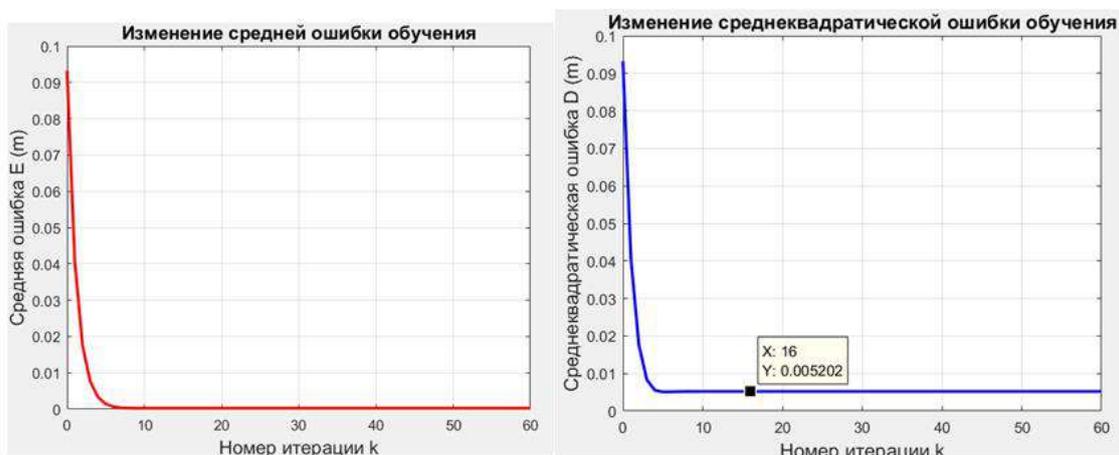


Рис. 5. Динамики изменения среднеквадратической и средней ошибки с насыщением

С учетом сказанного, можно утверждать, что снижение уровня насыщения приводит к увеличению ошибки. Учитывая, что линейное управление по своей структуре имеет естественное ограничение, величину уровня насыщения следует согласовывать с этим ограничением, исходя из компромисса между требуемой точностью и техническими ограничениями.

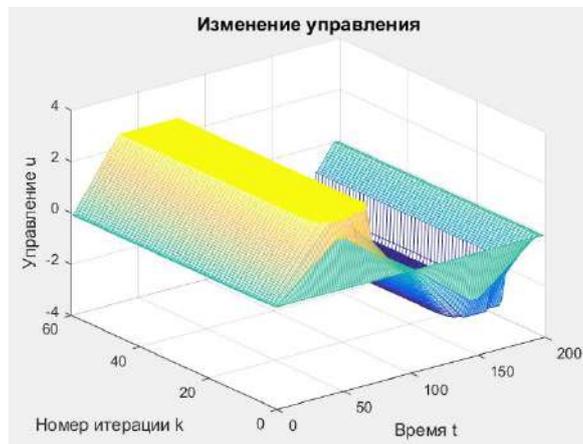


Рис. 6. Динамика изменения управления с насыщением

Практическая ценность работы состоит в том, что полученные результаты могут быть взяты за основу программно-алгоритмического обеспечения управления с итеративным обучением. Очень важным для практики является вывод о необходимости согласования технических ограничений с естественными ограничениями, полученными на основе расчетов. В противном случае требуемая точность может быть не достигнута.

#### Библиографический список

1. **Hladowski, L., Galkowski, K., Cai, Z., Rogers, E., Freeman, C.T., and Lewin, P.L.** (2010). Experimentally supported 2D systems based iterative learning control law design for error convergence and performance. *Control Engineering Practice*, 18, 339-348.
2. **Shen D.** A Technical Overview of Recent Progresses on Stochastic Iterative Learning Control // *Unmanned Syst.* 2018. V. 6. No. 3. P. 147-164.
3. **Pakshin P.** Dissipativity and Stabilization of Nonlinear Repetitive Processes / **P. Pakshin, J. Emelianova, M. Emelianov, K. Galkowski, E. Rogers** // *Syst. & Control Lett.* 2016. V. 91. P. 14-20.

## КОНКУРС ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

### РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ЧИСТОТЫ ТРОТУАРОВ, ПРОЕЗЖИХ ЧАСТЕЙ И ДВОРОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ В РАЗЛИЧНЫЕ ВРЕМЕННЫЕ ПЕРИОДЫ

*А.С. Блохина, К.С. Сычев, О.В. Егоркин*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

Применение роботов в различных сферах жизнедеятельности человека постепенно становится нормой. Однако их применение является неравномерным, а доля их использования в сфере жилищно-коммунального хозяйства крайне мала. На текущий момент все средства уборки можно разделить на ручные и механизированные. К ручным относятся метла, лопаты, в пример механизированного можно привести подметальную механическую машину.

Целью создания данного проекта является разработка мобильного робота для поддержания чистоты тротуаров, проезжих частей и дворовых территорий в различные временные периоды. Идея возникла после просмотра данных о затратах на уборку и починку улиц домоуправляющими компаниями и коммунальными службами. Данные по коммерциализации приведены в табл. 1 и 2.

*Таблица 1*

**(Коммунальные службы г. Арзамас)**

Год	2019	2020	2021
Затраты, тыс. руб.	88436,1	76511,5	80572,0

*Таблица 2*

**(Затраты домоуправляющей компании)**

Год	2019	2020	2021
Затраты, тыс. руб.	679,45	789,13	319,42

Обоснованием и особенностью научной новизны разрабатываемого проекта является применение типовых решений для новой ситуации. Такой ситуацией является исключение человека, что позволит в будущем минимизировать затраты на уборку тротуаров, парков и дворовых территорий. Разработка убирает сравнительно большую площадь и может работать дольше человека, так как его рабочее время ограничено.

Разнообразие загрязняющих территорию объектов, к которым в первом приближении необходимо отнести снег и пыль, не позволяют создать единую компоновку устройства, одинаково отвечающую всем требованиям. Это обстоятельство наталкивает на модульность конструкции. В элементы системы разделены на две группы.

Первая группа отвечает за перемещение робота в окружающей среде. Тут решается задача определения местоположения робота на карте местности и распознавание объектов, с которыми необходимо взаимодействовать. Решение этой задачи осуществляется бортовой вычислительной системой, за которую на первом этапе принят Raspberry Pi3 Model B+. Для работы с изображениями используется библиотека OpenCV. Распознавание объектов окружающей среды осуществляется через систему видеочамер, установленных на корпусе робота. Для анализа поступающих с камеры изображений применяется алгоритм Sanny. Определение местоположение робота осуществляется системой «ГЛОНАСС/GPS». Алгоритмы перемещения приведены в работе.

Второй частью конструкции является система уборки. Сделать ее универсальной невозможно ввиду разнообразия объектов, с которыми необходимо взаимодействовать. В данном случае предполагается разработать отдельные модули для различных погодных ситуаций. Так, в рамках зимне-летнего периода предлагается использовать систему полива и автоматизированные щетки. Предполагается, что щетки будут вращаться друг к другу, что обеспечит захват пыли в бак с водой, где пыль будет смешиваться с водой и распыляться. В зимнее время уборка снега может осуществляться отвалом при небольшом слое снега или шнековой навеской, а также будет производиться распыление реактивов.

Наиболее острой проблемой, вставшей на этапе разработки прототипа, является проблема массогабаритных характеристик и времени работы. С точки зрения общей компоновки разрабатываемая модель движется на четырех независимых колесах, каждое из которых приводится в движение отдельным двигателем, что оправданно в данной ситуации. Однако расчетная масса конструкции недостаточна в зимнее время года для уборки снега, а ее утяжеление приводит к уменьшению времени автономности в 1,5...2 раза. На текущий момент данная проблема требует более тщательной проработки алгоритмов взаимодействия объекта, что невозможно на текущей стадии проекта.



Рис.1 Беспилотный робот Woxioabai

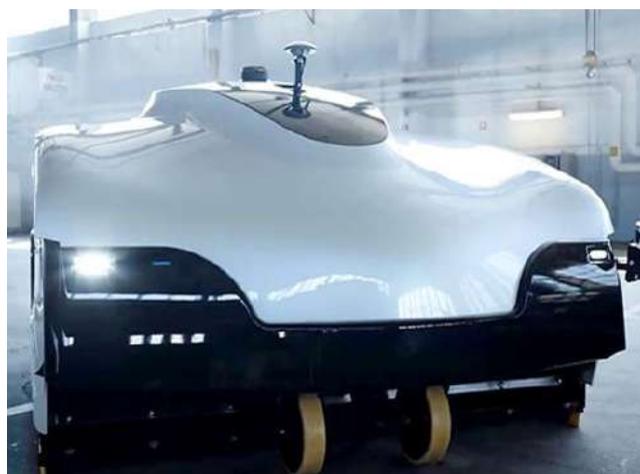


Рис.2 Беспилотный робот Trombia Free

Для того, чтобы решить ряд возникших проблем, было проведено сравнение с зарубежными аналогами. Такими являются китайский мобильный робот Woxioabai, финский беспилотный робот Trombia Free и русский патент робота-снегоуборщика. У всех беспилотников имеются различного рода датчики и GPS. Для сравнения со своей разработкой были взяты такие габариты, как вес, скорость и площадь уборки.

У первого аналога Woxioabai вес 360 кг, минимальная скорость работы 5 км/ч, а максимальная 15 км/ч. Заряда аккумулятора хватает на три часа автономной работы. Убираемая площадь около 4 км<sup>2</sup>.

Беспилотник финских разработчиков является весьма крупногабаритным. Его размеры 3 м в длину и 2 в ширину, а при добавлении дополнительных щеток ширина увеличивается до 2,5 м. Максимальная скорость робота составляет 10 км/ч, но разработчики пока ограничили ее до 6 км/ч. Но в процессе уборки он движется в диапазоне 2-6 км/ч. Время автономной работы при максимальном расходе аккумулятора составляет 17 часов, а при минимальном расходе 8 часов. Работает в любое время суток и при любых погодных условиях. Данные по весу и убираемой площади отсутствовали в интернете.

Запатентованный робот-снегоуборщик российских разработчиков является только патентом, поэтому какие-либо данные по размерам, убираемой площади и натурным испытаниям отсутствуют.



Рис.3 Робот-снегоуборщик

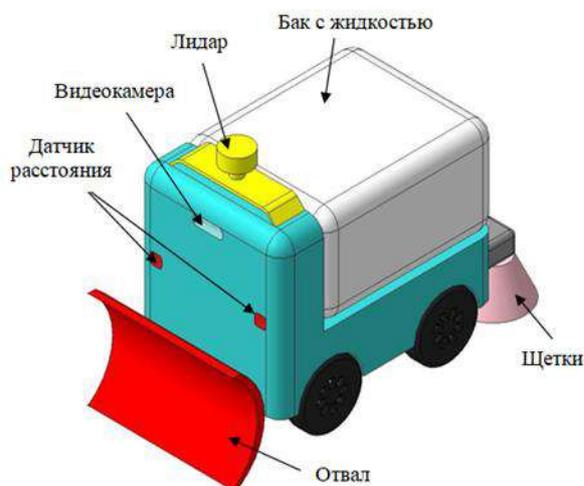


Рис.4. Разработка модели в конструкторской программе КОМПАС 3D

Данные по габаритам приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сводные данные по габаритам роботов

Продукт	Время автономной работы	Сезон работы	Убираемая площадь	Стоимость, руб
Woxioabai	3 часа	Лето	4 км <sup>2</sup> /ч	1.500.000
Trombia Free	8-17 часов	Лето	-	5.000.000
Моя разработка	8-15 часов	Круглогодично	2,5...4 км <sup>2</sup> /ч	400000

Из сравнительных данных таблицы можно сделать вывод, что моя система является конкурентноспособной, так как у нее заметно низкая стоимость, возможность работать в любое время года и при любых погодных условиях, а также приемлемая площадь уборки.

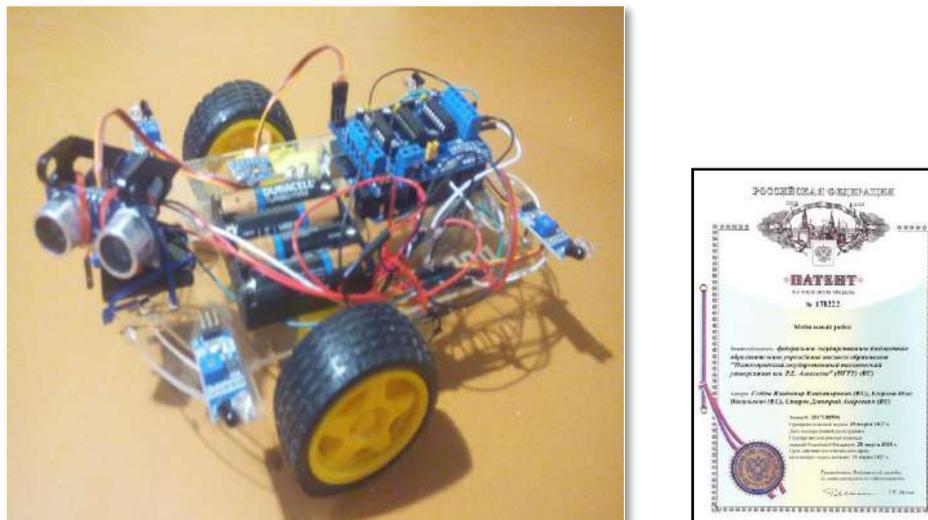


Рис. 5. Запатентованный модульный робот

Проект делается на базе запатентованного модульного робота, созданного в институте. Именно его электрическую схему и некоторые составные механические части взяты для наработки и испытаний своего беспилотного уборщика. План реализации включает в себя три этапа: моделирование, изготовление и испытания и доводка.

Моделирование включает в себя разработку 3D модели в конструкторской программе КОМПАС, подборка электронных компонентов системы, разработка программы управления роботом на языке программирования Python и подача патента на полезную модель. Второй этап состоит из изготовления подвижной платформы, изготовления навесных элементов (отвал, щетки), покупки и сборки электронных компонентов. Третий этап включает в себя испытания в зимне-летний период с соответствующей навеской и доработкой конструкции.

Для дальнейшего развития и полноценной реализации проекта предполагается сотрудничество с заводом коммунальной техники г. Арзамаса «КОМ-МАШ». Конечной целью данного проекта является полноценная разработка робота, в последующем с созданием полномасштабной модели данного робота и отработки алгоритмов его перемещения в городских условиях.

#### Библиографический список

1. **Козырев Ю. Г.** Промышленные роботы: основные типы и технические характеристики: учебное пособие – М.: КНОРУС, 2015. – 560 с.

2. **Егоркин, О.В.** Создание алгоритма движения мобильного робота для обслуживания гибких автоматизированных цехов / О.В. Егоркин, Д.А. Старов // Приволжский научный вестник – № 12-2 (64). – 2016. – С. 43–48.
3. Сайт «Федеральный институт промышленной собственности» открытые реестры (<https://www.fips.ru>).
4. Сайт «Беспилотные авто и технологии» (<https://bespilot.com>).

## КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ SMD-МОНТАЖА ПЕЧАТНОГО УЗЛА ДАТЧИКОВ

*И.И. Клоков, А.В. Платонов, Н.П. Ямпури*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассмотрено применение микромеханических датчиков угловых скоростей (МДУС), дано сравнение изготавливаемого датчика модели Т-3М с аналогами. Описана комплексная система управления качеством изготовления печатного узла с МДУС на линии поверхностного монтажа. Автоматизация контроля качества печатных узлов обеспечивается оптической инспекцией и рентгеноскопией. Применение рассматриваемой системы управления качеством позволило на порядок уменьшить объем брака.

**Ключевые слова:** микромеханический датчик угловых скоростей, поверхностный монтаж, производственная автоматизированная линия, контроль качества электронных плат, оптическая инспекция, рентгеновский контроль.

В высокоточных технических устройствах широко применяются датчики угловых скоростей (ДУС) – гироскопические устройства, реагирующие на изменение положения объекта в пространстве и измеряющие его угловую скорость относительно неподвижной системы отсчета. На предприятиях ВПК гироскопы производятся для систем управления летательными аппаратами (ракеты, самолеты, вертолеты, беспилотные летательные аппараты). Например, в ракетах гироскопы в составе гиростабилизированной платформы обеспечивают неизменность углового положения относительно заданных направлений в пространстве и удерживают его с высокой точностью [1]. ДУСы применяются и в гражданской продукции: автомобилях, сельскохозяйственной технике, высокоточной медицинской аппаратуре, буровых установках газонефтегазразведки и т.д.

Существуют различные датчики угловых скоростей, отличающиеся между собой конструкцией, принципом работы, размерами, а также входными и выходными параметрами: механические, лазерные, волоконно-оптические, динамически настраиваемые, микромеханические и т. д. [2]

Микромеханические ДУСы (МДУСы) имеют ряд преимуществ: малые габариты и вес, сравнительно невысокую стоимость, отсутствие вращающихся и движущихся частей (роторов, карданных подвесов и т. д.) за счет применения чувствительных микромеханических гироскопов с кольцевым резонатором, например, модель CRM200, сигнал которых сразу обрабатывается интегриро-

ванной микросхемой. Это обеспечивает высокую надежность и стабильность работы МДУСа в сложных климатических условиях, при воздействии повышенной вибрации и ударах. В табл. 1 представлено сравнение параметров отечественного МДУСа модели Т-3М с аналогами, в том числе и импортными.

Таблица 1

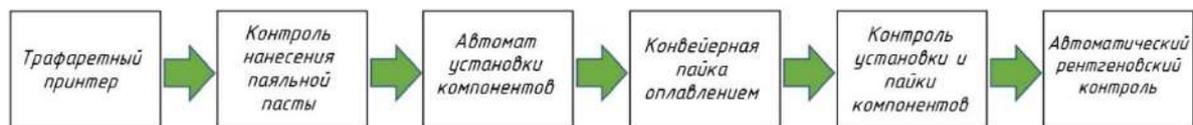
Сравнение технических характеристик МДУСа модели Т-3М с аналогами

Технические характеристики	Т-3М ДУС	ММГ-ЭП1[3]	МДУС [4]	ADXRS646B BGZ [5]	ENV-05DB-S2 [6]
Диапазон измерения, °/с	900	450	200	300	80
Нелинейность передаточной характеристики, %	0,2	0,4	0,013	0,01	-
Полоса пропускания, Гц	160	100	50>	1000	-
Нестабильность смещения нуля (по дисперсии Аллана), °/с	0,05	-	0,58	±33	-
Среднее значение нулевого сигнала, °/с	0,05	-	-	-	0,1
Напряжение питания, В	3,3	5	5	6	5
Диапазон рабочих температур, °С	-60...+60	-55...+85	-40...+85	-40...+10	-30...+80
Потребляемая мощность, Вт	<0,5	<0,3	<0,35	0,024	-
Примечание: ячейки таблицы, помеченные символом «-» обозначают отсутствие информации					

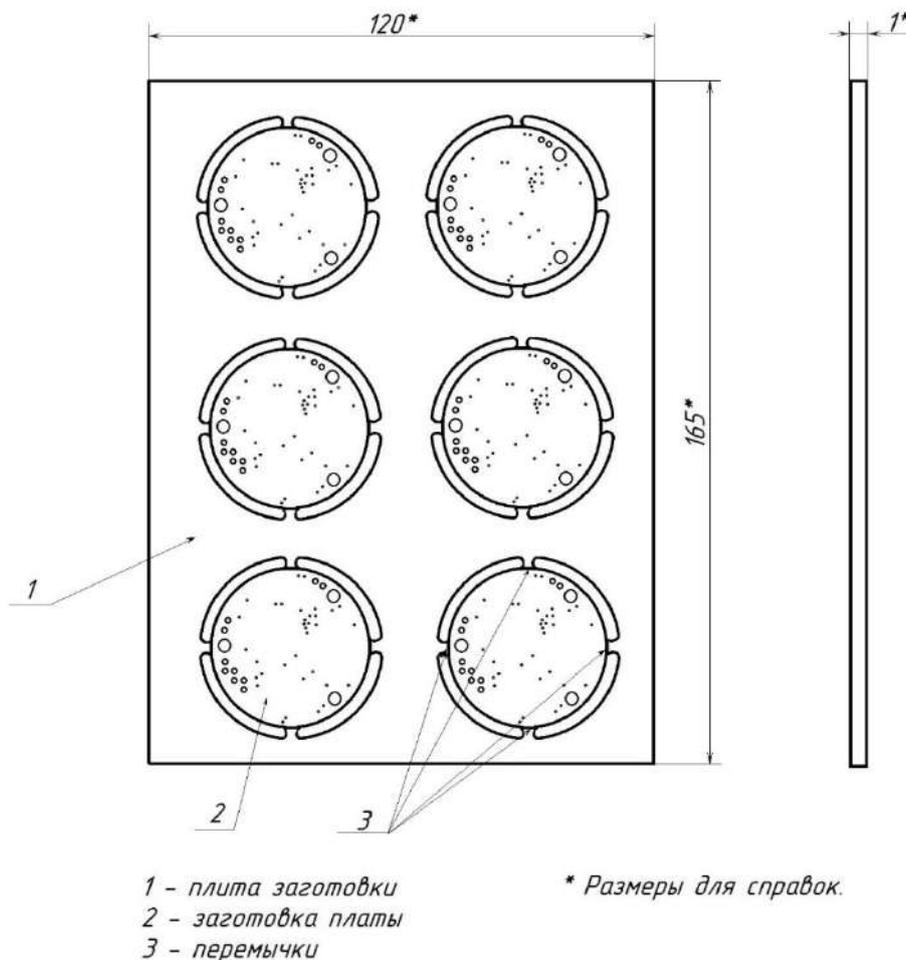
Основным печатным узлом в рассматриваемом МДУСе является плата датчиков, от качества и технологичности которой во многом зависит качество самого изделия. Для этого в производственную линию поверхностного монтажа плат встроена комбинированная система активного контроля качества на основе автоматической оптической инспекции (АОИ) и автоматического рентгеновского контроля (АРК) [7]. Такая «умная» линия решает следующие задачи:

- снижение количества бракованных изделий;
- минимизация затрат на обеспечение требуемого уровня качества.

В начале автоматической линии SMD-монтажа, структурная схема которой приведена на рис. 1, смонтирован трафаретный принтер для нанесения паяльной пасты. На рис. 2 показан эскиз групповой шестиместной заготовки печатной платы, загружаемой на его вход.



**Рис. 1. Структурная схема автоматической линии поверхностного монтажа с встроенной АОИ и АРК**



**Рис. 2. Эскиз групповой шестиместной заготовки печатной платы**

Далее производится контроль качества нанесения паяльной пасты на установке OMRON VP6000-V (рис. 3), которая автоматически осуществляет оптическую инспекцию (проверку) нанесения паяльной пасты в формате 3D. Проверка идет на наличие или отсутствие отпечатка, его смещение, неполное нанесение или смазывание с возможностью коррекции оттиска пасты в процессе трафаретной печати.

Далее, согласно рис. 1, происходит автоматическая установка компонентов на печатную плату и их дальнейшая пайка оплавлением в конвейерной печи. Оптический контроль качества пайки производится на установке VISCOM S3088 (рис. 4), которая позволяет выявить такие дефекты, как повреждение компонентов, эффект «надгробного камня», приподнятый вывод, пустоты, пе-

ремочки и т. д. На этом этапе можно выявить дефекты установки компонентов: их отсутствие, смещение, ошибки комплектации и т. д.



**Рис. 3. Контроль нанесения паяльной пасты на установке OMRON VP6000-V**

Автоматическая рентгеновская установка VISCOM X7056 (рис. 5) наиболее эффективна при контроле готовых паяных соединений. Отличительной ее особенностью является обнаружение дефектов скрытых паяных соединений, компонентов с экранами и типами корпусов BGA, LGA, CSP, CGA и сложных двусторонних плат с высокой плотностью монтажа [7]. Например, в ПУ датчиков имеется акселерометр LSM303DTR (выделено красным цветом), имеющий тип корпуса LGA, что обуславливает необходимость применения АРК (рис. 6).



**Рис. 4. Контроль качества монтажа компонентов на установке VISCOM S3088**



Рис. 5. Автоматическая рентгеновская установка VISCOM X7056

Опытным путем было выявлено, что использование в производственной линии поверхностного монтажа электронных плат автоматической оптической инспекции и рентгеновского контроля снизило процент брака почти в десять раз.

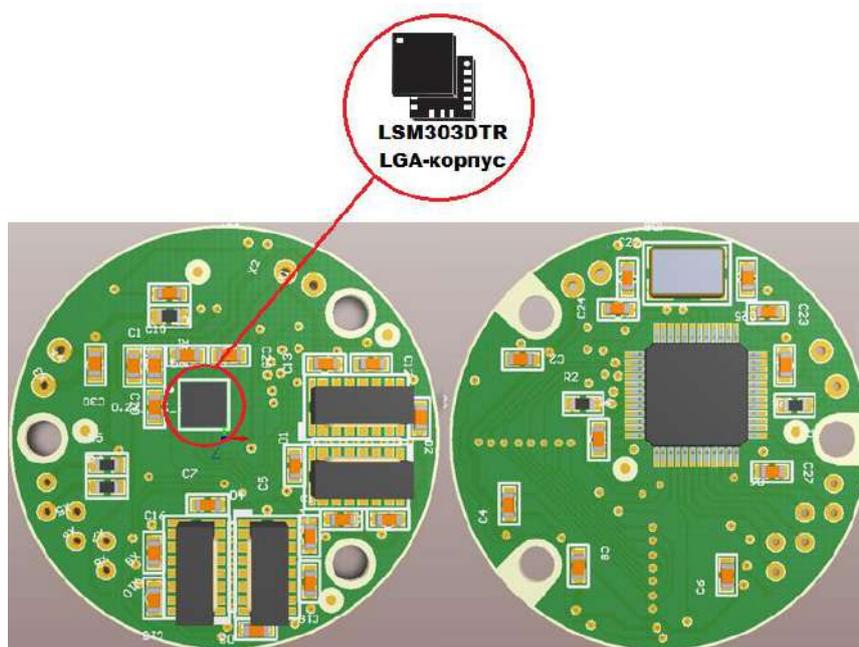


Рис. 6. Двусторонняя печатная плата датчиков

### Выводы

1. Показано, что изготавливаемый датчик модели Т-3М по техническим характеристикам не уступает как отечественным, так и импортным моделям.

2. Представлена комплексная система управления качеством производства печатных узлов с МДУСами, использующая встроенные в производственную линию автоматические системы контроля качества сборки.

3. Автоматический контроль качества сборки печатных узлов, разработанный на базе современной оптической инспекции и рентгеноскопии, позволил на порядок уменьшить объем производственного брака.

#### Библиографический список

1. Игнатъев, Н. Главное – внутри. «Мозг» ракеты [Электронный ресурс] // Наука и техника. 2019. Режим доступа: <https://naukatehnika.com/mozg-raketyi.html> (Дата обращения: 03.03.2022 г.)
2. Королев, М.Н. Исследование технических характеристик современных типов датчиков угловой скорости [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/62092/21-23.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Дата обращения: 04.03.2022 г.)
3. ММГ-ЭП1. Микромеханический гироскоп [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.elektropribor.spb.ru/katalog/mikromekhanicheskie-chuvstvitelnye-elementy-i-moduli/mmg-ep1-mikromekhanicheskiy-giroskop/> (Дата обращения: 11.03.2022 г.)
4. Разработка микромеханического ДУС тактического класса точности [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://mp-lab.ru/wp-content/uploads/2020/07/statya\\_1-5.pdf](https://mp-lab.ru/wp-content/uploads/2020/07/statya_1-5.pdf) (Дата обращения: 11.03.2022 г.)
5. ADXRS646. Analog Devices. [Электронный ресурс] / Режим доступа <file:///C:/Users/Admin/Downloads/env05dbs2.pdf> (Дата обращения: 15.03.2022 г.)
6. ENV-05D-52. High-precision angular velocity sensor utilizing Murata's unique triangular prism vibrating unit. [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://www.farnell.com/datasheets/2333006.pdf> (Дата обращения: 15.03.2022 г.).
7. Контрольный тандем // Эксперт +. – 2014. – № 1. С. 48-53

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОПОННОЙ УСТАНОВКОЙ

*Д.В. Селяткин, С.И. Гайнов*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

**Научный руководитель:** к.т.н., доцент Т.В. Карасева

Рассмотрены аспекты компоновки и конструирования бытовой установки для выращивания растений, сконструированной на основе доступных средств и материалов, позиционируемой в доступном ценовом диапазоне с низкой себестоимостью и возможностью самостоятельной модернизации.

**Ключевые слова:** гидропоника, микроклимат растений, автоматизация выращивания растений, автоматизация агрономии, продовольственная безопасность.

Современные тенденции продовольственной безопасности государства предполагают индивидуальное выращивание продовольственных растений населением. В сельской местности данная задача не так актуальна, однако в больших городах выращивание продовольственных растений и рассады затруднительна в виду отсутствия открытой земли, наличия недостаточной освещён-

ности. Таким образом, индивидуальное выращивание продовольственных растений (рассады) целесообразно как с точки зрения получения экологически более чистого продукта, так и с экономической точки зрения – самообеспечения более дешёвыми овощами в круглогодичный период. Обеспечить выращивание растений (рассады) в домашних условиях можно с помощью гидропонных систем. На современном рынке представлен достаточно широкий спектр таких систем. Основными недостатками таких установок являются достаточно высокая рыночная цена, низкий уровень ремонтпригодности из-за наличия сложных электронных систем и индивидуального конструктивного исполнения, ориентация на выращивание определенного вида растения, необходимость получения дополнительных специфических знаний и навыка по управлению установкой. Исходя из выше сказанного, сформулированы концептуальные требования к конструкции проектируемой установки [3]:

- высокая доля готовых (покупных) деталей и материалов в конструкции;
- конструктивная простота и возможность самостоятельной сборки и модернизации;
- низкое количество нестандартных деталей с возможностью их самостоятельного исполнения с помощью средств 3D-печати;
- универсальность под различную рассаду (прежде всего по высоте);
- наличие базовых функций полива и освещения;
- возможность как автоматического, так и ручного управления.

Установка включает следующие основные элементы:

- 1) модульная рама (выполненная из нержавеющей стали с болтовыми соединениями, что обеспечивает удобную разборку и сборку устройства, и изготовление по любой высоте);
- 2) лотки с грунтом (могут быть выполнены из любого материала и любой конфигурации, полка лотков выполнена из цельного листа дельта-древесины, что обеспечивает дополнительную жёсткость и исключает протекания воды);
- 3) трубки полива (выполняются наборами из сегментов полиэтиленовой трубки и пластиковых форсунок);
- 4) планка светильника (выполнена из листа дельта-древесины с размещёнными в нижней части светодиодными лентами; тип светодиодной ленты, количество и расположение светодиодов определяется пользователем; так же верхняя часть планки играет роль дополнительной полки для удобрений и для размещения пользователем дополнительной информации по рассаде, высота планки регулируется);
- 5) винтовые стойки с приводами вращения (закреплены на пластиковых ступицах, выполненных методом 3D-печати; такая конструкция обеспечивает устойчивое изменение положения по высоте и исключение люфтов в других направлениях; приводы осуществляются на прямую от шаговых двигателей, которые могут быть применены любой конфигурации);
- 6) бак полива стандартной конструкции (с встроенным насосом);
- 7) блок управления (Arduino Uno).

Элементы управления и исполнительные узлы взаимодействуют по функциональной схеме, представленной на рис. 1.

Текущий уровень естественного освещения контролируется временем, который определяет интенсивность падающего света в зависимости от времени суток. Сигнал срабатывания подаётся в плату автоматического управления (выполненную на контролере в пульте управления), формирующую сигнал на промежуточное реле. Реле подключает по команде светодиоды светильника к источнику питания. Таким образом, обеспечивается дополнительная освещённость растений. Схема дополнительно предусматривает и ручное управление включением или отключением освещения.

Текущий уровень влажности грунта контролируется резистивным релейным датчиком (гигрометр), который определяет уровень влаги относительно величины, определяемой экспериментальным путём. Команда подаётся в плату автоматического управления, реле подключает электронасос. Вода из бака распыляется через форсунки. Когда уровень влаги в почве достигает требуемого, полив прекращается. Дополнительно обеспечивается ручное управление по командам в плату управления (принудительный полив).

Требуемая высота положения светильника и соответственно интенсивность искусственного освещения определяется самостоятельно оператором (исходя из специфики растений) и устанавливается путём ручного включения двигателей привода светильника.

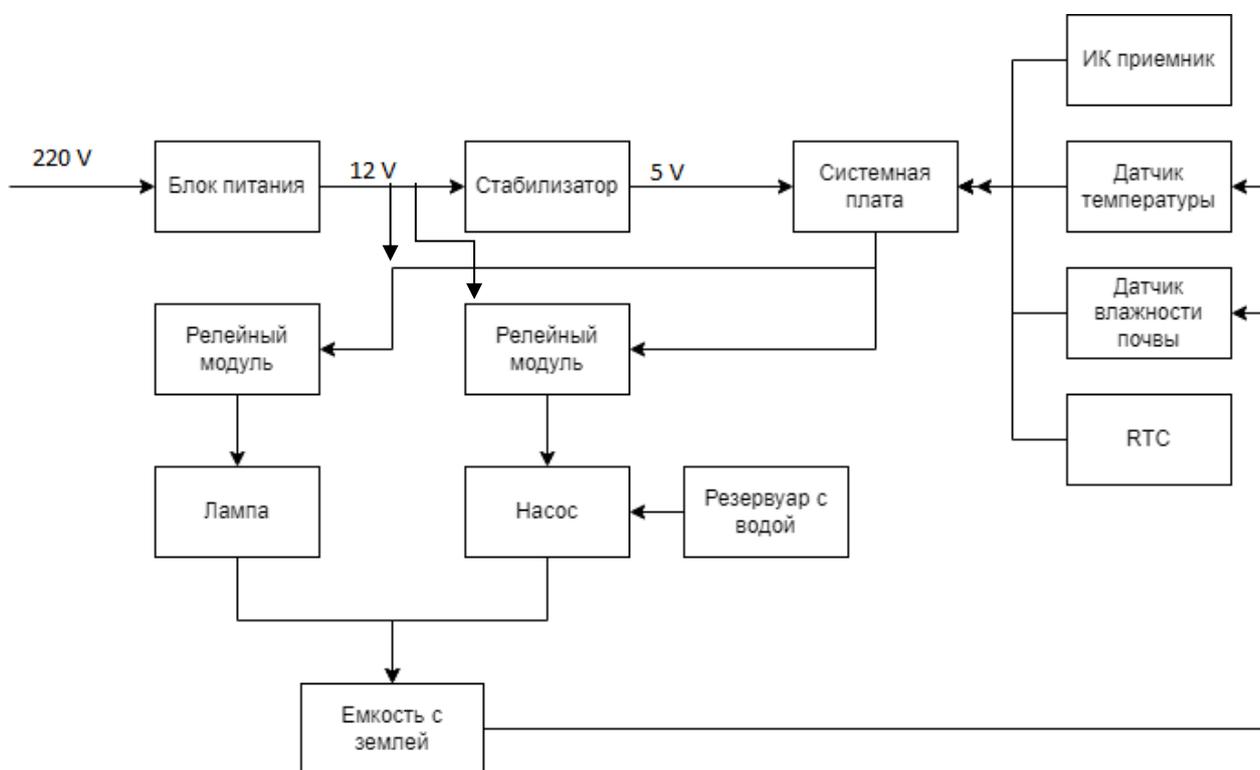


Рис.1. Функциональная схема макета гидропонной установки

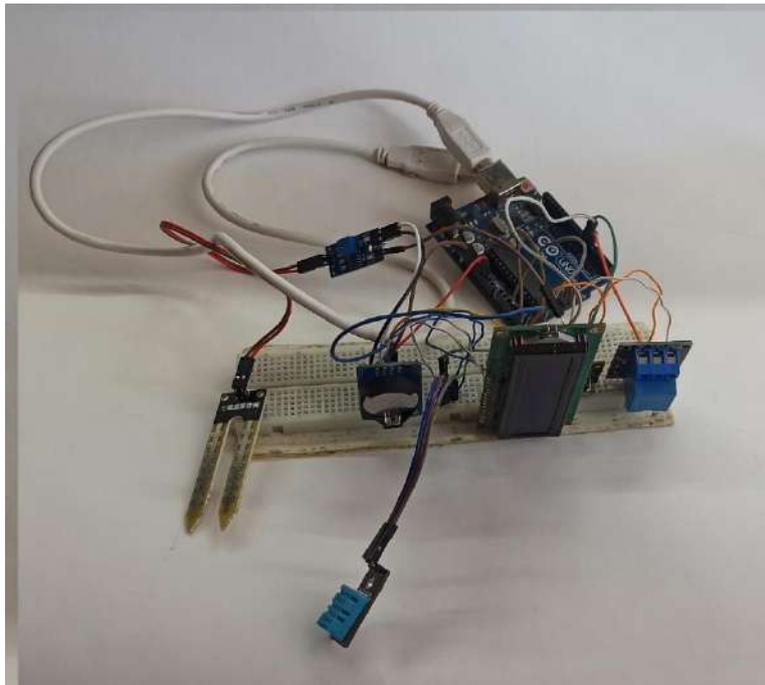


Рис.2. Модель установки гидропонной установки

```

#include <Wire.h> // Добавляем необходимые библиотеки
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "DHT.h"
#include <DS3231.h>
#include <IRremote.h>
DS3231 rtc(SDA, SCL);
#define rainPin A0 //пин датчика влажности
#define thresholdValue 800 //порог сухости
#define PIN_RELAY 5 //пин реле
#define PIN_RELAY2 8 //пин реле 2
#define DHTPIN 6 //пин датчика температуры
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11 выбор используемого датчика
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //инициализация датчика
#include "IRremote.h"
IRrecv irrecv(7); // указываем вывод, к которому подключен приемник
decode_results results;
byte degree[8] = // кодируем символ градуса
{
  B00111,
  B00101,
  B00111,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
};

```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2); // Задаем адрес и размерность дисплея
void setup()
{
pinMode(rainPin, INPUT); // Объявляем пин датчика как входа
irrecv.enableIRIn();
pinMode(PIN_RELAY, OUTPUT); // Объявляем пин реле как выход
digitalWrite(PIN_RELAY, HIGH); // Выключаем реле - посылаем высокий сигнал
pinMode(PIN_RELAY2, OUTPUT); // Объявляем пин реле как выход
digitalWrite(PIN_RELAY2, HIGH); // Выключаем реле - посылаем высокий сигнал
lcd.init(); // Инициализация lcd
lcd.backlight(); // Включаем подсветку
lcd.createChar(1, degree); // Создаем символ под номером 1
Serial.begin(9600);
dht.begin();
rtc.begin();
rtc.setTime(14, 2, 0); // Устанавливаем время 12:00:00 (24 часа)
rtc.setDate(29, 3, 2022); // Устанавливаем дату
}
void loop() {

    // вывод даты
    Serial.print(rtc.getDateStr());
    Serial.print(" -- ");

    // вывод времени
    Serial.println(rtc.getTimeStr());
    // Добавляем паузы в несколько секунд между измерениями
    delay(2000);
    // влажность
    float h = dht.readHumidity();
    // температура
    float t = dht.readTemperature();
    // Выводим показания влажности и температуры
    lcd.setCursor(0, 0); // Устанавливаем курсор в начало 1 строки
    lcd.print("Hum = % "); // Выводим текст
    lcd.setCursor(7, 0); // Устанавливаем курсор на 7 символ
    lcd.print(h, 1); // Выводим на экран значение влажности
    lcd.setCursor(0, 1); // Устанавливаем курсор в начало 2 строки
    lcd.print("Temp = \1C "); // Выводим текст, \1 - значок градуса
    lcd.setCursor(7, 1); // Устанавливаем курсор на 7 символ
    lcd.print(t,1); // Выводим значение температуры
    if ( irrecv.decode( &results )) { // если данные пришли
```

```

switch ( results.value ) {
case 0x20DF02FD:
    digitalWrite(PIN_RELAY, LOW); // Включаем реле - посылаем низкий
уровень сигнала
    delay(5000);
    digitalWrite(PIN_RELAY, HIGH); // Отключаем реле - посылаем высокий уро-
вень сигнала
    delay(5000);
    break;
case 0xFF5AA5:
    digitalWrite( 13, LOW );
    break;
}
irrecv.resume(); // принимаем следующую команду
}
int sensorValue = analogRead(rainPin);
Serial.print(sensorValue);
if(sensorValue < thresholdValue){
    Serial.println("Полив не нужен");
}
else {
    Serial.println("Пора полить");
}

delay(100);
}

```

С экономической точки зрения преимуществом разрабатываемой установки является значительно меньшая себестоимость и возможность самостоятельной сборки из доступных материалов по прототипу. Не критичность к конструктивным материалам каркаса, полок, светотехнической арматуры, компоновки электроники определяют значительные возможности самостоятельной индивидуальной модернизации. В отличие от заводских систем, стоимость которых начинается от 10 тыс. руб., себестоимость разработанной гидропонной системы в максимальной комплектации (с автоматическим и ручным управлением) не превышает 5-6 тыс. руб.

#### Библиографический список

1. **Джексон, Р.Г.** Новейшие датчики / Р.Г. Джексон. – Москва: Техносфера, 2007. – 384 с.
2. Практическое руководство по программированию микроконтроллеров: учебное пособие / С.Н. Торгаев, М.В. Тригуб, И.С. Мусоров, Д.С. Чертихина; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015 – 111 с.
3. Основные типы гидропонных систем [Электронный ресурс] // URL: <https://gidronom.ru/uroki/uroki-nachinaiushchego/1-osnovnyye-tipy-gidroponnyh-sistem.html>

## ЧАСТОТНЫЙ РЕГУЛЯТОР АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*К.С. Сычёв, А.Н. Долгов, С.И. Гайнов*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В статье рассмотрено применение частотного преобразователя в системах водоснабжения, рассмотрена структурная схема частотного преобразователя, проведён сравнительный анализ с иными методами управления подачей, сделан вывод об рациональности и целесообразности применения частотных преобразователей в системах управления ХВС.

**Ключевые слова:** частотный преобразователь, частотное регулирование, дросселирование, напорная характеристика.

В условиях современных экономических и геополитических реалий вопросы, связанные с энерго- и ресурсосбережением, являются актуальными как никогда. Например, в такой стратегически важной как сфере водоснабжение.

Зачастую водоснабжение в жилых помещениях в зависимости от места их расположения может обеспечиваться либо централизованной системой холодного водоснабжения или же при помощи забора воды из скважины, расположенной на придомовой территории.

В том или ином случае ключевым звеном данной системы является водяной насос, зачастую приводящийся в движение асинхронным электродвигателем. Управление подачей воды в системах водоснабжения осуществляется двумя основными способами: количественным и качественным.

Введение в линию гидравлического сопротивления является наиболее распространенным и простым способом (количественным). В этом случае регулирование осуществляется задвижкой или вентилем, устанавливаемым обычно в непосредственной близости от насоса на трубопроводе. Такой способ регулирования называется дросселированием. Данный метод имеет некоторое количество реализаций, например, установка задвижки или гидрореле в напорную или всасывающую часть трубопровода.

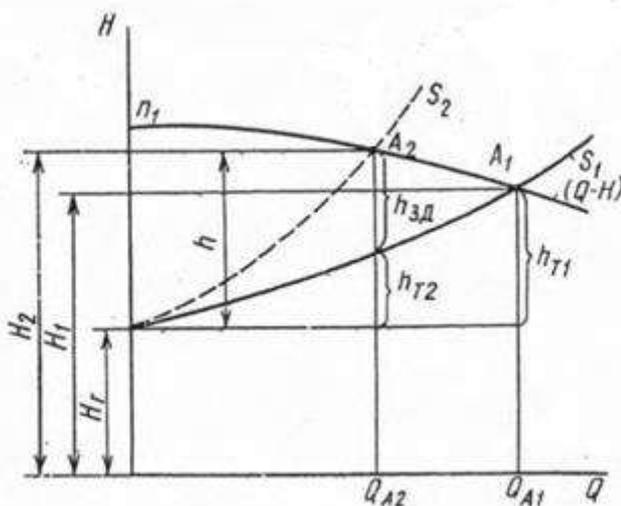
Основной недостаток данного способа заключается в том, что часть напора расходуется на преодоление искусственно созданного сопротивления в задвижке тем самым КПД системы падает, а из-за излишнего давления износ механической части (подшипников и лопастей насоса, составных частей трубопровода) повышается. Сущность и энергетические характеристики данного метода приведены на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что при полностью открытой задвижке рабочая точка  $A_1$  будет находиться на пересечении характеристик трубопровода  $S_1$  и насоса ( $Q-N$ ). Подача насоса соответствует значению  $Q_{A1}$ . Отрезок  $h_{T1}$  характеризуется механическими потерями в трубопроводе при соответствующей подаче  $Q_{A1}$ . Для снижения подачи до требуемого значения  $Q_{A2}$  происходит частичное перекрытие задвижки. Вместе с этим происходит изменение общего сопротивления

трубопровода, и крутизна характеристики увеличивается, чему соответствует точка  $A_2$ . Потери напора определяют по сумме отрезков  $h_{T2} + h_{3д}$ , что соответствует потерям в трубопроводе и в задвижке. Соответственно, из-за роста потерь, КПД системы водоснабжения снизится. Мощность потерь при дросселировании можно найти по формуле [2]:

$$\Delta N = \frac{9,81\gamma Q_{A2} h_{3д}}{1000\eta} \text{ кВт}$$

где  $Q_{A2}$  – подача насоса при частично перекрытой задвижке, м<sup>3</sup>/с;  $h_{3д}$  – потеря напора в задвижке, м;  $\gamma$  – объёмная масса, кг/м<sup>3</sup>;  $\eta$  – КПД насоса при подаче  $Q_{A2}$ .



**Рис. 1. График напорной характеристики насоса при регулировании расхода дросселированием**

Другим способом регулирования подачи, относящимся к качественным методам, является метод переменной частоты вращения рабочего колеса. В настоящее время регулирование частоты вращения асинхронных двигателей, которые зачастую используются в насосном оборудовании, осуществляется при помощи частотных преобразователей.

Рассмотрим структурную схему, представленную на рис. 2, и принцип работы частотного регулятора [1].

Первую ступень в схеме занимает управляемый выпрямитель. На него поступает трёхфазное или однофазное напряжение. Данный элемент схемы служит для выпрямления синусоидальной составляющей сигнала. Далее выпрямленный сигнал поступает на LC-фильтр, состоящий из конденсаторных батарей и индуктивного элемента. Необходимо это для устранения пульсаций и получения выпрямленного сигнала сглаженной формы. После этого сигнал необходимой формы (постоянное напряжение) поступает на вход инвертора, он же преобразователь частоты, зачастую представляющий из себя мостовую схему, состоящую из шести силовых транзисторов и подключёнными по встречно-параллельной схеме к ним диодами, необходимыми для исключения пробоев напряжением обратной полярности. Для рассеяния паразитной энергии, полу-

ченной при работе двигателя в режиме генератора, к диодам транзисторов может быть подключено дополнительное сопротивление.

Инвертор преобразует постоянное напряжение в переменное путём включения в определённой последовательности транзисторных ключей (IGBT-транзисторы). За счёт изменения последовательности включения-выключения транзисторных ключей возможно изменять частоту вращения вала двигателя [2].

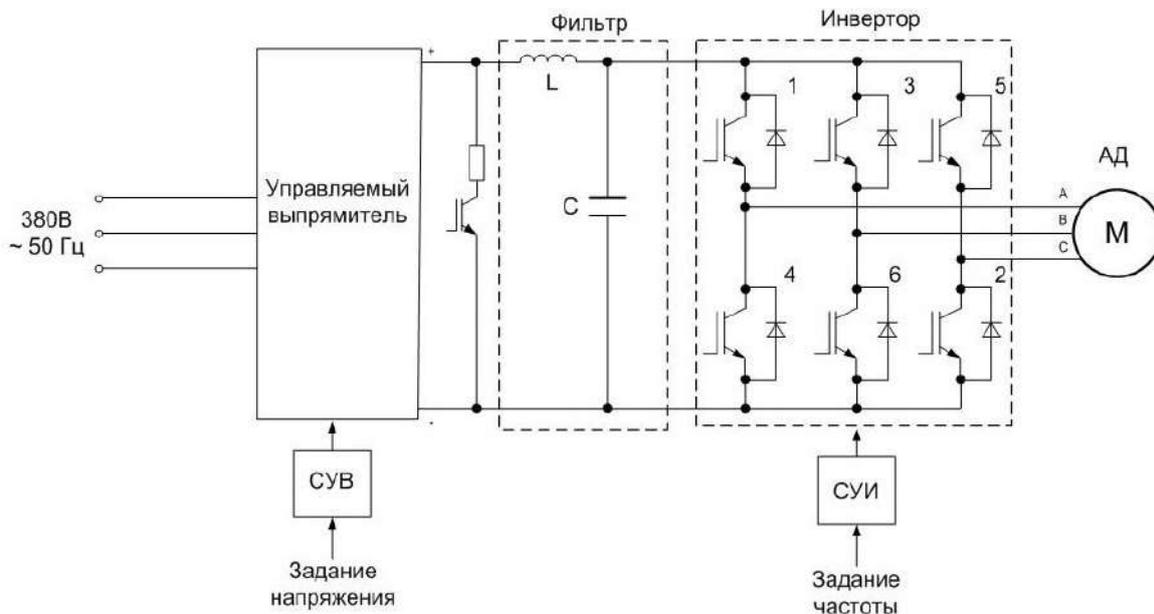


Рис. 2. Структурная схема частотного преобразователя

Метод переменной частоты основан на стабильных соотношениях важнейших параметров насосных агрегатов и частоты вращения рабочего колеса. Так как КПД насосов, работающих с применением приведённого метода, является фактически неизменным на всём диапазоне регулирования, то можно считать данный метод наиболее экономически целесообразным с точки зрения потребления энергии и ресурса агрегатов насосной системы. КПД насоса при частотном методе регулирования:

$$\eta_{\omega_1} = \eta_{\omega_2},$$

где  $\eta_{\omega_1}, \eta_{\omega_2}$  – КПД насоса при разных частотах вращения рабочего колеса.

Подача насосов пропорциональна частоте вращения рабочего колеса:

$$Q_2 = Q_1 \frac{\omega_2}{\omega_1},$$

где  $Q_2, Q_1$  – подача насоса при различных частотах вращения рабочего колеса, м<sup>3</sup>/с;  $\omega_2, \omega_1$  – различные частоты вращения рабочего колеса насоса, рад/с;

Напор в этом случае пропорционален квадрату частоты вращения:

$$H_2 = H_1 \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2,$$

где  $H_2, H_1$  – напор насоса при различных частотах вращения рабочего колеса, м.

Мощность пропорциональна кубу частоты вращения:

$$N_2 = N_1 \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^3,$$

где  $N_2, N_1$  – мощность насоса при различных частотах вращения рабочего колеса, кВт;

Из приведённых выражений следует:

$$\frac{H_1}{Q_1^2} = \frac{H_2}{Q_2^2} = \dots = \frac{H_n}{Q_n^2} = K = const.$$

Из последнего выражения вытекает параболическая зависимость  $H = KQ^2$ , указывающая на характер расположения рабочих точек на графике напорной характеристики, при котором КПД будет постоянным на всём диапазоне регулирования.

Мощность, потребляемая насосом, при преодолении только динамического напора (без избыточного напора, создаваемого задвижкой) будет вычисляться по формуле:

$$N_2 = KQ_1^3.$$

На рис. 3 представлены графики сводных характеристик рассмотренных методов регулирования с указанием затрат мощности в каждом случае. Номинальный режим работы насоса будет в точке А с расходом  $Q_A$ . В случае изменения его до значения  $Q_B$  имеют место новые положения рабочих точек:  $B_{др}$  – при дроссельном регулировании расхода,  $B_{об}$  – при частотном регулировании расхода. Также на данном рисунке приведены потери мощности при различных способах регулирования. Соответственно, при регулировании подачи при помощи частотного преобразователя потери являются минимальными, а при дроссельном методе регулирования, наоборот, возрастают.

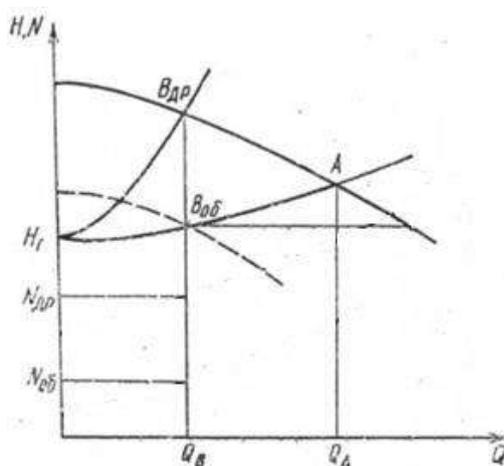


Рис. 3. График напорных характеристик и потребляемой мощности насоса при дроссельном и частотном методах регулирования расхода

Из перечисленного можно сделать вывод, что применение частотных преобразователей в системах водоснабжения является полностью обоснованным с экономической точки зрения, так как помогает уменьшить потребление электроэнергии и увеличить ресурс основных узлов и агрегатов, что полностью

оправдывает затраты на его приобретение даже для частных домохозяйств. Но в условия современного рынка количество предложений, удовлетворяющих запросам частного покупателя, резко сократилось, что делает задачу разработки доступного частотного преобразователя весьма актуальной.

#### Библиографический список

1. **Иванов-Смоленский, А.В.** Электрические машины: учебник для вузов в двух томах / А. В. Иванов-Смоленский. - 3-е изд., стер. - Москва: Изд. дом МЭИ, 2006- (М. : Типография "Наука" РАН). - 22 см.
2. **Суптель, А.А.** Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: Учеб. пособие. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2000. 164 с.
3. **Ломакин, А.А.** Центробежные и осевые насосы [Текст]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва ; Ленинград : Машиностроение. [Ленингр. отд-ние], 1966. - 364 с. : черт.; 27 см.

## СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ VUFORIA ENGINE В UNITY3D

*Л.С. Харитонов, А.В. Курненьков, А.Ф. Глухова*

*Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

В данной статье рассматривается технология дополненной реальности и её применение в разных сферах жизнедеятельности человека, в том числе, в оборонно-промышленном комплексе. Описывается разработка приложения дополненной реальности под Android-устройство с использованием платформы дополненной реальности Vuforia и игрового движка Unity3D. Управление 3D-моделью осуществляется с помощью виртуальной и экранных кнопок, при нажатии на которые воспроизводятся соответствующие анимации.

**Ключевые слова:** дополненная реальность, 3D-модель, Vuforia, метка, Unity3D, C#, кроссплатформенная разработка, Android, анимация, аффинные преобразования.

Дополненная реальность (ДР, AR – Augmented Reality) представляет собой набор технологий наложения цифрового слоя или объектов поверх видеопотока, поступающего с камеры устройства в реальном времени. Она призвана преодолеть разрыв между реальным физическим миром и миром цифровых данных, поэтому, в отличие от виртуальной реальности, ДР воспроизводит 3D-объекты только на фоне реально визуализируемой действительности, т.е. в AR не требуется моделирования окружения объекта [2]. Технологии ДР основаны на маркерном видеоанализе, а именно, на распознавании и отслеживании маркеров.

Первые попытки создания AR были сделаны в конце 60-х годов XX века. Тогда AR-устройство представляло собой очень тяжелые «очки», которые были прикреплены к потолку. На сегодняшний же день существует большое разнообразие аппаратного окружения для ДР (носимые устройства – AR-шлемы и очки, а также смартфоны, планшеты, и т.д.) [3], что даёт применять её во мно-

гих сферах жизни. По сути, AR актуальна везде, где необходима визуализация. Несомненно, самое широкое распространение ДР получила в сфере образования (к примеру, приложения «BBC Civilisations AR», «Mondly», и т.д.). Почти любую дисциплину можно дополнить с помощью AR-технологий, особенно актуально это в изучении биологии и анатомии (например, приложения «Froggipedia» и «Anatomy 4D»), где требуется максимальная наглядность. В современных лапароскопических операциях изображение на эндоскопе дополняется изображением, полученным во время интраоперативной ангиографии [2]. Это позволяет хирургу точно знать, где находится опухоль внутри органа, и тем самым минимизировать потери здоровой ткани. AR применяется также в видеоиграх, киноиндустрии, археологии, архитектуре, дизайне, организации виртуального рабочего пространства и человеко-компьютерного интерфейса.

Отдельного внимания заслуживает применение AR-технологий в Интернете вещей, авиации и армии.

ДР-приложения диагностики техники имеют связь с «умным» устройством и дают подсказки по его ремонту и обслуживанию. AR используется для замены бумажных руководств цифровыми инструкциями, которые накладываются на поле зрения оператора-изготовителя. Цифровые инструкции повышают безопасность оператора, устраняя необходимость смотреть на экран или руководство вдали от рабочей зоны, что может быть опасно.

Дополненную реальность используют для обучения студентов-лётчиков приземлять самолет с помощью авиасимулятора [1]. Лётчики, обученные посадке в AR-тренажёре, научились сажать самолет быстрее, чем студенты с таким же объемом подготовки, обучавшиеся на VR-тренажёре.

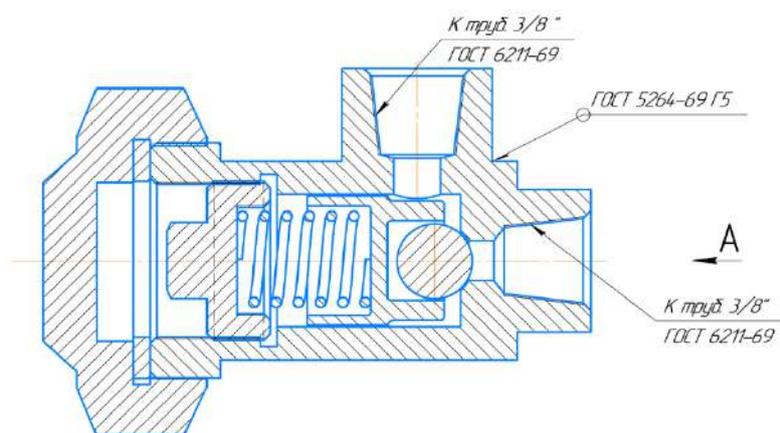
В бою AR может служить сетевой системой связи, которая передает полезные данные о поле боя и проецирует их на шлемы или очки участника боевой операции в режиме реального времени [2]. Люди, различные предметы и места (например, хранилища боеприпасов) могут быть помечены специальными индикаторами, предупреждающими о потенциальной опасности. Карты и изображения с камер обзора 360° могут быть визуализированы, чтобы помочь солдату ориентироваться на поля боя, эта информация может быть передана военным лидерам в удаленный командный центр.

Также AR может повысить эффективность навигационных устройств. В современных боевых самолетах и вертолетах часто используется индикация на лобовом стекле или на шлеме пилота [2]. Она позволяет пилоту получать наиболее важную информацию (например, о направлении движения, погодных условиях, потенциальных опасностях и т.д.) прямо на фоне наблюдаемой им обстановки, не отвлекаясь на основную приборную панель.

Vuforia Engine – это облачная платформа дополненной реальности и инструментарий разработчика программного обеспечения дополненной реальности [2; 3], интегрированная с игровым движком Unity. Работа по созданию AR-приложений заключается в заведении проекта и объектов проекта (контента) в

Vuforia, а разработка 3D-сцен для объектов этого проекта осуществляется в Unity3D. При этом Vuforia отвечает за идентификацию проекта через License key, а привязка к будущей сцене виртуальных 3D-объектов осуществляется через определяемую в Vuforia метку (маркер, Target). Связь между облачным ведением проекта в Vuforia и локальной проработкой сцен в Unity3D реализуется за счёт импорта подготовленных объектов проекта из облака Vuforia в среду редактора Unity3D.

Среда разработки Unity3D поддерживает кроссплатформенную разработку и позволяет собирать приложения под операционные системы Linux, Windows, Android, iOS и т.д., поэтому разработаем приложение под Android. Определим концепцию приложения. При наведении камеры устройства на плоскую метку-изображение в области воспроизведения на экране смартфона пользователь должен видеть заранее подготовленную 3D-модель клапанного пневмоаппарата (рис. 1), наложенную поверх видеопотока, поступающего с камеры смартфона. Это устройство предназначено для сброса повышенного давления в пневмосети.



**Рис. 1. Чертёж изделия**

Рядом с моделью нужно разместить его чертёж (рис. 1). Необходимо добавить виртуальную и экранные кнопки для возможности управления анимацией 3D-модели. А именно, обеспечить возможность вращать объект с помощью виртуальной кнопки, а также разбирать и собирать изделие с помощью экранных кнопок «Разобрать» и «Собрать».

Первым этапом является работа на платформе Vuforia. Необходимо загрузить будущую метку, получить лицензионный ключ для использования его в Unity3D и скачать базу данных для загрузки её в среду Unity. Vuforia автоматически оценивает «дополняемость» меток (то есть их качество относительно возможности создавать с их помощью AR) и отмечает на них «ключевые точки» (Features), на которые и будет ориентироваться программа при распознавании и отслеживании (рис. 2).

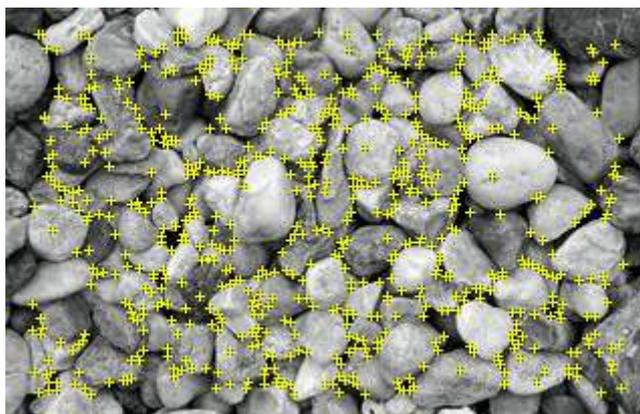


Рис. 2. Отображение ключевых точек на метке

Далее сформированная база данных загружается в проект Unity, где метка помещается на сцену и все объекты дополненной реальности должны быть с ней связаны. Файлы деталей изделия также импортируются в Unity3D в формате FBX. Сборку удобно производить в 2D-режиме, отслеживая при этом точность координат в окне инспектора. После сборки необходимо закрепить положение всех деталей за пустым «родителем». Перемещая «родителя», будет перемещаться вся собранная 3D-модель. Изделие можно окрасить в металлический цвет, наложив на него специально созданный «материал». Также к маркеру привязывается и виртуальная кнопка. Сама по себе она не имеет рисунка, поэтому поверх неё удобно наложить объект Quad, содержащий изображение, обозначающее действие кнопки. Аналогично в плоский объект Quad на сцену добавляется и чертёж. Виртуальная кнопка срабатывает при закрытии от камеры ключевых точек, которые находятся под ней, поэтому если разместить виртуальную кнопку в месте маркера, где нет ключевых точек, то и нажать её будет невозможно. Экранные кнопки видны независимо от того, обзревает камера метку или нет, поэтому они не связываются с AR-камерой и добавляются на полотно (Canvas), имитирующее экран. Скриншот сформированной сцены представлен на рис. 3.

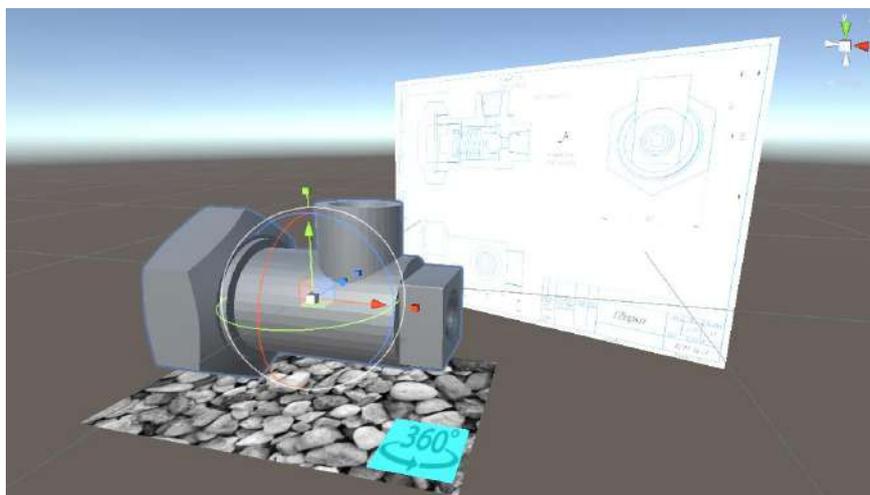


Рис. 3. Скриншот сцены в Unity3D

На данном этапе можно только просматривать объекты ДР с разных ракурсов, однако никакие действия с ними совершить невозможно. Для того, чтобы можно было производить действия, необходимо создать анимационные ролики, которые будут проигрываться при нажатии на соответствующие кнопки.

Приложение должно поддерживать возможности вращать, разбирать и собирать деталь. С помощью трёх базовых аффинных преобразований (сдвиг, поворот и масштабирование) можно создавать анимации любой сложности. При вращении вся 3D-модель должна совершить равномерный поворот вокруг оси  $z$  на  $360^\circ$ , график вращения должен быть линейным, чтобы были незаметны переходы между циклами поворота. Анимация разборки изделия создается отдельно для каждой детали. Для всех деталей делается сдвиг по оси  $x$ , а для некоторых также задаётся вращение вокруг оси  $x$ , чтобы имитировать их откручивание. График зависимости координат детали от времени для откручиваемой детали представлен на рис. 4. По умолчанию Unity воспроизводит анимацию бесконечно, проигрывая её снова и снова. Однако, анимация разборки заикливаясь не должна, поэтому в её инспекторе у свойства «Loop Time» необходимо снять флажок.

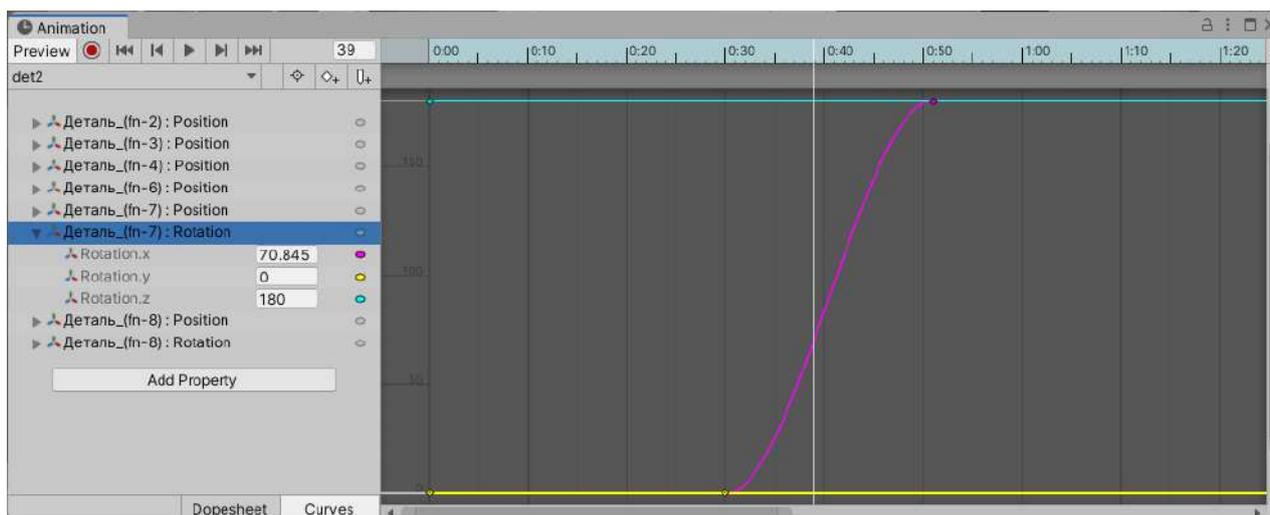


Рис. 4. Скриншот окна анимации

После создания анимации необходимо настроить возможность управлять её воспроизведением с помощью кнопок. Для этого на языке C# пишутся программы (так называемые «скрипты»). На рис. 5 представлен фрагмент кода, содержащий методы для запуска анимации в зависимости от того, нажата виртуальная кнопка или нет. При обнаружении события «кнопка нажата» срабатывает анимация, при обнаружении события «кнопка отжата» анимация прекращается. Функции, ожидающие эти события, должны быть активны всегда, поэтому вызываются в методе *Start()*. Воспроизведение анимации описывается в отдельных методах с использованием функции *Play()*. Методы для обработки нажатия на экранные кнопки пишутся аналогично, однако в них не требуется вызывать функции, отслеживающие нажатие.

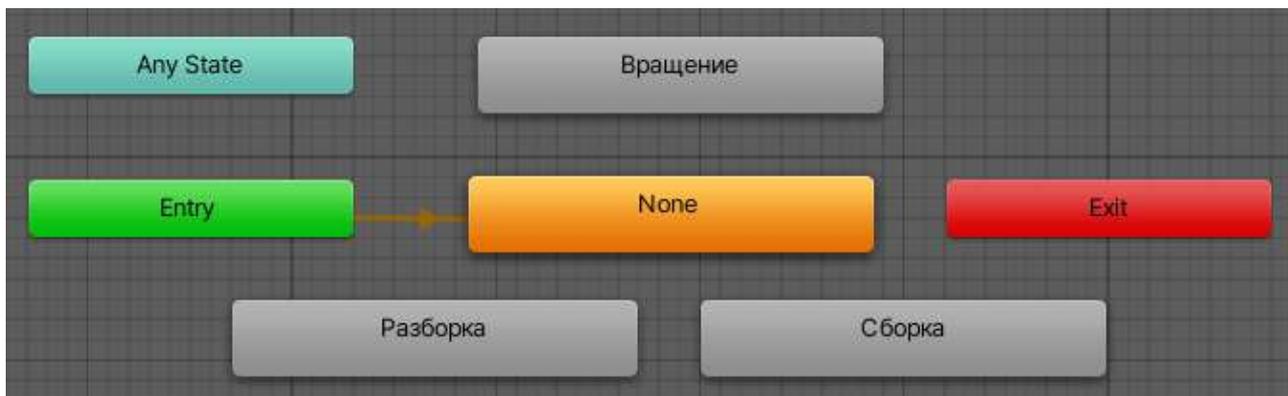
```

public GameObject VrBtn;
public Animator Model;
void Start() {
    VrBtn.GetComponent<VirtualButtonBehaviour>().RegisterOnButtonPressed(OnButtonPressed);
    VrBtn.GetComponent<VirtualButtonBehaviour>().RegisterOnButtonReleased(OnButtonReleased);
    Model.GetComponent<Animator>();
}
public void OnButtonPressed(VirtualButtonBehaviour vb) {
    Model.Play("Вращение");
}
public void OnButtonReleased(VirtualButtonBehaviour vb) {
    Model.Play("None");
}
}

```

**Рис. 5. Фрагмент кода, обеспечивающий вращение модели, если нажата виртуальная кнопка**

Так как процесс сборки полностью противоположен процессу разборки, анимацию сборки можно получить, скопировав анимацию разборки, и установив скорость равной -1. Чтобы при загрузке приложения не проигрывалась никакая анимация сразу, и оно ожидало нажатия какой-то кнопки, в качестве анимации по умолчанию нужно установить «пустую» анимацию (которая ничего не воспроизводит) с именем «None» (рис. 6).



**Рис. 6. Схема аниматора. По умолчанию проигрывается пустая анимация**

В итоге проект Unity должен иметь такую иерархию, чтобы все объекты дополненной реальности были закреплены за AR-камерой и Target'ом. Экранные кнопки не являются объектами дополненной реальности и отображаются они независимо от метки, поэтому они привязываются к экранному полотну – объекту Canvas, а не к метке.

Далее необходимо собрать приложение под Android и установить его на смартфон. Скриншот работы приложения показан на рис. 7.

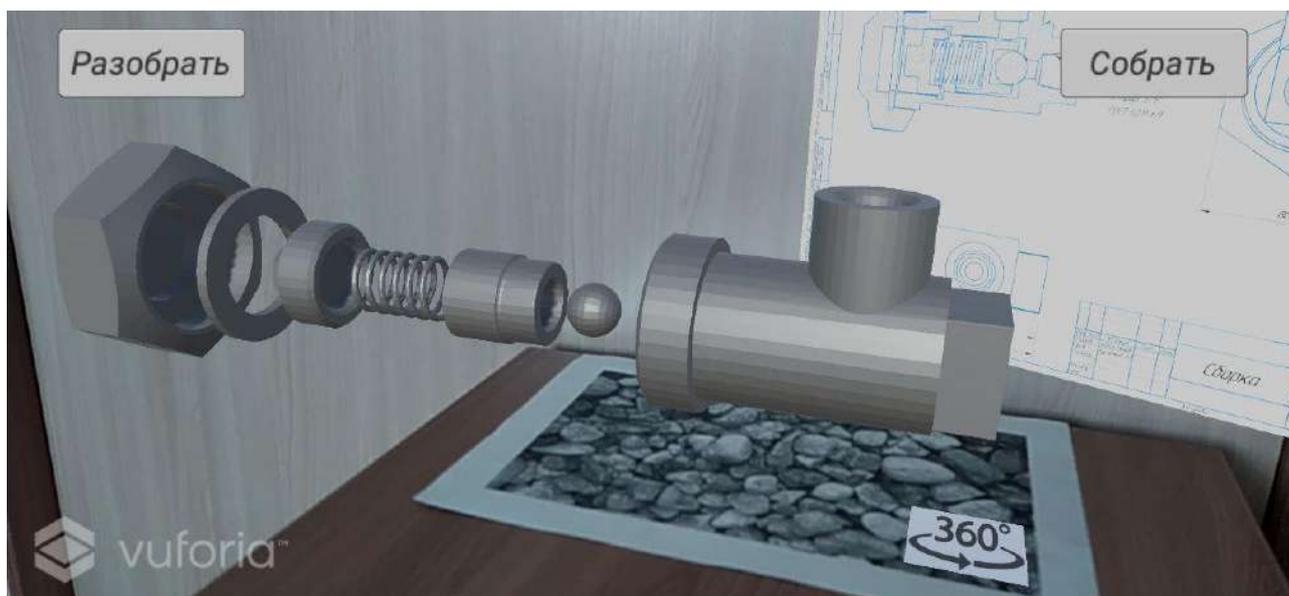


Рис. 7. Результат работы приложения на Android-устройстве

Таким образом, было разработано приложение дополненной реальности, в котором при наведении камеры на специальный маркер, поверх видеопотока, поступающего напрямую с камеры смартфона, можно наблюдать 3D-модель, её чертёж, вращать, разбирать и собирать модель, управляя воспроизведением анимаций с помощью виртуальной и двух экранных кнопок.

#### Библиографический список

1. **Евтодьева, М.Г.** Аддитивное производство и дополненная реальность как новые производственные технологии в авиационной отрасли / М.Г. Евтодьева // Вестник МГИМО Университета. – 2020. – Т. 13. – № 5. – С. 307-330. – DOI 10.24833/2071-8160-2020-5-74-307-330
2. **Краюшкин, В. А.** Дополненная реальность: возможности применения для поддержки полного жизненного цикла изделия / В.А. Краюшкин, М.А. Пирогова, И.Е. Лешихина // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2017. – № 1(165). – С. 16-25.
3. **Пирогова, М.А.** Обзор передовых платформ дополненной реальности для разработки промышленных приложений уровня "рабочее место" / М.А. Пирогова, И.Е. Лешихина, В.А. Краюшкин // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2021. – № 4(184). – С. 7-12. – DOI 10.52190/2073-2597\_2021\_4\_7