
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МАШИНОВЕДЕНИЯ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Выпуск 8

Издается с декабря 2012 г.

Выходит один раз в год

Минск 2019

СОДЕРЖАНИЕ

КОЛОНКА РЕДАКТОРА	8
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МАШИНОВЕДЕНИЯ	
<i>БАХМУТОВ С.В., КЕЛЛЕР А.В.</i> Концепция цифрового проектирования наземных транспортных средств	9
<i>ГРОШЕВ А.М., ТУМАСОВ А.В., РОГОВ П.С., ИВАНОВ М.В., СУДАРСКИЙ Е.В., ФИЛИМОНОВ О.В.</i> Перспективные исследования и разработки в области инновационных транспортных средств.....	14
МЕХАНИКА МОБИЛЬНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ	
<i>ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ Ю.М., МИХАЙЛОВ М.И., ТЕТЕРИЧ Н.Э.</i> Моделирование динамических процессов в защитных экранах робототехнических систем.....	18
<i>МОИСЕЕВ Е.А.</i> Повышение устойчивости движения седельного автопоезда путем совершенствования колесного тормоза полуприцепа	21
<i>ПЕТРЕНКО М.Л., КИМ В.А.</i> Теоретические основы создания системы следящего торможения велосипеда «Аист»	26
<i>ЮШКЕВИЧ А.В., КИМ В.А.</i> Теоретическое обоснование метода диссипации кинетической энергии мотоцикла «Минск» при торможении	30
<i>КИМ В.А., СКОЙБЕДА А.Т., САЗОНОВ И.С., БИЛЫК С.Ю., МОИСЕЕВ Е.А., ПЕТРЕНКО М.Л., ЮШКЕВИЧ А.В., ШАШЕНКО С.Ф.</i> Математическая модель динамики разгона тягача с прицепным	

звеном (полуприцеп/прицеп) и алгоритм превентивной передачи момента колесам прицепного звена.....	34
<i>ТАРАСИК В.П., САВИЦКИЙ В.С.</i>	
Мехатронная система автоматического управления гидромеханической передачей карьерных самосвалов БЕЛАЗ.....	41
<i>ТАРАСИК В.П., САВИЦКИЙ В.С.</i>	
Методика проектирования механизма управления фрикционами гидромеханической передачи карьерного самосвала	45
<i>ЕРМАК А.О., ЕЛОВОЙ О.М., КАДИЛЬНИКОВА Т.М., ВОЛКОТРУБ Р.Е.</i>	
Анализ и оптимизация технологии проектирования и изготовления оборудования точного электронного машиностроения. Часть 1. Математическая модель выбора компонентов оборудования	53
<i>ЕРМАК А.О., ЕЛОВОЙ О.М., КАДИЛЬНИКОВА Т.М., ВОЛКОТРУБ Р.Е.</i>	
Анализ и оптимизация технологии проектирования и изготовления оборудования точного электронного машиностроения. Часть 2. Методика предварительного выбора компонентов	57
<i>БЕЛАБЕНКО Д.С., АЛЬГИН В.Б.</i>	
Классификация и визуальное представление результатов оценки нагруженности трансмиссии в переходных процессах	60
<i>КУЗНЕЦОВ В.В., ПОЛЯКОВСКИЙ В.В.</i>	
Алгоритмизация бесколлизийных перемещений трех планарных позиционеров на одном статоре	64
<i>МАРКО А.Ф., ТИТКО Д.С., СЕРГЕЕВ Д.А.</i>	
Управление системами многокоординатных перемещений в режиме реального времени	68
<i>САЛМАНЗАДЕХ Г.Й., КАРПОВИЧ С.Е., РЫМКО В.М., ДРОГУН Е.А.</i>	
Математическая модель и алгоритмизация обратной задачи кинематики многокоординатной системы перемещений.....	71
<i>КОЛЕСНИКОВИЧ А.Н., ЛОПУХ Д.Г., КРАВЧЕНОК Алексей Л., КРАВЧЕНОК Александр Л., ТРОФИМЧУК А.А.</i>	
Разработка математических моделей электромобиля для расчетов тягово-скоростных свойств и энергопотребления с различными параметрами тягового привода.....	76
<i>ЛЕШКЕВИЧ С.В., ЖЕЛЕЗНЯКОВА Т.А., САЕЧНИКОВ В.А.</i>	
Элементы мехатроники в лабораторном практикуме по физике для повышения эффективности обучения студентов естественнонаучных специальностей университета	81
<i>ЛИСОВСКИЙ Э.В., ЛИТВИНЮК П.С., ШЛЯЖКО С.А.</i>	
Оценка соответствия требованиям ISO 3471 и доработка конструкции ROPS методом компьютерного моделирования.....	84
<i>СТРОК Е.Я., БЕЛЬЧИК Л.Д., АНАНЧИКОВ А.А., АЛЕКСАНДРОВА Т.Л.</i>	
Формирование управляющего воздействия в адаптированном к нагрузке электрогидравлическом приводе навесного устройства	90
<i>СТРОК Е.Я., БЕЛЬЧИК Л.Д., АНАНЧИКОВ А.А., ЗОРИЧ П.А.</i>	
Снижение непроизводительных затрат мощности при управлении рабочими органами пахотного агрегата.....	95
<i>СКОЙБЕДА А.Т., ЖУКОВЕЦ В.Н., КАЛИНА А.А., КОМЯК И.М.</i>	
Перспективные ходовые системы мобильных машин	100

<i>ЛОПУХ Д.Г., КОЛЕСНИКОВИЧ А.Н., РОМАНЕНКО М.В., КРАВЧЕНКО Александр Л., ДРОБЫШЕВСКАЯ О.В.</i>	
Сравнительная оценка силовой нагруженности рулевого управления самосвала 8×8 с использованием твердотельных и упругих моделей рулевых штанг и рычагов	104
<i>ЖДАНОВИЧ Ч.И.</i>	
Математическое моделирование тягового сопротивления полунавесного оборотного плуга.....	108
<i>РОМАНОВИЧ А.С., КОНОПЛЯНИК И.А., ЛОБКОВА М.П.</i>	
Мониторинг нагруженности механических приводов исполнительного органа и управление параметрами функционирования проходческо-очистного комбайна «Универсал–600»	112
<i>РОМАНОВИЧ А.С.</i>	
Нагруженность компонентов электромеханических приводов исполнительного органа проходческо-очистного комбайна «Универсал–600»	117
<i>БАСИНЮК В.Л., КОВЕНСКИЙ А.Е., ЛОБКОВА М.П., КОЗИНЕЦ А.В., МОРОЖАНОВ Е.А.</i>	
Программно-аппаратный комплекс и методика исследований параметров функционирования прецизионного оборудования ОАО «Планар»	121
<i>СОЛДАТЕНКО Д.С.</i>	
Системы векторного управления тяговым электромеханическим приводом тракторов.....	125
<i>СОЛДАТЕНКО Д.С.</i>	
Расчет электромеханических параметров тягового электропривода тракторов.....	129
<i>КОВЕНСКИЙ А.Е.</i>	
Влияние упруго-податливых свойств натяжного устройства на колебания стола установки для разделения полупроводниковых пластин на кристаллы.....	132
<i>КОЗИНЕЦ А.В., МОРОЖАНОВ Е.А., ГЛАЗУНОВА А.А., ЛОМАКО В.Г., ПАПИНА С.С.</i>	
Активное управление амплитудой механических колебаний в приводах точного электронного машиностроения	136
<i>ХОЛОД Е.А., КАРПУК Н.В.</i>	
Методика определения индекса возможного ущерба.....	140
<i>ЛИТАРОВИЧ В.В., МЫЛЬНИКОВ Е.В., САВЧЕНКО В.В., ЧЕРНИН М.А.</i>	
Анализ информационных потоков в коммуникационной платформе C-V2X.....	145
<i>КОЗИНЕЦ А.В., МОРОЖАНОВ Е.А., ГЛАЗУНОВА А.А.</i>	
Выбор рациональных типов приводных систем зондового оборудования для экстремальных условий тестирования	148
<i>КОВЕНСКИЙ А.Е., БАСИНЮК В.Л., ГЛАЗУНОВА А.А.</i>	
Мониторинг и управление параметрами колебаний высокоскоростного электрошпинделя на аэростатических подшипниковых опорах	154
<i>ДУБОВСКИЙ В.А., САВЧЕНКО В.В.</i>	
Метод контроля профессионально важных качеств водителей транспортных средств.....	159

<i>БАХМУТОВ С.В., ТЕРЕНЧЕНКО А.С., КОЗЛОВ А.В.</i> Повышение эффективности двигателей внутреннего сгорания путем добавления водородсодержащего синтез-газа к моторному топливу.....	162
<i>ВАЙТЕХОВИЧ П.Е., ФРАНЦКЕВИЧ В.С., БОРОВСКИЙ Д.Н., КОЗЛОВСКИЙ В.И.</i> Особенности движения элементов загрузки в высокоэффективных измельчающих агрегатах.....	167

НАДЕЖНОСТЬ, ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН И КОНСТРУКЦИЙ

<i>ALGIN V.B., ISHIN N.N., STARZHINSKY V.E., SHIL'KO S.V., RACKOV Milan, ČAVIĆ Maja</i> Development of digital twins for gears and transmissions based on lifetime mechanics and composites mechanics.....	172
<i>ALGIN V.B., GOMAN A.M., SKOROKHODOV A.S.</i> Main operational factors determining the energy consumption of the urban electric bus: schematization and modelling	185
<i>STARZHINSKY V.E., SHIL'KO S.V., SHALOBAEV E.V., RACKOV Milan</i> Polymer gears: design, technology, application (review).....	195
<i>СОСНОВСКИЙ Л.А.</i> Механотермодинамика: единая модель трения, остаточной деформации и износа	199
<i>ЩЕРБАКОВ С.С.</i> Модели состояний трибофатических и механотермодинамических систем	204
<i>ПОДДУБКО С.Н., ИШИН Н.Н., ГОМАН А.М., СКОРОХОДОВ А.С., ШПОРТЬКО В.В.</i> Расчетная оценка запаса хода электромобиля на одной зарядке аккумуляторной батареи	209
<i>ШИМАНОВСКИЙ А.О., САХАРОВ П.А.</i> Оценка влияния характеристик поглощающих аппаратов сцепных устройств на продольные силы в грузовом поезде	216
<i>АФНАСЬКОВ П.М., ПАСТУХОВ М.И., КОНОВАЛОВ Е.Н., БЕЛОГУБ Н.В.</i> Прогнозирование остаточного ресурса тележек пассажирского вагона после длительной эксплуатации.....	220
<i>ПУТЯТО А.В., БРИЛЬКОВ Г.Е.</i> Оценка устойчивости против схода с рельса и прочности колеса маневрового тепловоза серии ЧМЭЗ при движении в кривой малого радиуса	227
<i>КАЛИНЦЕВ Ю.В., ВЫСОЦКАЯ Н.А.</i> Влияние формы внутренней поверхности корпуса напорного шнекового модуля на направление движения подаваемого материала	233
<i>ГРОМЫКО П.Н., ХАТЕТОВСКИЙ С.Н.</i> Минимизация габаритных размеров эксцентриковых передач на основе совершенствования геометрии зацепления контактирующих колес	238
<i>ИШИН Н.Н., ГОМАН А.М., СКОРОХОДОВ А.С., НАТУРЬЕВА М.К., ДАКАЛО Ю.А.</i> Расчетная оценка параметров ударных импульсов в подшипниках качения в зависимости от износа их элементов.....	242

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

НЕЛЮБ В.А., ЧУДНОВ И.В., ФЕДОРОВ С.Ю.

Исследование физических свойств углеродной ленты с тонкопленочным медным покрытием246

КАНЕ М.М., ШЕЛЕГ В.К., КРАВЧУК М.А., КОТ П.И.

Анализ взаимосвязей некоторых параметров качества поверхностей зубьев цилиндрических шестерен с режимами зубофрезерования251

КАЛИНЦЕВ Ю.В., ПИСКУН Е.В., КОДНЯНКО М.Ю.

Исследование сталей, применяемых для изготовления оборудования, работающего в агрессивной среде256

МИХАЙЛОВ М.И., ЛУКЬЯНЧИК К.В.

Моделирование процессов сварки рамных конструкций262

ЖОРНИК В.И.

Электроконтактное спекание твердосплавных рабочих элементов фильер для правки арматурной проволоки265

КОНСТАНТИНОВ В.М., КОВАЛЬЧУК А.В., ДАШКЕВИЧ В.Г.,

ЩЕРБАКОВ В.Г., АСТРАШАБ Е.В.

Опыт химико-термического упрочнения штамповой оснастки пищевых производств272

ДЕВОЙНО О.Г., ПИЛИПЧУК А.П., ЛОЧС С.

Формирование функционально-градиентных покрытий комбинированным методом газотермического напыления и лазерной обработки277

САНДОМИРСКИЙ С.Г.

Анализ параметров для магнитного контроля твердости стали 40Х283

АНТОНЮК В.Е., ЯВОРСКИЙ В.В.

Методика расчета напряженного состояния кольца при реализации циклического нагружения286

СКОЙБЕДА А.Т., КАЛИНА А.А., ДЕВОЙНО О.Г.

Лазерное упрочнение зубчатых колес из высокопрочного чугуна289

КУКАРЕКО В.А., БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ М.А., ГРИГОРЧИК А.Н.,

АСТРАШАБ Е.В., СОСНОВСКИЙ А.В.

Влияние отжига на структурно-фазовое состояние и износостойкость газотермических покрытий из железо-алюминиевых псевдосплавов294

КОНСТАНТИНОВ В.М., БУЛОЙЧИК И.А., КОНОН А.А.

Проблемы прочности оцинкованных стальных изделий299

ШИЛЬКО С.В., РЯБЧЕНКО Т.В., ГАВРИЛЕНКО С.Л.,

НАУМОВ М.А., НАУМОВА Н.Ю.

Анализ деградации механических свойств стеклопластика в водной среде при эксплуатации трубопровода304

ШИЛЬКО С.В., ГАВРИЛЕНКО С.Л., ПАНИН С.В., АЛЕКСЕНКО В.О.

Анализ вязкоупругих свойств полиэфирэфиркетона и дисперсно-наполненных композитов на его основе по данным ускоренных релаксационных испытаний308

<i>МАРУКОВИЧ Е.И., КУКАРЕКО В.А., ГРИГОРЧИК А.Н., САЗОНЕНКО И.О., ХАРЬКОВ В.А.</i>	
Структура, фазовый состав и механические свойства малоразмерных бронзовых отливок Cu—Fe и Cu—Sn—P	311
<i>КУШНЕРОВ А.В., САЧИВКО Я.С., ТАРАСЕВИЧ И.Ю., ШАПАРЬ В.А.</i>	
Адгезионная прочность и структурно-фазовое состояние вакуумно-дуговых покрытий на основе титана и хрома, сформированных на различных подложках.....	313
<i>ЛЕВАНЦЕВИЧ М.А., ПИЛИПЧУК Е.В., МАКСИМЧЕНКО Н.Н.</i>	
Повышение долговечности непрофилированного электрода-щетки для комбинированной чистовой обработки	317
<i>БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ М.А., КОМАРОВ А.И., СОСНОВСКИЙ И.А., ОРДА Д.В., КУРИЛЕНКО А.А., ИСКАНДАРОВА Д.О.</i>	
Технологические особенности получения биметаллических втулок с антифрикционным покрытием из сплава АК12.....	320
<i>ЖОРНИК В.И., ИВАХНИК А.В., ЗАПОЛЬСКИЙ А.В., ИВАХНИК В.П., БУХТИЛОВА М.А.</i>	
Механизм структурообразования дисперсной фазы биоразлагаемой литий-кальциевой смазки.....	325
<i>АНТОНЮК В.Е., РУСЕЦКИЙ В.Н., СОЛОМИНА А.В.</i>	
Особенности использования ГОСТ 1643-81 при назначении параметров точности для производственного двухпрофильного контроля	329
<i>ПАПКОВСКИЙ П.И., ВАЛЬКО А.Л., САНДОМИРСКИЙ С.Г., ВОЙТОВИЧ Д.О.</i>	
О возможной причине образования трещин в деталях, полученных центробежным электрошлаковым переплавом.....	333
<i>ЛЕВАНЦЕВИЧ М.А., ПИЛИПЧУК Е.В., КУШНЕРОВ А.В., СУХОЦКИЙ П.Г.</i>	
Коррозионная стойкость электродеформационно плакированных хромовых покрытий.....	336
<i>ЛЕВАНЦЕВИЧ М.А., ЮРУТЬ Е.Л., МАКСИМЧЕНКО Н.Н., СУХОЦКИЙ П.Г.</i>	
Оценка антипригарных свойств электродеформационно плакированных покрытий из композитов на основе хрома.....	340
<i>КОМАРОВ А.И., РОМАНЮК А.С., ЗОЛОТАЯ П.С., ГОРАНСКИЙ Г.Г., ВАГАНОВ В.В.</i>	
Повышение гидроабразивной стойкости изделий совмещением методов холодного газодинамического напыления и микродугового оксидирования	343
<i>СЕРЕНКОВ П.С., РУДНИЦКИЙ Ф.И., САЦУКЕВИЧ А.А., ВОЛКОТРУБ Р.Е.</i>	
Повышение эффективности техники планирования эксперимента на этапе разработки инновационных материалов и покрытий	348
<i>ВИТЯЗЬ П.А., СЕНЮТЬ В.Т., ЖОРНИК В.И., ВАЛЬКОВИЧ И.В., ПАРНИЦКИЙ А.М., КОВАЛЕВА С.А., АФАНАСЬЕВ В.П.</i>	
Синтез наноструктурного алмаз-лонсдейлитного инструментального композита для абразивной обработки.....	352
<i>СОТНИКОВ М.В., СИДОРЕНКО А.Г., МОИСЕЕНКО В.И.</i>	
Новые подходы к изготовлению мелко модульных зубчатых колес	357

*ЧИЖИК С.А., ХЕЙФЕЦ М.Л., БОРОДАВКО В.И., КЛИМЕНКО С.А.,
КОЛМАКОВ А.Г., ПАНИН А.В., ЧУГУЙ Ю.В., БАТАЕВ А.А.,
БЛЮМЕНШТЕЙН В.Ю., КРЕЧЕТОВ А.А., ПРЕМЕНТ Г.Б.*
Обеспечение параметров качества поверхностного слоя
изделий с покрытиями361

МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА. БИОМЕХАНИКА

НИКИТИН И.С., БУРАГО Н.Г.
Определяющие уравнения полумикроскопических теорий
вязкопластичности и пластичности для многоосного
напряженного состояния.....365

AVETISYAN A.S., KHACHTRYAN V.M.
Reflection and transmission of electro-elastic waves at plane
non-acoustic contact interface of two different piezoelectric half-spaces370

ЧИГАРЕВ А.В., ЖУРАВКОВ М.А.
Модель детектирования гравитационных волн на основе
связанной системы уравнений упругости и гравитации.....375

УДК 621.37/.39.002.2; 621.37/.39.002.5

А.О. ЕРМАК

ОАО «Планар», г. Минск, Республика Беларусь

О.М. ЕЛОВОЙ, канд. техн. наук

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

Т.М. КАДИЛЬНИКОВА, д-р техн. наук

Пинский государственный университет, Республика Беларусь

Р.Е. ВОЛКОТРУБ

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ТОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ. ЧАСТЬ 2. МЕТОДИКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ВЫБОРА КОМПОНЕНТОВ

Предложена методика предварительного выбора компонентов оборудования точного электронного машиностроения для приобретаемых и (или) изготавливаемых компонентов, разработанная на основе анализа их стоимости, параметров долговечности и наработки на отказ. Использование ее результатов позволяет методом градиентного спуска определить ориентировочную стоимость оборудования и принять решение о возможности и объемах его реализации, а также определить целесообразность использования покупных компонентов и необходимости, при наличии технических возможностей, их изготовления с обеспечением меньшей, чем у аналогов стоимости.

Ключевые слова: методика, выбор компонентов, точное электронное машиностроение, долговечность, стоимость

Введение. При разработке технологии проектирования и изготовления конкурентоспособного по комплексу технических характеристик оборудования точного электронного машиностроения к одному из наиболее важных факторов можно отнести обеспечение его стоимости, меньшей, чем у рыночных аналогов, но экономически выгодной предприятию-изготовителю. При этом, исходя из существующего сегодня значительного разброса цен на одни и те же компоненты с практически одинаковыми техническими характеристиками различных изготовителей из США, Европы и Юго-восточной Азии, должны быть учтены вопросы эксплуатационных расходов, связанные с мониторингом технического состояния, ремонтом оборудования и его простоями у потребителя [1]. При этом важное значение имеет комплексный учет стоимости компонента, его ресурса и наработки на отказ. Установление двух последних показателей в ряде случаев представляет определенную проблему.

Для ее решения может быть использована модифицированная методика, ориентированная на решение аналогичной задачи, возникающей при создании объектов космической техники [2]. В ней рассмотрены следующие вопросы:

- процесс выбора компонентов;
- требования к описанию данных;
- критерии выбора компонентов и их обоснование;
- методика использования полученных данных;
- прогнозирование надежности компонентов;
- документальное оформление результатов.

Исходной информацией для решения приведенных выше вопросов являются технические требования к оборудованию, каталоги поставщиков компонентов

и информацией о технических характеристиках и стоимости, а также данные от изготовителя или потребителя этих компонентов об их долговечности и наработке на отказ. При этом, как это показано в [2], к наиболее важным вопросам можно отнести критерии выбора и методы использования данных о долговечности и наработке на отказ, а также, после принятия решения о возможности использования полученных данных, оценку надежности компонентов. С учетом результатов этой оценки осуществляется выбор компонентов и определение эксплуатационных затрат, связанных с мониторингом технического состояния, заменой при функциональной потере работоспособности (в рассматриваемом прецизионном оборудовании ремонт компонентов, как правило, нецелесообразен) и компенсацией потерь потребителя, которые, по согласованию с ним, могут быть учтены в стоимости оборудования.

Цель исследований — разработка методики предварительного выбора компонентов оборудования точного электронного машиностроения.

Методика исследований. Перед разработкой опытного образца или модернизацией действующего оборудования с доработкой конструкторской документации и технологического процесса изготовления целесообразно обеспечить формирование номенклатуры входящих и (или) прогнозируемых к введению в его состав основных компонентов. Целесообразна их разбивка на:

- основные компоненты (как правило, это программно-управляемые приводы основных движений);
- компоненты сервисных систем (манипуляторы, системы подачи охлаждения и т. п.);
- компоненты систем контроля и мониторинга, входящие в штатный состав оборудования.

Основные компоненты, по аналогии с [2], могут быть разбиты на три группы по критериям долговечности и наработки на отказ:

- первая группа компонентов, обеспечивающая долговечность и наработку на отказ в течение всего срока эксплуатации, имеет самую высокую стоимость и надежность;
- компоненты второй группы имеют долговечность 0,5...1 от требуемой и наработку на отказ, ориентировочно равную 0,5...1 расчетного времени использования в течение всего срока эксплуатации, и, соответственно, меньшие, чем у первой группы, стоимость и надежность;
- компоненты третьей группы имеют меньшую 0,5 срока эксплуатации долговечность и наработку на отказ и самую низкую стоимость и надежность.

Состав данных о компонентах, на основе которых формируется исходная база данных, приводится в виде таблицы.

В качестве критериев выбора компонентов может быть принято обеспечение ими технических характеристик, позволяющих достичь соответствующие или превышающие по уровню технические требования к оборудованию.

Методика использования полученных данных включает:

- формирование баз данных с разбивкой компонентов на группы по критериям долговечности и наработки на отказ;
- определение прогнозируемого числа замен в эксплуатации;
- определение методом градиентного спуска (МГС) [2] экономически наиболее рациональных вариантов использования тех или иных компонентов.

Документальное оформление полученных результатов осуществляется с пояснением выбора тех или иных компонентов и разработкой рекомендаций по созданию системы мониторинга.

Результаты исследований и их обсуждение. Ориентировочная схема процесса поиска и анализа применимости компонентов показана на рисунке 1.

Входной информацией являются технические требования, справочные данные и данные от изготовителя или потребителя, включающие стоимость, долговечность и наработку на отказ, выходной информацией – модели выбранных компонентов, их стоимость, долговечность и наработка на отказ. Последние данные используются для разработки системы мониторинга, в частности, объект мониторинга, периодичность проведения, критерии годности.

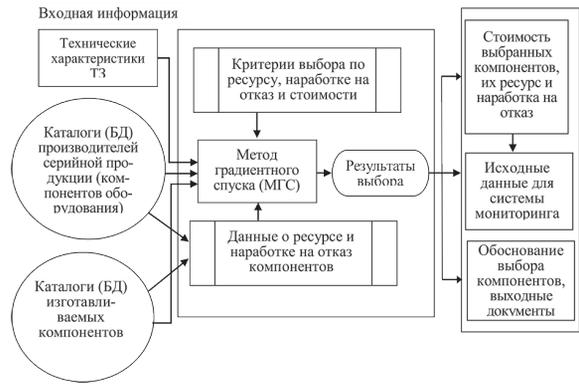


Рисунок 1 — Схема выбора компонентов оборудования

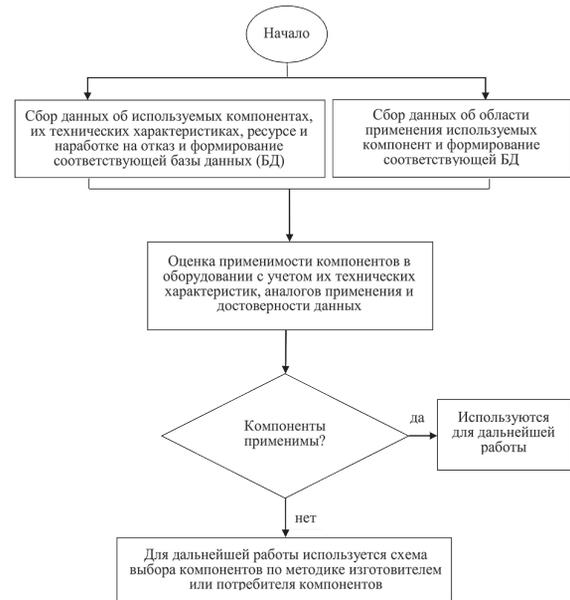


Рисунок 2 — Схема работы с источниками технической информации в процессе выбора компонентов

Схема работы с источниками технической информации и анализ содержащихся в них данных приведена на рисунке 2.

На рисунке 3 показана схема выбора данных по методике изготовителя или потребителя, на рисунке 4 — схема, в соответствии с которой принимается решение об использовании существующей технологии проектирования и изготовления в случае отличия от существующих технических требований покупателя к оборудованию и соответственно его компонентам.

Таблица — Компоненты, их технические характеристики, стоимость, долговечность и наработка на отказ

№	Наименование привода	Технические требования к приводу, основанные на технических требованиях к оборудованию	Модель и область использования	Производитель	Стоимость	Долговечность	Наработка на отказ	Прогнозируемое число замен в эксплуатации
I	Привод подачи							
II	Привод вращения							
...	...							
N	...							

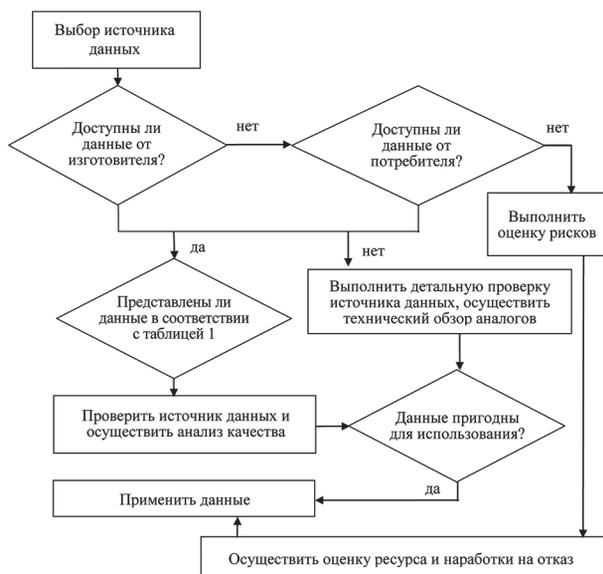


Рисунок 3 — Схема выбора данных от изготовителя и потребителя

В соответствии с рекомендациями [2] при использовании справочных данных о долговечности и наработке на отказ необходимо учитывать то, что не всегда может быть установлен их фактический источник. Кроме того, это могут быть чисто эксплуатационные данные или данные только испытаний, а также результаты интерполяции или экстраполяции этих данных.

Необходимо также учитывать, что данные изготовителя компонентов, как правило, формируются на основе проведенных им испытаний, а данные потребителя — это в основном расчетные данные, поскольку они не могут быть получены никаким другим способом. Кроме этого, искомые данные могут быть определены внутренним тестированием, а также на основе опыта использования аналогов или экспертной оценки, что наиболее часто используется для оригинальных типов компонентов [2].

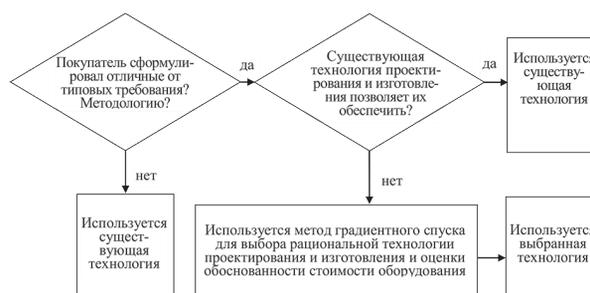


Рисунок 4 — Схема процесса выбора технологии проектирования и изготовления

Заключение. Предложена методика предварительного выбора компонентов оборудования точного электронного машиностроения для приобретаемых или изготавливаемых компонентов, разработанная на основе анализа их стоимости, параметров долговечности и наработки на отказ. Использование ее результатов позволяет методом градиентного спуска определить ориентировочную стоимость оборудования и принять решение о возможности и объемах его реализации, а также определить целесообразность использования покупных компонентов и необходимости (при наличии технических возможностей) их изготовления с обеспечением меньшей, чем у аналогов стоимости.

Список литературы

1. Космическая техника. Обеспечение качества продукции. Компоненты электрические, электронные и электромеханические: СТБ ECSS-Q-ST-60C-2014. — Введ.: 01.10.2014. — Минск: Госстандарт, 2014. — 72 с.
2. Космическая техника. Обеспечение качества продукции. Источники данных о надежности компонентов и их использование: СТБ ECSS-Q-HB-30-08A-2014. — Введ.: 14.05.2015. — Минск: Госстандарт, 2015. — 28 с.

Yermak A.O., Yelovoy O.M., Kadilnikova T.M., Volkotrub R.E.

Analysis and optimization of design and manufacturing technology of equipment for precision electronic engineering.

Part 2. Technique of components preselection

The technique of the equipment components preselection for precision electronic engineering is offered for the purchased and (or) manufactured components developed on the basis of the analysis of their cost, parameters of durability and time between failures. The use of its results makes it possible to determine the estimated cost of the equipment by method of gradient descent and to make the decision on an opportunity and volumes of its realization, as well as to define expediency of using purchased components and, when technically possible, need for their production with providing smaller cost, compared with analogs.

Поступил в редакцию 29.07.2019.