

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ

УДК 621.01-192: [531.1+531.3]

В.Б. АЛЬГИН, д-р техн. наук, проф.

заместитель генерального директора по научной работе

E-mail: vladimir.algin@gmail.com

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 14.06.2016.

ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫЕ ИЗДЕЛИЯ: ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКА, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, ОХРАНА ПРАВ. ЧАСТЬ 3. НАУЧНОЕ И ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИЙ

Представлены научные предпосылки и источники ресурсной механики машин (РММ). Описаны этапы развития, подходы и методы РММ, основное внимание уделяется ресурсной тематике. Рассмотрен ряд перспективных инновационных разработок. Обобщены причины снижения конкурентоспособности отечественных технически сложных изделий (ТСИ), сформулированы необходимые условия эффективной научной и организационной поддержки для создания инновационных ТСИ.

Ключевые слова: технически сложные изделия, научные исследования, ресурсная механика машин, надежность, инновационные разработки

Введение. В первой части [1] представлен анализ проблемы создания ТСИ. Во второй части рассмотрена роль современных научных знаний при создании конкурентоспособной продукции и особенности разработки ТСИ [2]. Третья часть включает вопросы научного и организационного обеспечения разработок инновационных ТСИ и общие выводы.

Научные предпосылки РММ. Помимо чисто научных достижений представляет интерес характер отношений науки и производства ТСИ в СССР в период 1980-х годов, когда предприятия охотно привлекали науку к работам, нередко выливающимся в подачу совместных авторских свидетельств на изобретения с последующим внедрением результатов. Наука также активно участвовала в создании нормативных документов (ГОСТов, РД), которые были обязательными для применения.

Научными предпосылками РММ являются результаты белорусской школы расчета и проектирования трансмиссий мобильных машин, созданные членом-корреспондентом АН БССР И.С. Цитовичем, его коллегами и учениками. Подробно научные результаты освещены в [3]. Ниже приво-

дится их краткое описание с указанием отдельных публикаций.

Теория и расчет мобильных машин. Для корректного проектирования трансмиссии и других агрегатов предложено по-новому построить теорию транспортных и тяговых машин на основе *динамических моделей* их взаимодействующих агрегатов [4]. Продолжением этой работы является монография [5].

При оценке ресурса деталей впервые рассмотрена проблема структурирования и отражения в расчетах разнообразия нагрузок мобильных машин. В части методологии вероятностных расчетов важным моментом стало введение понятия вариации нагрузочных режимов. Для описания закономерностей нагружения использованы удельные тяговые усилия (удельные тяги) [6, 7]. На этой основе были разработаны и широко внедрены в расчетную практику вероятностные расчеты деталей трансмиссий автомобилей и тракторов [8]. Результаты получили признание в СССР и за рубежом, вошли в учебные курсы подготовки специалистов по авто-тракторным специальностям, в том числе в БНТУ [9], МГТУ им. Баумана [10]. До настоящего време-

ни эти подходы используются в учебном процессе и практике проектирования.

Разработка нормативных документов. Впервые в СССР были разработаны государственный стандарт [11] и руководящие документы по расчету надежности изделий машиностроения [12, 13] и др.

Проектирование трансмиссий. Со всеми ведущими автотракторными предприятиями СССР проводились работы по расчету, проектированию и испытаниям трансмиссий. Наиболее сложны задачи синтеза схем и проектирования планетарных трансмиссий [14]. По результатам этих работ получены десятки авторских свидетельств на изобретения, совместными заявителями которых стали Институт проблем надежности и долговечности машин АН БССР (правоприемник — Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси) и предприятия: МАЗ (УГК-2, ныне МЗКТ), МТЗ, Гомсельмаш, ЧЗПТ, ИЗТМ и другие. Впоследствии на основе этих работ была разработана конструкторская документация на ряд трансмиссий (например, по изобретению [15]), изготовлен и испытан опытный образец (по изобретению [16]).

Кроме того, разработан ряд коробок передач других типов, например, вальная многоступенчатая коробка передач с повышенным КПД [17], надежная и компактная вально-планетарная коробка передач [18] и др. Ряд разработок не завершился из-за распада СССР.

Основные этапы развития РММ по ресурсной тематике. Становление РММ по ресурсной тематике описано в [19], а современное состояние представлено в [20, 21].

В период конца 1970 — середины 1980-х годов выделен и исследован класс объектов «мобильные машины», обладающих признаками [22, 23], которые присущи всем машинам, но особенно отчетливо они проявляются у мобильных машин:

- существенная вариация условий эксплуатации;
- наличие оператора (водителя), действия которого также вариативны, во многом определяют динамическую нагруженность и вносят существенный вклад в повреждаемость машины.

В период середины 1980 — середины 1990-х годов системно рассмотрен круг вопросов *ресурсного проектирования* и сформулирована одна из основных его задач: выбор размеров конструктивных элементов, удовлетворяющих требованиям компоновки и ресурса сборочной единицы в целом [14, 24–27]. Эта задача включает в себя как составную часть расчет ресурса сборочной единицы.

Задача имеет многовариантный и итеративный характер, решается последовательным приближением. В каждом итеративном цикле выполняется прогнозирующий ресурсный расчет. Выделены так называемые динамически зависимые элементы, выбор размеров которых невозможен без проведения динамического расчета. Показано, что необ-

ходима интеграция динамического расчета в процедуру ресурсного проектирования.

Период середины 1990 — начала 2000-х годов соответствует оформлению подхода к изучению ресурсных свойств машиностроительных изделий на основе принципа ресурсно-зависимого поведения элементов в нагруженной механической системе [19, 28, 29].

Главная проблематика РММ включает создание развитой ресурсной теории нагруженной сборочной единицы на основе рассмотрения различных моделей машин: механической, надежностной (ресурсной), информационной [30]. Принципиальное значение имеет также построение единого вероятностного расчета, охватывающего функциональные, ресурсные свойства и оценку технико-экономической составляющей конкурентоспособности машины [31, 32]. Научный интерес имеет рассмотрение с позиций РММ сложной вычислительной задачи проектирования системы машин для заданных объемов и типов работ [33].

Современный этап РММ, охватывающий динамическое и надежностное направления и их взаимодействия, отражен в работах [20, 21, 34–40]. В таблице 1 представлены источники, основные понятия и процедуры, а в таблице 2 — основные выходы РММ.

Основными источниками РММ являются механика, теория надежности и теория систем. Механика — разработчик и «поставщик» исходных моделей повреждения машиностроительных компонентов, их конструктивных элементов. Теория надежности предоставляет вероятностный математический аппарат и новые понятия: безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости, сопровождаемые количественными показателями. Теория систем добавляет в данную проблематику синергетические аспекты, зависимое поведение элементов.

К принципиальным особенностям РММ относится ликвидация разрыва между механикой и теорией надежности. При традиционных обособленных подходах в результате расчетов механики в некоторых случаях определяются распределения ресурса (наработка до отказа) механических компонентов. Далее они используются в качестве исходной информации для расчетов надежности системы структурными методами. При этом по умолчанию компоненты и законы распределения их ресурсов рассматриваются как независимые с точки зрения надежности.

В общенаучном, *междисциплинарном отношении наибольшее значение имеет вероятностный расчет системы.* С возникновением теории надежности этот вопрос стал формулироваться в явном виде. Математические подходы, основанные на перемножении вероятностей безотказной работы отдельных элементов в предположении об их независимости, оказываются непригодными, из-за неполноты информации о зависимостях элементов [41].

Таблица 1 — Ресурсная механика машин: источники, основные понятия и процедуры

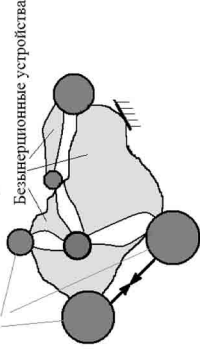
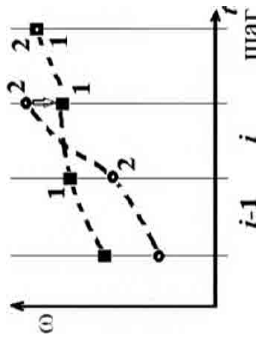
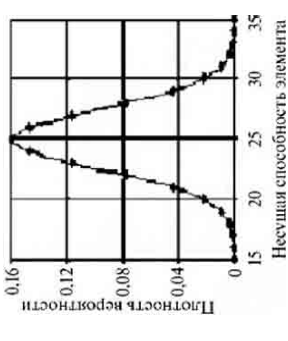
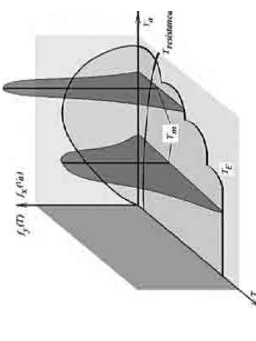
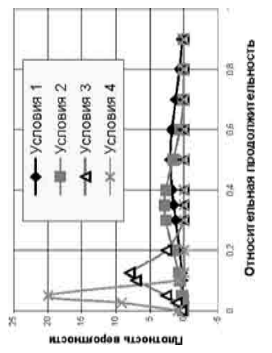
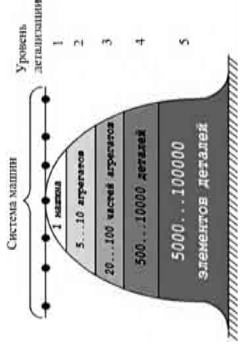
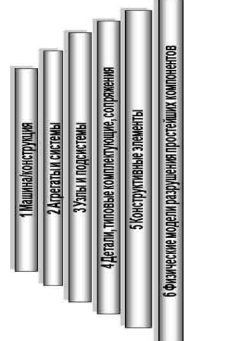
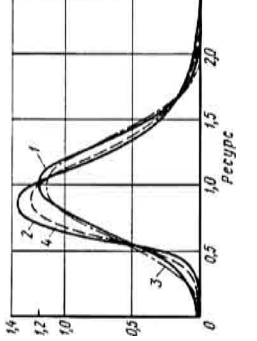
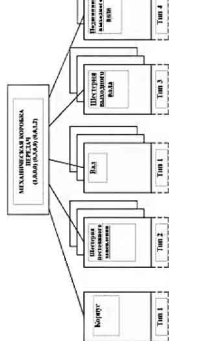
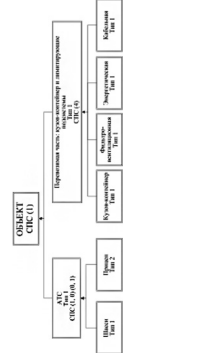
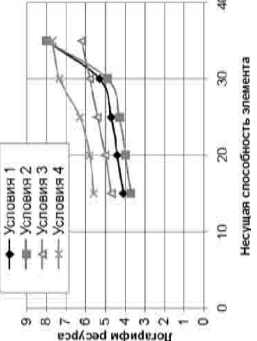
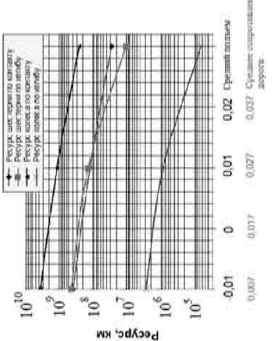
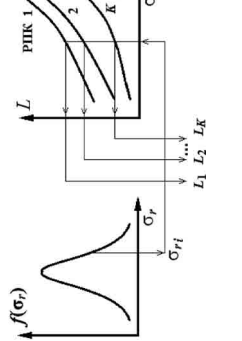
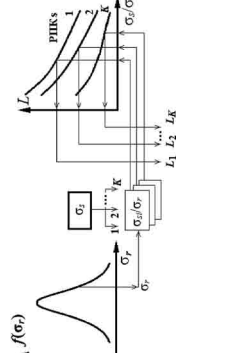
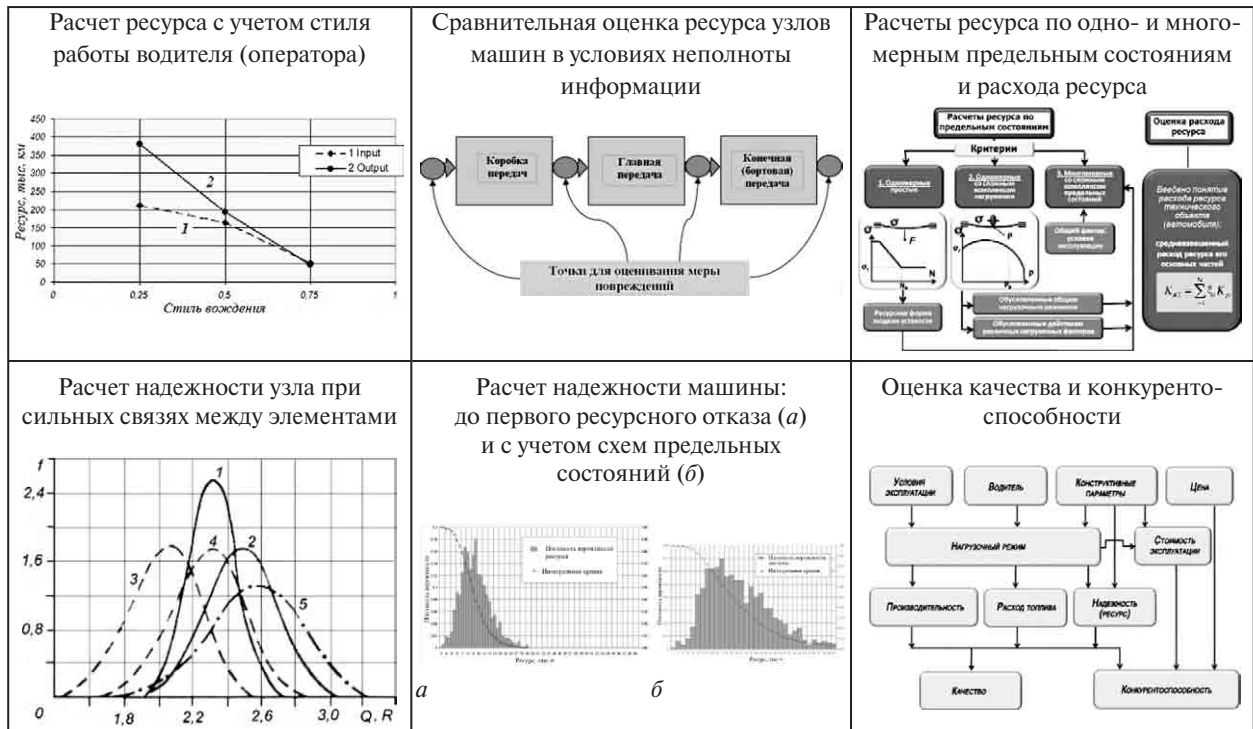
<p>Многомассовый объект механики: регулярная механическая система</p>  <p>Основные звенья (сосредоточенные массы) Безынерционные устройства</p>	<p>Моделирование аналоговых процессов дискретным вычислительным устройством</p> 	<p>Свойства материалов и компонентов</p> 	<p>Вероятностное представление нагрузочного режима мобильной машины</p> 	<p>Вариация условий эксплуатации</p> 
<p>Уровни представления машины</p>  <p>Система машины</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Машинная конструкция 2. Деталевые системы 3. Узлы и подсистемы 4. Детали, типовые компьютерные сопряжения 5. Конструктивные элементы 6. Физические модели (разрушения простейших компонентов) 	<p>Многоуровневая схема для расчета надежности машины</p> 	<p>Теория надежности</p> <p>Модели надежности элементов (типовые распределения)</p> 	<p>Иерархическая схема отказов машины и ее составных частей</p> 	<p>Иерархическая схема предельных состояний машины и ее составных частей</p> 
<p>Ресурсно-прочностные кривые (РПК)</p>  <p>Логарифм ресурса</p> <p>Несущая способность элемента</p>	<p>Аппроксиматоры ресурса</p> 	<p>Использование первого типа РПК</p> 	<p>Использование второго типа РПКs</p> 	<p>Системный анализ</p> <p>Принцип ресурсно-зависимого поведения элементов в нагруженной механической системе.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Общие факторы (нагрузочный режим; условия эксплуатации). - Связи состояний элементов и др.

Таблица 2 — Ресурсная механика машин: основные выходы



Модели, используемые в РММ, имеют более широкий характер, чем схема «нагрузка — прочность» или «нагрузка — ресурс». Они охватывают описание условий эксплуатации, рабочие процессы машин и агрегатов, процессы повреждения, предельные состояния деталей, логику отказов деталей, агрегатов, машины в целом. Их можно охарактеризовать как механико-логические. Логическая часть описывает наступление предельных состояний (ПС) деталей в зависимости от предельных состояний их конструктивных элементов, узлов и агрегатов — в зависимости от ПС деталей, машины — в зависимости от ПС агрегатов.

К методам РММ относится *статистическое имитационное моделирование (метод Монте-Карло)*, поскольку учет ряда зависимостей элементов без имитации их поведения невозможен. Однако обязательно встраивание в процедуру статистического моделирования численных методов и аналитических зависимостей. Выбор моделей и локальных методов-фрагментов определяется особенностями объекта и теми связями элементов, которые необходимо учесть.

Один из разрабатываемых подходов РММ — вероятностным образом определять скоростные показатели, расход топлива, производительность, что позволит корректно оценивать комплекс ресурсно-функциональных свойств техники, ее качество и экономическую составляющую конкурентоспособности.

Новым понятием, введенным в РММ, является *расход ресурса* машины. Это понятие комплексно характеризует изменение ресурсного потенциала машины, как сложного объекта, состоящего из

нескольких составных частей, которые в процессе жизненного цикла могут иметь различные наработки и возраст (время с момента изготовления).

Глобальным трендом мобильной техники является ее *интеллектуализация*. При этом реализуется все более полная *автоматизация* в выполнении отдельных функций и работы подсистем машины. Альтернативу этому может составить *рациональная приспособляемость* машины под конкретного пользователя и решение его текущих задач: «Высокотехническая машина — это открытая структура, и, взятые как целое, такие открытые машины предполагают наличие человека, своего живого организатора и интерпретатора» [42].

Развитие интеллектуальных свойств подсистем мобильной машины в перспективе порождает возможности конфликтов в их поведении и во взаимодействии с пользователем. Типовым представляется конфликт функциональных и ресурсных подсистем. Для разрешения подобных конфликтов могут быть использованы элементы рефлексивного анализа (по В.А. Лефевру [43]) и информационная модель машины, обеспечивающая информационный мониторинг в реальном времени.

Новыми конечными целями РММ наряду с оценкой конкурентоспособности становятся мониторинг и адаптация, основанные на *комплексе функциональной, ресурсной и информационной модели* машины [44].

Примеры перспективных инновационных проектов. Особенность приводимых проектов — необходимость использования компьютерных, в том числе Интернет-технологий. При этом главную ценность представляют методики, доведенные до

алгоритмов решения наукоемких задач. Проекты относятся к различным областям рассмотренной тематики: динамике (проект 1); надежности (проект 2); проектированию коробок передач (проекты 3 и 4). Последние связаны с работами по реализации Указа Президента Республики Беларусь (2014, № 157) «Об организации производства гидромеханических передач».

Подробная информация о функциях отдельных модулей систем представлена по проектам 1 и 2 в работе [20], проектам 3 и 4 — в работах [45–47].

1. *Ассистент водителя для критических ситуаций.* В соответствии с концепцией комплексной функциональности транспортного средства, разработанной в рамках РММ, для реализации определенной функции (например, торможения) могут быть использованы возможности различных подсистем (например, штатной тормозной системы и дополнительно трансмиссионной).

АВКС представляет собой систему-надстройку, включающую электронный блок экстренного торможения, который выполняет ряд специальных управляющих действий во взаимодействии с тормозной и трансмиссионной системами управления и реализует способ экстренного торможения транспортного средства [48].

Рисунок 1 поясняет работу системы и реализацию способа на примере колесного транспортного средства с автоматической механической (ступенчатой) трансмиссией и тормозной системой, содержащей антиблокировочную систему. Система управления трансмиссией включает электронный блок 1 управления трансмиссией и взаимодействующий с ним механизм 2 управления трансмиссией. Последний воздействует на сцепление 3 и коробку передач 4. Сцепление 3 и коробка передач 4 представлены в виде роботизированной коробки передач с двойным сцеплением DSG (Direct Shift Gearbox).

В случае экстренного торможения блок 16 подает сигнал электронному блоку 21. Последний формирует сигнал последовательного переключения трансмиссии в режим работы с ближайшим большим передаточным числом. При этом блок 21 обращается к блоку 1 управления трансмиссией для получения информации о включенной в данный момент передаче.

2. *Система интерактивного управления надежностью автомобиля.* Интерактивное управление надежностью предусматривает управление не только по фактам отказов, а, главным образом, по процессам, которые обуславливают отказы. Структура системы показана на рисунке 2.

Получаемые в эксплуатации данные о процессах и отказах не только отправляются на сервер для фиксации, накопления и анализа, но и обрабатываются в режиме онлайн на вычислительном устройстве, встроенном в автомобиль, и предоставляются оператору (водителю) в текущем режиме.

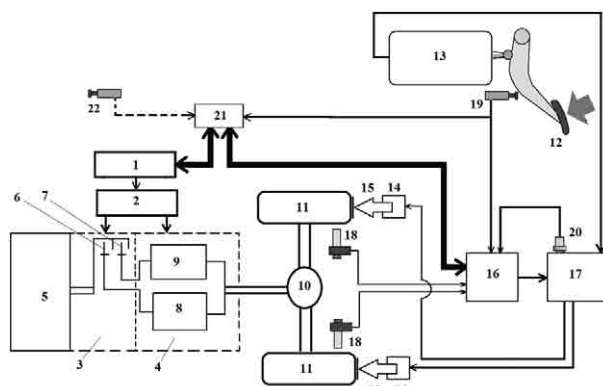


Рисунок 1 — Аппаратная реализация ассистента водителя

На основе получаемых эксплуатационных данных воспроизводятся нагрузочные режимы составных частей автомобиля, анализируется степень воздействия стиля вождения на составные части, моделируются процессы накопления повреждений, приводящие к отказам (предельным состояниям). Кроме того, оценивается *расход ресурса* машины в целом с использованием понятий, введенных в РММ [20].

3. *Система анализа коробок передач.* В настоящее время рост информационных потоков затрудняет поиск и обобщение данных, на основе которых выявляются тенденции развития наукоемких компонентов. Поэтому актуальна разработка информационной системы, представленной на рисунке 3.

Модули системы решают следующие задачи. Модуль «Данные из патентных источников» формирует описание коробки (схему коробки передач, включаемые элементы управления на передачах и, как правило, передаточные числа). «Определение параметров» — процедура расшифровки всех основных параметров коробок. Также определяется показатель компактности с учетом реальной гаммы передаточных чисел. «Расчет показателей» — скоростной и силовой расчет показателей на передачах. В модуле «Оценка нагруженности» определяется комплексный показатель нагруженности. Получаемая информация служит исходными данными для модуля «Комплексная оценка коробок» и формирования базы данных в «облаке», к которому через Интернет получают доступ заинтересованные пользователи.

4. *Система синтеза коробок передач.* Структура системы представлена на рисунке 4. Выделенные модули решают следующие задачи.

«Исходные данные» — формирование данных об основных параметрах синтезируемой коробки (числа передач переднего и заднего хода, элементов управления, планетарных механизмов и степеней свободы коробки), а также значений требуемых передаточных чисел на передачах.

«Структура» решает задачу выбора возможных обобщенных структурных схем для реализации коробки с заданными параметрами. При этом ис-



Рисунок 2 — Структура интерактивной системы управления надежностью

пользуются разработанный подход, включающий построения канонических матриц инцидентности (механизмы—звенья), определяющих все возможные варианты вхождения звеньев в трехзвенные планетарные механизмы и решающие проблему изоморфизма рассматриваемых структур.

«Структурная схема» генерирует варианты выбора входного и выходного звеньев, тем самым формирует варианты возможных структурных схем.

В модуле «Синтез схемы» для рассматриваемой структурной схемы определяются пригодные варианты включения элементов управления. Тем самым определяются возможные рабочие режимы коробки. Далее решается основная задача синтеза: находятся параметры планетарных механизмов (внутренние передаточные числа или числа зубьев зубчатых колес), которые удовлетворяют передаточным числам коробки, на основе которых проведен синтез схемы. Определяется также статус основных звеньев планетарных механизмов: солнце, корона, водило. В результате формируется система кинематических связей основных звеньев.

Блок «Конструктивная реализация» предназначен для проверки возможности физической реализации соединения звеньев полученной системы. Для реализуемых вариантов далее строятся конструктивные варианты. Затем рассчитывается полная гамма передаточных чисел коробки, которая сопоставляется с заданной. По результатам сравнения принимается решение о пригодности

синтезированной коробки с точки зрения реализуемых передаточных чисел.

Модуль «Комплексная оценка коробки» также используется в описанной ранее системе мониторинга. Результаты вносятся в базу данных. Затем на основе анализа результатов синтеза и известных коробок принимается решение о проведении проектных работ по перспективным схемам либо об использовании известных коробок.

Основные затраты по реализации проектов связаны с детализацией алгоритмов, их программированием и созданием соответствующего программного обеспечения. По проектам 3 и 4 необходима также подготовка специалистов в области анализа и синтеза трансмиссий, способных решать задачи проектирования и координировать работу отдельных модулей систем.

Заключение. Обобщая результаты, представленные в трех частях работы, можно сделать следующие выводы.

1. Нехватка финансовых ресурсов и слабый менеджмент привели к ряду негативных явлений в сферах разработки и производства отечественных ТСИ:

- нарушение эффективного взаимодействия научно-исследовательских организаций и производственных предприятий, недооценка роли НИР;
- отсутствие на предприятиях передовых технологий разработки и производства ТСИ (быстрое устаревание оборудования и, как следствие, снижение технологических возможностей при изготовлении продукции на сложно обновляемых



Рисунок 3 — Система «Мониторинг планетарных коробок передач»



Рисунок 4 — Система «Синтез планетарных коробок передач»

производственных мощностях; старение испытательного оборудования);

- недостаток на предприятиях квалифицированных кадров для разработки современных конкурентоспособных изделий, как следствие — неспособность проводить полноценные научные исследования и боязнь участия в научно-технических программах по созданию конкурентоспособной продукции;

- неэффективное управление интеллектуальной собственностью (недооценка роли зарубежного патентования и патентно-информационных исследований при разработке и производстве ТСИ, неразвитость рынка интеллектуальной собственности в республике);

- отсутствие сбалансированной системы стандартов и снижение их роли при разработке новой продукции, увлечение системой менеджмента качества, приводящее к мнению, что за счет одной такой системы контролирующих методов на предприятии можно решить все проблемы, и не нужно следовать другим стандартам, например, в области расчетов и мониторинга надежности.

2. Необходимым условием создания конкурентоспособных ТСИ является формирование единой среды для непрерывного взаимодействия высококвалифицированных специалистов в сферах научных исследований, разработок, стандартизации и охраны прав. Это взаимодействие может быть реализовано в рамках кластеров, обеспечивающих проведение НИР и ОКТР с получением новых охраноспособных результатов, применение современных стандартов при разработке и производстве ТСИ. Информационное взаимодействие специалистов научных организаций и производственных предприятий в рамках кластера целесообразно на основе облачных технологий и баз данных с организацией доступа заинтересованным сторонам.

Изготовление новых наукоемких компонентов при соответствующей их патентной защите возможно по принципу мирового аутсорсинга, что позволит сократить время вывода на рынок новых конкурентоспособных ТСИ.

3. Надежность — одна из ключевых характеристик качества. Количество международных стандартов в области надежности существенно нарастает, большинство из них разрабатывается МЭК и относится к электротехнической сфере. Целесообразно дифференцировать подходы к оценке надежности машиностроительных и электротехнических объектов, отразить это в национальных, межгосударственных и международных стандартах.

4. Ресурсная механика машин создает научную основу для разработки ТСИ. Рассмотренные методы РММ являются эффективным комплексным инструментом, существенно сокращающим сроки разработки инновационных ТСИ, потенциал которого не исчерпывается представленными примерами.

Список литературы

1. Альгин, В.Б. Технически сложные изделия: исследования, разработка, стандартизация, охрана прав. Часть 1: Анализ проблемы / В.Б. Альгин // Механика машин, механизмов и материалов. — 2016. — № 1(34). — С. 5–13.
2. Альгин, В.Б. Технически сложные изделия: исследования, разработка, стандартизация, охрана прав. Часть 2: Использование современных научных знаний / В.Б. Альгин // Механика машин, механизмов и материалов. — 2016. — № 2(35). — С. 5–14.
3. Algin, V. History and State of Art of Belarussian Scientific School in the Field of Computation and Designing Mobile Machine Transmission / V.Algin // Proc. of a workshop HMMS-2015 “14th Working Meeting IFToMM Permanent Commission for the History of Mechanism and Machine Science” [Electronic resource] / Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. — Saint-Petersburg, Russia, May 26–28, 2015. — 10 p. — Mode of access: <http://hmms2015.ru/files/Contributions/History%20and%20State%20of%20Art%20of%20Belarussian%20Scientific%20School%20in%20the%20Field%20of%20Computation%20and%20Designing%20Mobile%20Machine%20Transmission.pdf>. — Date of access: 01.06.2015.
4. Цитович, И.С. Динамика автомобиля / И.С. Цитович, В.Б. Альгин. — Минск: Наука и техника, 1981. — 191 с.
5. Альгин, В.Б. Динамика трансмиссии автомобиля и трактора / В.Б. Альгин, В.Я. Павловский, С.Н. Поддубко. — Минск: Наука и техника, 1986. — 214 с.
6. Ровдо В.И. Статистические методы исследования нагрузок транспортных и тяговых машин: автореф. дис.... канд. техн. наук. — Минск: БПИ, 1973.
7. Цитович, И.С. Надежность трансмиссий автомобилей и тракторов / И.С. Цитович, Б.Е. Митин, В.А. Дзюнь. — Минск: Наука и техника, 1985. — 143 с.
8. Цитович, И.С. Трансмиссии автомобиля / И.С. Цитович, И.В. Каноник, В.А. Вавуло. — Минск: Наука и техника, 1979. — 256 с.
9. Вавуло, В.А. Расчеты зубчатых колес и подшипников трансмиссии автомобилей: методич. пособие по курсовому и дипломному проектированию. — Минск: БНТУ, 1990. — 65 с.
10. Конструирование и расчет колесных машин высокой проходимости: учеб. для вузов / Н.Ф. Бочаров [и др.]; под общ. ред. Н.Ф. Бочарова, И.С. Цитовича. — М.: Машиностроение, 1983. — 299 с. (и другие издания).
11. Прогнозирование надежности изделий при проектировании. Общие требования: ГОСТ 27.301-83. — Введ. 01.07.84. — М.: Изд-во стандартов, 1983. — 42 с.
12. Методические указания. Расчет показателей надежности. Общие положения: РД 50-639-87. — М.: Изд-во стандартов, 1987.
13. Выбор и расчет подшипников качения автомобиля: РД 37.001.010-83. — М.: Минавтопром, 1984.
14. Цитович, И.С. Анализ и синтез планетарных коробок передач автомобилей и тракторов / И.С. Цитович, В.Б. Альгин, В.В. Грицкевич. — Минск: Наука и техника, 1987. — 224 с.
15. Трансмиссия транспортного средства: а.с. 1657798 СССР, МПК F16H3/44 / В.Б. Альгин, В.В. Грицкевич, И.В. Качуров В.К. Микалуцкий, С.Н. Поддубко, В.И. Рожин, О.П. Царев, М.Е. Чушенков; заявители: Ин-т проблем надежности и долговечности машин АН БССР, Ишимбайский 3-д транспортного машиностроения. — заявл: 01.12.88; опубл. 23.06.91 // Бюл. № 23.
16. Многоступенчатая коробка передач транспортного средства: пат. 2091248 РФ, МПК B60K17/06 / В.Б. Альгин, В.В. Грицкевич, О.Л. Косткин, И.И. Новик, С.Н. Поддубко, С.Г. Стаскевич; патентообладатели: Ин-т надежности машин АН БССР, Минский 3-д колесных тягачей. — заявл: 01.02.96; опубл. 27.09.97 // Бюл. № 27.
17. Многоступенчатая коробка передач транспортного средства: а.с. 948703 СССР, МКИ В 60 К 17/06 / И.С. Цитович, В.Б. Альгин; заявитель Ин-т проблем надежности и долговечности машин АН БССР. — заявл. 02.10.79; опубл. 07.08.82 // Бюл. № 29.
18. Коробка передач: а.с.1204413 СССР, МПК B60K17/08 / В.Б. Альгин, В.В. Грицкевич, С.Н. Поддубко, О.П. Царев, И.С. Цитович, С.А. Альгина, Л.В. Калацкий, В.Е. Шопов; заявитель: Ин-т проблем надежности и долговечности

- машин АН БССР. — заявл. 31.07.84; опубл. 15.01.86 // Бюл. № 2.
19. Альгин, В.Б. Ресурсная механика машин: становление и перспективы // Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления: сб. науч. тр. — Вып. 1: в 3-х т. — Т. 2 / под общей ред. П.А. Витязя. — Минск: Технопринт, 2002. — С. 321–325.
 20. Альгин, В.Б. Расчет мобильной техники: кинематика, динамика, ресурс / В.Б. Альгин. — Минск: Беларус. навука, 2014. — 271 с.
 21. Альгин, В.Б. Развитие основных понятий ресурсной механики, надежности и безопасности мобильных машин в свете проблемы качества / В.Б. Альгин // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.] — Минск, 2014. — Вып. 3. — С. 37–48.
 22. Альгин, В.Б. Динамика и надежность трансмиссий мобильных машин: автореф. дис... канд. техн. наук. — Минск: БПИ, 1979. — 23 с.
 23. Альгин, В.Б. Проблемы оценки надежности механических систем мобильных машин / В.Б. Альгин. — Минск: БПИ, 1980. — 7 с. — Деп. в БелНИНТИ 20.05.80, № 164.
 24. Альгин, В.Б. О расчете надежности механических систем с учетом связей нагрузочных режимов элементов / В.Б. Альгин. — М., 1984. — 15 с. — Деп. в ВИНТИ 05.04.84, № 1951-84 // Вес. АН БССР. Сер. физ.-техн. наук. — 1985. — № 1. — С. 117.
 25. Альгин, В.Б. Методика прогнозирования надежности и функциональных размеров сборочных единиц машин при проектировании. Ч. 1: Общая схема прогноза надежности механических элементов и систем / В.Б. Альгин. — Минск: ИНДМАШ АН БССР, 1988. — 40 с.
 26. Альгин, В.Б. Прогноз надежности сборочных единиц на основе многоуровневой модели рабочего процесса машины / В.Б. Альгин // Надежность и контроль качества. — 1988. — № 10. — С. 13–18.
 27. Альгин, В.Б. Динамика, надежность и ресурсное проектирование трансмиссий мобильных машин / В.Б. Альгин. — Минск: Навука і тэхніка, 1995. — 256 с.
 28. Альгин, В. Необходимый этап перехода. От расчетов деталей — к ресурсной механике машин / В. Альгин // Инженер-механик. — 2000. — № 3. — С. 21–23.
 29. Algin, V. Lifetime-and-Operation Mechanics as a Basis for Design, Prediction and Estimation of Machine Properties / V. Algin // Актуальные проблемы динамики и прочности в теоретической и прикладной механике. — Минск: Технопринт, 2001. — С. 18–22.
 30. Гринберг, А.С. Информационные модели и ресурсы машин / А.С. Гринберг, В.Б. Альгин // Механика машин на пороге III тысячелетия: материалы междунар. науч. конф., Минск, 23–24 нояб. 2000 г. — Минск: Белавтотракторостроение, 2001. — С. 272–281.
 31. Альгин, В.Б. Методология ресурсно-функционального вероятностного расчета, проектирования и оценки мобильной техники // Механика машин на пороге III тысячелетия: материалы междунар. науч. конф., Минск, 23–24 нояб. 2000 г. — Минск: Белавтотракторостроение, 2001. — С. 292–306.
 32. Альгин, В.Б. Проектирование как оптимизация ресурсно-функциональных свойств машин в свете CALS / В.Б. Альгин // Механика машин. Теория и практика: материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 10–11 февр. 2003 г. — Минск: Белавтотракторостроение, 2004. — С. 209–222.
 33. Альгин, В. Проектирование системы машин для заданных объемов и типов работ = Designing machines systems for the given volumes and types of jobs / В. Альгин, Э. Гимади, А. Долгий // Механика машин. Теория и практика: материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 10–11 февр. 2003 г. — Минск: Белавтотракторостроение, 2004. — С. 132–140.
 34. Algin, Vladimir B. Reliability and Lifetime of Mechanical Units in Operation and Test / Vladimir B. Algin, Hyoung-Eui Kim // Key Engineering Materials, 2006. — Vol. 326–328. — Pp. 549–552.
 35. Альгин, В.Б. Расчет реальной надежности машин. Подходы ресурсной механики / В.Б. Альгин // Механика машин, механизмов и материалов. — 2011. — № 1(14). — С. 10–20.
 36. Algin, V. Approaches and Techniques for Calculating Real Reliability of Machine as a System of Different Dependent Components and Complicated Logic of Limiting States / V. Algin // Proc. of 13th World Congress in Mechanism and Machine Science, Guanajuato, Mexico, 19–25 June, 2011. — 6 p.
 37. Альгин, В.Б. Схематизация и расчет мобильной машины как многомассовой системы. Регулярные механические системы / В.Б. Альгин // Механика машин, механизмов и материалов. — 2012. — № 1(18). — С. 6–16.
 38. Альгин, В.Б. Схематизация и расчет мобильной машины как многомассовой системы. Динамика машинного агрегата / В.Б. Альгин // Механика машин, механизмов и материалов, 2013. — № 2(23). — С. 5–18.
 39. Альгин, В.Б. Динамика многомассовых систем машин при изменении состояний фрикционных компонентов и направлений силовых потоков / В.Б. Альгин // Механика машин, механизмов и материалов. — 2014. — № 4(29). — С. 21–32.
 40. Algin, V. From Newton's Mechanics to Dynamics of Regular Mechanical Systems with Variable States and Power Flows / Proc. of The 14th IFToMM World Congress, Taipei, Taiwan, October 25–30, 2015. DOI Number:10.6567/IFToMM.14TH.WC.OS12.005. — Mode of access: <http://elite.newhopetek.com.tw/IFToMM2015CD/PDF/OS12-005.pdf>. — Date of access: 22.10.2015.
 41. Гуров, С.В. Надежность систем при неполной информации / С.В. Гуров, Л.В. Уткин. — СПб: Любавич, 1999. — 160 с.
 42. Бодрийяр, Ж. Система вещей / Ж. Бодрийяр. — М.: Рудомино, 2001. — 224 с.
 43. Лефевр, В.А. Конфликтующие структуры / В.А. Лефевр. — М.: Советское радио, 1973. — 158 с.
 44. Альгин, В.Б. Основные направления в развитии мультидисциплинарной теории мобильной машины 2011 / В.Б. Альгин, В.Г. Иванов, Б.Н. Широков // Механика-2011: сб. науч. тр. V Белорус. конгресса по теоретич. и прикладной механике, Минск, 26–28 окт. 2011 г.: в 2 т. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. — Минск, 2011. — Т. 1. — С. 80–98.
 45. Альгин, В.Б. Высокомощные гидромеханические передачи: патентно-информационное и расчетное исследование. Ч. 1: Методика / В.Б. Альгин, Е.Н. Боковец, Е.В. Кузнецов // Механика машин, механизмов и материалов. — 2015. — № 2(31). — С. 5–15.
 46. Альгин, В.Б. Высокомощные гидромеханические передачи: патентно-информационное и расчетное исследование. Ч. 2: Коробки передач с тремя степенями свободы / В.Б. Альгин, Е.Н. Боковец, Е.В. Кузнецов // Механика машин, механизмов и материалов. — 2015. — № 3(32). — С. 22–35.
 47. Альгин, В.Б. Высокомощные гидромеханические передачи: патентно-информационное и расчетное исследование. Ч. 3: Коробки передач с четырьмя степенями свободы и общий анализ / В.Б. Альгин, Е.Н. Боковец, Е.В. Кузнецов // Механика машин, механизмов и материалов. — 2015. — № 4(33). — С. 20–35.
 48. Способ экстренного торможения транспортного средства: Евразийский пат. на изобретение 022858, МПК В60Т 8/17; В60Т 8/34 В60W 10/02; В60Т 1/06; В60W 30/02; В60W 10/184 / В.Б. Альгин, В.М. Сорочан, Д.В. Третьяк, Б.Н. Широков; патентовладелец Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; заявл. 26.12.2011; опубл. 31.03.2016.

ALGIN Vladimir B., D. Sc. in Eng., Prof.

Deputy General Director in Science

E-mail: vladimir.algin@gmail.com

Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences, Minsk, Republic of Belarus

Received 14 June 2016.

TECHNICALLY COMPLICATED ITEMS: RESEARCH, DEVELOPMENT, STANDARDIZATION, PROTECTION OF RIGHTS. PART 3. SCIENTIFIC AND ORGANIZATIONAL SUPPORT OF INNOVATION

Scientific background and sources of Lifetime mechanics of machines (LMM) are presented. Stages of development, approaches and methods of LMM are described with the focus on resource issues. A number of promising innovations are considered. The reasons for the decline of competitiveness of domestic technically complicated items (TCI) are summarized, the necessary conditions for effective scientific and organizational support for the creation of innovative TCI are formulated.

Keywords: technically complicated items, research, lifetime mechanics of machines, reliability, innovations

References

- Algin V.B. Tehnicheski slozhnye izdelija: issledovanija, razrabotka, standartizacija, ohrana prav. Chast' 1: Analiz problemy [Technically complicated items: research, development, standardization, protection of rights. Part 1: Analysis of problems]. *Mehanika mashin, mehanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials], 2016, no. 1(34), pp. 5–13.
- Algin V.B. Tehnicheski slozhnye izdelija: issledovanija, razrabotka, standartizacija, ohrana prav. Chast' 2: Ispol'zovanie sovremennyh nauchnyh znaniy [Technically complicated items: research, development, standardization, protection of rights. Part 2: The use of modern scientific knowledge]. *Mehanika mashin, mehanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials], 2016, no. 2(35), pp. 5–14.
- Algin V. History and State of Art of Belarussian Scientific School in the Field of Computation and Designing Mobile Machine Transmission. *Proc. of a workshop HMMS-2015 "14th Working Meeting IFToMM Permanent Commission for the History of Mechanism and Machine Science"*. St. Petersburg, 2015, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 10 p. Available at: <http://hmms2015.ru/files/Contributions/History%20and%20State%20of%20Art%20of%20Belarussian%20Scientific%20School%20in%20the%20Field%20of%20Computation%20and%20Designing%20Mobile%20Machine%20Transmission.pdf/> (accessed 01 June 2015).
- Tsitovich I.S., Algin V.B. *Dinamika avtomobilja* [Vehicle Dynamics]. Minsk, Nauka i tehnika, 1981. 191 p.
- Algin V.B., Pavlovskiy V.Ya., Poddubko S.N. *Dinamika transmissii avtomobilja i traktora* [Dynamics of automobile and tractor transmission]. Minsk, Nauka i tehnika, 1986. 214 p.
- Rovdo V.I. *Statisticheskie metody issledovanija nagruzok transportnyh i tjavovyh mashin*. Avtoref. diss. kand. tehn. nauk [Statistical methods for investigating loads of transport and traction machines. Extended Abstract of Ph. D. Thesis]. Minsk, Belarussian Polytechnical Institute, 1973.
- Tsitovich I.S., Mitin B.E., Dzyun V.A. Nadezhnost' transmissij avtomobilej i traktorov [Reliability of transmissions of automobiles and tractors]. Minsk, Nauka i tehnika, 1985. 143 p.
- Tsitovich I.S., Kanonik I.V., Vavulo V.A. *Transmissii avtomobilja* [Automobile transmissions]. Minsk, Nauka i tehnika, 1979. 256 p.
- Vavulo V.A. *Raschety zubchatykh koles i podshipnikov transmissii avtomobilej: metodich. posobie po kursovomu i diplomnomu proektirovaniju* [Calculations of gears and bearings of automobile transmission: Methodical manual on course and degree designing]. Minsk, Belarussian National Technical University, 1990. 65 p.
- Bocharov N.F., Tsitovich I.S. [et al.] *Konstruirovanie i raschet kolesnykh mashin vysokoj prohodimosti: ucheb. dlja vtzov* [Design and calculation of wheel off-the-road vehicles: Textbook for technical colleges]. Moscow, Mashinostroenie, 1983. 299 p.
- GOST 27.301-83. *Prognozirovanie nadezhnosti izdelij pri proektirovanii. Obshhie trebovanija* [State Standart 27.301-83. Reliability in technique. Prognosis of product reliability during designing. General requirements]. Moscow, Izd-vo standartov, 1983. 42 p.
- RD 50-639-87. *Metodicheskie ukazaniya. Raschet pokazatelej nadezhnosti. Obshhie polozenija* [Ruling Document 50-639-87. Guidelines. Calculation of reliability. General provisions]. Moscow, Izd-vo standartov, 1987.
- RD 37.001.010-83. *Vybor i raschet podshipnikov kachenija avtomobilja* [Ruling Document 37.001.010-83. Selection and calculation of vehicle rolling bearings]. Moscow, Minavtoprom, 1984.
- Tsitovich I.S., Algin V.B., Gritskovich V.V. *Analiz i sintez planetarnykh korobok peredach avtomobilej i traktorov* [Analysis and synthesis of planetary gearboxes of automobiles and tractors]. Minsk, Nauka i tehnika, 1987. 224 p.
- Algin V.B., Gritskovich V.V., Kachurov I.V., Mikalutskiy V.K., Poddubko S.N., Rozhin V.I., Tsarev O.P., Chushenkov M.E. *Transmissija transportnogo sredstva* [Vehicle's transmission]. Patent USSR, no. 1657798, 1988.
- Algin V.B., Gritskovich V.V., Kostkin O.L., Novik I.I., Poddubko S.N., Staskevich S.G. *Mnogostupenchataja korobka peredach transportnogo sredstva* [Multiple-speed gearbox of a vehicle]. Patent RF, no. 2091248, 1997.
- Tsitovich I.S., Algin V.B. *Mnogostupenchataja korobka peredach transportnogo sredstva* [Multiple-speed gearbox of a vehicle]. Patent USSR, no. 948703, 1982.
- Algin V.B., Gritskovich V.V., Poddubko S.N., Tsarev O.P., Tsitovich I.S., Algina S.A., Kalatskiy L.V., Shopov V.E. *Korobka peredach* [Gearbox]. Patent USSR, no. 1204413, 1986.
- Algin V.B. *Resursnaja mehanika mashin: stanovlenie i perspektivy* [Resource machinery mechanics: formation and prospects]. *Trudy «Sovremennye metody proektirovanija mashin. Raschet, konstruirovanie i tehnologija izgotovlenija»* [Proc. "Modern Methods of Machine Design. Calculation, design and manufacture of technology"], Minsk, Tehnoprint, 2002, vol. 2, pp. 321–325.
- Algin V.B. *Raschet mobil'noj tehniki: kinematika, dinamika, resurs* [Computation of mobile technics: kinematics, dynamics, life]. Minsk, Belarus. navuka, 2014. 271 p.
- Algin V.B. *Razvitie osnovnykh ponjatij resursnoj mehaniki, nadezhnosti i bezopasnosti mobil'nykh mashin v svete problemy kachestva* [Development of the basic concepts of resource mechanics, reliability and safety of mobile machines in the light of the quality problem]. *Aktual'nye voprosy mashinovedenija [Topical Issues of Mechanical Engineering]*, Minsk, 2014, vol. 3, pp. 37–48.
- Algin V.B. *Dinamika i nadezhnost' transmissij mobil'nykh mashin*. Avtoref. dis. kand. tehn. nauk [Dynamics and reliability of transmissions of mobile machines. Extended Abstract of Ph. D. Thesis]. Minsk, Belarussian Polytechnical Institute, 1979. 23 p.

23. Algin V.B. *Problemy ocenki nadezhnosti mehanicheskikh sistem mobil'nykh mashin* [Problems of reliability assessment of mechanical systems of mobile machines]. Minsk, Belarusian Polytechnical Institute, 1980. 7 p. The deposited manuscript, no. 164.
24. Algin V.B. O raschete nadezhnosti mehanicheskikh sistem s uchedom svyazey nagruzochnykh rezhimov jelementov [On calculation of the reliability of mechanical systems taking into account relations of load modes of elements]. *Vesci AN BSSR. Ser. fiz.-tjehn. navuk* [News of the Academy of Sciences of BSSR. Department of physics and engineering], 1985, no. 1. 117 p. The deposited manuscript, no. 1951-84.
25. Algin V.B. *Metodika prognozirovanija nadezhnosti i funkcional'nykh razmerov sborochnykh edinic mashin pri proektirovanii. Ch. 1: Obshhaja shema prognoza nadezhnosti mehanicheskikh jelementov i sistem* [Methods of reliability prediction and functional calculations of machine units in design. Part 1: General scheme of reliability forecast of mechanical components and systems]. Minsk, 1988. 40 p.
26. Algin V.B. *Prognoz nadezhnosti sborochnykh edinic na osnove mnogourovnevnoj modeli rabocheho processa mashiny* [Forecast of reliability of unites based on a multi-level model of the working process of a machine]. *Nadezhnost' i kontrol' kachestva* [Reliability and quality control], 1988, no. 10, pp. 13–18.
27. Algin V.B. *Dinamika, nadezhnost' i resursnoe proektirovanie transmisiy mobil'nykh mashin* [Dynamics, reliability and lifetime designing for transmissions of mobile machines]. Minsk, Navuka i tehnika, 1995. 256 p.
28. Algin V. Neobhodimyj jetap perehoda. Ot raschetov detalej — k resursnoj mehanike mashin [A necessary stage of transition. From the calculations of parts to the lifetime mechanics of machines]. *Inzhener-mehaniik* [Mechanical engineer], 2000, no. 3, pp. 21–23.
29. Algin, V. Lifetime-and-Operation Mechanics as a Basis for Design, Prediction and Estimation of Machine Properties. *Aktual'nye problemy dinamiki i prochnosti v teoreticheskoy i prikladnoj mehanike* [Actual problems of dynamics and strength in theoretical and applied mechanics], Minsk, Tehnoprnt, 2001, pp. 18–22.
30. Grinberg A.S., Algin V.B. Informacionnye modeli i resursy mashin [Information models and resources of machines]. *Trudy mezhdunar. nauch. konf. "Mehaniika mashin na poroge III tysjacheletija: materialy"* [Proc. International. Scientific. Conf. "Mechanics of Machines on the threshold of the III millennium"]. Minsk, Belavtotraktorostroenie, 2001, pp. 272–281.
31. Algin V.B. Metodologija resursno-funktional'nogo verojatnostnogo rascheta, proektirovanija i ocenki mobil'noj tehniki [Methodology of lifetime-and-functional probabilistic calculation, design and evaluation of mobile machinery]. *Trudy mezhdunar. nauch. konf. "Mehaniika mashin na poroge III tysjacheletija: materialy"* [Proc. International. Scientific. Conf. "Mechanics of Machines on the threshold of the III millennium"]. Minsk, Belavtotraktorostroenie, 2001, pp. 292–306.
32. Algin V.B. Proektirovanie kak optimizacija resursno-funktional'nykh svoystv mashin v svete CALS [Design as optimization of lifetime and functional properties of machines in the light of CALS]. *Trudy mezhdunar. nauch. konf. "Mehaniika mashin. Teorija i praktika"* [Proc. International. Scientific. Conf. "Mechanics of Machines. Theory and Practice"]. Minsk, Belavtotraktorostroenie, 2004, pp. 209–222.
33. Algin V., Gimadi E., Dolgiy A. Proektirovanie sistemy mashin dlja zadannykh obemov i tipov rabot [Designing machines systems for the given volumes and types of jobs]. *Trudy mezhdunar. nauch. konf. "Mehaniika mashin. Teorija i praktika"* [Proc. international. scientific. conf. "Mechanics of machines. Theory and Practice"]. Minsk, Belavtotraktorostroenie, 2004, pp. 132–140.
34. Algin Vladimir B., Kim Hyoung-Eui *Reliability and Lifetime of Mechanical Units in Operation and Test*. Key Engineering Materials, 2006, vol. 326–328, pp. 549–552.
35. Algin V.B. Raschet real'noj nadezhnosti mashin. Podhody resursnoj mehaniki [The calculation of real reliability of machines. Approaches of resource mechanics]. *Mehaniika mashin, mehanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials], 2011, no. 1(14), pp. 10–20.
36. Algin V. Approaches and Techniques for Calculating Real Reliability of Machine as a System of Different Dependent Components and Complicated Logic of Limiting States. *Proc. of 13th World Congress in Mechanism and Machine Science*. Guanajuato, Mexico, 2011. 6 p.
37. Algin V.B. Shematizacija i raschet mobil'noj mashiny kak mnogomassovoj sistemy. Reguljarnye mehanicheskie sistemy [Schematization and calculations of mobile machines as multi-body system. Regular mechanical systems]. *Mehaniika mashin, mehanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials], 2012, no. 1(18), pp. 6–16.
38. Algin V.B. Shematizacija i raschet mobil'noj mashiny kak mnogomassovoj sistemy. Dinamika mashinnogo agregata [Schematization and calculations of mobile machines as multibody system. The dynamics of machine unit]. *Mehaniika mashin, mehanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials], 2013, no. 2(23), pp. 5–18.
39. Algin V.B. Dinamika mnogomassovykh sistem mashin pri izmenenii sostojanij frikcionnykh komponentov i napravlenij silovykh potokov [Dynamics of multibody systems of machines under changing states of friction components and directions of power flows]. *Mehaniika mashin, mehanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials], 2014, no. 4(29), pp. 21–32.
40. Algin V. From Newton's Mechanics to Dynamics of Regular Mechanical Systems with Variable States and Power Flows. *Proc. of The 14th IFToMM World Congress*. Taipei, Taiwan, 2015. Available at: <http://elite.newhopetek.com.tw/IFToMM2015CD/PDF/OS12-005.pdf/> (accessed 22 October 2015).
41. Gurov S.V., Utkin L.V. *Nadezhnost' sistem pri nepolnoj informacii* [Reliability of systems under incomplete information]. St. Petersburg, Lubavitch, 1999. 160 p.
42. Baudrillard J. *Sistema veshhej* [The System of Objects]. Moscow, Rudomino, 2001. 224 p.
43. Lefebvre V.A. *Konfliktujushhie struktury* [Conflicting Structures]. Moscow, Sovetskoe radio, 1973. 158 p.
44. Algin V.B., Ivanov V.G., Shirokov B.N. Osnovnye napravlenija v razvitii mul'tidisciplinarnoj teorii mobil'noj mashiny 2011 [The main directions in the development of multidisciplinary mobile machine 2011]. *Trudy V Belarus. kongressa po teoretich. i prikladnoj mehanike* [Proc. V Belarusian. Congress on Theoretical and Applied Mechanics]. Minsk, 2011, vol. 1, pp. 80–98.
45. Algin, V.B., Bokovets E.N., Kuznetsov E.V. Vysokomoshhnye gidromechanicheskie peredachi: patentno-informacionnoe i raschetnoe issledovanie. Ch. 1: Metodika [High-power hydromechanical transmission: patent-informational and computational investigation. Part 1: Methodology]. *Mehaniika mashin, mehanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials], 2015, no. 2(31), pp. 5–15.
46. Algin, V.B., Bokovets E.N., Kuznetsov E.V. Vysokomoshhnye gidromechanicheskie peredachi: patentno-informacionnoe i raschetnoe issledovanie. Ch. 2: Korobki peredach s trejma stepenjami svobody [High-power hydromechanical transmission: patent-informational and computational investigation. Part 2: Gearboxes with three degrees of freedom]. *Mehaniika mashin, mehanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials], 2015, no. 3(32), pp. 22–35.
47. Algin, V.B., Bokovets E.N., Kuznetsov E.V. Vysokomoshhnye gidromechanicheskie peredachi: patentno-informacionnoe i raschetnoe issledovanie. Ch. 3: Korobki peredach s chetyr'mja stepenjami svobody i obshhij analiz [High-power hydromechanical transmission: patent-informational and computational investigation. Part 3: Gearboxes with four degrees of freedom and general analysis]. *Mehaniika mashin, mehanizmov i materialov* [Mechanics of machines, mechanisms and materials], 2015, no. 4(33), pp. 20–35.
48. Algin V.B., Sorochan V.M., Tretyak D.V., Shirokov B.N. *Sposob jekstremnogo tormozhenija transportnogo sredstva* [The method of emergency braking of the vehicle]. Patent EA, no. 022858, 2016.