

**НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «ЗНАНИЕ»
СБОРНИК СТАТЕЙ**

**ХІІ МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАОЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«РАЗВИТИЕ НАУКИ В ХХІ ВЕКЕ»
(16.04.2016г.)**

2 часть

г. Харьков 2016
© Научно-информационный центр «Знание»

УДК 082
ББК 94.3
ISSN: 6827-0151

Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам XII международной заочной научно-практической конференции: «Развитие науки в XXI веке» 2 часть, г. Харьков: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – Д. : научно-информационный центр «Знание», 2016. –140с.

ISSN: 6827-0151

Тираж – 100 шт.

УДК 082
ББК 94.3
ISSN: 6827-0151

Издательство не несет ответственности за высказанные мнения авторов, которые являются их личными убеждениями и воззрениями.

Контактная информация Организационного комитета конференции:

Научно-информационный центр «Знание»

Электронная почта: events@nic-znanie.org.ua

Официальный сайт: nic-znanie.org.ua

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аверина Г.Ф., Черных Т.Н., Крамар Л.Я. РАЗРАБОТКА ЗАКЛАДОЧНОЙ СМЕСИ ПОВЫШЕННОЙ ВОДОСТОЙКОСТИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ДОЛОМИТОВ	5
Шаган Д.В., Безносик Ю.О., Бугаева Л.М. КОМПЬЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕТВОРЕННЯ НІТРОБЕНЗОЛУ ДО АНІЛІНУ	10
Ілляшенко К.А., Безносик Ю.О., Бугаева Л.М. КОМПЬЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМИ ОТРИМАННЯ ПОЛІЕТИЛЕНУ ВИСОКОГО ТИСКУ БЕЗПЕРЕРВНИМ МЕТОДОМ	16
Иванов В.И., Белов П.А., Насибуллин Т.С. ДЕФЕКТЫ В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ КАК ИСТОЧНИКИ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ	23
Боднар Л.А., Лепетан І.В. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ	30
Стадник І.Я., Деркач А.В., Василів В.П. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ВАЛКОВОЇ ТІСТОРІЗКАТОЧНОЇ МАШИНИ	36
Ворожищев А.Н., Казакова Т.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ВАЛКА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОСТУПАЮЩЕГО НА НЕГО ОХЛАДИТЕЛЯ.	42
Гасанли Р.К., Абдулазимова Е.А. ВЛИЯНИЕ ЭКОНОМНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРНО-КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ.....	47
Зубцов С.А., Симонов Б.М. КОНСТРУКТОРСКОЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВКИ ПЛАЗМЕННОГО ТРАВЛЕНИЯ «МВУ ТМ ПЛАЗМА 05»	50
Аббасбейли Г.А., Магеррамов М.А., Казымова И.Г., Магеррамова С.И. БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПЛОДООВОЩНЫХ СОКОВ И ИХ РОЛЬ В ОБОГАЩЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА	54
Кожанова Л.К., Иванов В.Э. АНАЛИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ВОЛОКОННОЙ ОПТИКИ	60
Колесниченко С.Л., Тележенко Л.Н. ВИТАМИН F В СОСТАВЕ ЭМУЛЬСИОННЫХ СОУСОВ	65
Крючкова Е.Ю. КИНЕТИКА ВСПУЧИВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА ПРИ КОНВЕКТИВНОМ И МИКРОВОЛНОВОМ НАГРЕВЕ	68
Поветкин В.В., Алтынов Ж.Л., Нурымов Е.К., Букаева А.З., Исаева И.Н. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С ПОЗИЦИЙ НАДЕЖНОСТИ.....	74
Рыбина Г.В., Рыбин В.М. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ В ДИНАМИЧЕСКИХ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ И ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ АРХИТЕКТУР ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	81

Савченко С.В., Тимчик Г.С. ПРИМЕНЕНИЕ КРЕМНИЕВОГО РЕЗОНАНСНОГО ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА В ДАТЧИКАХ ДАВЛЕНИЯ	87
Сачанюк-Кавецька Н.В. МАТЕМАТИЧНЕ ВИДІЛЕННЯ КОНТУРІВ ЗОБРАЖЕННЯ В ЛОГІКО-ЧАСОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	91
Соколов С.Е., Попечителей Е.П. БИОФИЗИКА В СТРУКТУРАХ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	97
Власюк А.Г., Савченко Ю.Г., Спивак В.М. БАЗОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РЕАЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ.....	102
Судырь О.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ОДНОРОДНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ОТ ВОДОЦЕМЕНТНОГО ОТНОШЕНИЯ ПРИ АКТИВАЦИИ ВОДЫ ЗАТВЕРЖДЕНИЯ ...	104
Хашимов А.А., Джумаев Ш.М., Цыпкина В.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОЙ ПОТЕРИ МОЩНОСТИ ПЕРЕДАВАЕМОЙ В СЕТЬ АСИНХРОННО-ВЕНТИЛЬНОГО КАСКАДА.....	108
Хашимов А.А., Расулов Р.Ф., Цыпкина В.П. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	112
Юдічева О.П. ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ЗАЛІЗА В БІОФОРТИФІКОВАНИХ ГАРБУЗОВИХ ОВОЧАХ	116
Юнес Жад Ахмад РАЗВИТИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ САУДОВСКОЙ АРАВИИ	119

ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ

Сагандыкова А. ВЛИЯНИЕ ЭТНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА МИФОЛОГИЮ ДРЕВНИХ ТЮРКОВ: ИСТОРИОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЗОР	123
---	-----

ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

Kremena Tzankova Markova DYNAMIC INCREASING METHODS OF BASIC GEOMETRIC SHAPES IN VISUAL AND DESIGNER COMPOSITIONS IN TWO-DIMENSIONAL ENVIRONMENT	130
Мазина Ю.И., Камзина Н.Е. МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ГУМАНИТАРНЫХ ЗНАНИЙ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ ДИЗАЙНЕРОВ	134

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С ПОЗИЦИЙ НАДЕЖНОСТИ

Поветкин В.В.

*Доктор технических наук, профессор
Казахский национальный исследовательский технический
университет им. К.И.Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан*

Алтынов Ж.Л.

*Доктор технических наук
Казахский национальный исследовательский технический
университет им. К.И.Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан*

Нурымов Е.К.

*Докторант
Казахский национальный исследовательский технический
университет им. К.И.Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан*

Букаева А.З.

*Докторант
Казахский национальный исследовательский технический
университет им. К.И.Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан*

Исаева И.Н.

*Докторант
Казахский национальный исследовательский технический
университет им. К.И.Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан*

ASSESSMENT METHODOLOGY OF COMPLEX SYSTEMS FROM THE STANDPOINT OF RELIABILITY

Povetkin V.

*Doctor of Technical Sciences, Professor
Kazakh national research technical University n. a. K. I. Satpayev,
Almaty, Republic of Kazakhstan*

Altynov Z.

*Doctor of Technical Sciences
Kazakh national research technical University n. a. K. I. Satpayev,
Almaty, Republic of Kazakhstan*

Nurymov E.

*Doctoral student
Kazakh national research technical University n. a. K. I. Satpayev,
Almaty, Republic of Kazakhstan*

Bukaeva A.

*Doctoral student
Kazakh national research technical University n. a. K. I. Satpayev,
Almaty, Republic of Kazakhstan*

Isayeva I.

*Doctoral student
Kazakh national research technical University n. a. K. I. Satpayev,
Almaty, Republic of Kazakhstan*

Аннотация

Современные машины состоят из десятков и сотен тысяч отдельных деталей, и все это должно надежно функционировать в течение заданного периода времени. Большой сложностью обладают автоматизированные системы. Оценка их надежности представляет серьезную проблему, поскольку сложная система обладает специфическими свойствами, особенно если ее структура, назначение и система управления приближаются к биологическим системам (кибернетические системы).

Abstract

Modern machines consist of tens or hundreds of thousands of individual parts, and it all has to function reliably over a given period of time. Greater complexity have automated systems. Assessing their reliability is a serious problem, because a complex system has specific properties, especially if its structure, appointment and management system approach to biological systems (cybernetic systems).

Ключевые слова: сложная система, оценка надежности, методы оценки, безотказная работа.

Keywords: complex system, reliability evaluation, evaluation methods, trouble-free operation.

С позиций надежности сложная система обладает как отрицательными, так и положительными свойствами [1]. Факторы, отрицательно влияющие на надежность сложных систем, следующие:

- большое число узлов, агрегатов, элементов, отказ каждого из которых может привести к отказу всей системы;
- сложные системы часто являются уникальными или имеются в нескольких экземплярах, и статистические данные не могут быть использованы для оценки их работоспособности;
- даже у систем и машин одинакового конструктивного оформления каждый экземпляр имеет индивидуальные черты. Это положение весьма важно для разработки методов оценки и испытания сложных систем;

Вместе с тем сложные системы обладают и такими свойствами, которые положительно влияют на их надежность:

- сложным системам свойственна в той или иной мере самоорганизация, саморегулирование или самоприспособление, когда система способна найти наиболее устойчивое для своего функционирования состояние;
- для сложной системы, как правило, возможно восстановление работоспособности по частям, без прекращения ее функционирования;
- не все элементы одинаково влияют на надежность сложной системы, и можно выделить ограниченное число тех элементов, которые в основном определяют ее работоспособность;

При рассмотрении сложных систем их разбивают на элементы (звенья) с тем, чтобы вначале определить параметры и характеристики элементов, а затем оценить работоспособность всей системы.

Для машиностроения более характерны системы, у которых выходные параметры отдельных элементов участвуют в формировании выходных параметров всего изделия. Например, надежность работы механической системы, предназначенной для точного перемещения ведомого звена, зависит от износостойкости всех звеньев, передающих движение. Износ каждого звена (зубчатых передач, кулачков, ходовых винтов, шарниров и

т.п.) не может быть лимитирован независимо от износа других звеньев, так как больший износ одного из них может компенсироваться высокой износостойкостью другого.

При возможности расчленения сложной системы на отдельные независимые элементы для расчета надежности широко используют структурные схемы. В этих схемах каждый i -й элемент характеризуется вероятностью его безотказной работы P_i в течение заданного периода времени и по этим значениям определяют вероятность безотказной работы $P(t)$ всей системы. Наиболее характерен случай, когда отказ одного элемента выводит из строя всю систему, как это имеет место, например, при последовательном соединении элементов (рисунок 1, а).

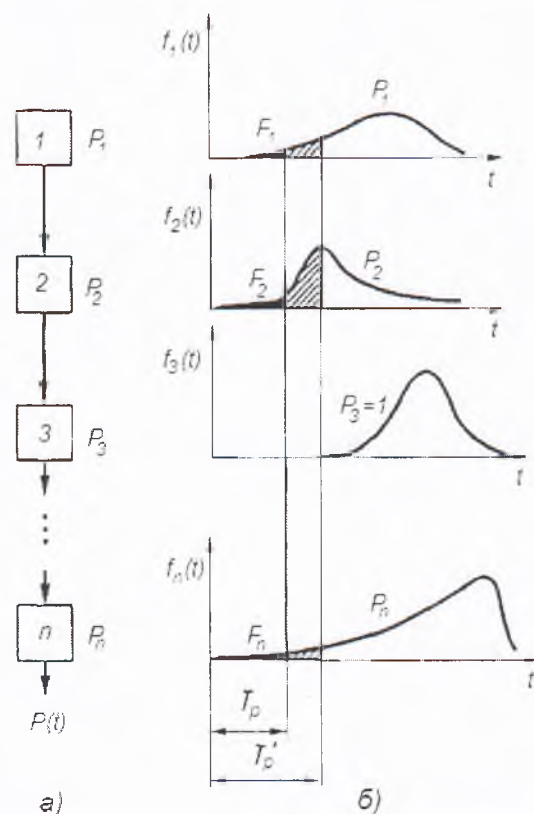


Рисунок 1 – Схема последовательного соединения элементов сложной системы

Так, если в приводе машины откажет любой из его элементов – электродвигатель, редуктор, муфты, механизмы управления, насос смазки, то весь привод перестанет функционировать. При этом отдельные элементы не обязательно должны быть соединены последовательно. Вероятность безотказной работы такой системы равна произведению вероятностей безотказной работы элементов (по теореме умножения вероятностей независимых событий) [2]:

$$P(t) = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n = \prod_{i=1}^n p_i. \quad (1)$$

При одинаковой надежности элементов формула (1) примет вид

$$P(t) = P_i^n. \quad (2)$$

Для расчета надежности системы должен быть известен закон распределения сроков службы (наработки) для каждого элемента. Например, при внезапных отказах часто применяют экспоненциальный закон, в котором параметром является интенсивность отказов $\lambda = \text{const}$, и вероятность безотказной работы элементов определяется как

$$P_1 = e^{-\lambda_1 t}; P_2 = e^{-\lambda_2 t} \dots$$

Сделав подстановку в формулу (1), получим

$$P(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t} = e^{-\lambda_0 t} \quad (3)$$

Таким образом, вероятность безотказной работы сложной системы в этом случае также подчиняется экспоненциальному закону с параметром

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (4)$$

Простота подсчета надежности сложных систем при экспоненциальном законе приводит часто к тому, что этим правилом пользуются и в тех случаях, когда причина выхода из строя – постепенный отказ с другим законом распределения.

При расчете надежности системы необходимо учитывать, что зависимость вероятности безотказной работы от времени $P_i(t)$ для каждого элемента, т.е. область состояния, формируется под влиянием процессов старения или внешних воздействий. Схема формирования значения вероятности безотказной работы для системы с последовательно соединенными элементами показана на рисунке 1, б.

Для каждого элемента характерна своя область состояний $f_i(t)$, которая может быть получена на основании расчета или с использованием статистических данных.

При изменении периода $t = T_p$ (ресурса), в течение которого рассматривается работа системы, изменяется и значение P_i для каждого элемента. Так, для изображенного на рисунке 1, б случая при увеличении ресурса от T_{p1} до T_{p2} вероятность отказа первого элемента возрастет в 2,5 раза, второй элемент станет практически неработоспособным ($P_2=0,5$), а третий элемент по-прежнему не будет лимитировать значение $P(t)$ для всей системы. Для систем, в которых имеют место более сложные функциональные связи, чем последовательное или параллельное соединения элементов, можно использовать формулу полной вероятности (формула Байеса) для оценки безотказности их работы [3].

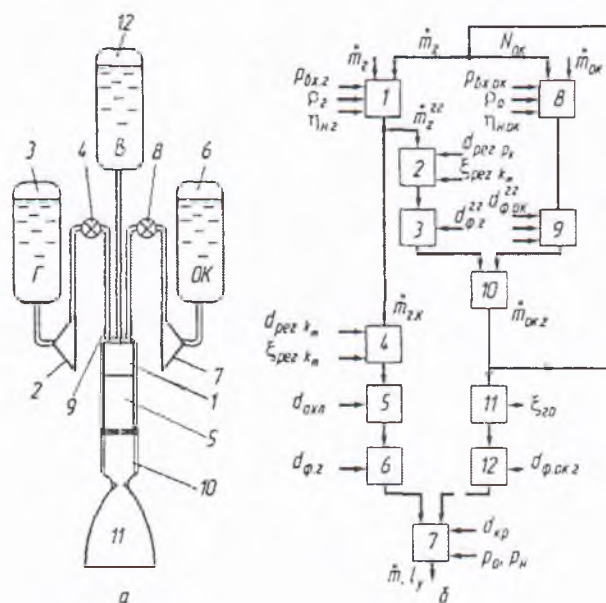
Здесь широкое применение находят методы механики и динамики машин, и раскрытие сложных взаимосвязей является предметом инженерного анализа. Во многих случаях для упрощения зависимостей, описывающих указанные связи, следует учитывать следующие обстоятельства:

- выбираются лишь те взаимосвязи, которые играют основную роль в формировании показателей надежности;
- выходные параметры являются часто независимыми;
- не все процессы, изменяющие работоспособность изделия, проявляются в рассматриваемый промежуток времени;
- последствия различных параметрических отказов изделия не равноценны и часто можно ограничиться рассмотрением лишь некоторых «ведущих» отказов.

В качестве примера на рисунке 2 изображены принципиальная и структурная схемы керосино-кислородной горелки для обработки и резки горных пород на подоби

с ракетным жидкостным реактивным двигателем с турбонасосным агрегатом и дожиганием газа [4-6]. Выходными параметрами горелки являются величина и направление вектора тяги, значение удельного импульса тяги, КПД, характеристики циклограммы запуска и выключения горелки. С этими, параметрами связаны, в первую очередь, давление в камере сгорания P_k и соотношение расходов компонентов k_m , а также другие характеристики системы.

Кроме того, учитываются показатели, которые определяют надежность функционирования горелки и неразрушение ее агрегатов в течение заданного периода использования. Для оценки на стадии проектирования параметрической надежности керосино-кислородной горелки используют функциональные зависимости в соответствии с его структурной схемой, на которой прямоугольники изображают ее агрегаты и узлы – элементы системы, причем взаимное расположение элементов определено последовательностью их воздействия на потоки массы горючего и окислителя.



а) 1 – дроссель регулятора соотношения компонентов в камере сгорания; 2 – насос горючего; 3 – бак с горючим; 4 – дроссель регулятора горючего; 5 – распределительная головка; 6 – бак с окислителем; 7 – рампа; 9 – газовод; 10 – камера сгорания; 11 – насадка; 12 – бак с водой;

б) 1 – насос горючего; 2 – дроссель регулятора горючего; 3 – форсунки горючего в распределительной головке; 4 – дроссель регулятора соотношения компонентов; 5 – рубашка охлаждения камеры сгорания; 6 – форсунки горючего в камере сгорания; 7 – камера сгорания; 8 – насос окислителя; 9 – форсунки окислителя в распределительной головке; 10 – распределительная головка; 11 – газовод; 12 – форсунки окислительного газа в камере сгорания

Рисунок 2 – Принципиальная (а) и структурная (б) схемы керосино-кислородной горелки

Направления потоков массы и энергии на схеме указаны стрелками. Каждый элемент, участвуя в рабочем процессе системы, испытывает воздействие со стороны соседних элементов. Степень этого воздействия математически выражается в виде функцио-

нальных зависимостей для выходных параметров элементов. При построении модели использованы следующие обозначения: $\dot{m}$ – суммарный расход окислителя и горючего; $\dot{m}_n$ – расход горючего через насос; $\dot{m}_{гк}$ – расход горючего через камеру; $\dot{m}_{ок,г}$ – расход окислительного газа; η – коэффициенты полезного действия; d – диаметры гидравлических магистралей и газовых трактов; ξ – коэффициенты гидравлических потерь; $P_{вх.ок}$, $P_{вх.г}$ – давления на входе в насосы окислителя и горючего; P_o – давление на срезе сопла; P_n – давление окружающей среды.

Если рассматриваемую схему питания горелки видоизменить это вызовет соответствующее изменение модели. Помимо воздействий со стороны соседних элементов некоторые элементы горелки подвергаются воздействию внешних факторов и управляющих команд. Влияние внешних воздействий обычно проявляется в разбросах в колебаниях давления окружающей среды и т.д., а также дисперсий геометрических размеров конструкций и гидравлических характеристик дросселей, магистралей и газовых трактов.

Внешние воздействия учитывают условия эксплуатации горелки, а предельные отклонения геометрических размеров проектируемых элементов устанавливаются конструктором, исходя из технических возможностей производства.

На структурной схеме (рисунок 2, б) внешние воздействия обозначены поперечными стрелками с наименованием возмущающего параметра. Внутри интервала, ограниченного предельными значениями, возмущающий параметр принимает случайные значения.

Математические модели, описывающие процесс формирования выходных параметров многих машин, могут быть представлены в векторной форме, особенно если технические характеристики определяют точность положения и движения основных рабочих органов машины.

Это относится к технологическим роботам, у которых точность заданного взаимного положения заготовки и рабочего органа определяет качество обработанного изделия. Обработка изделий заданной точности является основным назначением оборудования и определяет номенклатуру его выходных параметров.

Взаимное положение заготовки и рабочего органа робота описывается «размерной цепью», которая охватывает все основные элементы оборудования. Теория размерных цепей и развитые на ее базе точностные расчеты позволяют определить вклад элементарных погрешностей технологических машин в формирование выходных параметров точности [7].

При этом вносимую машиной погрешность обработки изделий целесообразно определять при помощи вектора, который в неподвижной системе координат определяет положение инструмента в процессе обработки рабочей точки обрабатываемой поверхности в каждый момент времени.

Составляющие данного вектора могут быть определены с помощью вспомогательных координатных систем, которые строятся на технологических базах обрабатываемой изделий, на направляющих станины и на базовых поверхностях инструмента. Затем рассматривается изменение положения этих координатных систем, которое может возникнуть из-за деформации, геометрической неточности, тепловых смещений элементов машин и других причин. Вектор $\vec{r}_d$ определяет координаты рабочей точки на поверхности обрабатываемого изделия в данный момент времени в неподвижной системе координат (x, y, z).

Координаты рабочей точки на поверхности обрабатываемого изделия зависят от положения изделия, закрепленной в спутнике, и от положения рабочего органа, который закреплен на конечном звене, перемещающемся по направляющим станины.

Поэтому вектор $\bar{r}_d$ равен, с одной стороны, сумме векторов подсистемы «изделие

– рабочий орган – основание манипулятора» $\bar{r}_{du} = \sum_{i=1}^2 \bar{r}_i + \bar{r}_{in}$, с другой – сумме векторов подсистемы «инструмент – инструментальная державка – корпусные детали манипуля-

тора – направляющие и станины манипулятора» $\bar{r}_{du} = \sum_{i=3}^9 \bar{r}_i$.

При изменении составляющих векторов из-за силовых и тепловых деформаций, износа и других причин возникает вектор погрешности $\Delta \bar{R} = \bar{r}_{du} - \bar{r}_{du}$. Каждый вектор рассматривается в своей системе координат, связанной с соответствующими базовыми поверхностями звеньев манипулятора, и при расчете необходимо определять изменение положения каждой координатной системы относительно предыдущей, что описывается матрицей поворота M .

Элементами матрицы являются направляющие косинусы между старым и новым положением системы координат. При малых углах поворота α, β, γ i -й системы вокруг осей $O_i x_i; O_i y_i; O_i z_i$ матрица равна

$$M_{ij} = \begin{pmatrix} 1 & \gamma & \beta \\ \alpha\beta + \gamma & 1 & -\alpha \\ \alpha\gamma - \beta & \gamma\beta + \alpha & 1 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Эти зависимости позволяют в общем виде описать изменение погрешности положения и движения формообразующих узлов робота, что является его основной технической характеристикой.

Приведенные примеры совершенно различных математических моделей, применяемых для оценки параметрической надежности связанных систем, иллюстрируют общую мысль: для большинства машин, агрегатов и узлов необходимо рассматривать их в целом без расчленения на элементы и учитывать все основные взаимодействия, когда даже вся машина может превратиться в один «элемент» более сложной системы (комплекса машин, выполняющих одну общую задачу).

Список использованной литературы

1. Алтынов Ж.Л. Создание комплекса манипуляционных устройств для изготовления изделий из крепких горных пород термомеханическим способом: диссертация. ... д-ра техн. наук: 05.05.06. – Алматы: КазНТУ, 2009. – 304 с.
2. Козлов Ю.Т. Автоматизация перегрузочных операций. – В кн.: Контейнерная транспортная система./ Под ред. Дерибаса А.Т. – М.: Транспорт, 1974. – 260 с.
3. Испытания промышленных роботов: Методические рекомендации. – М.: НИИ-Маш Минстанкопрома, 1983. – 100 с.
4. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 560 с.
5. Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. – М.: Машиностроение, 1968. – С.60-88.
6. Поветкин В.В. Процессы и технология огнеструйной обработки блоков крепких горных пород: автореф. ... д-ра техн. наук: 05.15.11. – Алматы: КазНТУ, 2001. – 42 с.
7. Миронов Н.И., Кириллов Г.Н. Повышение надежности строительных машин. – Л.: Стройиздат., Ленинградское отделение, 1985. – 136 с.