

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ**

№8 2018

Направления:

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И
МАШИНОВЕДЕНИЕ**

**05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПРИБОРЫ**

**05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

Казань

2018

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №8 2018г. – Казань:
Научно-технический вестник Поволжья, 2018. – 104 с.

ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvp.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № 12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

*С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;
В.А. Жихарев – д.ф.-м.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.;
В.К. Половняк – д.х.н., проф.; П.П. Суханов – д.х.н., проф.; В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.;
Х.Э. Харлампиди – д.х.н., проф.*

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Научно-технический вестник Поволжья, 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

- Л.С. Сабитов, Н.Ф. Кашипов, И.К. Киямов* МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ НАСАЖЕННЫХ ДРУГ В ДРУГА С НАТЯГОМ 7

05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

- А.П. Буйносов, С.И. Лаптев, С.Н. Антропов* ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ ЛОКОМОТИВОВ 10
- С.А. Зрячев, С.Н. Ларин* СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВИАЦИОННЫХ КОМПОНЕНТОВ 14
- Т.Н. Иванова* ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ БЕЗУДАРНЫХ НАГРУЗОК 18
- О.Ю. Кустов* О ВЛИЯНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ СОЗДАНИИ 3D-ОБРАЗЦОВ ЗПК НА ИХ АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 21
- Б.А. Мовтян, Д.П. Данилаев* ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ВЫПОЛНЕНИЯ ГОСОБОРОНЗАКАЗА 24
- А.А. Морозенко, И.Е. Воронков* АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ УЧАСТНИКОВ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ КАК ЭЛЕМЕНТОВ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ 27
- А.П. Старостин, В.Ф. Пегашкин* ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НЕЖЁСТКИХ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДАПТИВНОЙ ОБРАБОТКИ 30
- Я.Н. Хомовский* О КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОНКОСТЕННЫХ КАНАЛАХ ГАЗОВОЗДУШНОГО ТРАКТА ГПВРД 34

05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

- М.С. Виноградов, И.А. Заволокин, И.В. Нелин* ВЫСОКОТОЧНАЯ ПРОВЕРКА ЦЕЛОСТНОСТИ МНОГОВОДНЫХ ЖГУТОВ И ПРОВЕРКА КОРРЕКТНОЙ УСТАНОВКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ КОНТАКТОВ В МНОГОКОНТАКТНЫЕ РАЗЪЕМЫ ПРИ ПОМОЩИ DALLASTOUCHMEMORY (IBUTTON) 37
- И.В. Грубрин, И.Ю. Лыгина* МОДЕЛЬ НЕИДЕНТИЧНОСТИ КАНАЛОВ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ 41
- И.В. Нелин, М.К. Седанкин, В.А. Скуратов, М.В. Мартянова, Л.Ю. Мершин* МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ 44
- И.Н. Ростокин* АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ УГЛОМЕСТНОГО МНОГОЧАСТОТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ОДНОРОДНОЙ АТМОСФЕРЫ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ ФОНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ 49
- И.Н. Ростокин* ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАДИОТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ В ПЕРИОД РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ МЕТЕОЯВЛЕНИЙ 54

<i>И.Л. Хазиев, О.Г. Морозов, И.И. Нуреев, А.Ж. Сахабутдинов, А.А. Кузнецов, Л.М. Фасхутдинов</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ РАССЕЯНИЯ РАМАНА	58
<i>В.Н. Хмелев, Р.Н. Голых, А.В. Шалунов, Р.А. Лопатин, В.Д. Минаков, К.Е. Сырников, П.В. Петреков, Д.В. Генне</i> ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КАВИТАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	62

05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

<i>А.В. Волков</i> ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НАТРИЕВЫХ ЛАМП	65
<i>Р.Н. Голых, В.Н. Хмелёв, А.И. Шепелева, В.В. Педдер, А.В. Шалунов</i> ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РАСЧЁТА СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В РАЗВЕТВЛЁННОЙ СИСТЕМЕ ПОР ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ АКУСТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ	69
<i>А.П. Даденкова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ ФАЙЛООБМЕННОЙ СЕТИ С ПРОТОКОЛОМ DHT	72
<i>Г.Е. Кокиева, В.В. Рабданова, И.Б. Елтунова</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ	76
<i>С.В. Латухов, Н.В. Першин, Р.В. Бабаев</i> ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА	79
<i>Т.П. Новикова</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ	85
<i>Ю.Г. Полкунов, М.Ю. Лобода</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСИЛИЙ НА КОНИЧЕСКИХ ДИСКОВЫХ ИНСТРУМЕНТАХ ПРИ РАЗРУШЕНИИ КРЕПКИХ ПОРОД	88
<i>В.А. Шаров, И.О. Сидоров</i> ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ УГОЛ-КОД СИГНАЛОВ СИНУСНО-КОСИНУСНОГО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ТРАНСФОРМАТОРА НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СО ВСТРОЕННЫМ АЦП	92
АННОТАЦИИ	96

THE RELEASE MAINTENANCE

01.01.00 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — MATHEMATICS

- L.S. Sabitov, N.F. Kashapov, I.K. Kiyamov* MATHEMATICAL MODELING OF VERTICAL THIN-WALLED SHELLS OF A CLOSED PROFILE OF SEWED FRIENDS IN A FRIEND WITH A TENSION 7

05.02.00 — TECHNICAL SCIENCES — MECHANICAL ENGINEERING AND ENGINEERING SCIENCE

- A.P. Buinosov, S.I. Laptev, S.N. Antropov* ORGANIZATION OF OPERATION OF GAS TURBINE LOCOMOTIVES 10
- S.A. Zryachev, S.N. Larin* CONDITION OF THEORY AND PRACTICE OF AIRCRAFT COMPONENTS MAINTENANCE 14
- T.N. Ivanova* PECULIARITIES OF USING MOLDS OF FUEL TOOLS WORKING IN THE CONDITIONS OF NON-CONTROLLED LOADS 18
- O.Yu. Kustov* INFLUENCE OF GEOMETRIC ERRORS ON ACOUSTICAL CHARACTERISTICS OF THE LINER SAMPLES PRODUCED BY 3D-PRINTING TECHNOLOGY 21
- B.A. Movtyan, D.P. Danilaev* THE CORPORATE MANAGEMENT TASKS AND METHODS OF THE DEFENSE ORDER PERFORM EFFICIENCY 24
- A.A. Morozenko, I.E. Voronkov* ANALYTICAL CALCULATION OF RELIABILITY OF PARTICIPANTS IN INVESTMENT-BUILDING PROJECTS AS ELEMENTS OF ORGANIZATIONAL STRUCTURE 27
- A.P. Starostin, V.F. Pegashkin* INCREASE OF ACCURACY OF PROCESSING OF NON-RIGID PARTS ON THE MACHINE WITH CNC WITH USE ADAPTIVE OF PROCESSING 30
- Ya. Komovskiy* ABOUT STRESS CONCENTRATION IN THIN-WALLED CHANNELS THE GAS-AIR PATH OF A SCRAMJET 34

05.11.00 — TECHNICAL SCIENCES — INSTRUMENTATION, METROLOGY AND INFORMATION-MEASURING DEVICES

- M.S. Vinogradov, I.A. Zavolokin, I.V. Nelin* HIGH-PRECISION INTEGRITY CHECK OF MULTI-WIRE HARNESSSES AND VERIFICATION OF CORRECT INSTALLATION OF ADDITIONAL PINS IN MULTI-PIN CONNECTORS USING DALLAS TOUCH MEMORY (IBUTTON) 37
- I.V. Grubrin, I.U. Ligina* MODEL OF CHANNEL NONIDENTITY IN MULTICHANNEL INFORMATION-MEASURING SYSTEMS 41
- I.V. Nelin, M.K. Sedankin, V.A. Skuratov, M.V. Martyanova, L.Y. Merzhin* MATHEMATICAL SIMULATION OF THERMAL FIELD OF THE PROSTATE 44
- I.N. Rostokin* THE ANALYSIS OF RESULTS OF ANGULAR MULTIFREQUENCY SOUNDING OF THE UNIFORM ATMOSPHERE BY MICROWAVE RADIOMETRIC SYSTEM WITH COMPENSATION OF INFLUENCE OF BACKGROUND RADIATION 49
- I.N. Rostokin* RESEARCH OF EXISTENTIAL VARIABILITY OF RADIO THERMAL RADIATION OF THE CLOUDY ATMOSPHERE DURING DEVELOPMENT OF THE DANGEROUS METEOPHENOMENA 54

<i>I.L. Khaziev, O.G. Morozov, I.I. Nureev, A.J. Sakhabutdinov, A.A. Kuznetsov, L.M. Fashutdinov</i> EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE SENSOR OF DISTRIBUTED TEMPERATURE CONTROL BASED ON THE RAMAN SCATTERING	58
<i>V.N. Khmelev, R.N. Golykh, A.V. Shalunov, R.A. Lopatin, V.D. Minakov, K.E. Syrnikov, P.V. Petrekov, D.V. Genne</i> INFLUENCE OF ULTRASONIC CAVITATION EFFECT ON THE CHARACTERISTICS OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS	62

05.13.00 — TECHNICAL SCIENCES — COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

<i>A.V. Volkov</i> APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS TO-IMPLEMENT ALGORITHMS QUALITY CONTROL SODIUM LAMPS	65
<i>R.N. Golykh, V.N. Khmelev, A.I. Shepeleva, V.V. Pedder, A.V. Shalunov</i> PROGRAM UNIT FOR CALCULATION OF LIQUID PHASE SPEED CALCULATION IN BRAHNCHED SYSTEMS OF PORES UNDER INFLUENCE OF ACOUSTIC FORCES	69
<i>A.P. Dadenkova</i> INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS OF FILE EXCHANGE MODELS WITH DHT PROTOCOL	72
<i>G.E. Kokieva., V.V. Rabdanova., I.B. Eltunova</i> INFORMATION A MATHEMATICAL MODEL PRODUCTIVITY OF EQUIPMENT	76
<i>S.V. Latukhov, N.V. Pershin, R.V. Babaev</i> TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS BY LIQUEFIED NATURAL GAS PRODUCTION	79
<i>T.P. Novikova</i> ALGORITHM DEVELOPMENT FOR SOLVING THE TASKS CONTROL THE SEQUENCE OF ELECTRONIC COMPONENT BASE TESTS	85
<i>Yu.G. Polkunov, M.Yu. Loboda</i> MATHEMATICAL MODELLING OF EFFORTS ON CONIC DISK TOOLS AT DESTRUCTION OF STRONG ROCK	88
<i>V.A. Sharov, I.O. Sidorov</i> A SINE-COSINE ROTATING TRANSFORMER ANGLE-CODE SIGNALS CONVERTER BASED ON A HOME MICROCONTROLLER WITH A BUILT-IN ADC	92
ABSTRACTS	96

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА (01.01.00)

01.01.00

^{1,2} Л.С. Сабитов канд. техн. наук, ² Н.Ф. Кашапов д-р техн. наук,
² И.К. Киямов д-р эконом. наук

¹Казанский государственный энергетический университет,

²Казанский (Приволжский) федеральный университет,

Казань, sabitov-kgasu@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ НАСАЖЕННЫХ ДРУГ В ДРУГА С НАТЯГОМ

В настоящее время на строительных объектах находят широкое применение составные вертикальные трубы. В этой связи возникают задачи определения их равновесия, напряженно-деформированного состояния (НДС) таких конструкций, снижение их стоимости и металлоёмкости. Также авторами разработан математический аппарат позволяющий рассчитать НДС таких оболочек, который реализован в авторской программе ЭВМ AutoRSS.01 позволяющая рассчитать все компоненты деформированного состояния узла и подобрать оптимальную форму конструкции.

Ключевые слова: математическое моделирование, численно-аналитические методы, напряженно-деформированное состояние, оболочка закрытого профиля.

В данной работе исследуется равновесие системы двух вертикальных цилиндрических труб насаженных друг в друга так, что в первую цилиндрическую трубу толщиной h_1 , радиуса R_1 и длины l_2 запрессована другая труба толщиной h_3 , радиуса $R_3 = R_1 - (h_1 + h_2)/2$ и длины $(l_3 - l_1)$. У рассматриваемой вертикальной конструкции нижний край ($x=0$) заделан, верхний край ($x=l_3$) закрыт очень жёсткой диафрагмой, к которой приложены вертикальная сжимающая сила P^* и изгибающий момент M^* , а сама конструкция находится под действием собственного веса (Рис.1).

Решение поставленной задачи осуществляется, используя следующие рассуждения. Составная вертикальная конструкция рассматривается как состоящая из трёх областей: в области $0 \leq x \leq l_1$ - однослойная; в $l_1 \leq x \leq l_2$ - двухслойная, причём слои в этой области работают совместно без скольжения; в области $l_2 \leq x \leq l_3$ - однослойная, цилиндрические оболочки. При построении математической модели данной задачи во всех трёх областях в целом принимается гипотеза недеформируемых нормалей. В силу этого условия контакта двух труб в области $l_1 \leq x \leq l_2$ будут выполняться автоматически.

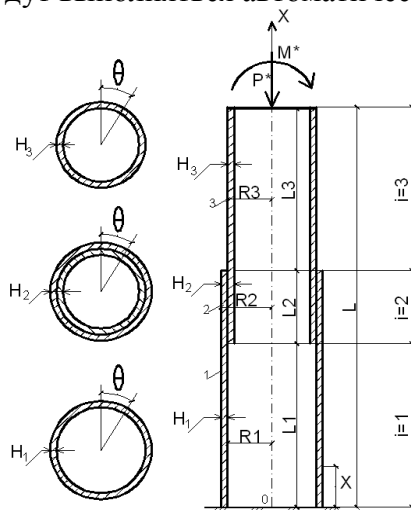


Рис. 1. Математическая модель вертикальных тонкостенных оболочек закрытого профиля насаженных друг в друга с натягом.

Природа сил, действующих на эту конструкцию такова, что они будут вызывать либо только осесимметричный (осевая сжимающая сила P и собственный вес самой конструкции) либо обратносимметричный изгиб (внешний изгибающий момент M и ветровая нагрузка). Это позволяет при исследовании напряжённо – деформированного состояния (НДС) данного сооружения использовать приближенный аналитический метод, суть которого заключается в разбиении НДС на безмоментное НДС и местный изгиб в окрестностях $x=0$, $x=l_1$, $x=l_2$. Далее, проводя расчёт по безмоментной теории и проводя асимптотическое интегрирование разрешающих уравнений для каждой области получено общее решение рассматриваемой задачи. Постоянные интегрирования задачи были определены из условий на краях при $x=0$, $x=l_3$ и упругих стыковых областей в точках при $x=l_1$ и $x=l_2$. Определить эти постоянные были получены формулы для определения перемещений u_i , v_i , w_i , усилий $T_1^{(i)}$, $T_2^{(i)}$, изгибающих моментов $M_1^{(i)}$, $M_2^{(i)}$, перерезывающего усилия $Q_1^{(i)}$ и напряжений $\sigma_x^{(i)}$, $\sigma_\theta^{(i)}$, $\tau_\theta^{(i)}$ в соответствующих областях $0 \leq x \leq l_1$, $l_1 \leq x \leq l_2$, $l_2 \leq x \leq l_3$ при $i = 1, 2, 3$.

Окончательно получим следующие выражения для определения перемещений u , v , w , усилий T_1 , T_2 , изгибающих моментов M_1 , M_2 , перерезывающего усилия Q_1 и напряжений в областях $0 \leq x \leq L_1$, $L_1 \leq x \leq L_2$, $L_2 \leq x \leq L_3$, т.е. для $i = 1, 2, 3$:

$$\begin{aligned}
 u_i &= [u_{i1} + u_{i2} \bar{x} + u_{i3} \bar{x}^2 + (u_{i4} + u_{i5} \bar{x}) \cos \theta] H_1, \\
 v_i &= (v_{i1} + v_{i2} \bar{x} + v_{i3} \bar{x}^2) H_1 \sin \theta; \\
 w_i &= [w_{i1} + w_{i2} \bar{x} + (w_{i3} + w_{i4} \bar{x} + w_{i5} \bar{x}^2 + \varphi_0^{(i)}(\bar{x})) \cos \theta] H_1; \\
 T_1^{(i)} &= (T_{i1} + T_{i2} \bar{x} + T_{i3} \cos \theta) E H_1, \\
 T_2^{(i)} &= [\bar{h}_i \varphi_0^{(i)}(\bar{x}) \cos \theta] E H_1, \\
 M_1^{(i)} &= [M_{i1} \varphi_2^{(i)}(\bar{x}) \cos \theta] E H_1^2, \\
 M_2^{(i)} &= \nu M_{2i} M_1^{(i)}, \\
 Q_1^{(i)} &= [Q_{i1} \varphi_3^{(i)}(\bar{x})] E H_1, \\
 \sigma_x^{(i)} &= \frac{\bar{h}_1}{h_i} \left\{ (T_{i1} + T_{i2} \bar{x} + T_{i3} \cos \theta) + 12 \bar{z}_i \frac{h_1^2}{h_i^2} M_{i1} \varphi_2^{(i)}(\bar{x}) \cos \theta \right\} E, \\
 \sigma_\theta^{(i)} &= \frac{\bar{h}_1}{h_i} \left\{ \bar{h}_i \varphi_0^{(i)}(x) \cos \theta + 12 \bar{z}_i \frac{h_1^2}{h_i^2} M_{i1} \varphi_2^{(i)}(x) \nu \cos \theta \right\} E, \\
 \tau_{x\theta}^{(i)} &= \gamma_i [\tau_{i1} + \tau_{i2} \bar{x} + z_i \tau_{i3} \varphi_1^{(i)}(x)] E \sin \theta.
 \end{aligned} \tag{*}$$

Следует отметить, что изложенный метод и расчёт данной конструкции на напряжённо – деформированное состояние по полученным формулам применимы только при выполнении условия $\sqrt[4]{3(1-\nu^2)} \sqrt{\frac{L}{R} \frac{L}{H}} \gg 3$, поскольку местного изгиба мы пренебрегли взаимным влиянием краёв $x=0$, $x=l_1$, $x=l_2$, $x=l_3$ т.е. оболочки ($i = 1, 2, 3$) считали длинными.

Выводы:

Предложенный способ расчёта реализован в программе «AutoRSS.01» [3], составленной авторами на языке FORTRAN. Анализ численных результатов показал достаточно хорошее совпадение с результатами натурных обследований аналогичных конструкций [4].

Список литературы

1. С.А. Амбарцумян. Теория анизотропных оболочек, ФМ, М., 1961, 384с.
2. С.П. Тимошенко и С. Войновский – Кригер. Пластинки и оболочки. М., ФМ, 1963, 636 с.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013611451 от 18.01.2013 г. «AutoRSS.01» Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Сабиров С.И. Заявка № 2012661265 от 18.12.2012 г.
4. L.S. Sabitov, I.Z. Gatiyatov, I.L. Kuznetsov, L.G. Ibragimov Deflected mode of junction of pipes of different diameters in the constructions of contact-line supports of electrical transport // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 10, Number 24 – P. 45255–45263.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (05.02.00)

05.02.22

А.П. Буйносов д-р техн. наук, С.И. Лаптев, С.Н. Антропов

Уральский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, byinosov@mail.ru, serj2212@mail.ru, se-antr@mail.ru

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ ЛОКОМОТИВОВ

В статье рассмотрены вопросы организации эксплуатации локомотивов, работающих на сжиженном природном газе на участке Войновка–Коротчаево тяжеловесными поездами в 2020–2030 гг. Исходя из пропускной способности и размеров движения рассчитан необходимый эксплуатируемый парк газотурбовозов ГТ1h.

Ключевые слова: локомотив, газотурбовоз, эксплуатация, организация.

В 2007 г. на базе электровоза ВЛ15 был выпущен инновационный локомотив с газотурбинной силовой установкой (ГСУ) ГТ1h-001. ГТ1h является самым мощным локомотивом, работающим на сжиженном природном газе (СПГ). В 2013 г. был выпущен второй газотурбовоз (ГТ1h-002) на базе тепловоза ТЭМ7А [1]. В настоящий момент эксплуатирует ГТ1h-002 бригады эксплуатационного локомотивного депо Егоршино. Тяговая характеристика газотурбовоза ГТ1h-002 представлена на рис. 1 [1]. Магистральный газотурбовоз с газотурбинным двигателем является двухсекционным локомотивом, работающем на СПГ с электрической передачей. СПГ является обыкновенным природным газом, охлажденного до температуры сжижения ($-162\text{ }^{\circ}\text{C}$). Это делается для удобства его хранения и транспортировки в жидком виде. Все оборудование газотурбовоза размещается в двух секциях [2].

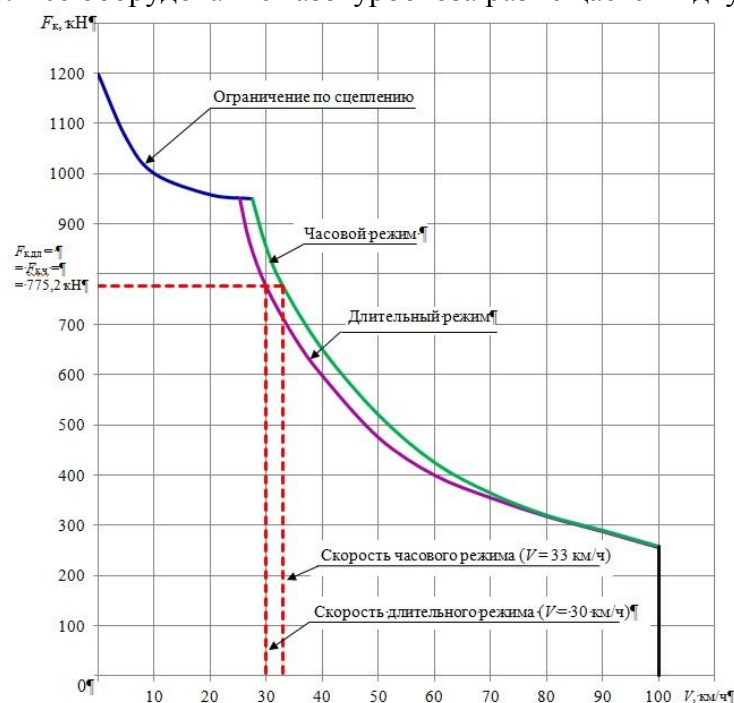


Рис. 1. Тяговая характеристика газотурбовоза ГТ1h-002

В связи со сложной, по сравнению с тепловозом, конструкции, встала задача организовать эксплуатацию для современного магистрального газотурбинного локомотива на полигоне Войновка–Коротчаево Свердловской железной дороги. Длина полигона составляет 1331 км и имеет на пути следования поездов промежуточные станции и отдельные пункты.

Участок Войновка–Коротчаево является железнодорожной линией преимущественно с грузовым движением. В состав участка входят 79 отдельных пунктов: 6 участковых станций (Тобольск, Демьянка, Куть-Ях, Ноябрьск-1, Пурпе, Сургут); 7 грузовых станций (Туринская, Когалым, Лимбей, Ноябрьск-1, Пыть-Ях, Юность Комсомольская, Коротчаево); 18 промежуточных станций, 41 разъезд, 7 путевых постов. На всех станциях имеются пути длиной 71–100 условных вагонов, в четном и нечетном направлениях обращаются поезда с установленной массой 6000 т. Пропускная способность рассматриваемого участка составляет: 36 пар грузовых поездов на участке Войновка–Тобольск; 29–36 пар грузовых поездов на участке Тобольск–Сургут; 9–16 пар грузовых поездов на участке Сургут–Лимбей [3, 4].

Сургутский регион является крупнейшим центром нефтедобывающей и газодобывающей отрасли. Погрузка в регионе в 2017 г. составила более 25,2 млн т. Основные перевозимые грузы – нефтяные, доля которых от всего объема перевозимых грузов составляет 87–95 %. Газообразующими предприятиями региона являются АО «Сибур-Транс», ООО «Новатек-транссервис», ООО «Газпромтранс».

Существующая инфраструктура направления Войновка–Коротчаево и действующая технология организации движения поездов позволяют обеспечить пропуск поездов массой 9000 т. К 2030 г. объем перевозок нефтепродуктов предполагается увеличить в два раза. Нами предлагается до 2020 г. размещение объектов инфраструктуры газоснабжения (экипировки локомотивов) в Сургутском и Тюменском регионах, которое приведено на рис. 2.

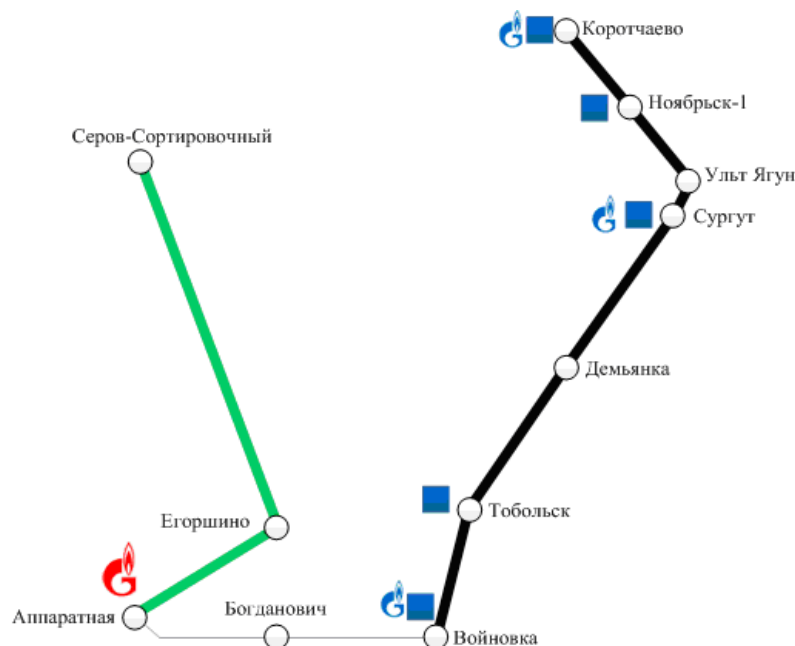


Рис. 2. Размещение объектов газоснабжения:

🔥 – действующий комплекс по производству СПГ; G – необходимый комплекс по производству СПГ; ■ – пункт экипировки (ПЭ)

В связи с тем, что единственный действующий комплекс по производству сжиженного природного газа в настоящее время располагается на ст. Аппаратная (г. Екатеринбург), то для обеспечения процесса перевозок на участке Войновка–Коротчаево, нами предлагается установка трех дополнительных комплексов по производству СПГ на станциях Войновка, Сургут и Коротчаево (см. рис. 2). Такое расположение позволит своевременно осуществлять доставку сжиженного природного газа до пунктов экипировки.

Пункты экипировки сжиженным природным газом необходимо расположить на ст. Войновка, Тобольск, Сургут, Ноябрьск-1 и Коротчаево. Такое расположение позволит производить своевременную дозаправку газотурбовозов в пути следования. Экипировка газотурбовозов производится на специально отведенных площадках. Доставка сжиженного природного газа осуществляется передвижным автогазозаправщиком. Продолжительность экипировки от автогазозаправщика составляет 2 часа 56 минут, включая 38 минут на

подготовительно-заключительные операции. Продолжительность экипировки от стационарной емкости составляет 1 часа 44 минуты, включая 38 минут на подготовительно-заключительные операции.

А к 2030 г. нами предлагается организовать работу пяти комплексов по производству СПГ на станциях Тобольск, Демьянка, Сургут, Лимбей и Коротчаево, работу пяти экипировочных пунктов (комплексов) для дозаправки газотурбовозов на станциях, на которых производится СПГ.

Рассмотрим участок Войновка–Тобольск, протяженностью 222 км. Исходя из рис. 3, принимаем число пар поездов 8. Так же для расчета эксплуатационного парка газотурбовозов принимаем техническую скорость движения по участку в четном и нечетном направлении 50 км/ч.

Участковую скорость определяем по заданному коэффициенту участковой скорости. Участковая скорость [4]

$$V_{\text{уч}} = 0,8 \cdot V_{\text{т}}, \quad (1)$$

где 0,8 – коэффициент участковой скорости.

Полный оборот газотурбовоза

$$T_{\text{л}} = \frac{2L}{V_{\text{уч}}} + t_{\text{осн}} + t_{\text{об}}, \quad (2)$$

где L – протяженность участка обращения, км; $t_{\text{осн}}$ – время простоя на техническом осмотре, приходящееся на один оборот, ч; $t_{\text{об}}$ – время простоя газотурбовоза в пункте оборота, ч.

Коэффициент потребности газотурбовозов

$$K_{\text{п}} = \frac{T_{\text{л}}}{24}, \quad (3)$$

где $T_{\text{л}}$ – оборот локомотива на участке обращения, локомотиво·км.

Коэффициент потребности показывает число газотурбовозов, необходимых для обслуживания одной пары поездов в сутки. Тогда, эксплуатируемый парк локомотивов на участке Войновка–Тобольск составит

$$N_{\text{э}} = K_{\text{п}} \cdot n, \quad (4)$$

где n – число пар поездов.

Принимаем эксплуатационный парк на участке Войновка–Тобольск 5 локомотивов.

В соответствии с найденным числом газотурбовозного парка на участке, определим потребность в эксплуатационных ресурсах.

Находим суточный пробег по выражению

$$S_{\text{с}} = 2 \cdot L \cdot n, \quad (5)$$

где L – длина участка, км; n – число пар поездов в сутки.

Годовой и месячный пробег поезда

$$S_{\text{год}} = S_{\text{с}} \cdot 365, \quad (6)$$

$$S_{\text{м}} = S_{\text{с}} \cdot 30,4, \quad (7)$$

Среднесуточный пробег одного локомотива определяем по выражению [5]

$$S_{\text{сп}} = 2 \cdot L \cdot \frac{n}{N_{\text{э}}}, \quad (8)$$

где $N_{\text{э}}$ – эксплуатируемый парк локомотивов; L – длина участка, км; n – количество пар поездов.

Все полученные результаты сведем в таблице.

Таблица - Техничко-эксплуатационные показатели использования газотурбовоза на участке Войновка–Тобольск

Показатели	Значение
Участковая скорость, км/ч	40
Среднесуточный пробег локомотива, км	710,4
Эксплуатируемый парк локомотива, шт.	5

Аналогичные результаты были получены и для участков Войновка–Сургут и Сургут–Коротчаево. Необходимое количество эксплуатируемого парка газотурбовозов на участке Коротчаево–Войновка – 21 локомотив.

Список литературы

1. Газотурбовоз магистральный ГТ1h. Руководство по эксплуатации. ГТ1h.00.000.000 РЭ. В 3-х ч. М.: Транспорт, 2015. 244 с.
2. Буйносов А.П., Лантев С.И. Перспективы применения триботехнических составов для ремонта бандажей колесных пар без прекращения эксплуатации локомотивов // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 6. С. 50-52.
3. Буйносов А.П., Антропов С.Н. О концепции развития универсальной платформы для локомотивов нового поколения // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 3. С. 22-24.
4. Цихалевский И.С., Буйносов А.П. Организация производства технического обслуживания грузовых электровозов постоянного тока на примере ПТОЛ Седельниково // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 7. С. 47-49.
5. Головатый А.Т., Исаев И.П., Горский А.В., Буйносов А.П. Система ремонта локомотивов на конкретных участках обращения // Железнодорожный транспорт. 1992. № 7. С. 40–44.

05.02.22

¹С.А. Зрячев, ²С.Н. Ларин канд. техн. наук¹Ульяновский государственный технический университет,
Ульяновск, Sergeyzryachev@outlook.com²НИТИ УлГУ,
Ульяновск, larinmars@rambler.ru

СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВИАЦИОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

В статье анализируются существующие методы и способы технического обслуживания и ремонта авиационной техники. На основе анализа рассмотрены примеры способов сокращения затрат времени на обслуживание и ремонт авиационной техники, применяемые ведущими мировыми производителями. Существующая проблема обслуживания и ремонта авиационной техники также рассмотрена и на отечественных предприятиях.

Ключевые слова: *самолетостроение, обслуживание и ремонт авиационной техники, сокращение затрат.*

Освоение процесса создания и обслуживания авиационной техники в условиях существующих структур производства связано с переработкой информации, сконцентрированной в технической документации на объект разработки, в директивном (проектном) технологическом процессе, охватывающем конструктивно-технологические решения, представляющие технологическую законченность и параллельную сборку его агрегатов. Анализируя процессы проектирования, технологическую подготовку производства и производство изделий на всех стадиях их жизненного цикла можно прийти к выводу, что первичным сдерживающим фактором является слабая оснащенность интеллектуального труда проектировщиков к работе в новых условиях современных информационных технологий [1].

В современных условиях повышению конкурентоспособности предприятий могут способствовать множество фактов. Например, применение новых материалов, оборудования, способов производства и средств проектирования. В тоже время важно внедрение средств комплексной автоматизации производства как непосредственно автоматизации элементов производства, так и совместной работы остальных внедряемых элементов модернизации. Такие технологии как CALS позволяют снизить трудоемкость проектирования новой авиационной техники (АТ) и ввести параллельное выполнение опытно-конструкторских работ и технологическую подготовку производства [2].

Наиболее остро вопрос автоматизации в отечественном самолетостроении стоит на стадии эксплуатации. На этапах НИОКР, проектирования и производства летательных аппаратов используются почти все современные средства автоматизации, САПР, системы планирования материалов, а на этапе послепродажного оборудования практически не используются подобные системы автоматизации [3].

Вся деятельность авиастроительного предприятия ориентирована на достижение целевых показателей (прибыльности, качества выпускаемой продукции, увеличения капитализации). Для их обеспечения необходимо своевременно производить перестройку деятельности предприятия, направленную на улучшения основных показателей (снижения затрат, повышения качества послепродажного обслуживания).

На данный момент, например, запасные части, инструменты и принадлежности (ЗИП) заказываются напрямую у завода изготовителя, согласно эксплуатационным требованиям [4] или по решению самого эксплуатанта. После передачи заказа начинается подготовка производства и изготовление ЗИП. Время изготовления комплекта может достигать существенных сроков, что отражается на времени простоя самолета. Помимо этого, между

заводами изготовителями, ОКБ и эксплуатантами АТ отсутствует связь по передаче статистических данных по эксплуатации. Отсутствие статистики приводит к невозможности прогнозировать спрос на запасные элементы и, соответственно, мешает внедрению систем типа MRP/MRP2 в этап обслуживания АТ.

Интересен опыт зарубежных производителей авиационной техники в области обслуживания АТ. Например, компания «Boeing» использует большое количество методов и средств для минимизации времени простоя гражданской АТ, увеличения скорости и качества ремонта и технического обслуживания, уменьшения количества ошибок при плановых и внеплановых проверках.

Наиболее показательным средством автоматизации этапа послепродажного обслуживания гражданской авиационной техники является программа работы с клиентами компании «Boeing»- myboeingfleet.com и сопутствующие ему элементы системы. Клиентская часть данной программы представляет собой веб-сайт. Благодаря данному сайту эксплуатанты АТ всегда имеют возможность получить всю интересующую их информацию по вопросам обслуживания самолета [5].

Помимо этого, стоит отметить онлайн-систему «maintenance performance toolbox», предоставляющая перевозчикам актуальную информацию по техническому обслуживанию и включающая в себя необходимую документацию и методы визуальной навигации в структуре самолета [6].

Программа разработана для улучшения работ обслуживания наземного персонала и предоставляет такие функции как:

1. Обслуживание систем самолета;
2. Учет структурного ремонта;
3. Замена деталей, узлов и агрегатов;
4. Управление технологическими картами обслуживания;
5. Управление правами доступа;
6. Обучение персонала.

Согласно исследованиям, проведенным в статье [6], персонал обслуживания тратит от 30% до 40% времени на поиск документации и документирование всех этапов обслуживания. Благодаря данной системе можно существенно снизить эти затраты времени. На основании этого компания провела модернизацию систем сервисных бюллетеней [7]. Они имеют четыре особенности по сравнению с обычными бюллетенями, благодаря которым снижаются затраты на инженерные работы, планирование и операционные расходы.

1. Инструкции, основанные на бережливом производстве;
2. Быстрый доступ к необходимой информации;
3. Улучшенная компоновка ремонтного комплекта;
4. Улучшенная подача информации.

Исследования Боинг показали, что использование бюллетеней, представленных в цифровом виде снижает затраты времени (рис. 1).

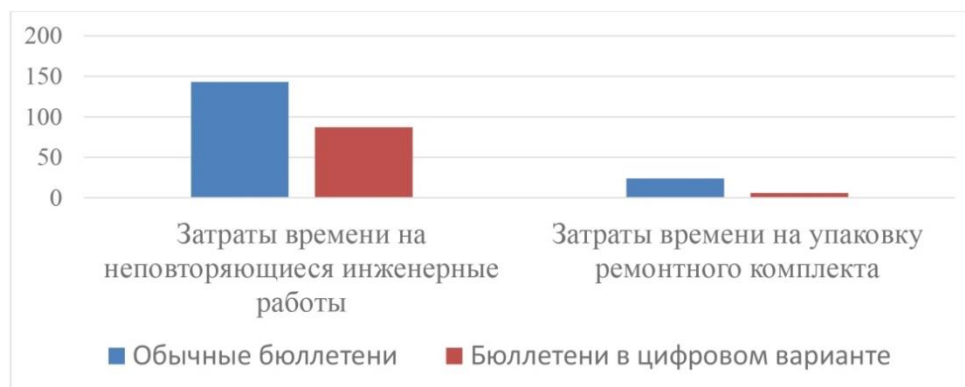


Рис. 1 - Сравнение затрат времени при работе с традиционными бюллетенями и бюллетенями, представленными в цифровом варианте

Многие задачи проектирования конструкторско-технологических решений хорошо формализованы, сведены к математическим моделям, которые позволяют ставить и решать текущие задачи отрасли. Однако, даже после успешного преодоления сложностей формализации конструкторско-технологических разработок в решениях ремонта и обслуживания АТ остается ряд неопределенностей: неустойчивость оптимальных решений, т.е. их сильная корреляция к изменениям условий, и неоднозначность постановки многокритериальных задач. Выбор в реальных ситуациях требует выполнения ряда процедур, одни из которых более эффективно выполняет человек, а другие - аппаратно-программный комплекс. Эффективное объединение их достоинств воплощается в создании человеко-машинных комплексов.

Рассмотрев системно-структурные модели формирования конструкторско-технологических решений наряду с созданием машинных пакетов прикладных программ для полностью автоматического решения задач, складывается вывод о том, что в последние годы развиваются системы поддержки принятия решений и экспертные системы. На существующем уровне становления информационных технологий все еще окончательно не сложились представления и понятия этой специфической конструкторско-технологической области технического обеспечения ремонта и обслуживания авиационных компонентов.

Как уже было сказано ранее, в связи с отсутствием обратной связи по статистике между эксплуатантами АТ и заводом изготовителям вопросы прогнозирования становятся неосуществимыми. Компания «Boeing» для решения данного вопроса предложила систему «Удаленное управление данными самолета в режиме реального времени», основной функцией которой является сбор информации получаемой, непосредственно, с самолета и последующий анализ с получением статистических данных [8].

Эксплуатант получает доступ к системе через «myboeingfleet». Благодаря данным получаемым в ходе эксплуатации всего парка авиационной техники, использующей данную систему, у авиакомпаний и у заводов-изготовителей появляется возможность предупредить поломки и отказы в будущем, а также начинать готовить ремонтные комплекты или системы обслуживания еще до того, как самолет приземлится (рис. 2).

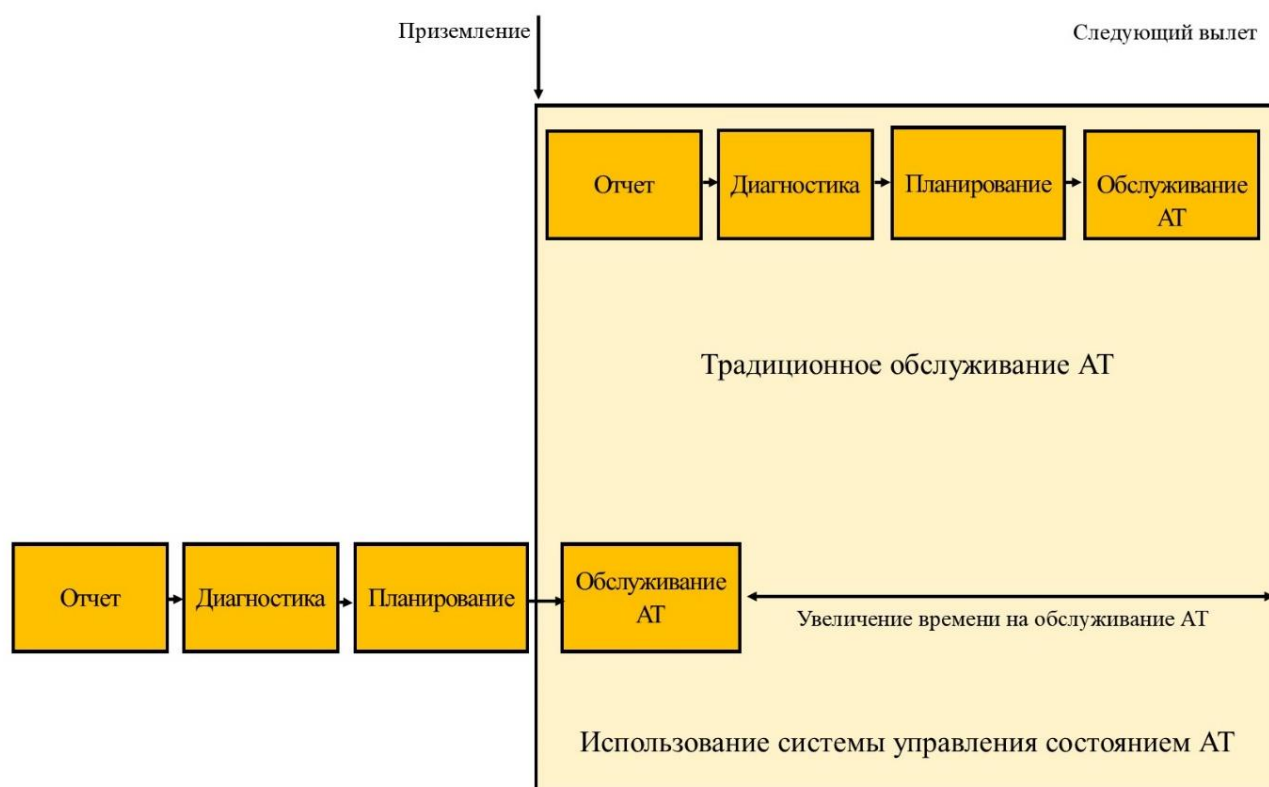


Рис. 2 - Различия в традиционной схеме обслуживания и при использовании системы управления состоянием АТ

В тоже время данная проблема широко изучается учеными, в том числе и отечественными. Особенно стоит отметить работы по автоматизации производства авиационной техники и этапа послепродажного обслуживания таких ученых как: Ключкова В.В., Братухина А.Г., Логвина А. И., He Ren, Adel, A. Ghobbar и других.

В заключение отметим, что рассмотренная выше проблема выбора конструкторско-технологических решений на этапе послепродажного обслуживания является частью целенаправленных действий по исследованию сложных систем, в данном случае в авиастроительных производствах. Так же проблематика связана с исследованием свойств производственных структур, систем и процессов их функционирования, позволяющих достичь заданной цели.

Список литературы

1. Зрячев С.А., Ларин С.Н. Состояние теории и практики принятия решений при синтезе и анализе авиастроительных производственных систем // Тезисы докладов XLIV международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения- 2018». М.: Моск. авиационный ин-т (национальный исследовательский университет), 2018. - Т. 1, - С. 94-95.
2. В.В. Ключков, А.А. Коломоец Анализ эффективности интеграции разработки и подготовки производства сложных изделий на основе CALS-технологий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2012. - №4. - С. 625.
3. Ключков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты: монография. - М.: МГУЛ, 2008. - С. 87.
4. ГОСТ 18675-2012. Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику и покупные изделия для нее. М: СтандартИнформ, 2013. 220 с.
5. Myboeingfleet.com. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_18/myboeingfleet.pdf
6. Maintenance Performance Toolbox. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_1_07/AERO_Q107_article4.pdf
7. New enhanced service bulletins. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_06/AERO_Q406_article3.pdf
8. Remote management of real-time airplane data. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_3_07/AERO_Q307_article4.pdf

05.02.07

Т.Н. Иванова д-р техн. наук

Чайковский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования “Пермский национальный исследовательский политехнический университет”, Чайковский,
Институт механики ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН», Ижевск, tatnic2013@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ БЕЗУДАРНЫХ НАГРУЗОК

В работе проведены исследования геометрии и материала твердосплавных резцов долота, работающего в условиях безударных нагрузок. Обоснован материал резцов долота по прочности и твердости, предложено использовать среднезернистые и крупнозернистые сплавы с малым содержанием кобальта для армирования инструмента, работающего в условиях безударных нагрузок. Наибольшее влияние на процесс резания оказывают угол приострения резца; передний угол резца. Получена зависимость глубины внедрения резца в породу в зависимости от переднего угла. В результате исследований установлена особенность работы резцов с положительным, отрицательным и нулевым передним углом. Ограничивая глубину внедрения резца в породу за счет снижения осевой нагрузки на долота можно использовать резец с отрицательным передним углом. При уменьшении ширины резца и угла приострения появляется возможность использовать резец с положительным передним углом. Наибольшая глубина внедрения будет у резца с нулевым значением переднего угла, а минимальная – у резца с отрицательным передним углом.

Ключевые слова: *резец, твердый сплав, долото, передний угол, угол приострения, глубина внедрения.*

Процесс скалывания породы происходит вращающейся, прижатой к забою, передней гранью режущей кромки резцов долота с осевым усилием [1]. Чем более хрупка порода и выше осевое усилие, тем больший объем разрушенной породы превосходит объем внедрившейся части резца. Характер разрушения пород носит циклический характер: первоначальный скол породы в большом объеме – отделение мелких частиц – остановка резца в слое не разрушенной породы – поворот долота и повтор цикла. При разрушении породы возникают рывки, остановки инструмента. Поэтому материал режущих резцов долота должен обладать высокой прочностью, твердостью и износостойкостью. Этим требованиям соответствуют спеченные вольфрамокобальтовые твердые сплавы. Они состоят из карбида вольфрама WC и кобальта Co. Карбид вольфрама придает сплаву твердость, износостойкость, не магнитен, имеет высокую теплопроводность, хрупок. Кобальт – вязкий металл, в расплавленном состоянии обволакивает зерна карбида вольфрама и при затверждении прочно связывает их. С увеличением цифры в марке ВК3, ВК6, ВК8, ВК10, ВК15, ВК20, ВК25, соответствующей процентному содержанию кобальта, прочность сплава увеличивается. Твердость сплава возрастает с увеличением содержания карбида вольфрама и уменьшением размеров его зерен. При увеличении содержания кобальта и зернистости возрастает ударная вязкость сплава. Поэтому среднезернистые и крупнозернистые сплавы с малым содержанием кобальта применяют для армирования инструмента, работающего в условиях безударных нагрузок, т.е. инструмента для роторного вращательного бурения. Сплавы со средним и высоким содержанием кобальта используют для армирования инструмента, работающего в условиях ударных нагрузок, т.е. инструмента для ударно-вращательного бурения и шарошечных долот, предназначенных для бурения пород высокой твердости. Эти сплавы обладают наибольшей прочностью, но они менее износостойки.

Эффективность работы резца во многом зависит от угла приострения α , переднего угла γ_n , угла поворота резцов, их числа и расположения резцов относительно друг друга. Угол α выбирают в зависимости от характера проходимых пород: чем тверже порода, тем этот угол должен быть больше. Для пород средней твердости рациональным является угол $\alpha = 90^\circ$, для мягких – $75-80^\circ$.

В результате исследований, установлено, что варьируя осевую нагрузку на долото, передний угол резцов и твердость породы, можно регулировать глубину внедрения и износ резцов долота. Резец с положительным передним углом будет стремиться заглубляться в породу, что может привести к поломке резца. Поэтому нужно ограничить глубину внедрения резца в породу, снижая осевую нагрузку на резец долота. Резец с отрицательным передним углом при повышении сопротивления породы разрушению будет выталкиваться из породы, что позволит повысить осевое усилие. Глубина внедрения резца в породу характеризуется зависимостью:

$$h = \frac{0,5F_p (\cos^2 \gamma_n \pm \sin \gamma_n f \cos \gamma_n)}{pbtg\alpha (2f \cos \alpha + \sin \alpha - f^2 \sin \alpha)(1 + tg\varphi)}, \quad (1)$$

где φ – коэффициент внутреннего трения, p – твердость горной породы, f – коэффициент трения резца о породу, F_p – усилие, возникающее от крутящего момента инструмента, b – ширина резца, α – угол приострения, γ_n – передний угол.

Знак плюс в числителе ставится при $\gamma_n \geq 0^\circ$, знак минус при $\gamma_n < 0^\circ$.

Анализ выражения (1) показывает, что глубина внедрения резца в породу увеличивается при повышении осевого усилия, уменьшении ширины резца и угла приострения α . При вдавливании в породу наибольшая глубина внедрения будет у резца $\gamma_n = 0^\circ$, а минимальная – у резца $\gamma_n < 0^\circ$. Изменяя наклон резцов в противоположную сторону от направления движения, снижаются динамические нагрузки на резцы долота пропорционально $\sin \gamma_n$, поэтому для бурения твердых пород предпочтительнее применять резцы с $\gamma_n < 0^\circ$. Чем больше твердость пород, тем больше должен быть отрицательный передний угол. С увеличением переднего положительного угла для разрушения породы на заданную глубину требуются меньшие усилия и, наоборот, с повышением переднего отрицательного угла усилия разрушения при заданной глубине внедрения, должны повышаться. Условия применения резцов с положительными передними углами ограничиваются бурением самых мягких горных пород. Резцы с $\gamma_n = 0^\circ$ передними углами предназначены для бурения горных пород мягкой и средней твердости.

Зависимость глубины внедрения резца с учетом его изнашивания для резца долота будет выглядеть следующим образом:

$$h = \frac{0,5F_p (\cos^2 \gamma_n \pm \sin \gamma_n f \cos \gamma_n)}{pbtg\alpha (2f \cos \alpha + \sin \alpha - f^2 \sin \alpha)(1 + tg\varphi)} - \sqrt{\frac{qF_p f v_p t}{btg\alpha}}, \quad (2)$$

где q – величина износа, v_p – скорость резания-скалывания породы, м/с, t – время.

Используя зависимость (2), процесс изнашивания твердосплавных резцов при бурении можно охарактеризовать наличием зон (рис. 1):

Зона I – интенсивное изнашивание острых граней резцов, при котором формируется устойчивая площадка износа. При этом механическая скорость бурения резко снижается, а объемная работа разрушения возрастает. Зона характерна для нормальной безаварийной работы инструмента, работающего при малой частоте вращения и небольших удельных нагрузках.

Зона II – установившийся износ, который происходит на основном интервале бурения. Изнашивание происходит в результате истирания, контактные давления постоянны, скорость бурения и объемная работа разрушения постоянны. Работа долот при высокооборотных или низкооборотных способах бурения в этой зоне мало эффективна.

Зона III – усталостное или температурное изнашивание сопровождается резким падением механической скорости бурения и повышением объемной работы разрушения. Наиболее высокая температура возникает в центре площадки затупления резца, и при достижении

максимальной величины интенсивность износа резко возрастает с образованием сетки трещин. Бурение в этом случае становится непроизводительным. Поэтому работа резцов долота в зоне III не допустима.

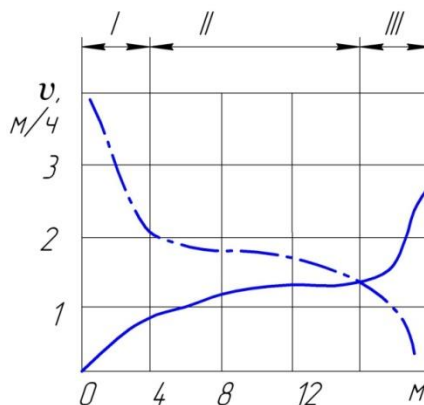


Рис. 1. Зависимость механической скорости v (линия осевая основная) и износа (линия основная) резцов долота от проходки

Рациональным расположением резцов в буровом инструменте будет такое, при котором в процессе разрушения породы образуются свободные поверхности, это приводит к повышению механической скорости бурения.

Таким образом, в работе проведены исследования геометрии твердосплавных резцов долота, работающего в условиях безударных нагрузок. Дано обоснование состава карбида вольфрама и кобальта по прочности и твердости. Предложено использовать среднезернистые и крупнозернистые сплавы с малым содержанием кобальта для армирования инструмента, работающего в условиях безударных нагрузок. Сплавы со средним и высоким содержанием кобальта для армирования инструмента, работающего в условиях ударных нагрузок для бурения пород высокой твердости. Наибольшее влияние на процесс резания оказывают угол приострения резца; передний угол резца. В результате исследований установлена особенность работы резцов с положительным и отрицательным передним углом. Резец с положительным передним углом будет стремиться заглубляться в породу при повышении сопротивления разрушению, это приведет к поломке резца. Поэтому нужно ограничить глубину внедрения резца в породу, снижая осевую нагрузку на резец долота. Резец с отрицательным передним углом при повышении сопротивления породы разрушению будет выталкиваться из породы. В этом случае рекомендуется повысить осевое усилие. Глубина внедрения резца в породу увеличивается при повышении осевого усилия, уменьшении ширины резца и угла приострения. При вдавливании в породу наибольшая глубина внедрения при прочих равных условиях будет у резца с нулевым значением переднего угла, а минимальная – у резца с отрицательным передним углом, что подтверждается полученной зависимостью глубины внедрения резца в породу в зависимости от переднего угла.

Список литературы

1. Технология бурения нефтяных и газовых скважин /А.Н. Попов, А.И. Спивак, Т.О. Акбулатов и др. Под общей редакцией А.И. Спивака. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 509 с.

05.02.11

О.Ю. Кустов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, KustovOU@yandex.ru

О ВЛИЯНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ СОЗДАНИИ 3D-ОБРАЗЦОВ ЗПК НА ИХ АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

На основе технологии 3D-печати созданы образцы звукопоглощающих конструкций из abs-пластика с двумя разными размерами стандартных сотовых ячеек и пластины со степенью перфорации 5, 7 и 11%. Образцы сравнивались с сотовыми образцами из стеклопластика и алюминия, совместно с перфорированными композитными пластинами с идентичными отверстиями и степенями перфорации. Акустические характеристики определялись на интерферометре с нормальным падением волн.

Ключевые слова: звукопоглощающие конструкции; 3D-печать; акустические характеристики; интерферометр с нормальным падением волн.

Звукопоглощающие конструкции (ЗПК) резонансного типа нашли широкое применение в регулировании акустических параметров технологического оборудования, а также силовых установок летательных аппаратов. В исследованиях влияния формы резонаторов на их акустические характеристики для создания образцов ЗПК под испытания на интерферометре с нормальным падением волн все чаще применяется технология 3D-печати [1, 2].

Производственный цикл создания образца ЗПК по технологии включает в себя проектирование формы образца в программе трехмерного моделирования, преобразование модели в формат, совместимый с 3D-принтером, и непосредственно печать образца на 3D-принтере. При передаче модели в программное обеспечение 3D-принтера модель разбивается на слои. Перед этим выбирается метод заполнения твердотельных участков и толщина слоя.

Печать образца ЗПК целиком с верхней и нижней крышкой приводит к тому, что вся внутренняя полость заполняется материалом поддержки, который необходимо удалить. Поскольку доступ внутрь полости образца ЗПК осуществляется только через отверстия перфорации, то внутри ячейки образуется застойная зона, что осложняет свободное вымывание материала поддержки. По этим причинам в данном исследовании образцы печатались из нескольких частей с последующим их соединением друг с другом и поджатием непосредственно в интерферометре. Такой метод позволяет варьировать конфигурации пластин с различными степенями перфорации и различными размерами ячеек ЗПК.

Еще одной важной особенностью данной технологии производства образцов ЗПК является минимальная толщина стенки резонаторов. При 3D-печати методом экструдирования нити каждый слой формируется непрерывной нитью. В этом случае 3D-принтер накладывает нить в одном направлении, затем в конце отрезка разворачивается и накладывает нить в противоположном направлении для того чтоб перейти к следующей части геометрии. По этой причине толщина стенки имеет некое минимальное значение, равное приблизительно 2 толщинам нити, и зависит от диаметра сопла 3D-принтера.

Для проведения экспериментальных исследований были напечатаны из abs-пластика сотовые однослойные образцы с разным объемом резонаторов (рис. 1, а, б) $5.2355 \cdot 10^{-6}$, $1.5751 \cdot 10^{-6}$ м³, а также пластины со степенью перфорации 5, 7 и 11% (рис. 1, в). Сравнение проводилось со стандартными для ЗПК сотами (рис. 1, а, б). Сотовые образцы, как стандартные, так и напечатанные, накрывались перфорированной пластиной, либо напечатанной на 3D-принтере (рис. 1, в), либо созданной из композиционного материала (рис. 1, г).

Измерения образцов проводились на интерферометре с нормальным падением волн [3]. Испытания проводились в частотном диапазоне 500-6400 Гц с уровнями акустического давления 140 дБ. Полученные результаты измерений акустического давления в канале интерферометра обрабатывались методом передаточной функции [4]. Всего было исследовано 24 варианта сочетаний на основе конструктивных элементов, представленных на рис. 1.

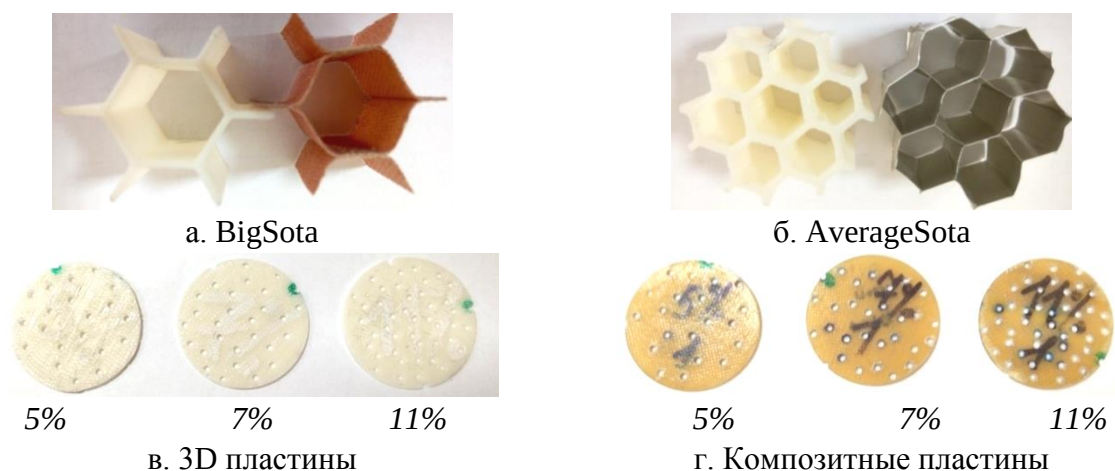


Рис. 1 – Образцы для исследования

Представленные на рисунках 2, 3 результаты полученных спектров коэффициента звукопоглощения α для некоторых вариантов образцов демонстрируют, что погрешности в геометрических параметрах образцов, вызванные той или иной технологией изготовления образца, могут приводить к серьезным отклонениям величин акустических характеристик ЗПК. Например, для коэффициента звукопоглощения в области резонансных частот значения могут отличаться на 0.2 и более. Таким образом, нецелесообразно сопоставлять результаты эксперимента с проектировочными значениями акустических характеристик ЗПК, если технология изготовления не обеспечивает должную точность проектных геометрических параметров образцов.

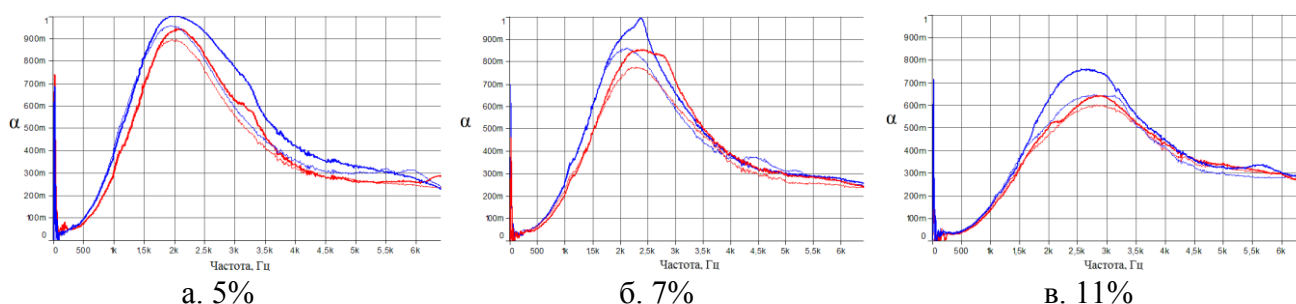


Рис. 2 – Результаты измерений для BigSota при уровне 140 дБ.

(Толстая кривая – образец 3D, тонкая – стандартная сота.

Синяя кривая – перфорация 3D, красная кривая – перфорация из композита)

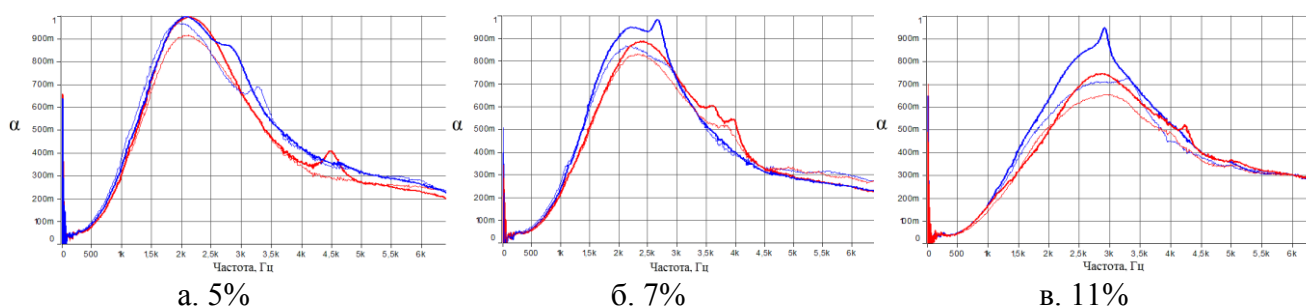


Рис. 3 – Результаты измерений для AverageSota при уровне 140 дБ.

(Толстая кривая – образец 3D, тонкая – стандартная сота.

Синяя кривая – перфорация 3D, красная кривая – перфорация из композита)

В целом стоит отметить, что точность изготовления образцов ЗПК по аддитивной технологии намного выше, чем промышленная технология изготовления из композиционных материалов. Это позволяет создавать резонаторы со сложной геометрической формой, однако материал дает некоторую усадку, готовые образцы имеют шероховатость и скругления кромок отверстий в зависимости от толщины нити.

Также при испытаниях образцов резонансных ЗПК в интерферометрах с узким каналом (что важно для обеспечения распространения в канале только поршневой моды) на спектрах коэффициента звукопоглощения присутствуют нехарактерные узкополосные пики (рис. 3, 4), которые образуются из-за попадания 20-50% отверстий перфорированной пластины на стенки соты (рис. 4). Особенно сильно пики проявляются при наложении пластин на 3D-напечатанную соту, поскольку она имеет большую толщину стенки.

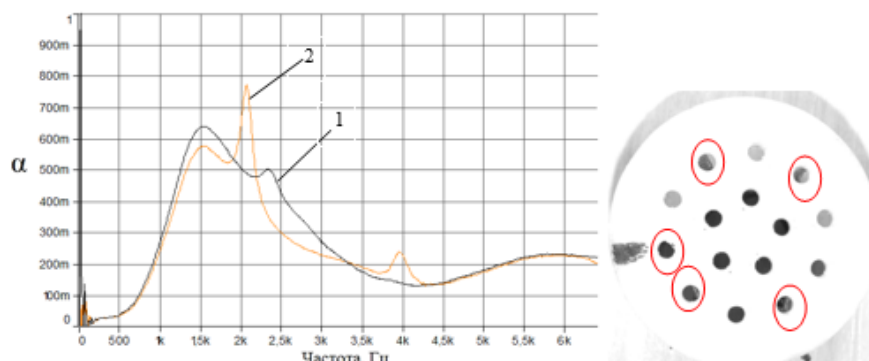


Рис. 4 – Нехарактерные пики в звукопоглощении при попадании отверстий перфорации на ребра резонансных ячеек (1 – минимальное попадание отверстий на стенки ячейки, 2 – максимальное попадание отверстий на стенки ячейки)

Пока технология 3D-печати используется только для создания образцов ЗПК с целью их использования в научных исследованиях [1, 2, 5]. Однако проведенные исследования позволяют сформулировать некоторые рекомендации для данных случаев.

1. При изготовлении образцов ЗПК для научных исследований необходимо сохранять точность геометрических параметров, используемых при проектировании ЗПК на основе полуэмпирических моделей или численного моделирования.

2. При экспериментальных исследованиях на основе измерений в интерферометре с нормальным падением волн необходимо создавать образцы ЗПК с перфорацией, в которой менее 20% отверстий попадает на стенки ячеек резонаторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, договор № 17-41-590107/18.

Список литературы

1. Howerton B.M., Jones M.G., Buckley J.L. Development and validation of an interactive liner design and impedance modeling tool // AIAA Paper 2012-2197.
2. Пальчиковский В.В., Кустов О.Ю., Корин И.А., Черепанов И.Е., Храпцов И.В. Исследование акустических характеристик образцов звукопоглощающих конструкций в интерферометрах с разным диаметром поперечного сечения канала // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. 2017. № 51. С. 62-73.
3. Кустов О.Ю., Пальчиковский В.В. Интерферометр для высоких уровней акустического давления // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации. 2015. Т. 1. С. 157-160.
4. Chung J.Y., Blaser D.A. Transfer function method of measuring in-duct acoustic properties. I. Theory. II. Experiment // Journal of the Acoustical Society of America. 1980. Vol. 68, No. 3. P. 907-921.
5. Соболев А.Ф., Остриков Н.Н., Аношкин А.Н., Пальчиковский В.В., Бурдаков Р.В., Ипатов М.С., Остроумов М.Н., Яковец М.А. Сравнение импеданса звукопоглощающей конструкции, полученного по результатам измерений на двух различных установках с использованием малого числа микрофонов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. 2016. № 2 (45). С. 89-113.

05.02.22

¹Б.А. Мовтян, ²Д.П. Данилаев д-р техн. наук¹АО «Калужский электромеханический завод», Калуга, bmovt@list.ru²Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, danilaev.reku@kstu-kai.ru

ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ВЫПОЛНЕНИЯ ГОСОБОРОНЗАКАЗА

Интеграция предприятий ОПК в структуре концерна позволяет рассматривать систему повышения эффективности выполнения гособоронзаказа на основе выбора стратегий, объединения и реализации ресурсов. В этой связи определяются задачи управляющей компании концерна в повышении эффективности выполнения гособоронзаказа. Рассмотрена методология адаптивного управления производственными программами дочерних предприятий при выполнении гособоронзаказа.

Ключевые слова: менеджмент концерна ОПК, управление гособоронзаказом, эффективность выполнения гособоронзаказа.

Повышение эффективности выполнения гособоронзаказа (ГОЗ), предприятиями ОПК в структуре промышленного концерна может достигаться за счет применения технологий управления. Целевая задача – качественное выполнение каждого контракта по ГОЗ в полном объеме и в срок, – обуславливает применение проектного подхода к управлению производством. Для организации корпоративной системы управления ГОЗ необходима декомпозиция информационных потоков по уровням управления. Цель статьи – структурирование задач и методов повышения эффективности выполнения ГОЗ на уровне корпоративного менеджмента.

При выработке стратегий промышленного концерна ОПК по повышению эффективности выполнения ГОЗ на практике используют проверенные управленческие технологии. Например, концепцию бережливого производства, технологию «точно в срок», теорию ограничений, и другие. Важной задачей является выбор и создание механизма реализации фокусной стратегии на основе проектного подхода.

Подход к разработке стратегии концерна должен сформировать конкурентные преимущества от совместной деятельности дочерних предприятий. Такая реализация обеспечивается сбалансированностью потоков ресурсных воздействий на протекание внутренних процессов и концерна, и дочерних предприятий в отдельности [1].

Для каждого контракта по ГОЗ необходима разработка производственной программы его выполнения, включая разделение на детализированные этапы производства. На входах и выходах каждого этапа возможна оценка производственной и научно-технической эффективности на основе контроля качества изделий, стабильности и эффективности технологических процессов, отклонений от установленных норм. На каждом этапе контролируются сроки, объемы выполнения работ.

Оценка эффективности выполнения ГОЗ на этапах производства тесно связана с определением критериев и формированием системы показателей эффективности [2]. Критерии эффективности определяют факторы риска выполнения ГОЗ: научно-технические, производственные, кадровые, финансово-экономические, организационные. Формируемая система корпоративного управления ГОЗ направлена на снижение этих факторов.

Организационно-экономический механизм интегрированной структуры концерна позволяет создать единую систему стратегического планирования и финансового управления, комплексную юридическую поддержку и общее управление кадрами всех субъектов. Это повышает качество управления концерном за счет исключения дублирования некоторых функций, обеспечивает экономию и большую достоверность прогнозов возникающих затрат [1]. Возможно формирование централизованных фондов и резервов, в том числе финансовых ресурсов.

Одним из способов повышения эффективности выполнения ГОЗ дочерними предприятиями в составе интегрированной структуры является установление взаимосвязей между ними [3]. В «Концерне «Автоматика», между субъектами устанавливаются материальные взаимосвязи:

- разработка единых производственных, технологических процессов для предприятий, работающих в смежных областях;
- общее юридическое обеспечение;
- общее обучение персонала;
- специализация дочерних предприятий на выполнение работ в интересах всего Концерна;
- общая цепь поставщиков и система закупок;
- общая сеть ремонтного и гарантийного обслуживания;
- формирование временных трудовых коллективов для выполнения этапов производственных программ.

Нематериальные взаимосвязи в Концерне реализуют передачу опыта и знаний, нематериальных активов, создание базы данных по НИОКР.

Множество взаимосвязей определяет функциональные стратегии управляющей компании. Например, долгосрочную стратегию по подбору, обучению, переподготовке, аттестации персонала, формированию системы управления знаниями. Для упрощения реализации взаимосвязей внутри Концерна возможно создание кластеров из дочерних предприятий.

Выделение промежуточных точек контроля этапов выполнения ГОЗ позволяет сравнивать эффективность производственной деятельности с аналогичной при производстве гражданской продукции, проводить сопоставление с деятельностью других предприятий, или с мировой практикой. На этой основе возможна выработка корпоративных стандартов производства.

Сложность взаимоотношений субъектов внутри концерна заключается в том, что предприятия-участники неизбежно вступают между собой в своеобразную конкуренцию за обладание ресурсами и фондами. В результате «работы на себя» появляется разобщенность. Повышение эффективности совместного функционирования возможно на основе организационной структуры взаимодействия.

Система организации, контроля и выполнения ГОЗ дочерними предприятиями в составе промышленного холдинга обладает признаками самоорганизующейся системы [4]. Для нее характерно применение эталонов (норм, стандартов), по которым осуществляется организация производства продукции, наличие внешних воздействий, к которым она должна оперативно адаптироваться, недостаточность априорной информации об условиях реализации производственных программ.

Объектом адаптивного управления на уровне управляющей компании Концерна являются отдельные контракты по ГОЗ, основные и вспомогательные процессы на этапах производства. Одной из задач адаптивной системы является уменьшение инерционности управления ГОЗ. Система адаптивного управления процессом производства продукции по ГОЗ дочерними предприятиями в структуре промышленного холдинга относится к известным системам замкнутого типа, с комбинированным управлением по внешнему возмущению и отклонению от эталонной модели (рис.1) [4]. Это позволяет исследовать механизмы адаптации на основе методов, применяемых в самонастраивающихся системах.

Выделенные этапы производства и контроля контрактов ГОЗ сокращают периоды взаимодействия предприятий и управляющей компании концерна. Выделение этапов производства позволяет разделить задачи и функции системы адаптации и выбрать рациональные механизмы адаптации. Предложенная организационная структура взаимодействия дочерних предприятий и управляющей компании позволила разделить структурную адаптацию – в межэтапный период, и самонастройку процессов на этапах производства. Методы и механизмы самонастройки на каждом этапе отличаются и соответствуют частным задачам производства. Эти механизмы реализуются на уровне

предприятия – исполнителя ГОЗ. На верхнем уровне менеджмента концерна рационально реализовать методы и механизмы структурной адаптации процессов выполнения ГОЗ.



Рис. 1. – Обобщенная схема замкнутой системы адаптивного управления с комбинированным управлением по внешнему возмущению и отклонению от эталонной модели: ОУ – объект управления; ИМ – исполнительный механизм, 1, 2, ..., n – структурные элементы

Прогноз о кадровом обеспечении каждого этапа, стабильности технологического процесса, воспроизводимости параметров продукции, наличии необходимых ресурсов в достаточном объеме – эта информация на момент начала каждого этапа производства носит оценочный характер. Для анализа показателей эффективности выполнения ГОЗ, определения соответствия или несоответствия критериям эффективности, целесообразно применение метода экспертных оценок. Несогласованность экспертных мнений относительно качественных характеристик объектов и явлений определяет нечеткий характер их оценок. Поэтому один из подходов к реализации структурной адаптации в корпоративной системе управления может быть построен на принципах нечеткого регулятора [4].

Таким образом, в предложенной системе корпоративного управления выполнением ГОЗ дочерними предприятиями в составе промышленного консорциума задачами управляющей компании являются:

- подготовка и мониторинг производственных программ дочерних предприятий;
- определение исполнителей конкретных ГОЗ, их экспертиза, мониторинг;
- организация разработки и выполнения ГОЗ как пакета проектов;
- формирование механизма корректировки производственных программ предприятий по проектам в межэтапный период их выполнения.

Методология адаптивного управления производственными программами дочерних предприятий при выполнении проектов ГОЗ представляется комплексом правил и процедур в системе корпоративного управления. Структурная адаптация реализуется на уровне корпоративного управления на основе методов управления структурой, составом и ограничениями. Механизмы адаптивного управления реализуются на уровне управления предприятием.

Список литературы

1. Зайцев, А.В. Как повысить стоимость холдинга? / А.В.Зайцев, В.В.Баранов. // Российское предпринимательство. 2008. №10. С.176-180.
2. Филиппов, А.А. Аналитический обзор методов повышения эффективности предприятия [Электронный ресурс] / А.А.Филиппов // Материалы Международной научно-технической конференции. М.: МИРЭА, 2014. С.228-236. – Режим доступа: conf.mirea.ru/CD2014/pdf/p1/57.pdf (Дата обращения: 21.12.2017).
3. Портер, М. Конкурентная стратегия. Методика анализа отраслей конкурентов. / Майкл Ю. Портер. – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 454с.
4. Данилаев, Д.П. Самоорганизующаяся система кадрового обеспечения предприятий / Д.П. Данилаев, Н.Н. Маливанов // Вестник КГТУ им. А.Н.Туполева. – 2016. - №4. – С. 89 -94.

05.02.22

А.А. Морозенко д-р техн. наук, И.Е. Воронков

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
кафедра строительства объектов тепловой и атомной энергетики,
Москва, morozenkoAA@mgsu.ru, voronkovie@mgsu.ru

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ УЧАСТНИКОВ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ КАК ЭЛЕМЕНТОВ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

В статье представлен механизм оценки надёжности участников инвестиционно-строительных проектов как элементов организационной структуры. Надёжность участников инвестиционно-строительных проектов предлагается выразить определяемой вероятностной величиной – коэффициентом надёжности участника инвестиционно-строительного проекта, вычисляемого посредством многофакторного анализа совокупности показателей деятельности исследуемых предприятия и их сопоставления со среднестатистическими значениями и среднэкспертными оценками. В качестве объективных и достоверных источников исходных данных предполагается использовать материалы Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. Методом осуществления экспертной оценки показателей принимается индивидуальное анкетирование.

Ключевые слова: организационная структура, инвестиционно-строительный проект, среднестатистическое значение, многофакторный анализ, коэффициент надёжности участника ИСП.

Осуществление в современных условиях инвестиционно-строительное деятельности обуславливает необходимость систематического выполнения работ по отбору возможных участников инвестиционно-строительных проектов (ИСП), на основе комплексного анализа результатов деятельности данных предприятий в установленном временном периоде.

Используемые региональные и национальные стандарты традиционно определяют процессы выбора и утверждения контрагентов, однако опыт двух последних десятилетий не отражает эффективности используемых механизмов и конкурсных процедур. Последствием принятия неверных управленческих решений в подавляющем большинстве случаев становится выявление полной или частичной несостоятельности выбранного контрагента и, как следствие, невозможность реализации ИСП в соответствии с ранее определёнными сроками, стоимостью и уровнем качества.

Утрата возможности абсолютно успешной реализации ИСП снижает общую рентабельность осуществляемой участниками проекта деятельности, а также сказывается на профессиональной репутации участников ИСП что может быть недопустимо при реализации масштабных ИСП, финансируемых из бюджетных источников, или выполняемых силами отечественных компаний за рубежом нашей страны.

Использование системного подхода [1], как неотъемлемого инструмента системотехники строительства [2] позволяет формализовать организационную структуру (ОС) ИСП как систему, формируемую из элементов с определённым уровнем собственной надёжности [3]. Данное обстоятельство позволяет нам считать логичным утверждение, что интеграция в ОС ИСП элементов, характеризующихся высоким уровнем собственной надёжности, позволит качественно повысить эффективность реализации проекта.

Также следует отметить, что разработка механизма оценки надёжности участников ИСП может быть рассмотрена как логичное продолжение и дополнение исследовательской работы по разработке и совершенствованию модели расчёта стойкости структуры [4]. Математическая модель расчета стойкости организационной структуры ИСП предполагает знание надёжности элементов структуры в количественном выражении.

Теоретически надёжность участников ИСП можно оценить путем анализа результатов их деятельности достигнутых за определенный период времени. При таком подходе одним из этапов анализа будет являться поиск и вычисление относительных значений показателей деятельности данного предприятия.

С целью формализации оценки надёжности участников ИСП как элементов ОС[5] следует ввести понятие коэффициента надёжности участника ИСП, вычисляемого по формуле:

$$K_{p_n} = \frac{S_n}{S}$$

где: n – порядковый номер организации (предприятия) из перечня потенциальных участников ИСП;

S – число анализируемых показателей исследуемых предприятий;

S_n – число показателей, расчетные (абсолютные) и среднеэкспертные значения которых $T_{абс.}^n(k_m)$, $T_{эксп.}^n(k_m)$ для конкретного предприятия превышают или равны среднеотраслевым значениям $T_{ср. отр.}^n(k_m)$ или среднеэкспертным оценкам $T_{ср. эксп.}^n(k_m)$.

Условием превышения абсолютных значений показателей их среднестатистических значений и среднеэкспертных оценок примем выполнение одного из двух неравенств:

$$T_n(k_m) = \frac{T_{абс.}^n(k_m)}{T_{ср. отр.}^n(k_m)} \geq 1,0$$

$$T_n(k_m) = \frac{T_{эксп.}^n(k_m)}{T_{ср. эксп.}^n(k_m)} \geq 1,0$$

Где: $T_n(k_m)$ – относительное значение k – го показателя m – ой группы, вычисленное для n – го предприятия;

m – порядковый номер группы показателей;

k – порядковый номер показателя в m – ой группе;

$T_{абс.}^n(k_m)$ – абсолютное значение k – го показателя m – ой группы (статистические блоки), вычисленное для n – го предприятия путем исследования эффективности его функционирования в установленном временном периоде;

$T_{эксп.}^n(k_m)$ – абсолютное значение k – го показателя m – ой группы (экспертные блоки), вычисленное для n – го предприятия путем экспертной оценки показателей его деятельности в установленном временном периоде;

$T_{ср. отр.}^n(k_m)$ – обобщенное среднеотраслевое значение k – го показателя m – ой группы (статистические блоки), определяемое на основе анализа данных государственных статистических наблюдений.

$T_{ср. эксп.}^n(k_m)$ – обобщенное среднеэкспертное значение k – го показателя m – ой группы (экспертные блоки), определяемое как средняя величина возможных экспертных оценок исследуемых показателей.

Использование данного подхода определяет абсолютно надежным то предприятие, значения всех показателей которого превышают либо равны среднеотраслевым значениям и среднеэкспертным оценкам. В таком случае коэффициент надёжности данного предприятия будет равен 1 (единице):

$$K_{p_n} = \frac{S_n}{S} = 1$$

Граничным условием надёжности предприятия определим следующий интервал значений коэффициента надёжности:

$$0,75 \leq K_{p_n} \leq 1,0$$

Принимая во внимание многочисленные исследования и изучения опыта реализации ИСП, надежным предприятием будет считаться такое предприятие значения не менее 75% показателей деятельности которого превосходят соответствующие среднеотраслевые значения и среднеэкспертные оценки. Ненадежным признается предприятие, коэффициент надёжности которого не превышает значение 0,75:

$$K_{p_n} < 0,75.$$

Источником объективной и достоверной информации при определении абсолютных значений показателей деятельности исследуемых предприятий $T_{абс.}^n(k_m)$ могут выступать официальные формы статистических наблюдений.

В качестве объективных источников среднестатистических значений показателей деятельности организаций и предприятий $T_{ср. отр.}^n(k_m)$ можно рассматривать официально публикуемые материалы Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстата) [6].

Следующим этапом анализа является экспертная оценка показателей, отнесенных нами к экспертным блокам. Оценку данных показателей возможно выполнить используя метод индивидуального анкетирования.

Формализация определения численных значений показателей статистических блоков предполагается посредством присвоения экспертами каждому из факторов экспертного блока одного из четырех базовых числовых значений:

$$\bar{T}_{эксп.}^n(k_m) = 0,6; 0,9; 1,2; 1,5$$

Таким образом, средняя экспертная оценка для каждого показателя экспертных блоков равна:

$$T_{ср. эксп.}^n(k_m) = 1,05$$

Выполнив систематизацию данных, полученных от экспертов, оценив и повысив согласованность оценок [7], определив веса компетентности экспертов нами могут быть получены итоговые уточненные экспертные оценки, являющиеся наиболее достоверными значениями показателей $T_{эксп.}^n(k_m)$ для каждого исследуемого предприятия. Сравнение данных значений со среднеэкспертной оценкой $T_{ср. эксп.}^n(k_m)$ позволит определить количество показателей экспертных блоков, значения которых равны или превосходят среднеэкспертные оценки, т.е. для которых выполняется неравенство:

$$T_n(k_m) = \frac{T_{эксп.}^n(k_m)}{T_{ср. эксп.}^n(k_m)} \geq 1,0$$

Вычислив количество показателей, значения которых равны или превышают среднестатистические значения и среднеэкспертные оценки становится возможно произвести расчет коэффициентов надежности исследуемых предприятий K_{p_n} , тем самым завершив многофакторный анализ показателей деятельности возможных участников ИСП и выполнив оценку надежности участников ИСП как элементов ОС.

Список литературы

1. Гинзбург А.В., Лобырева Я.А., Семернин Д.А. Системный подход при создании комплексных автоматизированных систем управления и проектирования в строительстве // Научное обозрение. – 2016. – №16. – С. 461- 464.
2. Гусаков А.А. Системотехника строительства. - М.: Стройиздат, 1993. 368 с.
3. I. Voronkov Evaluation and improvement of the reliability of organizational structures of ICP by the method of hierarchy analysis // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) . - Bristol: IOP Publishing, 2018. - С. 062035.
4. Морозенко А.А. Рефлексно-адаптивная организационная структура инвестиционно-строительных проектов: дис. ... д-р тех. наук: 05.02.22. - М., 2013. - 303 с.
5. Морозенко А.А., Воронков И.Е. Проблемы оценки и повышения надежности элементов организационной структуры инвестиционно-строительного проекта // Промышленное и гражданское строительство. - 2014. - № 12. - С. 30-32
6. Приказ Федеральной службы государственной статистики РФ "Об утверждении статистического инструментария для организации федерального статистического наблюдения за строительством, инвестициями в нефинансовые активы и жилищно-коммунальным хозяйством" от 30.08.2017 г. № 562 // 2017 г. с изм. и допол. в ред. от 05.09.2017
7. Вороновский В.В., Дудко А.Н., Паздников В.Ю., Сохранный Е.П., Усиков С.Б. Задача повышения отношения согласованности экспертных оценок при определении важности характеристик исследуемых объектов // Космонавтика и ракетостроение. - 2017. - № 1(94). - С. 46-53.

05.02.08

А.П. Старостин, В.Ф. Пегашкин д-р техн. наук

Нижнетагильский технологический институт (филиал)
Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
кафедра «Общего машиностроения»,
Нижний Тагил, ap-star@yandex.ru, v.f.pegashkin@urfu.ru

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НЕЖЁСТКИХ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДАПТИВНОЙ ОБРАБОТКИ

В работе представлен алгоритм управления движения инструмента по траектории с использованием адаптивного управления при обработке нежестких деталей на станке с ЧПУ. Предложена команда для задания обработки вала по предсказанной траектории с использованием G-команды.

Ключевые слова: *обработка вала, точение, станки с ЧПУ, погрешность формы, точность обработки, деформация вала, сила резания, податливость.*

Введение. В современном машиностроительном производстве повышение точности и возможностей станков и обрабатывающих центров с ЧПУ является одним из приоритетных направлений исследований и дальнейшей модернизации.

Нежесткие детали типа валов, брусьев, втулок и т.д. требуют особого подхода при их обработке. Это касается, как базирования, так и влияния на процессы резания с использованием особых приёмов и методов для повышения точности. В современном производстве на станках с ЧПУ нецелесообразно использовать, например, люнеты. Следовательно, обработку возможно проводить при базировании центр-центр, патрон-центр или патрон-патрон.

Решение проблемы повышения точности обработки нежестких деталей возможно при задании предсказанной траектории перемещения инструмента вдоль детали [1] или изменение величины подачи [2]. Для расчёта упругой деформации можно воспользоваться формулой [3]

$$y = P_y \left[\mu \frac{z^2(1-z)^2}{3EJl} + \left(1 - \frac{z}{l}\right)^2 \omega_{пб} + \left(\frac{z}{l}\right) \omega_{зб} + \omega_c \right], \quad (1)$$

где z – координата силы по длине детали от передней бабки; l – длина детали; J – момент инерции детали (для круглого сплошного сечения вала диаметром d ; $J = 0,048d^4$; E – модуль упругости материала детали; $\omega_{пб}$, $\omega_{зб}$, ω_c – податливости соответственно передней бабки, задней бабки и суппорта; μ – коэффициент динамичности.

Сила резания P_y , определяется по формуле [1]:

$$P_y = C_p v^u S^x t^m, \quad (2)$$

где C_p – постоянный коэффициент; v – скорость резания; S – подача; t – глубина резания; u , x , m – показатели степени.

Для расчёта траектории движения инструменты по предсказанной траектории вычисляется по формуле

$$P'_y = C_p v^u S^x (t + y)^m, \quad (3)$$

где y – деформация технологической системы под действием силы резания.

Формула для расчёта предсказанной траектории движения инструмента будет выглядеть следующим образом

$$y' = P'_y \left[\mu \frac{z^2(1-z)^2}{3EJl} + \left(1 - \frac{z}{l}\right)^2 \omega_{пб} + \left(\frac{z}{l}\right) \omega_{зб} + \omega_c \right], \quad (4)$$

Исходя из этого имеется два способа реализации автоматического расчёта траектории для обработки на станке с ЧПУ и минимальным участием человека при составлении управляющей программы:

В дальнейшем система по имеющимся данным определяет:

1. Координаты приложения силы по длине детали от передней бабки.
2. Момент инерции на основе координаты инструмента по оси X во время обработки.

3. Коэффициент динамичности μ для черновой обработки 1,2-1,4, чистовой 1-1,1 [2]. Из практического опыта чистовой припуск равен до 0,5 мм. Припуск для чернового прохода обычно принимают более 2 мм. На основании этого коэффициент динамичности для чистового прохода можно вычислить по формулам (8),(9) и использовать следующий алгоритм для его определения при расчётах СЧПУ (рис.2)

Для чистового прохода:

$$\mu = 0,25t + 0,975 \quad (8)$$

Для чернового прохода от 2 до 4 мм:

$$\mu = 0,05t + 1,1 \quad (9)$$

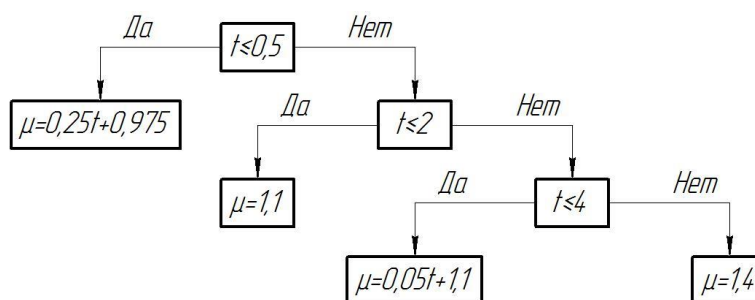


Рис. 2. Блок схема выбора коэффициента динамичности

4. Податливость передней бабки $\omega_{ПБ}$, задней бабки $\omega_{ЗБ}$ и суппорта $\omega_{С}$ задаётся производителем при проектировании станка. Для новых станков среднестатистическая жесткость составляет $j_{cm} = 20000-40000$ Н/мм (до 100000 Н/мм), а для выработавших свой ресурс - менее 10000 Н/мм. При этом податливость обратнопропорциональна жёсткости станка. Для определения податливости станка в автоматическом режиме при обслуживании возможна установка дополнительных датчиков на переднюю, заднюю бабки и суппорт.

Для расчётов по формуле (1) системой ЧПУ требуется задание длины детали и исходной глубины резания для правильности расчётов, что возможно при задании в одном кадре.

На основе вышеописанного можно вывести алгоритм расчётов траектории движения инструмента для обработки нежёстких деталей типа «вал» на станках с ЧПУ.

1. На основе данных по нагрузке на двигатель определить силу резания P_x и принять как константу для дальнейших расчётов.

2. Определить упругую деформацию при начальной силе резания в следующем положении инструмента по координате оси Z с учётом точности станка.

3. Определить поправочный коэффициент с учётом изменившейся глубины резания на упругую деформацию при начальной силе резания [1]

$$i = \left(\frac{t+y}{t} \right)^m \quad (10)$$

4. Определить глубину резания следующего положения инструмента с учётом точности станка по формуле

$$t_{расч.} = t + yi \quad (11)$$

5. Определить координату по оси X для предсказания траектории по формуле

$$d_{расч} = d + 2 \cdot (t - t_{расч}) \quad (12)$$

6. Определить длину детали на основании начальной и конечной точки движения инструмента при обработке по G -команде.

Таким образом, можно сделать вывод, что при реализации адаптивной обработки нежёстких деталей типа «вал» имеется возможность создания со-интерполятора для расчёта траектории обработки гладкого вала (на данном этапе исследований). В связи с этим при программировании детали технологом программистом и наличии со-интерполятора для траектории движения инструмента будет задаваться код следующего вида

$Gnn\ Xa\ Zb\ Pd,$

где G – подготовительная функция, np – номер G -команды по системе ЧПУ, a , b – координаты конечной точки обработки по команде Gnp для оси X и Z , соответственно, P – команда задания номинальной глубины резания, d – значение номинальной глубины резания.

Вывод. Разработан алгоритм адаптивного управления обработкой при точении позволяющий повысить точность обработки нежестких деталей при минимальном внесении изменений только в систему числового программного управления без установки дополнительных датчиков. А также, повысит точность обработки изделий на машиностроительных предприятиях без предварительной подготовки управляющих программ с учётом предсказанной траектории.

Список литературы

1. Пегашкин В.Ф. Повышение точности обработки нежестких деталей в центрах на станках с числовым программным управлением / В. Ф. Пегашкин, Старостин А.П. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2018. Т. 18, № 1. С. 51–57
2. Способы регулирования точности при обработке нежестких валов на токарных станках с ЧПУ / Плотников А.Л., Чигиринский Ю.Л., Шмаров А.А., Ключиков Д.С. // Изв. ВолгГТУ. Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». Вып. 8 : межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2012. - № 13 (100). - С. 39-43
3. Подпоркин В.Г. Обработка нежестких деталей. / В. Г. Подпоркин – Москва-Ленинград : МАШГИЗ, 1959. – 208 с.

05.02.00

Я.Н. Хомовский

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ),
Москва, yariksp@mail.ru

О КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОНКОСТЕННЫХ КАНАЛАХ ГАЗОВОЗДУШНОГО ТРАКТА ГПВРД

В прямоточных гиперзвуковых двигателях поперечное сечение газозвдушного канала может изменяться от прямоугольной формы до цилиндрической. Для расчёта НДС конструкции использовались формулы для расчёта неразрезных пластин. Проведены расчёты стенок канала методом конечных элементов и аналитическим методом. На основании полученных результатов была выявлена погрешность расчётов.

Ключевые слова: камера сгорания, напряжения.

В современных гиперзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателях (ГПВРД) канал, по которому воздух подводится в камеру сгорания, обычно представляет собой оболочку прямоугольного или круглого поперечного сечения. Для её изготовления может быть использован углерод-углеродный композитный материал (УУКМ), обладающий подходящими прочностными и массовыми характеристиками. Поперечное сечение газозвдушного тракта может меняться от прямоугольного до круглого на входе в камеру сгорания. В некоторых случаях канал изолятора подкрепляется поперечными стенками (рис.1).

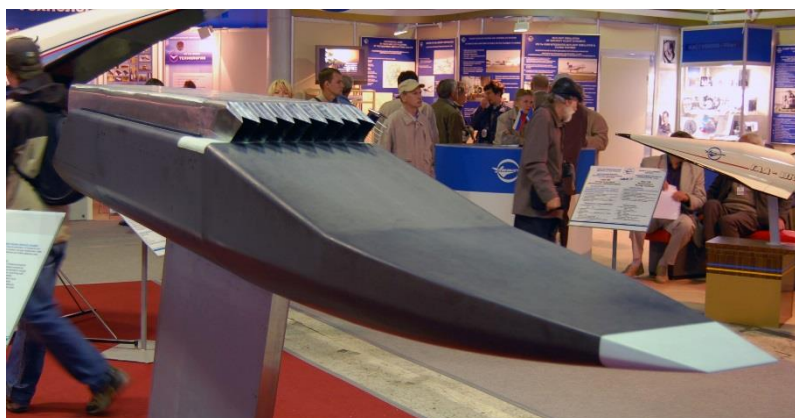


Рис. 1– Гиперзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель летающей лаборатории ГЛЛ-АП (макет) на МАКС-2009

Для упрощения расчётов в статье используется один крайний канал с симметричным нагружением. Оценивая прочности такой системы необходимо рассмотреть прямоугольную пространственную коробку, образованную плоскими пластинами. Идея использования аппарата неразрезных пластин для расчёта коробок принадлежит К.К. Лихареву [1]. Общая картина напряжённо-деформированного состояния тонкостенного канала квадратного проходного сечения на достаточном удалении от входа и выхода может быть представлена на рис.2 (а, б, в, г).

При намотке углеродных нитей под углом $\alpha=45^\circ$ к оси коробчатой оболочки (рис. 4) её прочность вдоль оси и в поперечном направлении оказывается примерно одинаковой, а соответствующие напряжения отличаются (рис. 2).

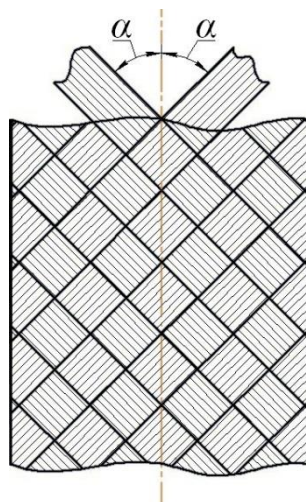


Рис. 4– Схема намотки углеродных нитей

Изменяя угол α , можно изменять и прочность в упомянутых направлениях и добиваться тем самым близких по значениям величин запасов прочности. Сказанное относится в первую очередь к напряжениям в удалённых от углов сечений местах, но также в определённой степени и в местах, где имеет место концентрация напряжений. В последнем случае выполнить количественную оценку достаточно трудно.

Заключение:

1. При исследовании НДС коробчатого канала ГПВРД из углерод-углеродного композитного материала рассматривалось нагружение только перепадом давления.
2. Сравнивая значения напряжений, полученные с помощью формулы 1 и методом конечных элементов в программе Ansys, получаем, что увеличение радиуса в наибольшей степени влияет на напряжения в углах сечения и это необходимо учитывать при расчётах. Разница в напряжениях составляет от 39% до 76% для рассмотренного интервала радиусов в углах сечения от $R=0,1$ мм до $R=8$ мм.
3. Результаты проверочных расчётов могут способствовать разработке оптимальной в отношении прочности технологии изготовления оболочек различных форм из УУКМ.

Список литературы

1. Пономарев С.Д., Бидерман В.Л., Лихарев К.К. и др. Расчёты на прочность в машиностроении. Том 2. – М.: Машгиз, 1958. – 974 с.
2. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Справочная книга. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с.
3. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1979. – 560 с.
4. Пономарев С.Д., Бидерман В.Л., Лихарев К.К. и др. Расчёты на прочность в машиностроении, том 2. – М.: Машгиз, 1958. – 974 с.
5. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство/ Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ (05.11.00)**

05.11.00

М.С. Виноградов, И.А. Заволокин, И.В. Нелин канд. техн. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра 410 «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование»,
Москва, zavolokin96@mail.ru, vinmax98@yandex.ru, nelin.iv@yandex.ru

**ВЫСОКОТОЧНАЯ ПРОВЕРКА ЦЕЛОСТНОСТИ МНОГОПРОВОДНЫХ ЖГУТОВ И
ПРОВЕРКА КОРРЕКТНОЙ УСТАНОВКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ КОНТАКТОВ В
МНОГОКОНТАКТНЫЕ РАЗЪЕМЫ ПРИ ПОМОЩИ DALLASTOUCHMEMORY
(IBUTTON)**

В реалиях нашего времени любая система подвергается доработке и модернизации, не являются исключением, к примеру и самолетные системы. При установке дополнительного оборудования возникает потребность вмешательства в уже существующую систему, что, соответственно, вызывает некие трудности не только в механической установке, но и в последующей проверке правильности выполненных работ. В данной статье описано одно из решений, позволяющее ускорить процесс проверки, увеличить точность и уменьшить влияние человеческого фактора при выполнении проверочных работ.

Ключевые слова: *DallasTouchMemory(iButton), кабельный пробник, кабельный тестер, высокоточная проверка электрических соединений.*

В современном мире прогресс шагнул вперед, и многие рабочие места заменяются искусственным интеллектом и различными электронными приспособлениями. Так и рассматриваемый прибор призван упростить проверку целостности и правильности монтажа электропроводки многоконтактных разъемов, а также устранить ошибки, связанные с человеческим фактором и в отличие от других кабельных пробников, не требует наличия питания на ответной части. Так же, при необходимости, достаточно просто реализуется возможность проверки большего (практически любого) количества проверяемых проводов в кабеле. Это достигается путем использования технологии iButton, которая позволяет добиться простоты и удешевления процесса реализации устройства.

Описание структуры и принципа работы DallasTouchMemory (iButton).

iButton – это микросхема, заключенная в стандартный круглый корпус из нержавеющей стали, диаметром 16.3 мм. Имеется две стандартные толщины: 3.1 мм (версия F3) и 5.9 мм (версия F5).

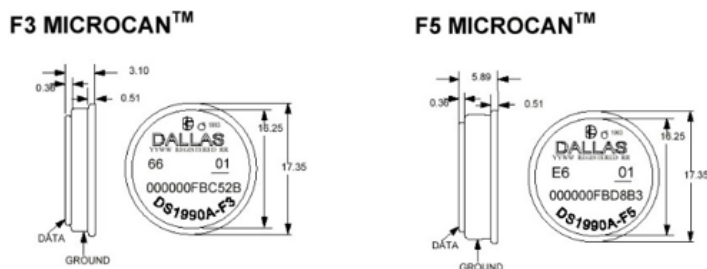


Рис. 1-стандарты толщины iButton

Протокол

Для простого аппаратного исполнения iButton, используется специальный, оптимизированный протокол, позволяющий осуществлять двунаправленный обмен данными. Протокол носит название *1-Wire*. Последовательная передача осуществляется в полудуплексном режиме (т. е. либо приём, либо передача), внутри дискретно определённых временных интервалов, называемых *тайм-слотами*. Микроконтроллер (*master* устройство), подключенный

к считывающей чашке, всегда инициирует передачу с помощью посылки командного слова на прикладываемый к чашке iButton (он играет роль подчинённого, или *slave* устройства). К шине может быть подключено несколько *slave*-устройств. Подобно электрическим вилке и розетке, которые определяют потребитель и источник электричества, контактное считывающее устройство в виде чашки является атрибутом *master*-устройства (которое, кстати, во многих случаях служит источником энергии для iButton), а круглая металлическая "таблетка" iButton является признаком *slave*-устройства. Такое точное разделение позволяет автоматически избежать конфликтов типа соединения двух *master*-устройств.

Команды и данные посылаются бит за битом и собираются в байты, причём вначале передаётся наименее значащий бит LSB (Least Significant Bit). Синхронизация *master* и *slave* происходит по спадающему срезу сигнала, когда *master* замыкает сток выходного транзистора порта линии данных на провод земли. Через определённое время после среза сигнала происходит анализ (выборка) состояния данных на линии (лог. 0 или лог. 1) для получения одного бита информации. В зависимости от направления передачи информации в данный момент эту выборку делает либо устройство *master*, либо устройство *slave*. Этот метод обмена информацией называют *передачей данных в тайм-слотах*. Каждый тайм-слот отсчитывается независимо от другого, и в обмене данными могут иметь место паузы без возникновения ошибок.

Обзор iButton фирмы Dallas Semiconductor

iButton является устройством - серийный номер которого может представить любое десятичное число до $2.81 \cdot 10^{14}$ и может служить уникальным электронным идентификатором. DS1990A содержит только ROM, запрограммированное на заводе. Поскольку информация сохранена на перерезаемых лазером связях в полисиликоне (нет зарядных элементов памяти или статических триггеров), DS1990A не нуждается в энергии для сохранения данных. Кроме того, для функционирования также почти не требуется энергии. DS1990A использует напряжение на линии данных для работы и сохраняет минимальный внутренний заряд для обеспечения работоспособности во время генерирования *presence* и в течение небольшого времени в любом из тайм-слотов, когда происходит операция чтения.



Рис. 2 - Организация данных внутри DS1990A

Принцип работы кабельного тестера.

Принцип работы основан на использовании цифровых ключей доступа iButton DS1990 для определения целостности и правильности монтажа многопроводных кабельных соединений. Кабельный тестер состоит из:

- блока ответа на чипах DS1990, не требующего питания
- переходного кабеля
- тестера с питанием от аккумулятора.

Как уже было сказано выше, DS1990A представляет собой восьми байтовое ПЗУ с информацией, записанной лазером. В младшем байте содержится код семейства. Для DS1990A он всегда будет равен 01h. В шести последующих байтах содержится серийный номер чипа (уникальный 48-битный код). Последний байт называется CRC — это контроль четности, обеспечивающий подлинность переданных данных.

Таким образом серийные номера чипов DS1990 считываются и записываются в EEPROM (энергонезависимую память) микропроцессора тестера под номерами от 1 до N. При выполнении проверки многопроводного кабельного соединения тестер через проверяемый в данный момент провод запрашивает серийный номер чипа и получив ответ сравнивает его с записью в EEPROM. Затем включается звуковой сигнал и выводится на индикатор номер записи, соответствующий номеру контакта разъёма, к которому подключен данный чип. Это позволяет убедиться в целостности и правильности выполненных соединений.

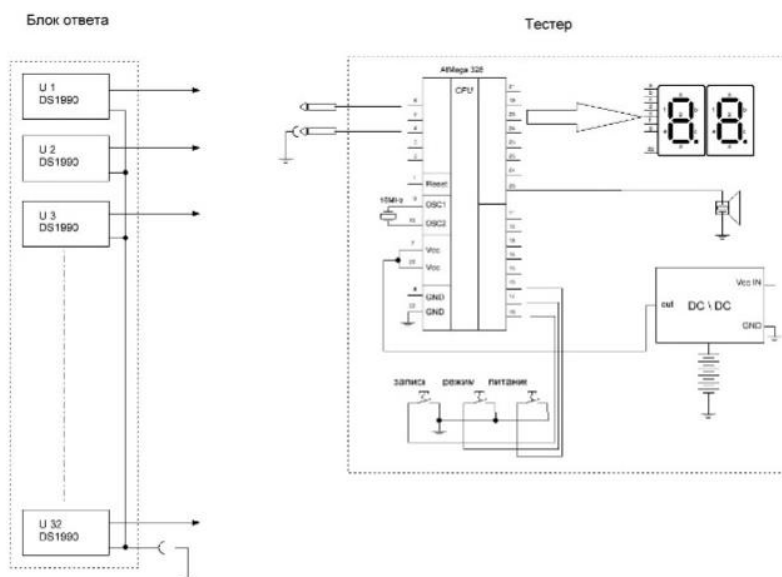


Рис. 3 - Функциональная схема устройства

Практическое применение

Устройство имеет довольно широкий спектр применений, в частности в авиационной сфере, а точнее при диагностике доработок, связанных с блоком EFB (ElectronicFlightBag). Для проверки целостности соединения и правильности подключения этого блока с дисплеями и органами управления в кабине пилота.

Пример использования кабельного тестера

В качестве примера рассмотрена возможность применения кабельного тестера для проверки правильности монтажа многопроводного кабельного соединения дополнительного оборудования ELECTRONICFLIGHTBAG (EFB) SYSTEM самолёта Airbus A330.

Блок ответа с помощью переходного кабеля подключается к разъёму P1 процессора EFB в отсеке авионики и к шине металлизации, тем самым позволяя использовать корпус самолёта в качестве общего провода.

Тестер поочерёдно подключается к разъёмам P2, P3, P4, P5, P6 мониторов и органов управления системы EFB в кабине пилотов для проверки целостности и правильности выполненных при монтаже системы соединений. При этом на индикаторе тестера будут отображаться номера контактов разъёма P1 и будет звучать сигнал, подтверждающий целостность проверяемого соединения.

В случае обрыва, короткого замыкания на корпус или между проводами звуковой и цифровой индикации не будет.

Таким образом один специалист, используя данное оборудование может проверить правильность и целостность смонтированной электропроводки дополнительно устанавливаемой на самолёт системы EFB.

Монитор EFB в кабине пилотов.

EFB Interface Unit (EFB-IU). Процессор в отсеке авионики.



Рис.4 – Использование кабельного тестера

Заключение

Данное устройство позволит экономить человеческие ресурсы, так как для выполнения работ по прозвонке (проверке целостности и правильности монтажа электропроводки) требуется только один специалист, а роль второго выполняет блок ответа прибора. Использование цифровых ключей доступа iButton, наличие звуковой и цифровой индикации позволяет обеспечить однозначность проверки и снизить вероятность ошибок, вызываемых человеческим фактором.

Список литературы:

1. Dallas Semiconductor Data Book, Fall 1997.
2. Dallas Semiconductor Book of iButton Standards.
3. Dallas Semiconductor User Manual, "DS1990A, Serial Number iButtonTM".
4. <http://www.dalsemi.com>.
5. <http://www.iButton.com>.
6. Atmel Corporation, Microcontroller Data Book, October 1995.
7. Atmel Corporation, Nonvolatile Memory Data Book, May 1996.
8. <http://www.atmel.com>.
9. <http://www.airbus.com>.

05.11.00

И.В. Грубрин канд. техн. наук, И.Ю. Лыгина канд. техн. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра 410 «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование»,
Москва, GIV.52@mail.ru

МОДЕЛЬ НЕИДЕНТИЧНОСТИ КАНАЛОВ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В работе предложена математическая модель, пригодная для исследования неидентичности каналов в многоканальных информационно-измерительных системах, на базе многоотводных линий задержки (трансверсальных фильтров).

Ключевые слова: информация, неидентичность, модель.

Постоянно усложняющиеся требования к качеству извлечения информации из принимаемого поля в раскрытии многоканальных приемных систем привели к необходимости реализации на практике адаптивных алгоритмов обработки информации [1]. Однако, теоретически весьма высокие потенциальные возможности адаптивной пространственно-временной фильтрации мешающих сигналов в многоканальных системах на практике весьма существенно ограничиваются рядом объективных факторов [1,2].

Одним из таких факторов является неидентичность амплитудно-частотных характеристик каналов многоканальных систем обработки информации.

Для решения проблемы неидентичности желательно разработать математическую модель, позволяющую исследовать, а затем и бороться с данной проблемой.

Влияние неидентичности каналов на оптимальность обработки широкополосных сигналов

Определим сначала разрешающую способность по частоте при подавлении широкополосных помех. Нормированная диаграмма направленности (ДН) линейной эквидистантной антенной решетки определяется известным выражением:

$$A(U) = \frac{1}{N} \frac{\sin(NU/2)}{\sin(U/2)} \approx \frac{\sin(NU/2)}{NU/2}, \quad (1)$$

где $U = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta$; θ - угол отклонения от нормали к решетке; d - шаг решетки; λ - длина волны; N - число излучателей.

Нули этой ДН соответствуют $U_0 = \frac{2\pi}{N}$. Вблизи нулей (1) можно представить в виде

$$A(U) = \delta A = \frac{\frac{N}{2} \cos\left(\frac{NU}{2}\right) \cdot \frac{NU}{2} - \frac{N}{2} \sin\left(\frac{NU}{2}\right)}{\left(\frac{NU}{2}\right)^2} \bigg|_{U_0} \delta U = \frac{\delta U}{U_0}. \quad (2)$$

Обозначим σ_c^2 , σ_{Π}^2 , $\sigma_{ш}^2$ - мощности полезного сигнала, помех и собственных шумов в каждом канале. Так как полезный сигнал приходит с направления главного лепестка, то мощности помех и собственных шумов удобно нормировать

$$\overline{\sigma_{\Pi}^2} = \frac{\sigma_{\Pi}^2}{\sigma_c^2}; \quad \overline{\sigma_{ш}^2} = \frac{\sigma_{ш}^2}{\sigma_c^2}.$$

Теоретически в адаптивных системах помехи подавляются до уровня собственных шумов. Для того, чтобы это произошло нужно, чтобы ослабление помехи ДН антенны $A(U)$ было равно

$$A(U) = \overline{\sigma_{ш}^2} / \overline{\sigma_{\Pi}^2} = \sigma_{ш} / \sigma_{\Pi} = \chi. \quad (3)$$

Подавление помехи осуществляется формированием "нуля" в направлении на помеху. Будем считать, что этот "нуль" не отличается по зависимости $A(U)$ от естественного нуля (1). Поэтому приравняем (2) и (3) и получим максимально допустимую обобщенную расстройку относительно нуля - δU

$$\delta U = U_0 \chi = U_0 \frac{\sigma_{ш}}{\sigma_{П}}. \quad (4)$$

Так как обобщенная координата (расстройка) $U = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta$, то при $d = \lambda / 2$ получим

$$U = \pi \frac{\lambda_0}{\lambda} \sin \theta = \pi \frac{\omega}{\omega_0} \sin \theta$$

$$\delta U = \pi \sin \theta \frac{\delta \omega}{\omega_0} + \pi \frac{\omega}{\omega_0} \cos \theta \delta \theta. \quad (5)$$

Полагая, что источник сигналов локализован в пространстве ($\delta \theta = 0$) найдем допустимое относительное отклонение частоты, при котором помеха подавляется до уровня шумов, с помощью подстановки (5) в (4)

$$U_0 \frac{\sigma_{ш}}{\sigma_{П}} = \pi \sin \theta \frac{\delta \omega}{\omega_0}; \quad \frac{\delta \omega}{\omega_0} = \frac{U_0}{\pi \sin \theta} \frac{\sigma_{ш}}{\sigma_{П}}.$$

Для первого нуля $U_0 = \frac{2\pi}{N}$ и, следовательно,

$$\frac{\delta \omega}{\omega_0} = \frac{2}{N \sin \theta} \cdot \frac{\sigma_{ш}}{\sigma_{П}}. \quad (6)$$

Полученное выражение (6) можно трактовать так: если спектр помехи не превысит $2\delta\omega$, то она будет подавлена до уровня собственных шумов, в противном случае - нет. Поэтому, задавая максимально возможную мощность помех $\sigma_{П}^2$ и зная мощность собственных шумов $\sigma_{ш}^2$ и границу сектора ответственности $\theta_{\max}$, можно определить допустимый спектр, при котором сигналы и помехи можно считать узкополосными, квазигармоническими. Чем меньше угол прихода помехи θ , тем меньше влияет широкополосность сигнала на его подавление.

Модель неидентичности каналов в многоканальной системе

Для широкополосных сигналов частотные характеристики и искажения в каналах передачи можно описать трансверсальными фильтрами, построенными на линиях задержки с отводами и весовыми коэффициентами. Относительная ширина спектра помехи $\Delta\omega/\omega_0$ и разрешающая способность по частоте $\frac{2\delta\omega_0}{\omega_0}$ определяет как шаг задержки $\Delta\tau$, так и

суммарную задержку $k\Delta\tau$, а значит и число отводов линии задержки. Исходя из требований теоремы Котельникова,

$$\frac{k\Delta\tau}{\Delta\tau} = \frac{\Delta\omega/\omega_0}{2\delta\omega/\omega_0}; \quad k = \frac{\Delta\omega/\omega_0}{4} N \sin \theta \frac{\sigma_{П}}{\sigma_{ш}}. \quad (7)$$

$$\Delta\tau \leq 2\pi / \Delta\omega; \quad \omega_0 \Delta\tau = 2\pi\omega_0 / \Delta\omega_0.$$

Так, например, если в 3-х сантиметровом диапазоне полоса пропускания 5 мГц, диаметр апертуры ФАР 128λ ($N = 256$); $\theta = 30^\circ$, максимальное отклонение $\sigma_{П}/\sigma_{ш}$ определяется 8-разрядным преобразователем $\left(\frac{\sigma_{П}}{\sigma_{ш}} = 2^8 = 256\right)$, то из (7) находим число секций линии

задержки:

$$k = \frac{5 \cdot 256 \cdot 256}{4 \cdot 9000 \cdot 2} = 4,5 \approx 4 \div 5 \quad (\Delta\tau = 0,2 \text{ мсек}).$$

Таким образом, в каждом i -том канале частотную характеристику вполне удовлетворительно аппроксимировать 4÷5 секционной линией задержки с 5÷6 отводами и с соответствующими весовыми коэффициентами V_{ki} размерностью $(k \times 1)$, как показано на рис. 1.

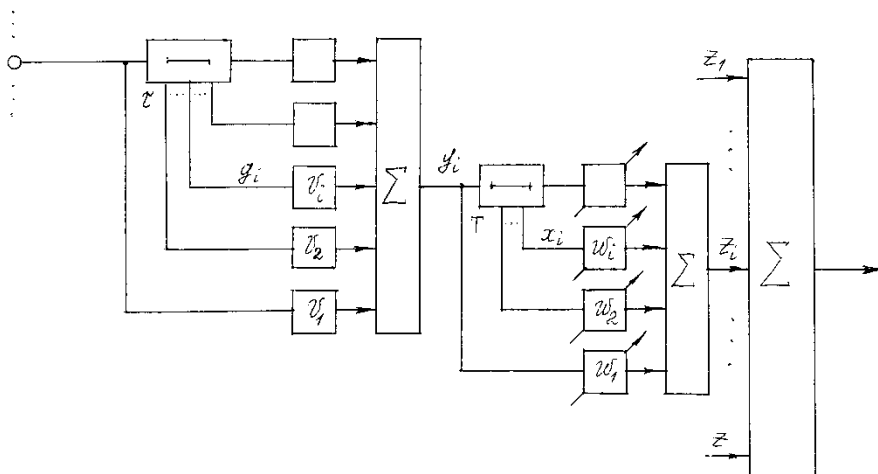


Рис. 1.

Если разброса частотных характеристик нет, то все весовые векторы $V_i = V_0$ одинаковы. Случайный вектор V_i будет описываться математическим ожиданием $\overline{V_i} = V_0$ и дисперсионной матрицей $R_{vv} = \overline{(V_i - V_0)(V_i - V_0)^T}$ или ее оценкой.

В каждом канале имеется элемент управления - линия задержки с отводами и управляемые весовые коэффициенты $w_i (m \times 1)$.

В цифровых адаптивных системах максимально возможное подавление определяется разрядностью преобразователя. Так при восьмиразрядном преобразователе $\frac{\sigma_{\Pi}}{\sigma_{ш}} \max = 2^8$;

$$\beta = 2^{16} \approx 64 \cdot 10^3.$$

Если принять $\sigma_n^2 = 10^{-3} \approx 2^{-10}$, то $20 \lg \chi = 20 \lg 2^{16} \cdot 2^{-10} = 20 \lg 2^6 = 36$ дБ.

Если же $\sigma_n^2 = \frac{1}{128} = 2^{-7}$, то $20 \lg \chi = 20 \lg 2^{16} \cdot 2^{-7} = 54$ дБ. Максимальное подавление:

$20 \lg \chi = 20 \lg 2^{16} \approx 96$ дБ, а из-за разброса параметров может уменьшиться до 60 или даже до 42 дБ при разбросе параметров от 0,1 до 1% соответственно. На практике разброс параметров может достигать и 5%, т.е. $\approx 2^{-4}$, что приводит к потерям в подавлении

$$20 \lg \chi = 20 \lg 2^{16} \cdot 2^{-4} \approx 72 \text{ дБ, т.е. подавление снижается до } 96 - 72 = 24 \text{ дБ.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в статье приведены следующие основные результаты:

1. Представлен теоретический анализ влияния неидентичности на глубину подавления помех. Показано, что при дисперсии неидентичности каналов 0,1%, 1% и 5% потери в подавлении для комплексного (синфазного и квадратурного) взвешивания сигналов достигают 36, 54 и 72 дБ соответственно. Откуда следует, что глубина подавления помехи для этих случаев при восьмиразрядных преобразователях не будет превышать 60, 42 и 24 дБ.

2. Предложена модель неидентичности каналов. Модель заключается в представлении неидентичности в виде многоотводной линии задержки, весовые коэффициенты в отводах которой являются случайными величинами.

Список литературы

1. Ратынский М.В. Адаптация и сверхразрешение в антенных решетках. М.: Радио и связь, 2003 г.- 198 с.
2. Нахмансон Г.С. Пространственно-временная обработка широкополосных сигналов. М.: Радиотехника, 2015 г.- 256 с.

05.11.00

И.В. Нелин канд. техн. наук, **М.К. Седанкин** канд. техн. наук, **В.А. Скуратов**,
М.В. Мартыанова, **Л.Ю. Мершин**

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра 410 «Радиолокация, радионавигация и бортовое радиоэлектронное оборудование»,
Москва, kaf-44-3@yandex.ru

ФГБУ «ГНИИЦ РТ» МО РФ; Москва; НИУ «МЭИ», кафедра ОРТ, Москва;
кафедра оптических и биотехнических систем и технологий РТУ – МИРЭА, Москва

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Проведено математическое моделирование теплообменных процессов в предстательной железе при наличии злокачественной опухоли. Математическое моделирование выполнено на основе численного решения уравнения тепломассопереноса для биологических тканей при наличии опухоли. Получена аппроксимационная формула для распределения температуры в предстательной железе при наличии опухоли. Моделирование позволит создать внутриволостные антенны для применения в урологии, в том числе в медицинской робототехнике.

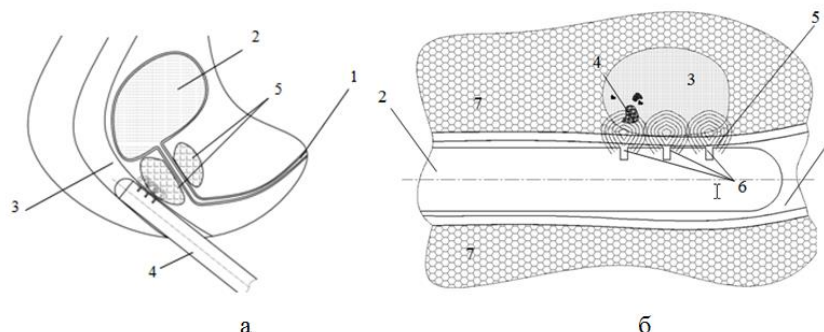
Ключевые слова: микроволновая радиотермометрия, антенны-аппликаторы, радиояркая температура, медицинская робототехника.

Введение

Статистика заболеваемости раком простаты, к сожалению, неутешительна. По данным американского онкологического общества (American Cancer Society) на 2015 г. 2 место в структуре онкологической заболеваемости у мужчин уверенно удерживает рак простаты, незначительно уступая по численности заболевших раку лёгких [1,2]: 221200 случаев против 220800. В России в период наблюдения 2004-2015 гг. наблюдается неуклонный рост заболеваемости раком простаты: с 38,4 до 128,4 (из расчёта на 100 тыс. населения) [3]. Существующие методы диагностики заболеваний органов малого таза связаны в основном с применением традиционных методов (УЗИ, МРТ, и др.), а также лабораторной диагностики для верификации диагноза. Учитывая, что физические методы имеют определённые ограничения, а лабораторной диагностики не всегда достаточно для постановки диагноза, то необходимы альтернативные методы, позволяющие выявлять заболевания на ранней стадии развития без дозовой нагрузки. Кроме того, главным недостатком различных методов диагностики и лечения является то, что они не универсальны, т.е. эффективны для одних видов опухолей и малоэффективны или вовсе не пригодны для других. Таким образом, для лечения и диагностики онкологических заболеваний должны применяться различные методы, в том числе для повышения эффективности лечения или более точной диагностики [4].

При всей важности используемых технологий необходимо не только повышение их эффективности, но и развитие новых методов ранней диагностики заболеваний. Т.к. канцерогенез характеризуется локальным повышением температуры, то методы, позволяющие получить информацию о температуре внутренних тканей, могут быть эффективны в диагностике карцином простаты. Измерить температуру внутри тела, без его травматизации и применения дорогостоящей радиологической аппаратуры, можно только с помощью микроволновой радиотермометрии (далее МР). Медицинским воплощением метода МР является медицинская технология – РТМ-диагностика. Сегодня РТМ-диагностика успешно применяется в различных областях медицины. Необходима техническая адаптация РТМ-диагностики к обследованию органов малого таза. В отличие от бесконтактных измерений интенсивность микроволнового излучения может быть измерена как через поверхность биологического объекта, так и внутри его естественных полостей. Это открывает возможности для более эффективного обследования внутренних органов и тканей. Для выявления заболеваний малого таза необходим доступ во внутренние полости, а значит

новые технические решения в области антенной техники. Исследования, связанные с созданием внутриполостных технических систем терапии и диагностики в медицине, идут в следующих направлениях: разработка систем термодеструкции, лазерной абляции опухолей простаты, гипертермии [5-8]; внутривагинальных измерительных датчиков [9,10], которые можно адаптировать для трансректального применения; одноканальной МР [11]; криохирургии простаты [12]. Схема диагностического обследования показана рис.1.



(а): 1 – уретра; 2 – мочевой пузырь; 3 – прямая кишка; 4 – внутриполостная антенна; 5 – простата; трёхканальное обследование;

(б): 1 – прямая кишка, 2 – внутриполостная антенна, 3 – простата, 4 – злокачественные клетки, 5 – область измерения температуры, 6 – щелевые антенны, 7 – клетчатка

Рис.1 - Обследование простаты.

Чтобы применить МР в области урологии необходимо проведение математического моделирования теплового поля органов малого таза. Моделирование позволит создать внутриполостную антенну. Если прислонить микроволновую антенну к телу человека, то мощность теплового излучения на её выходе будет пропорциональна радиояркостной температуре биологических тканей под антенной $T_{\text{rad}}(r)$ как:

$$P = kT_{\text{rad}}\Delta f(1 - R); \quad (1)$$

где P – мощность шумового сигнала на выходе антенны, Вт; $T_{\text{rad}}(r)$ – радиояркостная температура, которую измеряет медицинский радиотермометр, $^{\circ}\text{K}$; Δf – полоса частот прибора, МГц; R – коэффициент отражения.

Радиояркостная температура, измеряемая медицинским радиотермометром, зависит от термодинамической температуры $T(r)$ и весовой радиометрической функции $W(r)$ как:

$$T_{\text{rad}}(r) = \int_{-\infty}^{\infty} T(r)W(r)dV \quad (2)$$

$$W(r) = \frac{\frac{\sigma(r)}{2}|E(r)|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sigma(r)}{2}|E(r)|^2 dV}; \quad (3)$$

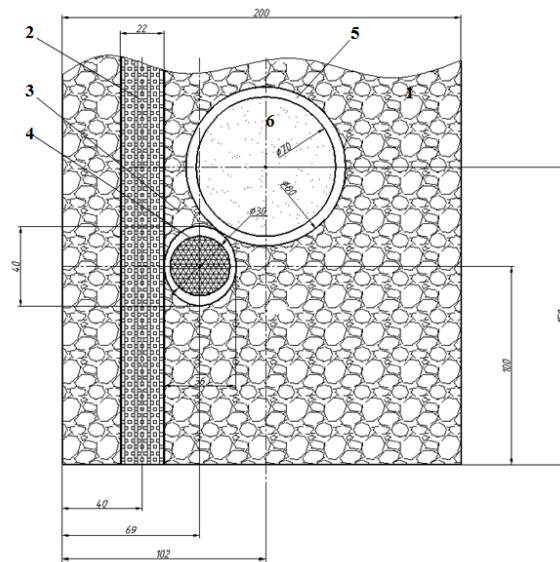
где $E(r)$ – напряженность электрического поля антенны, создаваемого антенной, $\sigma(r)$ – электропроводность биологических тканей.

Таким образом, для расчета $T_{\text{rad}}(r)$ необходимо иметь информацию о весовой радиометрической функции $W(r)$ и реальной термодинамической температуре $T(r)$ биологических тканей при наличии тепловой аномалии. Эта статья посвящена расчёту распределения термодинамической температуры $T(r)$ биологических тканей.

Методы исследований

Для того чтобы определить повышение температуры $\Delta T(r)$, которое создает патологический очаг в тканях предстательной железы, необходимо численно решить уравнение тепломассопереноса методом конечных элементов (FEM) для биологических тканей при наличии патологии. Известно, что тепловыделение опухоли строго зависит от скорости её роста. Агрессивные быстрорастущие опухоли, представляющие наибольшую опасность для пациента, имеют тепловыделение намного выше тепловыделения нормальных тканей. Вследствие этого опухолевая ткань имеет более высокую температуру по сравнению с интактными тканями. Тепловая математическая модель БО, разработанная в рамках теоретических исследований, имеет следующие допущения:

1. Теплообмен между биологическими тканями и кровью происходит исключительно в капиллярном русле;
2. Теплообмен между крупными сосудами и окружающими тканями не учитывается;
3. Нет анизотропии в капиллярном кровотоке;
4. Каждый слой биологической ткани изотропен по теплофизическим характеристикам;
5. Конвекция между слоями биологических тканей не учитывается, теплообмен происходит только посредством теплопроводности;
6. Форма слоёв модели задавалась как сфера, хотя форма реальных биологических тканей может отличаться от сферы;
7. Злокачественная опухоль моделировалась в виде шара различного размера, хотя форма реальной опухоли может иметь сложную форму, отличную от шара.



1 – жировая клетчатка, 2 – прямая кишка, 3 – простата, 4 – злокачественная опухоль;
5 – мочевой пузырь; 6 – моча; размеры в мм.

Рис. 2 - Рассматриваемая модель биологического объекта.

Для расчётов разработана модель органов малого таза при наличии патологии (рис. 2). При решении уравнения тепломассопереноса (4) использовались теплофизические параметры [5-8], представленные в табл. 1.

$$\nabla \cdot k \nabla T + Q_{\text{met}} - \rho_b c_b \omega_b (T - T_b) = 0 \quad (4)$$

где T – термодинамическая температура [$^{\circ}\text{C}$], k – теплопроводность ткани [$\text{Вт/м} \cdot ^{\circ}\text{C}$], Q_{met} – удельное тепловыделение [Вт/м^3], $\rho_b c_b \omega_b$ – параметры кровотока [$\text{Вт/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$], T_b – температура артериальной крови [$^{\circ}\text{C}$], ω_b – объёмная перфузия крови в данной ткани [$\text{м}^3(\text{крови})/\text{с} \cdot \text{м}^3(\text{ткани})$].

Граничные условия модели следующие: условие Дирихле ($T_0=37^{\circ}\text{C}$) на всех внешних границах модели. Учитывая, что базальная температура в норме составляет $37,3-37,7^{\circ}\text{C}$, то на поверхности прямой кишки установлено условие Дирихле ($T_0=37,5^{\circ}\text{C}$). Т.к. БО неоднороден и многослоен, и коэффициенты уравнения (4) являются разрывными функциями, то на границах раздела слоёв биологического объекта с различными теплофизическими свойствами задаются следующие условия непрерывности:

$$\vec{n}(k_1 \nabla T)_1 = \vec{n}(k_2 \nabla T_2) \quad (5)$$

$$T_1 = T_2 \quad (6)$$

где $\vec{n}$ – единичный вектор нормали к границе раздела биологических сред; T_1, T_2 – температуры 1 и 2 сред, k_1, k_2 – теплопроводности 1 и 2 сред.

В большинстве случаев специалистов интересует не абсолютное значение температуры, а повышение температуры в результате наличия той или иной тепловой аномалии. Размеры модели составляли $200 \times 300 \times 300$ [мм], размеры остальных структур представлены на рис.2.

Поэтому уравнение (4) решалось дважды: сначала рассчитывалось распределение температур при наличии злокачественной опухоли T_0 , затем находилось решение без опухоли T . После этого рассчитывалась разница полученных температур, которая характеризовала влияние злокачественной опухоли на распределение температур в биологических тканях, т.е. термоасимметрия:

$$\Delta T_0 = T_0 - T \quad (7)$$

Таблица 1. Теплофизические параметры биологических тканей

Параметры моделирования	Жир. слой	Простата	Мочевой пузырь	Прямая кишка	Моча	Злок. опухоль
Удельное тепловыделение (Q_{met} [Вт/м ²])	1827	700	700	700	0	7000-11000
Параметры кровотока ($\rho_b c_b \omega_b$ [Вт/м ³ ·°C])	300	2400	2400	2400	0	2400
Теплопроводность (k [Вт/м·°C])	0.25	0.55	0.52	0.54	0.56	0.56

В расчётах были определены оптимальные параметры сетки разбиения, тип конечных элементов и степень аппроксимирующего полинома в результате варьирования данными параметрами. Расчёт поля температур осуществлялся с помощью четырехгранных конечных элементов и аппроксимирующего полинома Лагранжа второй степени. Результаты расчёта температуры по глубине БО для опухоли диаметром 30 мм и распределение температур для БО представлены на рис.3. при различном метаболизме опухоли (Q_{met}). На основе результатов математического моделирования получена формула аппроксимации распределения температуры для опухоли $\varnothing 30$ мм:

$$T(r) = A \cdot e^{\frac{-r^2}{\left(\frac{d}{2}\right)^2}} + B \quad (8)$$

$$r^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 \quad (9)$$

где x, y, z – текущие координаты; x_0, y_0, z_0 – координаты центра расположения опухоли; $A=2.55, B=1, K=1.55$ – коэффициенты аппроксимации поля температур в биологической ткани для опухолей $\varnothing 30$ мм, расположенной на разной глубине.

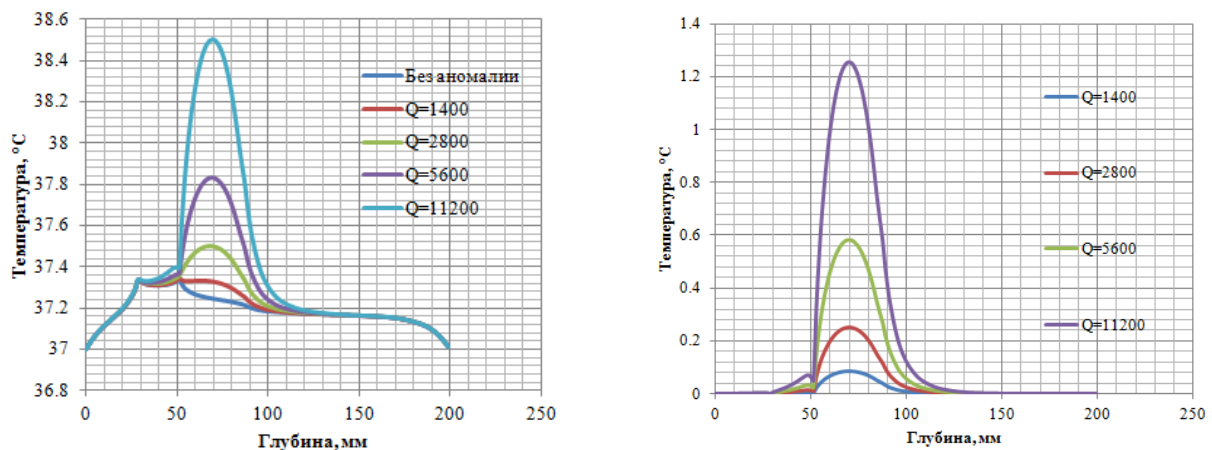


Рис.3. - Распределение температуры и термоасимметрия при различном метаболизме опухоли.

Аппроксимационная формула для распределения температуры на проекции опухоли, рассчитанная с помощью (7), оптимально работает для опухолей любого диаметра, расположенных на любой глубине. Повышение температуры составило от 0,075 °C до 1,25 °C в зависимости от метаболизма опухоли (Q_{met}). Подставляя полученное распределение температур в опухоли и окружающих её тканях в формулу (2), получаем повышение внутренней температуры на проекции опухоли, что позволит создавать в будущем внутриполостные медицинские антенны и радиотермографы.

Заключение

Для понимания возможностей МР в урологии выполнено моделирование теплового поля предстательной железы, основанное на численном решении уравнения тепломассопереноса с учётом кровотока и биофизических параметров исследуемых органов. Получена простая аппроксимационная формула для распределения температуры в биологической ткани при наличии злокачественной опухоли. Полученная формула будет использоваться в расчетах радиояркой температуры для проектирования внутриволостных радиотермографов. Анализ полученных научно-технических результатов показал принципиальную возможность создания внутриволостного радиотермометра для обследования органов малого таза в будущем. Создание и применение в медицине такого прибора позволит использовать МР для диагностики различных заболеваний малого таза. Практическая реализация результатов исследований будет заключаться в создании инновационной продукции и встраивании устройств МР в состав медицинских робототехнических комплексов и пр.

Список литературы

1. Cancer Facts & Figures 2015 [Электронный ресурс]// <http://www.cancer.org/acs/groups/content/@editorial/documents/document/acspc-044552.pdf>.p.4 – Дата обращения:19.05.2018.
2. Global Cancer Facts & Figures. 3rd Edition [Электронный ресурс]// <http://www.cancer.org/acs/groups/content/@research/documents/document/acspc-044738.pdf>. p.2, 34. – Дата обращения: 19.05.2018.
3. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой .Состояние онкологической помощи населению России в 2015 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ» Минздрава России. 2016. 236 с .
4. Перспективы использования бинарных технологий в медицине/Соловьев В.Ю.[и др.]// Медицинская радиология и радиационная безопасность.2012.N 3.С.66-76
5. Utility of treatment planning for thermochemotherapy treatment of nonmuscle invasive bladder carcinoma/ Paul R. Stauffer[et al.]// Medical Physics. 2012.V. 39, N. 3. P.1170
6. P. Prakash, C.J. Diederich. Considerations for theoretical modeling of thermal ablation with catheter-based ultrasonic sources: implications for treatment planning, monitoring and control//Int. J. Hyperthermia. 2012. V.28(1).P.69–86. doi:10.3109/02656736.2011.630337
7. Thermal dosimetry analysis combined with patient-specific thermal modeling of clinical interstitial ultrasound hyperthermia integrated within HDR brachytherapy for treatment of locally advanced prostate cancer/ Vasant A. Salgaonkar[et. al.]//Proceedings from the 14th International Symposium on Therapeutic Ultrasound AIP Conf. Proc.2017. 1821. P.1-5
8. Focal laser ablation of prostate cancer: numerical simulation of temperature and damage 9i-0distribution/ M.-F. Marqa [et. al]// Biomed Eng Online. 2011.№10:45
9. J. J. P. C. Rodrigues, J. Caldeira, B. Vaidya. A novel intra-body sensor for vaginal temperature monitoring. //Sensors.2009. V.9. P.2797-2808; doi:10.3390/s90402797
10. A new wireless biosensor for intra-vaginal temperature monitoring/ Joel J. P. C. Rodrigues [et al.] // Sensors 2010. V.10. P.10314-10327. doi:10.3390/s101110314
11. Хащукоева А.З., Цомаева Е.А., Водяник Н.Д. Применение трансабдоминальной и вагинальной радиотермометрии в комплексной диагностике воспалительных заболеваний придатков матки// Лечение и профилактика. 2012. № 1. С. 26-30
12. J. Zhang, G.A. Sandison, J.Y. Murthy, and L.X. Xu. Numerical simulation for heat transfer in prostate cancer cryosurgery, Journal of Biomechanical Engineering. 2005 V. 127, P. 279-294.

05.11.13

И.Н. Ростокин канд. техн. наук

Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО
«Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
Муром, rostockin.ilya@yandex.ru

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ УГЛОМЕСТНОГО МНОГОЧАСТОТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ОДНОРОДНОЙ АТМОСФЕРЫ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ ФОНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Анализируются данные многочастотных угломестных микроволновых радиометрических измерений радиотеплового излучения однородной атмосферы, полученных с помощью трехдиапазонной микроволновой радиометрической системы с компенсацией влияния фоновых шумов. Выполнено сравнение результатов измерений при малых углах места с компенсацией и без компенсации влияния фоновых шумов.

Ключевые слова: дистанционное зондирование атмосферы; метод угломестных разрезов; многочастотные микроволновые радиометрические системы; компенсация фонового излучения; двухмодовые антенные системы.

Введение

Микроволновые радиометрические измерения собственного радиотеплового излучения являются средством оперативного контроля состояния атмосферы, оценки метеопараметров и формирования прогнозов их изменения [1-2]. Угломестные микроволновые радиометрические измерения позволяют получать пространственные оценки изменения параметров атмосферы.

При выполнении угломестных измерений собственного радиотеплового излучения атмосферы одна из задач при проведении первичных измерений - исключение влияния фоновых шумов, которые обусловлены приемом радиотеплового излучения окружающего пространства через область рассеяния диаграммы направленности (ДН) антенны, т.к. при смене угла места изменяется их относительный вклад в входной сигнал системы.

Один из возможных подходов к решению указанной задачи - формирование дополнительного входного сигнала микроволновой радиометрической системы, уровень которого определяется величиной вклада фоновых шумов в основной измерительный сигнал системы с последующей реализацией разностного алгоритма обработки входных сигналов. В [3-6] предложен вариант реализации такой микроволновой радиометрической системы с предусмотренным раздельным приемом радиотеплового излучения на общую апертуру антенны на двух модах круглого волновода H_{11} и E_{01} в трех диапазонах частот с последовательным выделением сигналов основного и дополнительного каналов в модовом разделителе антенны.

В данной работе для оценки эффективности компенсации влияния фоновых шумов выполнен анализ результатов угломестных измерений радиотеплового излучения однородной атмосферы рассмотренной трехдиапазонной микроволновой радиометрической системой.

Методика оценки погрешности результатов угломестных радиометрических измерений радиотеплового излучения однородной атмосферы

Входной сигнал микроволновой радиометрической системы определяется величиной антенной температуры, которая по уравнению антенного сглаживания равна [7]

$$T_a(\theta) = \int_0^\pi F(\theta - \varphi)T(\varphi)d\varphi + T_{nn} \int_\pi^{2\pi} F(\theta - \varphi)d\varphi, \quad (1)$$

Где $F(\theta)$ – нормированная ДН по мощности; $T(\varphi)$ – угловая зависимость радиояркостной температуры атмосферы; T_{nn} – радиояркостная температура подстилающей поверхности.

Помехи, обусловленные фоновыми шумами, принимаемыми через область рассеяния ДН антенны: второе слагаемое в выражении (1), соответствующее помеховому вкладу фоновых

шумов от подстилающей поверхности, и составляющая в первом слагаемом - помеховое действие фоновых шумов, создаваемых атмосферой вне исследуемой угловой области - области главного лепестка ДН антенны. Антенная температура, заданная в виде (1), объясняет изменение помехового вклада фоновых шумов при изменении угла места θ .

Для оценки погрешности угломестных микроволновых радиометрических измерений радиотеплового излучения атмосферы был выбран метод сравнения результатов угломестных измерений с известным соотношением [2] угловой зависимости радиояркой температуры однородной атмосферы

$$T(\varphi) = T_z / \sin \varphi, \quad (2)$$

где угол φ отсчитывается от горизонта, T_z – радиояркая температура атмосферы в зените.

В работе для сравнительной оценки погрешности угломестных измерений с компенсацией и без компенсации влияния фоновых шумов в микроволновой радиометрической системе с целью исключения влияния шумов приемника и собственных шумов антенны в качестве численной величины характеризующей нормированную антенную температуру принималась разность выходных сигналов для текущего угла места θ и для зенита $\theta = 90^\circ$, нормированные к разности сигналов при приеме на углах места $\theta = 30^\circ$ и $\theta = 90^\circ$.

$$\frac{T_{азмН11}}{T_z} \sim \frac{U_{осн}(\theta) - U_{осн}(90^\circ)}{U_{осн}(30^\circ) - U_{осн}(90^\circ)}, \quad (3)$$

$$\frac{T_{азмЕ01}}{T_z} \sim \frac{U_{дон}(\theta) - U_{дон}(90^\circ)}{U_{осн}(30^\circ) - U_{осн}(90^\circ)}, \quad (4)$$

где $U_{осн}(\theta)$ и $U_{дон}(\theta)$ – выходные сигналы микроволновой радиометрической системы при приеме по основному (на волне H_{11}) и дополнительному (на волне E_{01}) каналу.

Погрешность угломестных измерений определялась как относительная разность антенной температуры и радиояркой температуры атмосферы при заданном угле места

$$\delta_1(\theta) = (T_{aH11}(\theta) - T(\theta)) / T_z, \quad (5)$$

$$\delta_2(\theta) = (T_{aH11}(\theta) - T_{aE01}(\theta) - T(\theta)) / T_z, \quad (6)$$

где $T_{aH11}(\theta)$ и $T_{aE01}(\theta)$ – антенная температура СВЧ радиометрической системы при приеме на волнах H_{11} и E_{01} , соответственно, для угла места θ .

Для оценки эффективности компенсации влияния фоновых шумов при выполнении двухканальных измерений на волнах H_{11} и E_{01} микроволновой радиометрической системой в задачах угломестных измерений радиояркой температуры атмосферы анализировалась разность относительных погрешностей

$$\delta_r(\theta) = \delta_2(\theta) - \delta_1(\theta). \quad (7)$$

Результаты экспериментальных исследований

Для оценки потенциальных возможностей контроля состояния атмосферы трехдиапазонной микроволновой радиометрической системой с компенсацией влияния фоновых шумов [4] были выполнены угломестные измерения радиотеплового излучения безоблачной атмосферы в зимний и весенний период. При смене сезона изменяется состояние подстилающей поверхности и ее радиояркая температура, что определяет различие вклада радиотеплового излучения подстилающей поверхности в величину входного сигнала, что позволяет выявить общие тенденции в изменении погрешности угломестных измерений.

Экспериментальные угломестные исследования радиотеплового излучения атмосферы выполнялись трехдиапазонной микроволновой радиометрической системой. Прием радиотеплового излучения осуществляется в трех частотных диапазонах (7.5 см, 3.2 см, 1.35 см) на одну зеркальную или рупорную антенну с частотным разделением в облучателе при организации дополнительного приемного канала с формированием сигнала компенсации фоновых шумов в диапазонах 7.5 см и 3.2 см.

Результаты многочастотных микроволновых радиометрических исследований безоблачной атмосферы с изменением угла высоты от 15° до 90° (зенит) в весенний период приведены на рисунках 1-2, в зимний период на рисунках 3-4.

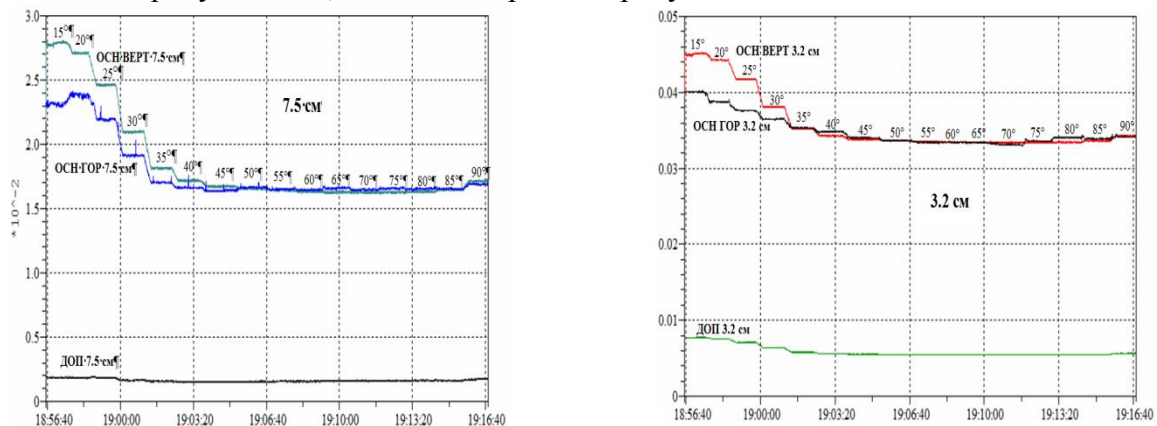


Рис. 1 - Временные диаграммы выходного напряжения микроволновой радиометрической системы с двухканальным разностным приемом при выполнении угловых измерений радиотеплового излучения безоблачной атмосферы (24.03.18 г. с 18:56 по 19:17, метеорологические параметры: Н=55 %, Т= - 4,8°С, Р=749,3 мм.рт.ст) при приеме на зеркальную антенну с радиусом раскрыва 1200 мм

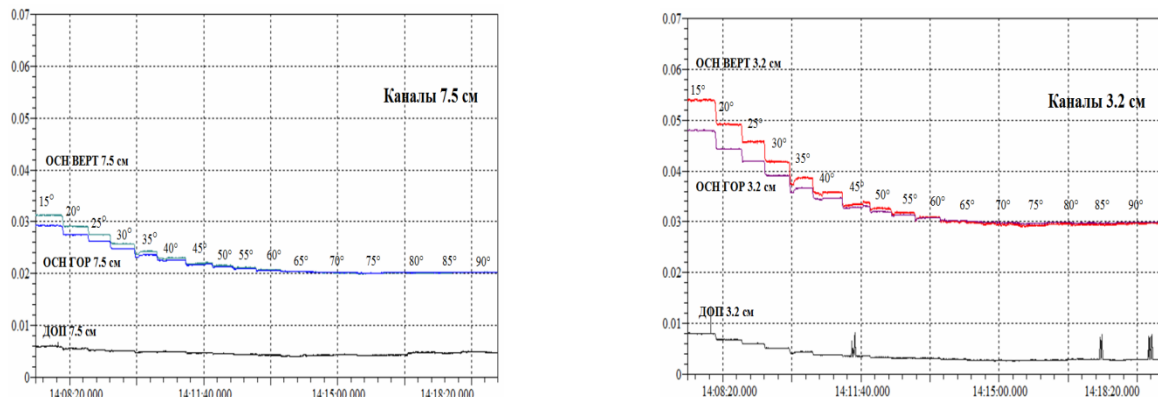


Рис. 2 - Временные диаграммы выходного напряжения микроволновой радиометрической системы с двухканальным разностным приемом при выполнении угловых измерений радиотеплового излучения безоблачной атмосферы (30.03.18 г. с 19:36 по 19:50, метеорологические параметры: Н=42 %, Т= - 3,5°С, Р=757,2 мм.рт.ст) при приеме на рупорную антенну с радиусом раскрыва 250 мм

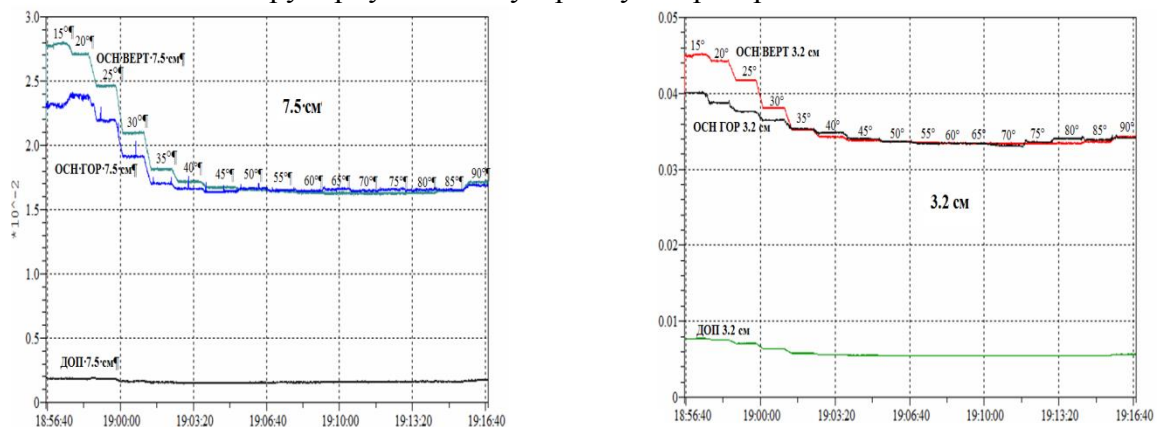


Рис. 3 - Временные диаграммы выходного напряжения микроволновой радиометрической системы с двухканальным разностным приемом при выполнении угловых измерений радиотеплового излучения безоблачной атмосферы (25.01.18 г. с 14:08 по 14:18, метеорологические параметры: %, Т= - 10°С, Р=767,2 мм.рт.ст) при приеме на рупорную антенну с радиусом раскрыва 250 мм

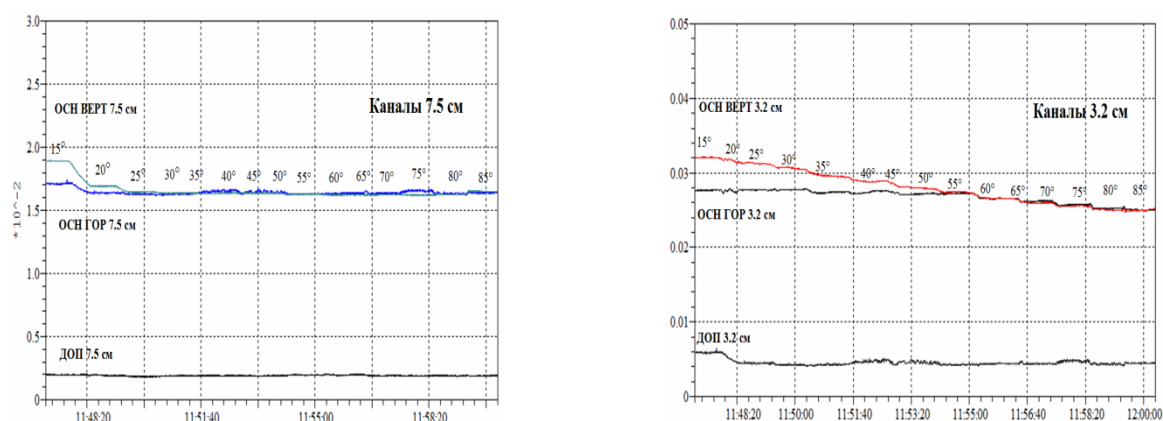


Рис. 4 - Временные диаграммы выходного напряжения микроволновой радиометрической системы с двухканальным разностным приемом при выполнении угловых измерений радиотеплового излучения безоблачной атмосферы (25.01.18 г. с 11:48 по 11:59, метеорологические параметры: Н=57 %, Т= - 9,7°С, Р=767,0 мм.рт.ст) при приеме на зеркальную антенну с радиусом раскрыва 1200 мм

На рис. 5-6 представлены результаты оценки погрешности измерений радиотеплового излучения однородной атмосферы многочастотной микроволновой радиометрической системой по данным измерений, представленным на рис. 1-2 и рис.3-4 соответственно.

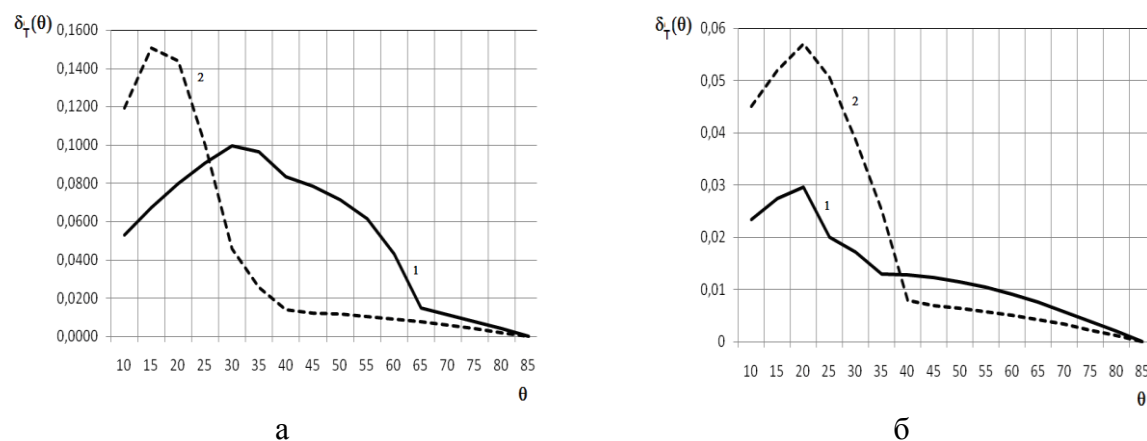


Рис. 5 - Разностная погрешность экспериментальных угломестных измерений радиотеплового излучения однородной атмосферы (30.03.18 г.) с компенсацией и без компенсации фоновых шумов при приеме на апертуру радиуса 250мм (1) и 1200мм (2) на длине волны 3.2см (а) и 7.5см (б)

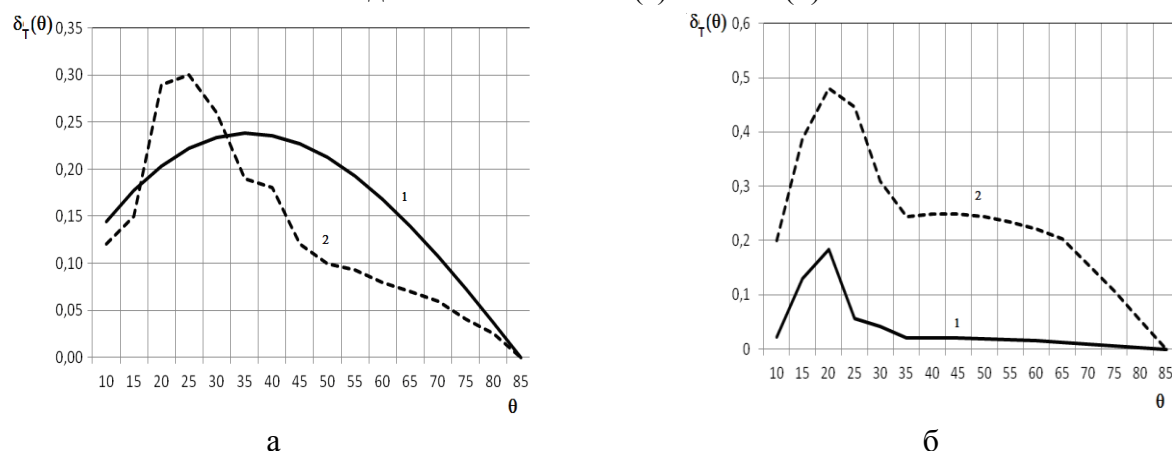


Рис. 6 - Разностная погрешность экспериментальных угломестных измерений радиотеплового излучения однородной атмосферы (25.01.18 г.) с компенсацией и без компенсации фоновых шумов на апертуру радиуса 250мм (1) и 1200мм (2) на длине волны 3.2см (а) и 7.5 см (б)

Результаты оценки погрешности угломестных измерений радиотеплового излучения однородной атмосферы показали, что снижение погрешности полученных результатов при выполнении компенсации вклада фоновых шумов во входном сигнале микроволновой радиометрической системы наблюдается при малых углах места, где вклад фоновых шумов растет, за счет приема высокотемпературного излучения подстилающей поверхности по ближним боковым лепесткам ДН антенны, при этом уровень выходного сигнала дополнительного канала возрастает относительно стабильного уровня при больших углах места, что приводит к уменьшению влияния фоновых шумов на результаты измерений.

Заключение

Проведенные исследования подтвердили эффективность компенсации влияния фоновых шумов при проведении угломестных измерений радиотеплового излучения атмосферы на малых углах места, реализованного в многочастотной микроволновой радиометрической системе с приемом в двухмодовом режиме на общую апертуру антенны и формированием разностного выходного сигнала.

Список литературы

1. Щукин Г.Г., Степаненко В.Д., Снегуров А.В. Перспективные направления радиолокационных наблюдений за атмосферой // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. - 2010. – № 561. – С. 223 - 241.
2. Некос А.Н., Некос В.Е. Щукин Г.Г. Дистанционные методы исследований природных объектов: моногр. – СПб.: РГГМУ, 2009 – 319 с.
3. Федосеева Е.В., Щукин Г.Г., Ростокин И.Н., Ростокина Е.А. Компенсация помех в работе СВЧ радиометрических систем // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2014. – №1(13). – С. 50 – 62.
4. Ростокин И.Н., Федосеева Е.В., Щукин Г.Г. Сверхвысокочастотная радиометрическая система с внешним тестовым шумовым сигналом. // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Выпуск 653. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2016, С. 204 – 209.
5. Федосеева Е.В., Ростокин И.Н., Щукин Г.Г. Оценка условий приема в двухканальной СВЧ радиометрической системе по внешнему тестовому сигналу. // Известия высших учебных заведений. Физика. Том. 59, №12/3. – Томск, 2016 С. 116 – 120.
6. Ростокин И.Н., Федосеева Е.В. Вопросы построения многочастотной СВЧ радиометрической системы дистанционного зондирования облачной атмосферы с компенсацией фонового излучения // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2015. – №1(17). – С. 5 – 12.
7. Цейтлин Н.М. Антенная техника и радиоастрономия. - М.: Сов. радио, 1976. – 352с.

05.11.13

И.Н. Ростокин, канд. техн. наук

Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО
«Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
Муром, rostockin.ilya@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАДИОТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ В ПЕРИОД РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ МЕТЕОЯВЛЕНИЙ

В работе представлены результаты комплексных экспериментальных исследований пространственно-временной изменчивости радиотеплового излучения облачной атмосферы, выполненные с помощью разработанного микроволнового радиометрического метеокомплекса, в период формирования опасных метеорологических явлений, связанных с развитием мощных конвективных облаков, гроз, ливней, а также в период прохождения мощных атмосферных фронтов. Проведены корреляционные оценки результатов измерений интенсивности радиотеплового излучения облачной атмосферы с осадками с данными по интенсивности осадков, полученных с помощью автоматизированной метеостанции.

Ключевые слова: дистанционное зондирование атмосферы; многочастотные микроволновые радиометрические системы; компенсация фонового излучения; двухмодовые антенные системы; опасные и неблагоприятные метеоявления.

Введение

Первичной измеряемой величиной при микроволновом радиометрическом зондировании атмосферы является радиояркостьная температура принятого излучения, от погрешности измерения которой зависит точность решения обратных задач определения влагозапаса атмосферы и водозапаса облаков, а также достоверность выполняемых на их основе сверхкраткосрочных (в пределах от 0 до 6 ч от срока наблюдения) прогнозов развития опасных погодных явлений или наукастинга [1].

Различия в пространственных характеристиках, водности, температуре и фазовом составе облаков отражаются в величине их радиояркостных контрастов на фоне ясного неба. Методы микроволнового радиометрического контроля за кучевыми облаками и их эволюцией могут способствовать оперативному обнаружению таких опасных (ОЯ) и неблагоприятных (НГЯ) гидрометеорологических явлений, как гроза, шквал, смерч, ливневые дожди, град, ледяной дождь, метель и т.д., приносящих большой ущерб различным отраслям народного хозяйства [2].

Кучево-дождевые облака Сб являются пространственно ограниченными средами и представляют собой динамичные неоднородные системы со сложной микроструктурой, при зондировании которых с поверхности Земли в главный лепесток диаграммы направленности антенны попадают не только мелкокапельные переохлажденные зоны облака, но и части слоя дождя, а также фоновое излучение, приходящее по боковым лепесткам диаграммы направленности [3].

Решение данной задачи заключается в комплексном использовании многоволнового микроволнового радиометрического метода зондирования конвективной облачности, на разных стадиях развития, с пространственным и поляризационным разрешением радиотепловых сигналов с применением метода компенсации влияния фонового излучения.

Опасные метеорологические явления, связанные с эволюцией конвективной облачности

Процесс развития (эволюции) конвективной облачности (Сб - кучево-дождевых облаков) может сопровождаться возникновением опасных метеорологических явлений (ОЯ), к которым в соответствии с руководящим документом Росгидромета РД 52.27.724-2009 принято относить природные процессы и явления, возникающие в атмосфере и/или у поверхности Земли, которые по своей интенсивности (силе), масштабу распространения и

продолжительности оказывают или могут оказать поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных и растения, объекты экономики и окружающую среду.

Метеорологические явления оцениваются как ОЯ при достижении ими определенных значений метеорологических величин – критерии определения ОЯ. Типовой перечень ОЯ связанных с формированием конвективной облачности, составленный с учетом рекомендаций Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристики и критерии ОЯ

Наименование ОЯ	Характеристики и критерии ОЯ
1. Сильный ливень.	Сильный ливневый дождь с количеством выпавших осадков не менее 30 мм за период не более 1 ч.
2. Очень сильный дождь (очень сильный дождь со снегом, очень сильный мокрый снег, очень сильный снег с дождем).	Выпавший дождь, ливневый дождь, дождь со снегом, мокрый снег с количеством не менее 50 мм, в ливнеопасных (селеопасных) горных районах – не менее 30 мм за период времени не более 12 ч.
3. Очень сильный снег.	Выпавший снег, ливневый снег с количеством не менее 20 мм за период времени не более 12 ч.
4. Продолжительный сильный дождь.	Дождь с короткими перерывами (не более 1 ч) с количеством осадков не менее 100 мм (в ливнеопасных районах с количеством осадков не менее 60 мм) за период времени более 12 ч, но менее 48 ч, или 120 мм за период времени более 2 сут.
5. Крупный град.	Град диаметром 20 мм и более.

Результаты экспериментальных исследований

Для оценки потенциальных возможностей контроля состояния атмосферы в задачах прогнозирования развития опасных явлений трехдиапазонной микроволновой радиометрической системой с компенсацией влияния фоновых шумов [4, 5] были выполнены суточные измерения радиотеплового излучения атмосферы в теплое и холодное время года в условиях выпадения осадков в трех частотных диапазонах с центральными длинами волн 7,5 см, 3,2 см и 1,35 см, представленные на рис. 1.

Для общей характеристики облачности атмосферы рассматривались данные Муромской межрайонной метеостанции, расположенной на расстоянии 6 км от места базирования микроволнового радиометрического измерительного комплекса.

Для возможности оперативного отслеживания изменения состояния атмосферы по метеопараметрам ее приземного слоя в области расположения микроволновой радиометрической системы была установлена мобильная автоматическая метеостанция, данные с которой синхронизировались с данными многочастотных микроволновых радиометрических измерений.

Результаты корреляционной обработки от 30.07.2017 г.

Данные результатов корреляционной обработки от 30.07.2017 г. представлены в Таблицах 2, 3 и 5, причем оценка корреляции выходных сигналов с интенсивностью осадков выполнена как без разделения по интенсивности дождя, так и с разделением по интенсивности осадков меньше и больше 1 мм/ч. Для сравнения в Таблицах 4 и 6 приведены результаты оценки корреляции выходных сигналов и метеопараметров при выполнении компенсации влияния фоновых шумов на результаты измерения радиометрической системы и без нее.

Таблица 2 - Коэффициенты корреляции от 30.07.2017 г. без разделения по интенсивности осадков

3.2 осн гор	7.5 доп	3.2 осн верт	7.5 осн гор	3.2 доп	7.5 осн верт	1.35 осн гор
0,2	-0,07	0,2	-0,05	0,03	-0,02	-0,04

Таблица 3 - Коэффициенты корреляции от 30.07.2017 г. при разностных значениях без разделения по интенсивности с компенсацией фоновых шумов

3.2 осн гор-3.2 доп	3.2 осн верт-3.2 доп	7.5 осн гор-7.5 доп
0,2	0,3	0,1

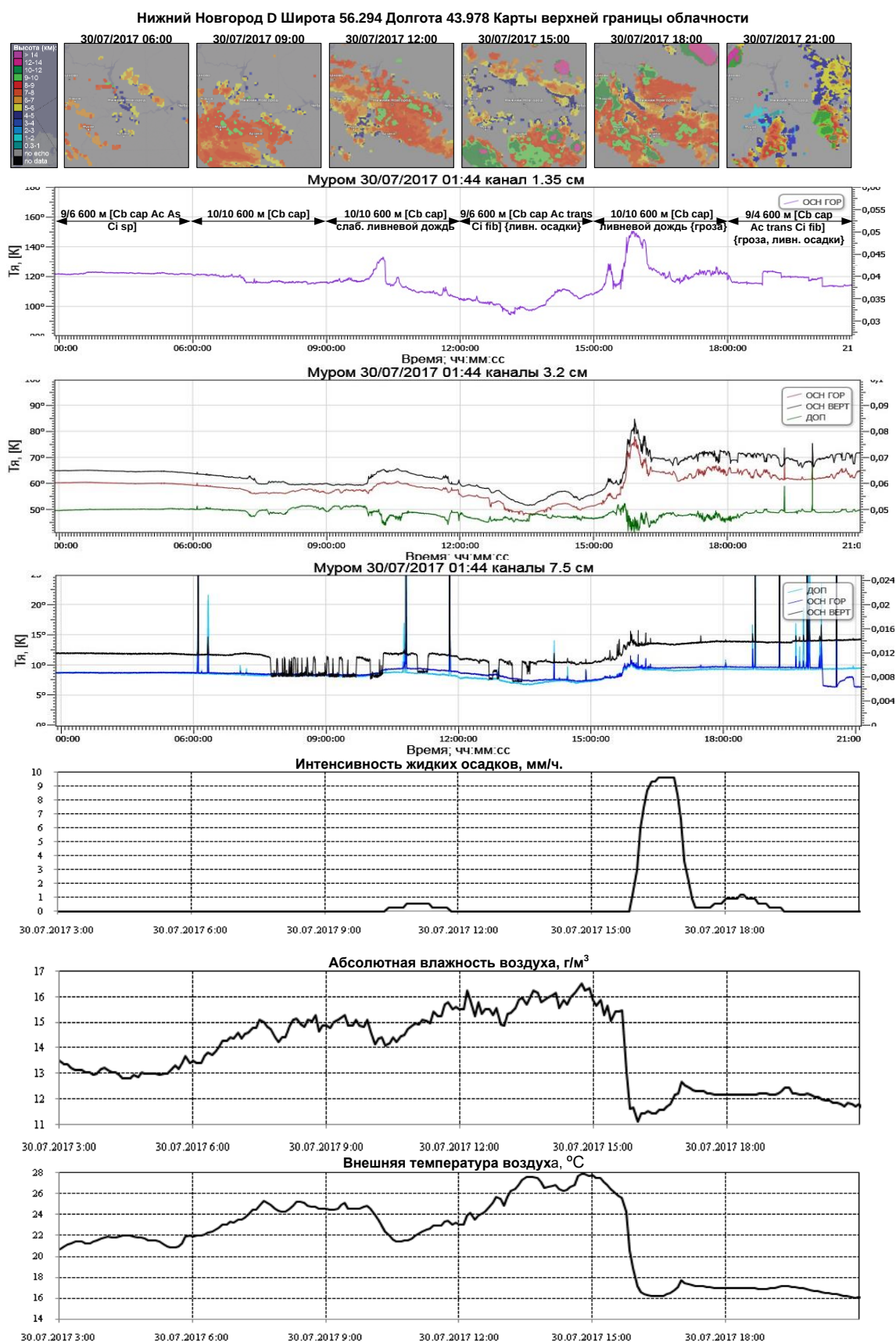


Рис. 1 - Процесс развития опасного явления в виде сильного ливня с грозой от 30.07.2017 г.

Таблица 4 - Коэффициенты корреляции от 30.07.2017 г. при интенсивности осадков меньше 1 мм/ч

3.2 осн гор	7.5 доп	3.2 осн верт	7.5 осн гор	3.2 доп	7.5 осн верт	1.35 осн гор
0,1	-0,1	0,1	-0,1	0,05	-0,07	-0,1

Таблица 5 - Коэффициенты корреляции от 30.07.2017 г. при разностных значениях при интенсивности осадков меньше 1 мм/ч с компенсацией фоновых шумов

3.2 осн гор-3.2 доп	3.2 осн верт-3.2 доп	7.5 осн гор-7.5 доп
0,1	0,2	0,1

Таблица 6 - Коэффициенты корреляции от 30.07.2017 г. при интенсивности осадков больше 1 мм/ч

3.2 осн гор	7.5 доп	3.2 осн верт	7.5 осн гор	3.2 доп	7.5 осн верт	1.35 осн гор
0,1	-0,09	0,3	0,2	-0,3	-0,2	-0,5

Таблица 7 - Коэффициенты корреляции от 30.07.2017 г. при разностных значениях при интенсивности осадков больше 1 мм/ч с компенсацией фоновых шумов

3.2 осн гор-3.2 доп	3.2 осн верт-3.2 доп	7.5 осн гор-7.5 доп
0,2	0,4	0,2

Полученные численные результаты показали наличие сильной корреляционной связи между результатами радиометрических измерений и данными по интенсивности дождя и влажности приземного слоя атмосферы. Проведение разностных измерений при выполнении компенсации влияния фоновых шумов показало увеличение степени корреляции, особенно для канала с центральной длиной волны 7.5 см. Наиболее сильная корреляция результатов измерений микроволновой радиометрической системы и интенсивности осадков наблюдается для канала с центральной длиной волны 7.5 см, а корреляция результатов измерений и влажности для канала с центральной длиной волны 1.35 см.

Заключение

Полученные корреляционные оценки данных измерений интенсивности радиотеплового излучения атмосферы трехдиапазонной микроволновой радиометрической системой с данными по интенсивности осадков и влажности приземного слоя атмосферы, получаемых с метеостанции, позволили сделать вывод о возможности оперативной оценки состояния атмосферы по данным многочастотных микроволновых радиометрических измерений.

Для представленных данных выходной сигнал радиометрической системы в диапазоне 1.35 см имеет сильную корреляцию с влажностью атмосферы, на частоте 3.2 см имеет место корреляция с влажностью и интенсивностью дождя, а также существенно влияние выпадение твердых осадков в виде снега с наличием поляризационного контраста в результатах измерений, а на частоте 7.5 см выходной сигнал в основном зависит от интенсивности осадков.

Результаты экспериментальных исследований показали перспективность применения многодиапазонных микроволновых радиометрических систем с компенсацией влияния фоновых шумов для решения задач оперативной оценки состояния атмосферы.

Список литературы

1. Радиотеплолокация в метеорологии / В.Д. Степаненко, Г.Г. Щукин, Л.П. Бобылев, С.Ю. Матросов. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 283 с.
2. Щукин Г.Г., Степаненко В.Д., Снегуров А.В. Перспективные направления радиолокационных наблюдений за атмосферой // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. - 2010. - № 561. - С. 223 - 241.
3. Ростокин И.Н., Федосеева Е.В., Щукин Г.Г. Сверхвысокочастотная радиометрическая система с внешним тестовым шумовым сигналом. // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Выпуск 653.-СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2016, С.204-209.
4. Ростокин И.Н., Федосеева Е.В. Вопросы построения многочастотной СВЧ радиометрической системы дистанционного зондирования облачной атмосферы с компенсацией фонового излучения // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - 2015. - №1(17). - С. 5 - 12.
5. Ростокин, И. Н. Многочастотный микроволновый радиометрический метод обнаружения и контроля опасных атмосферных метеоявлений, устойчивый к изменяющимся условиям измерений // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. 2018. № 1 (37). С. 6-21.

05.11.13

**И.Л. Хазиев, О.Г. Морозов д-р техн. наук, И.И. Нуреев д-р техн. наук,
А.Ж. Сахабутдинов канд. физ. - мат. наук, А.А. Кузнецов канд. техн. наук,
Л.М. Фасхутдинов**

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева –
КАИ, кафедра радиофотоники и микроволновых технологий,
Казань, ildarhaziev.mail.ru@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ РАССЕЯНИЯ РАМАНА

В работе представлены результаты статистической обработки рефлектограмм стоксовой и антистоксовой компонент с датчика распределенного контроля температуры на основе рассеяния Рамана с участка нагрева оптического волокна SMF 28e+ длиной 1350-1400 метров при температуре термокамеры (+60°C) и комнатной температуре (+27°C).

Ключевые слова: DTS, распределенный волоконно-оптический датчик, Raman effect, комбинационное рассеяние, температура, статистические методы обработки данных, закон распределения случайных величин.

Введение. Принцип работы DTS систем основан на регистрации комбинационного (рамановского) рассеяния оптического света внутри волоконно-оптического кабеля. Свет, проходя через световод, отражается на отдельных участках оптического волокна. Изменение температуры влияет на характеристику отраженного света. Наибольшее распространение эти системы получили в системах нефте-газоскважинной телеметрии[1].

Цель экспериментального исследования состоит в том, чтобы провести статистическую обработку снятых с рамановского рефлектометра DTSU-430 рефлектограмм с информацией о следах стоксовой и антистоксовой компонент обратного рассеяния, определить закон распределения случайных величин, полученных в результате измерений. Наконец, по полученному закону распределения определить, какой из видов шума превалирует у прибора.

Для достижения поставленной цели проводилось экспериментальное исследование системы распределенного контроля температуры на основе рассеяния Рамана (DTS, от англ. Distributed temperature sensing systems) в лаборатории кафедры Радиофотоники и микроволновых технологий. Были задействованы катушки со стандартным одномодовым оптическим волокном типа SMF-28e, система DTS DTSU –430 фирмы ООО ИП «НЦВО – Фотоника»[2], а также термокамера ACS Challenge 250[3].

Эксперимент. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Видно, что основными элементами установки являются: регистрирующий модуль DTS (характеристики представлены в табл. 1), катушка волокна, поделенная на отрезки по 20 м и конечный отрезок 50 м, термокамера. Эксперименты такого рода описаны в статье [4].

Таблица 1 – Характеристики DTS[2]

Модель	DTSU-430-xx-xx
Количество каналов	1, 2, 4
Длина зоны измерения, км	2, 4, 8
Пространственное разрешение, м	1
Диапазон измерения, °C	-90 ÷ +100 / -90 ÷ +300
Точность измерения температуры, °C	< ± 1 (зависит от длины зоны измерения)
Температурное разрешение, °C	0,5

Описание эксперимента. Катушка была разделена на отрезки по 20 метров (участки локализации), распределение температуры по которым было равномерным. Эти отрезки через один укладывались в термокамеру (см. рис. 1), где происходил их нагрев до заявленной температуры. С помощью системы DTS снимались рефлектограммы стоксовой и

антистоксовой компоненты в количестве 100 измерений, со временем, потраченным на измерения, - 40 минут; со временем между измерениями равным 24 секундам, предварительная обработка данных в рефлектометре не производилась.

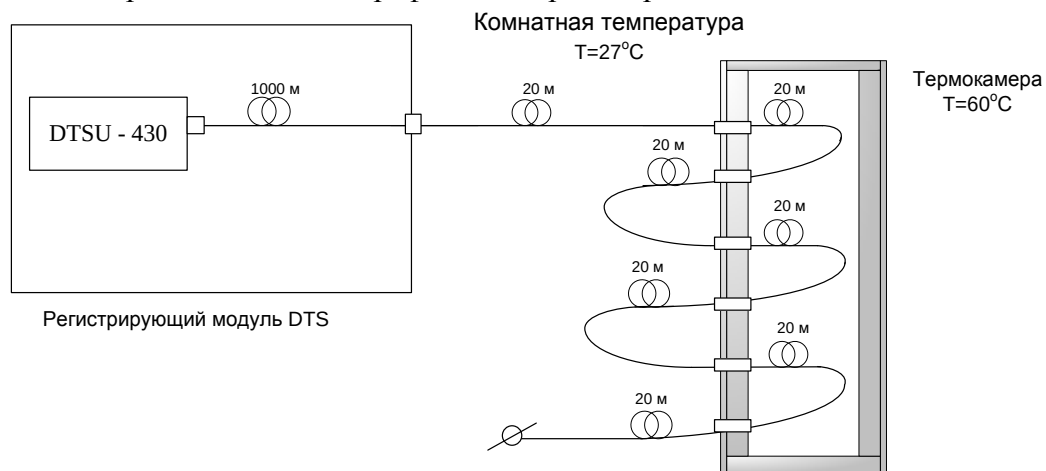
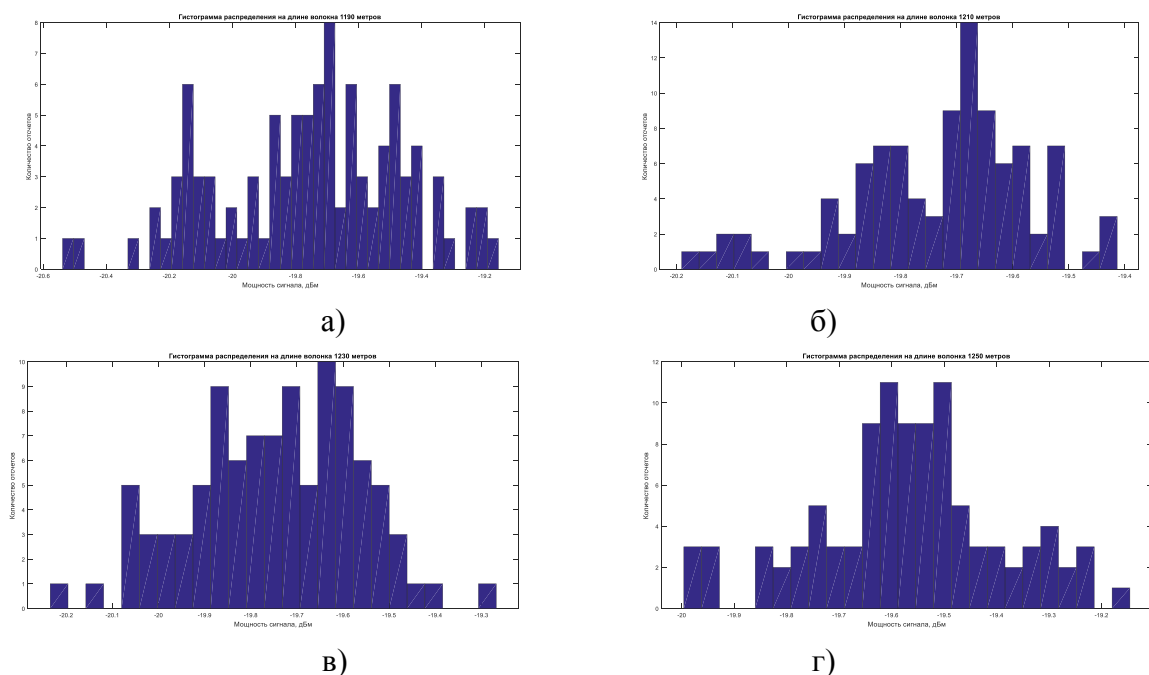


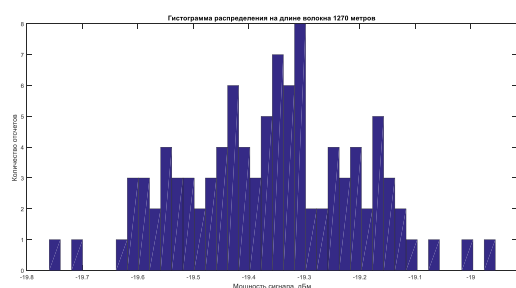
Рис. 1. Экспериментальная установка (стенд)

Эксперимент проходил следующим образом: нагревали три участка волокна по 20 метров в термостате до постоянной температуры в 60 градусов Цельсия, остальное волокно находилось вне термостата.

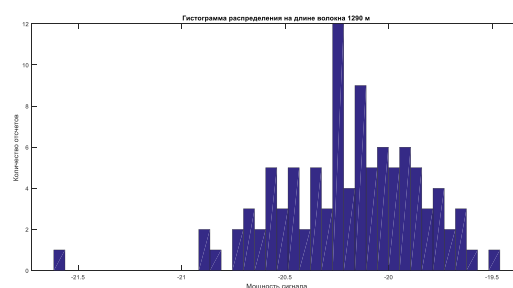
Обработка данных эксперимента. Обработка данных измерений, полученных на участке локализации волокна длиной от 1100 метров до 1400 метров воздействием температур, производилась с помощью методов статистической обработки экспериментальных данных. Производилась выборка измерений следующим образом: на каждом отрезке выбирается одна точка в середине, кроме последнего – длиной 50 метров; так, получилось 6 точек, в каждой из которых по 100 значений мощности сигнала, Массив значений, полученный из выборки, далее обрабатывался в программной среде моделирования MATLAB с нахождением статистических характеристик выборки: математического ожидания – M_x (дБм), дисперсии – D_x (дБм²) и среднеквадратического отклонения (СКО) – σ_x (дБм).

Результаты статистической обработки данных. Получены гистограммы со статистическими характеристиками для 6 точек (рис. 2, 3). Из полученных гистограмм распределения мощности сигнала для анти-стоксовой и стоксовой компонент можно сказать, что огибающая кривая всех гистограмм проявляет себя, как известный нормальный (гауссовский) закон распределения случайных величин.





д)

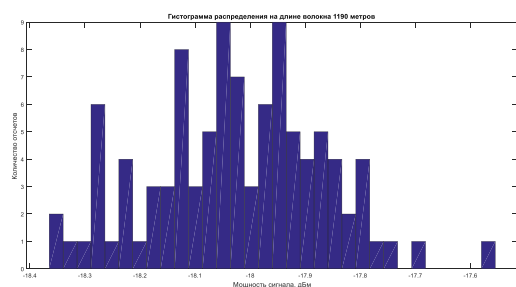


е)

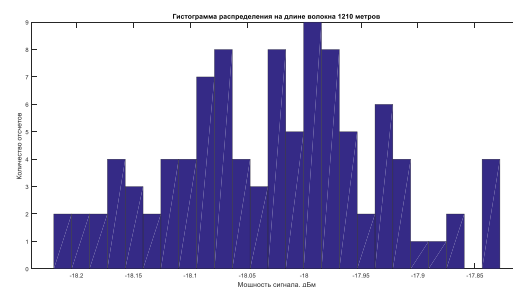
Рис. 2. Гистограммы распределения мощности сигнала для анти-стоксовой компоненты:

а – $M_x = -19.7554$, $D_x = 0.0871$, $\sigma_x = 0.2951$; б – $M_x = -19.7320$, $D_x = 0.0270$, $\sigma_x = 0.1645$;в – $M_x = -19.7452$, $D_x = 0.0327$, $\sigma_x = 0.1808$; г – $M_x = -19.5734$, $D_x = 0.0323$, $\sigma_x = 0.1798$;д – $M_x = -19.3601$, $D_x = 0.2450$, $\sigma_x = 0.1566$; е – $M_x = -20.1920$, $D_x = 0.1151$, $\sigma_x = 0.3392$.

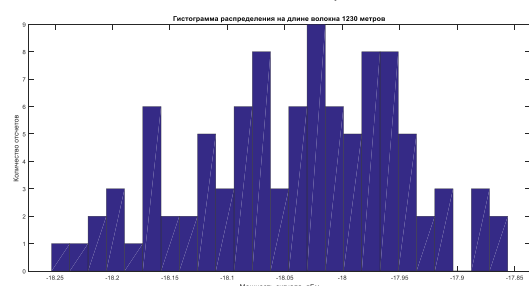
Если считать, что в представленных результатах измерений случайный характер имеет лишь шум самого рефлектометра[5] (флуктуации температуры в термокамере ниже погрешности измерения температуры прибора), то закон распределения мощности сигнала будет соответствовать закону распределения шума, преобладающему в приборе. Известно, что из всех шумов, преобладающих в DTS, основной вклад вносят шумы ФПУ. Среди таких шумов ФПУ закон нормального (гауссовского) распределения имеет дробовой шум[6,7].



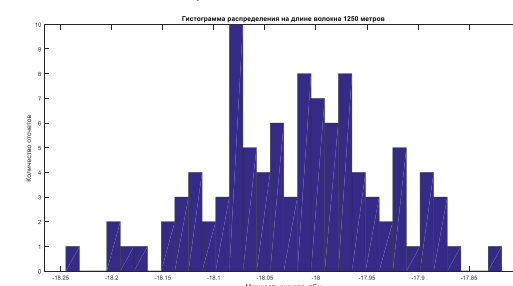
а)



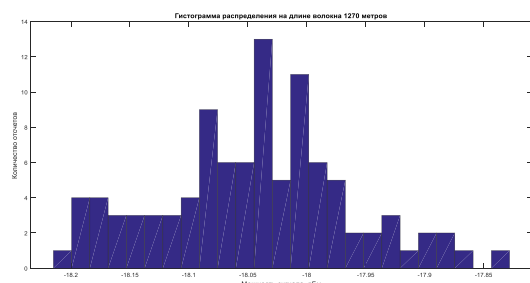
б)



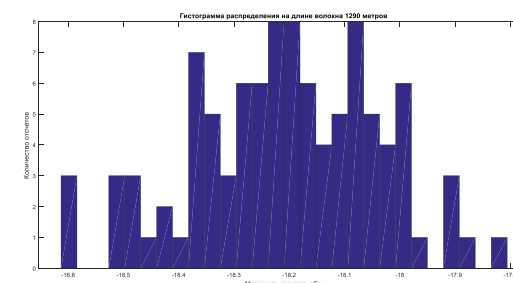
в)



г)



д)



е)

Рис. 3. Гистограммы распределения для стоксовой компоненты сигнала:

а – $M_x = -18.0248$, $D_x = 0.0248$, $\sigma_x = 0.1570$; б – $M_x = -18.0273$, $D_x = 0.0083$, $\sigma_x = 0.091$;в – $M_x = -18.0395$, $D_x = 0.0082$, $\sigma_x = 0.0905$; г – $M_x = -18.0193$, $D_x = 0.0069$, $\sigma_x = 0.0830$;д – $M_x = -18.0436$, $D_x = 0.0066$, $\sigma_x = 0.081$; е – $M_x = -18.2063$, $D_x = 0.0291$, $\sigma_x = 0.1706$.

Заключение. В данной работе проведено экспериментальное исследование датчика распределенного контроля температуры на основе рассеяния Рамана, в результате которого при обработке экспериментальных данных измерений было выявлено, что закон распределения 100 измерений в различных отрезках волокна для стоксовой и анти-стоксовой компонент однозначно близок нормальному (гауссовскому) закону распределения, по такому закону распределен дробовой шум ФПУ, а значит – преобладает среди других шумов системы DTS.

Список литературы

1. Морозов О.Г. Вопросы применения концепции программно–определяемых сетей для систем внутрискважинной волоконно–оптической телеметрии. О.Г. Морозов, И.И. Нуреев, С.В. Феофилактов и др.// Нелинейный мир. 2014. №10. С. 83–90.
2. Регистрирующий DTS модуль DTSU – 430. URL: forc-photonics.ru.
3. Термокамера ACS Challenge 250. URL: www.ets.co.uk.
4. G.Failleaua, O.Beaumonta, R.Razouka, S.Delepine-Lesoilleb, M.Landoltb, B.Courthialc, J.M.Hénaultd, F.Martinotc, J.Bertrandb, B.Haya. A metrological comparison of Raman-distributed temperature sensors / Elsevier, 2018. Vol. 116, P. 18-24.
5. Bolognini, G. Raman-based fibre sensors: Trends and applications / Bolognini G., Hartog A. // Optical Fiber Technology, 2013. Vol. 19. 6. P. 678–688.
6. Удд, Е. Волоконно-оптические датчики / Е. Удд; пер. И. Ю. Шкадиной. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.
7. Иванов, А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения / А.Б. Иванов. – 1-е изд. – М.: Комп. Сайрус Системс, – 1999. – 664 с.

05.11.06

**В.Н. Хмелев д-р техн. наук, Р.Н. Голых канд. техн. наук, А.В. Шалунов д-р техн. наук,
Р.А. Лопатин, В.Д. Минаков, К.Е. Сырников, П.В. Петреков канд. техн. наук,
Д.В. Генне**

Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»,
Бийск, grn@bti.secna.ru

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КАВИТАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Статья посвящена исследованию влияния ультразвукового излучения на свойства полимерных композитных материалов и энергозатраты при полимеризации.

Ключевые слова: *полимеры, ультразвук, материалы.*

Современное развитие приборостроения, медицины, транспорта, авиации и ракетно-космической техники определяется созданием новых конструкционных материалов и улучшением их механических свойств. Основной задачей является создание материалов, которые будут одновременно удовлетворять двум свойствам – низкая удельная масса и высокая прочность материалов [1,2].

Одним из путей решения этой задачи является успешно развивающееся направление – применение полимерных материалов, которые оказываются более чем в 5 раз легче традиционных материалов и сплавов. Однако чтобы обеспечить полимеры необходимой прочностью, нужно прибегнуть к модификации их физико-химической структуры.

Один из известных способов модификации структуры полимеров основан на введении дисперсных наполнителей при формировании полимерных композиций. Однако предел прочности формируемых композиций всё равно является недостаточным. Это связано как с недостаточной поверхностью взаимодействия полимерного связующего и наполнителя, так и с неоднородностью молекулярной структуры полимера.

Перспективный способ увеличения поверхности взаимодействия связующего с наполнителем и гомогенизации высокомолекулярного соединения – предварительное ультразвуковое (УЗ) кавитационное воздействие на материал в неотвержденном состоянии. УЗ воздействие в кавитационном режиме позволяет сконцентрировать энергию распространяющихся в среде колебаний в энергию кавитационных пузырьков [2]. Это приводит к разрушению молекулярных связей, обеспечивает однородность структуры многокомпонентного материала, равномерное распределение армирующих частиц и может повысить прочностные свойства материала во всех направлениях деформации.

Для экспериментальных исследований были выбраны такие компоненты как связующее, которым выступила эпоксидная смола ЭД-20, отвердитель ПЭПА и армирующий наполнитель волластонит ВОКСИЛ М100 [3].

Поскольку наибольшее влияние ультразвуковое воздействие оказывает на структуру поверхности взаимодействия наполнителя со связующим, то был создан стенд для формирования образцов и исследования основных характеристик материала при предварительном ультразвуковом воздействии на сырьевые компоненты. Разработанный с учётом необходимости ультразвукового воздействия с различными режимами и условиями стенд имеет модульную структуру. Модульная структура стенда представлена технологической схемой (рис.1).

В состав стенда входят следующие функциональные блоки:

1. Устройство дозирования (УД).
2. Устройство перемешивания (УП).
3. Устройство кавитационного воздействия (УКВ).
4. Блок формования (БФ).
5. Блок испытания (БИ).

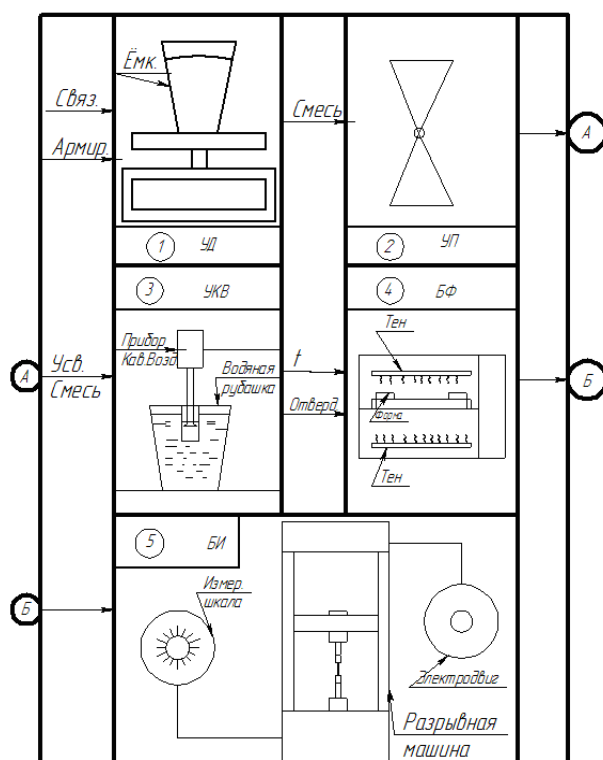


Рис. 1 – Технологическая схема специализированного стенда для исследования прочностных свойств полимерных материалов.

Первый этап представлял собой отливку первого образца материала, в котором была использована только эпоксидная смола (это необходимо для оценки относительного изменения прочности) без наполнителя.

Далее была проведена серия экспериментов по ультразвуковому диспергированию состава из эпоксидной смолы и наполнителя, которым служил волластонит. После изучения доступной литературы [3] выявлено, что оптимальным соотношением наполнителя и эпоксидной смолы является 1/10 (1 доля наполнителя на 10 долей эпоксидной смолы). Все эксперименты по ультразвуковому диспергированию проводились при одинаковых внешних условиях. Таким образом, в результате экспериментов были получены образцы состава, каждый из которых отличался только одним параметром – временем диспергирования. Проведя серию из трех экспериментов, было получено 3 образца на основе составов, диспергировавшихся 30 минут, 60 минут и 90 минут соответственно. Ультразвуковое диспергирование проводилось при частоте 22 кГц и мощности ультразвукового воздействия (вводимой акустической мощности) около 200 Вт для объема не менее 150 мл. Интенсивность ультразвука составляла более 10 Вт/см².

Далее была произведена отливка образцов полимерных композиционных материалов в специальные формы (Рис.2). Для изготовления образцов были применены составы с разным временем диспергирования и отвердитель ПЭПА, который смешивался с составами также в отношении 1/10.

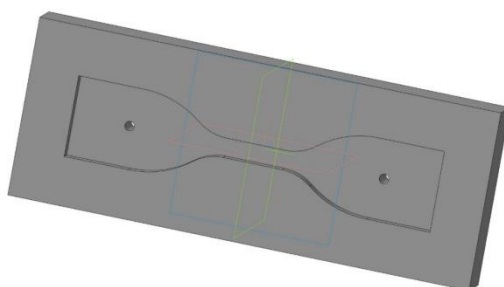


Рис. 2 – 3D модель формы для изготовления образца

Полимеризация ПКМ проходила при различных условиях. Были проведены эксперименты как по полимеризации в нормальных условиях, так и при горячем отверждении. В ходе экспериментов было выяснено, что время полимеризации композиционного материала при холодном отверждении составляет до 24 часов. Время полимеризации при горячем отверждении равно примерно 2 часам. Время отверждения ПКМ при предварительном воздействии на него ультразвуком сокращается до 5-10 минут.

На последнем этапе экспериментов были проведены испытания получившихся образцов полимерных композиционных материалов. Данные испытания были проведены с использованием разрывной машины. В результате испытаний были получены пределы прочности каждого из образцов материала на разрыв.

Для расчета прочности ПКМ была использована формула:

$$\sigma = \frac{F_{\max}}{A_0}, \text{ где } F_{\max} - \text{предельно допустимая сила растяжения, Н; } A_0 - \text{площадь наименьшего}$$

поперечного сечения образца, м². Используя данную формулу, было выяснено, что применение УЗ диспергирования наполнителя повышает прочность полученного ПКМ до 30%.

Были проведены расчеты электроэнергии, потребленной при горячем отверждении с использованием нагревателя и при ультразвуковом воздействии состав для ускорения полимеризации.

$$P = W \cdot T$$

$$P_1 = 200 \text{ Вт} \cdot \frac{1}{12} \text{ ч} = 17 \text{ Вт} \cdot \text{ч},$$

$$P_2 = 1000 \text{ Вт} \cdot 2 \text{ ч} = 2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{2000 \text{ Вт} \cdot \text{ч}}{17 \text{ Вт} \cdot \text{ч}} = 117$$

где P – израсходованная электроэнергия, Вт·ч; W — мощность прибора, Вт; T – время работы прибора, ч; P_1 – энергия, потреблённая ультразвуковым аппаратом для полного отверждения состава, Вт·ч; P_2 – энергия, потреблённая нагревателем для полного отверждения состава, Вт·ч.

Согласно проведенным расчетам, использование УЗ воздействия на полимерную композицию в смеси с отвердителем сокращает не только время его полимеризации, но и требует более чем в 100 раз меньших энергозатрат по сравнению с отверждением с помощью нагрева.

Исследование выполнено при поддержке Гранта Президента РФ №МК-2813.2018.8.

Список литературы

1. *Ткачев, А.Г.* Упрочнение эпоксидных материалов фторированными углеродными нанотрубками [Текст] / А.Г. Ткачев, А.П. Харитонов, Г.В. Симбирцева, Л.Н. Харитонов, А.Н. Блохин, Т.П. Дьячкова, В.Н. Дружинина, А.В. Максимкин, Д.И. Чуков, В.В. Чердынцев // *Современные проблемы науки и образования.* – 2014. – № 2.
2. *Khmelev V.N.* Determination of Optimum Conditions of Ultrasonic Cavitation Treatment of High-viscous and Non-newtonian liquid media [Текст] / V.N. Khmelev, R.N. Golykh, A.V. Shalunov, V.E. Bazhin, V.A. Nesterov // *EDM'2015: Conference Proceedings.* – 2015. – P. 208-212.
3. *Коробщикова, Т.С.* Повышение прочностных характеристик полимерных композиционных материалов модификацией волластонитом / Т.С. Коробщикова. – Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Барнаул, 2012. – 150 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (05.13.00)

05.13.18

А.В. Волков

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва,
факультет электронной техники, кафедра электроники и наноэлектроники,
Саранск, elsoldador@rambler.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ
АЛГОРИТМОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НАТРИЕВЫХ ЛАМП**

Аналитический метод был использован для описания работы натриевой лампы на основе дифференциальных уравнений. В работе также использовали алгоритм сингулярного разложения, чтобы найти коэффициенты модели АРСС. Также была получена передаточная функция модели АРСС. Затем модель протестировали на предприятии для контроля качества натриевых ламп в производстве. Полученные результаты моделирования совпадают с результатами эксперимента.

Ключевые слова: натриевая лампа, математическая модель, экспериментальное исследование.

Натриевые лампы высокого давления широко применяются для наружного и внутреннего освещения, в том числе для освещения растений в теплицах. После изготовления перед отгрузкой потребителю эти лампы должны пройти процесс стендовых испытаний и разбраковки. Оператор по результатам испытаний производит сортировку ламп [5].

До настоящего времени контроль напряжения на лампе осуществлялся оператором визуально, что приводило к появлению ошибок в работе и затрудняло анализ причин появления брака [4].

В связи с этим были поставлены задачи по автоматизации проведения испытаний ламп и оценки их годности. Автоматизированная система должна обеспечивать визуализацию хода испытаний, перестраиваться с одного типа испытуемых ламп на другие, вести архивы результатов испытаний, передавать данные на персональный компьютер мастера участка для вывода статистической информации в графическом виде. Кроме этого должна была предусматриваться возможность сравнения модели «идеальной» лампы с моделью, построенной на основе массива измерений. Однако ввиду сложности взаимосвязей между режимами процесса изготовления и его технологического контроля, рекомендации по выбору параметров лампы основаны в первую очередь на практическом опыте и результатах экспериментальных исследований [1-2].

Очевидно, что экспериментально определить, отчего произошел брак на стадии производства, невозможно. Расчёт хода стадии технологического производства предлагается осуществить методом математического моделирования в следующем порядке:

- Принимается гипотеза о стационарности и эргодичности случайного процесса распределения значения напряжения на лампе в установившемся режиме.
- Экспериментально формируют выбор значений напряжения для различного типа ламп.
- Вычисляют его статистические характеристики.

Смоделированные таким образом параметры технологического процесса позволяют наиболее точно описать процесс тестирования натриевых ламп высокого давления.

Исследования, проведенные на математических моделях, показали достаточно хорошее совпадение с расчётными данными, а ошибка моделирования не превысила 10%.

Весьма актуальной представляется разработка наглядных и удобных в практическом использовании математических моделей ламп высокого давления. В ряде работ предложены дифференциальные уравнения [4, 5], а также реализация их в вычислительной среде MATLAB с использованием языка программирования и встроенных функций этой среды [3].

В работе [5] сформулированы требования к уравнениям дифференциальной модели лампы. В частности, отмечается ограниченность моделей, основанных на алгебраической аппроксимации. Дифференциальные математические модели позволяют учесть начальные условия развития разряда, а также инерционность процесса развития этого разряда. Также должна быть возможность легкого измерения или точного расчета параметров, определяющих поведение модели. Для ламп высокого давления приемлемые результаты дает модель, отображаемая системой нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка [3, 5]:

Для моделирования хода технологического процесса следует использовать выделение трендовых и периодических составляющих числовых рядов в рамках метода сингулярного разложения. Метод не предусматривает знания параметрической модели ряда и позволяет работать с зашумленными нестационарными временными рядами.

На рис. 1 приведены результаты разложения исходных данных на периодическую и случайную составляющие. Синей линией выделена периодическая составляющая напряжения, а зелёной случайная составляющая напряжения.

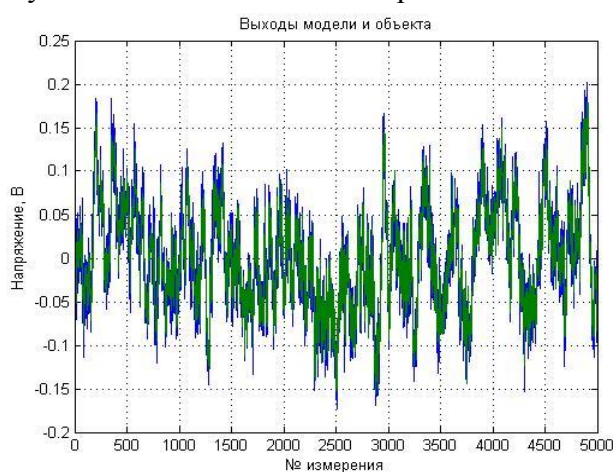


Рис. 1 Результаты разложения исходных данных

Модель случайной составляющей представлена моделью стационарного и эргодического случайного процесса, полученного методом формирующего фильтра. Идентификация параметров формирующего фильтра проводилась с помощью рекуррентного метода наименьших квадратов (РМНК).

На рис.2 и рис.3 представлены оценки коэффициенты АРСС-моделей, полученные в результате идентификации, свидетельствующие о сходимости получаемых оценок для натриевых ламп высокого давления ДНаЗ-600 и ДНаЗ-400.

На рис.4 приведены ошибки идентификации случайной составляющей, позволяющие установить, что максимальная ошибка не превышает 10 %.

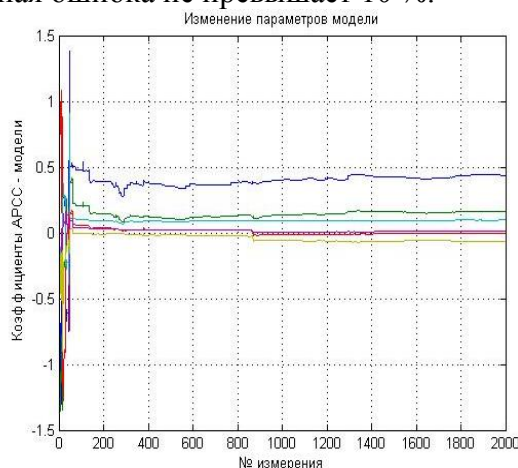


Рис.2 Коэффициенты АРСС-моделей случайных составляющих напряжения на проверяемых лампах ДнаЗ-600

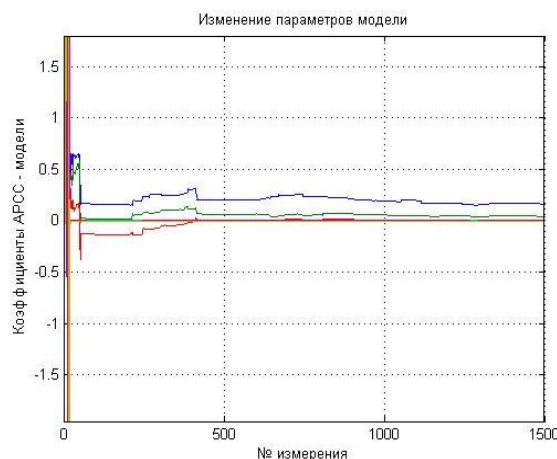


Рис. 3. Коэффициенты АРСС-моделей случайных составляющих напряжения на проверяемых лампах: ДНаЗ-400

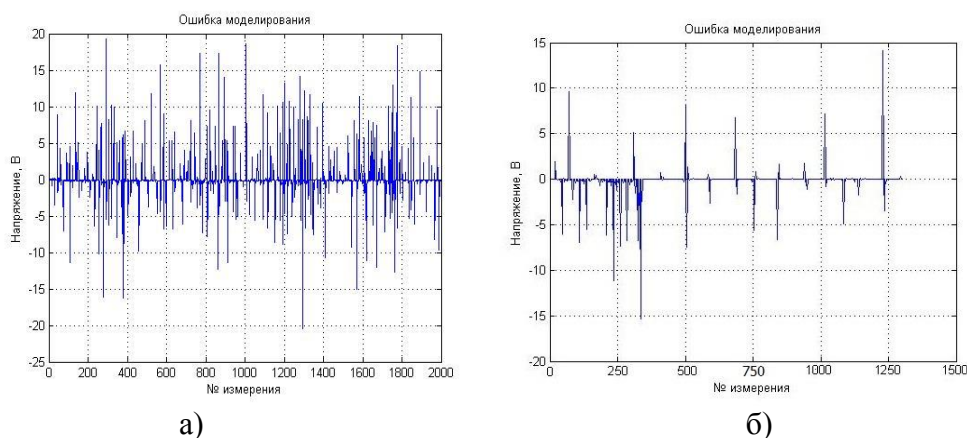


Рис. 4. Ошибка моделирования случайных составляющих напряжения на проверяемых лампах: а) ДНаТ-400; б) ДНаТ-250

Сравнение вышеуказанных моделей с полученными экспериментальными осциллограммами представлено в статье [11].

Также проводилась проверка гипотезы о нормальном законе распределения полученных значений напряжений по критерию Колмогорова – Смирнова подтвердилась.

Было установлено, что оценка параметров нормального закона распределения результирующего профиля зависит от числа единичных значений напряжения, участвующих в его формировании, а также нормированная зависимость для случая, когда исходное СКО единичных значений равно 1. При увеличении СКО прямо пропорционально изменяется результирующее оценки (матожидание и СКО).

Выводы. Разработанная математическая модель натриевой лампы высокого давления основана на относительно простых дифференциальных уравнениях, отражающих свойства лампы в процессе испытания.

Было установлено, что оценка параметров нормального закона распределения результирующего падения напряжения зависят от числа единичных значений установленного напряжения, участвующих в его формировании, а также от СКО единичных значений. При увеличении этого СКО прямо пропорционально изменяется результирующее оценки.

Сингулярное разложение результирующего значения выявило трендовую составляющую и отсутствие периодических составляющих, присутствующих в разложении исходного единичного значения.

Параметры модели для конкретного типа ламп могут быть вычислены либо определены экспериментально. Полученная модель адекватна, что подтверждается полученными экспериментальными результатами[5]. Модель может использоваться для контроля качества выпускаемых ламп.

Список литературы

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1983. - 648с.
2. Vasumi K., Bo H. Method of calculating of high pressure discharge lamps circuits // J. III. Eng. Inst. Jap. 1975. - Vol. 59. №5. - P. 194-209.
3. Харченко В. Ф. Разработка компьютерной модели для разрядной лампы высокого давления / В.Ф. Харченко, В.Г. Ягуп, А.А. Якунин, Е.В. Ягуп и др. // Світлотехніка та електроенергетика. – 2013. – № 2. – С. 52-57.
4. Волков А.В., Троянский А.В. Автоматизация системы отбраковки ламп высокого давления. В сборнике: Системы проектирования, моделирования, подготовки производства и управление проектами CAD/CAM/CAE/PDM Сборник статей XI Международной научно-практической конференции. 2017. С. 44
5. Семенов А.Д., Волков А.В. Экспериментальная апробация математической модели натриевых ламп высокого давления. А.Д. Семенов, А.В. Волков – Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 1. С. 136-139.

05.13.11

**Р.Н. Голых канд. техн. наук, В.Н. Хмелёв д-р техн. наук, А.И. Шепелева,
В.В. Педдер канд. техн. наук, А.В. Шалунов д-р техн. наук**

Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»,
Бийск, grn@bti.secna.ru

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РАСЧЁТА СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В РАЗВЕТВЛЁННОЙ СИСТЕМЕ ПОР ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ АКУСТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

В статье описана предложенная компьютерная модель процесса течения жидкой фазы в разветвлённой системе пор под действием сил акустической природы. Созданный программный модуль, реализующий компьютерную модель, позволяет выявить зависимости скорости течения жидкой фазы от режимов акустического или ультразвукового воздействия.

Ключевые слова: ультразвук, капилляры, программный модуль.

На сегодняшний день многократно доказана и подтверждена эффективность ультразвукового или вибрационного ускорения процессов переноса жидкой фазы в капиллярно-пористых системах [1, 2]. Для подбора режимов реализации данных процессов необходимость создания компьютерных моделей, позволяющих непосредственно определить скорость течения жидкой фазы, учитывая вторичные силы акустической природы, способствующие течению жидкой фазы, разветвлённость структуры капиллярно-пористой системы.

Поскольку поры в таких системах могут быть расположены и соединены между собой в различных конфигурациях (в зависимости от типа системы, древесина, волокнистый полимерный материал, подвергаемый сушке или пропитке, биоткань, подвергаемая удалению раневого содержимого), для компьютерного моделирования таких систем необходимо создание специального программного модуля, содержащего средства для ввода и представления структуры системы пор, средства для решения математически поставленной задачи течения жидкой фазы при действии сил акустической природы, средства для визуализации результатов расчётов.

На сегодняшний день инструменты численного анализа моделей и визуализации течения жидкой фазы в капиллярах, в основном, реализованы в виде CAE-систем (ANSYS, COMSOL Multiphysics, ABAQUS) [3, 4]. Однако такие системы, как COMSOL Multiphysics, ABAQUS требуют детальной разработки геометрии каналов пор, что не позволяет рассчитывать капиллярно-пористые системы с микронными порами. При этом ANSYS даже с дополнительными модулями и инструментами настройки невозможно использовать для решения узкоспециализированных задач течения жидкой фазы в пористых средах [3], так как в ANSYS нет учёта действия сил акустической природы. Поэтому возникает необходимость разработки компьютерной модели и программного модуля для расчёта скорости течения жидкой фазы в капиллярно-пористой системы с учётом разветвлённости пор и действия сил акустической природы.

Поскольку рассматриваемая система представляет сеть капилляров, соединённых между собой, то целесообразно представить систему в виде неориентированного графа неориентированный граф $G = (V, E)$ (где V – множество узлов ветвления; E – множество прямолинейных цилиндрических капилляров, соединяющих узлы). Множество узлов представляет собой объединение двух непересекающихся подмножеств $V = B \cup S$ (S – граничные узлы; B – узлы ветвления). Для каждого узла определён радиус-вектор r_i ,

определяющий его расположение в пространстве, m ; p_i – постоянное давление в узле. Для капилляра определен вектор средней (по поперечному сечению) скорости $\mathbf{u}_{ij}$ течения жидкой фазы в капилляре, соединяющем узлы i и j , м/с; s_{ij} – площадь поперечного сечения капилляра, соединяющего i -й и j -й узлы, м; f_{ij} – удельная сила, действующая на единицу длины капилляра, соединяющего i -й и j -й узлы, Н/м.

При этом каждый граничный узел связан с граничными капиллярами, характеризующимися скоростью течения жидкой фазы u_i и площадью сечения s_i и соединяющими выделенный элемент системы капилляров с окружающими капиллярами.

Для капилляров и узлов ветвления в них выполняются законы сохранения массы протекаемой жидкости:

$$\sum_{j \in \{j | \{i, j\} \in E\}} \left(\mathbf{u}_{ij}, \frac{\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|} \right) s_{ij} + \begin{cases} 0, \text{ если } i \notin S \\ u_i, \text{ если } i \in S \end{cases} = 0; (\mathbf{u}_{ij}, \mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j) = |\mathbf{u}_{ij}| |\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|; \mathbf{u}_{ij} = \mathbf{u}_{ji};$$

и импульса (закон фильтрации Дарси)

$$\mathbf{f}_{ij} |\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j| - 32\eta |\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j| \mathbf{u}_{ij} = (p_i - p_j) \frac{\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|} s_{ij}; \mathbf{f}_{ij} = \mathbf{f}_{ji};$$

При усреднении за период колебаний сила $\mathbf{f}_{ij}$, вызванная акустическими эффектами 2-го порядка [1], оказывается ненулевой, поэтому возникает стационарное движение жидкости в капилляре:

$$\sum_{j \in \{j | \{i, j\} \in E\}} \left(\overline{\mathbf{u}_{ij}}, \frac{\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|} \right) s_{ij} = 0; (\overline{\mathbf{u}_{ij}}, \mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j) = |\overline{\mathbf{u}_{ij}}| |\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|; \overline{\mathbf{u}_{ij}} = \overline{\mathbf{u}_{ji}};$$

$$\overline{\mathbf{f}_{ij}} |\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j| - 32\eta |\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j| \overline{\mathbf{u}_{ij}} = (\overline{p_i} - \overline{p_j}) \frac{\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|} s_{ij}; \overline{\mathbf{f}_{ij}} = \overline{\mathbf{f}_{ji}};$$

Для узлов ветвления B величина давления p_i остаётся неизвестной, при этом для граничных узлов величина давления является известной.

Поскольку левая и правая части законов сохранения зависят от неизвестных линейно, законы сохранения для компьютерного моделирования целесообразно представить в виде матричной системы линейных уравнений:

$$Ax=b,$$

где A – матрица коэффициентов, b – столбец правых частей.

Решение системы линейных уравнений позволяет определить скорости течения u_i в каналах капилляров, сопряжённых с граничными вершинами выделенного элемента биоткани.

Это позволяет определить удельный расход жидкой фазы, втекающей или вытекающей в выделенный элемент системы капилляров.

Решение системы уравнений было реализовано в виде программного модуля на языке программирования Java. Данный язык является объектно-ориентированным и одновременно простым, безопасным, высокопроизводительным и динамическим, что, несомненно, повлияло на выбор этого языка для решения поставленной задачи.

Для численного решения системы линейных уравнений была использована математическая библиотека Commons Math. Преимущества Commons Math:

- преобладание небольших, легко интегрируемых компонентов, а не крупных подбиблиотек со сложными зависимостями и конфигурациями;
- полнота документированности алгоритмов, соответствие алгоритмов общепринятым передовым методам;
- отсутствие внешних зависимостей за исключением взаимосвязи компонентов Commons и Runtime-библиотеки Java.

Для визуализации зависимостей удельного расхода жидкой фазы от режимов воздействия была использована библиотека визуализации диаграмм JFreeChart.

Полученные зависимости удельного расхода при извлечении жидкой фазы от амплитуды колебаний капиллярно-пористой системы (частота колебаний 26,5 кГц) с помощью созданного программного модуля представлены на следующем рисунке 1.

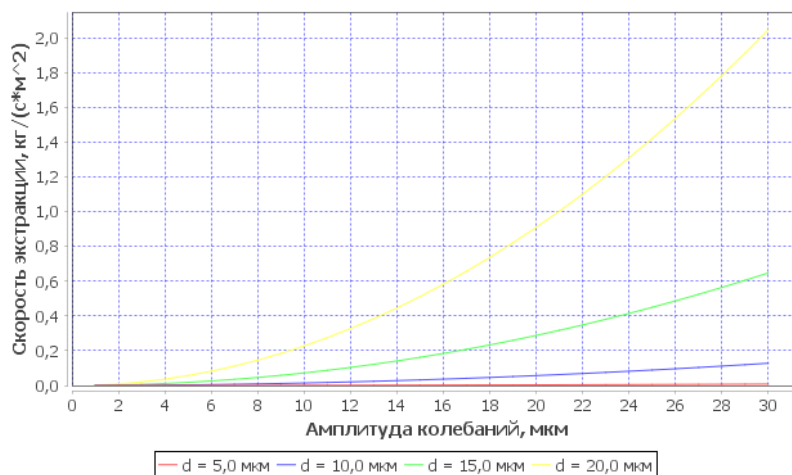


Рис. 1 – Зависимости скорости извлечения жидкой фазы от амплитуды колебаний капиллярно-пористой системы при различном диаметре пор

На основании анализа зависимостей установлено, что скорость экстракции в диапазоне амплитуд (1...30 мкм) может достигать 2,0 кг/(с·м²) или 200 мг в секунду с одного квадратного сантиметра поверхности капиллярно-пористой системы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-08-00227 а.

Список литературы

1. Khmelev, V.N. Modeling of Contact Ultrasonic Extraction of Wound Contents and Development of Means for Its Realization [Текст] / V.N. Khmelev, R.N. Golykh, V.V. Pedder, V.A. Nesterov, G.A. Bobrova, V.A. Shakura, R.S. Dorovskikh // Romanian Journal of Acoustics and Vibrations. – Issue 2. – 2017. – P. 85-90.
2. Жилин, А.А. Математическое моделирование механизма акустической сушки пористых материалов [Текст] / А.А. Жилин, А.В. Федоров, Ю.Г. Коробейников, В.М. Фомин // Прикладная механика и техническая физика, 2003. – Т. 44. – № 5. – С. 102-117.
3. Tpolis – Ansys [Электронный ресурс] URL: <https://www.tpolis.com/ansys/liquieds.php>
4. Белостоцкий, А.М. Разработка верификационного отчета по использованию программного комплекса Abaqus для решения задач строительного профиля [Текст] / А.М. Белостоцкий // Верификационный отчет. Том 1. Теоретические основы. – Москва, 2013.

05.13.15

А.П. Даденкова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
электротехнический факультет, кафедра автоматики и телемеханики,
Пермь, dadenkovaA@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ ФАЙЛООБМЕННОЙ СЕТИ С ПРОТОКОЛОМ DHT

В работе выполняется анализ влияния параметров модели протокола DHT на результативность поиска и предлагаются рекомендации по их аргументированному выбору для обеспечения требуемой вероятности нахождения данных в файлообменной сети

Ключевые слова: имитационное моделирование, протоколы поиска данных, децентрализованные файлообменные сети, AnyLogic, DHT, P2P.

Технология peer-to-peer (P2P) активно применяется для построения файлообменных сетей. Постоянный рост масштабов сетей связи снижает эффективность (отказоустойчивость, пропускная способность) применения традиционных централизованных архитектур и протоколов поиска информации [1, 2]. В связи с этим широкое распространение получают децентрализованные системы хранения и протоколы поиска данных, в частности, протокол поискового сервиса DHT (Distributed Hash Table) [3, 4], получивший применение в сетях BitTorrent, I2P, OENet, eDonkey и др.

Проблемой использования DHT в файлообменных сетях является недостаточность исследования влияния его параметров на характеристики поиска данных в сети, что приводит к недостаточной результативности нахождения данных в файлообменной сети, либо к нерациональному использованию пропускной способности каналов передачи. Указанное актуализирует проработку вопросов построения и исследования моделей файлообменной сети с протоколом DHT с анализом влияния его параметров на результативность поиска данных в сети.

DHT представляет собой протокол, предназначенный для организации поиска данных в P2P-сетях путем создания распределенного индекса всех имеющихся файлов. Особенность протокола заключается в возможности распределения информации среди некоторого набора узлов P2P-сети [4] таким образом, что каждый участвующий узел, имея специальную хеш-таблицу ассоциативных записей идентификаторов (ключей) и адресов других узлов сети смог бы найти искомые данные, связанные с ключами сети (идентификаторами других узлов). Ответственность за поддержание связей распределяется между узлами, что обеспечивает простое масштабирование сети.

Основными параметрами протокола, влияющими на вероятность нахождения данных в сети, являются глубина поиска, размер корзины, количество записей в DHT-таблице узла и число узлов. Глубина поиска определяет количество итеративных обращений к таблице пользователя при поиске данных в сети. Размер корзины определяет количество узлов, опрашиваемых за одно обращение. Главным показателем эффективности функционирования файлообменной сети является вероятность (результативность) нахождения данных.

В настоящей работе проводится исследование ранее созданной модели [1]. Исследование включает постановку и проведение трёх групп экспериментов, в каждой из которых варьируются индивидуальные параметры протокола, типовые значения которых выбраны из литературных источников [3, 4] и приведены ниже.

Первая группа экспериментов состоит в изучении влияния глубины поиска на вероятность нахождения данных в сети (рис. 1). Исходные данные: количество узлов 50000, количество записей в DHT-таблице 1000, глубина поиска изменяется от 1 до 8, размер корзины 4, 8 и 12.

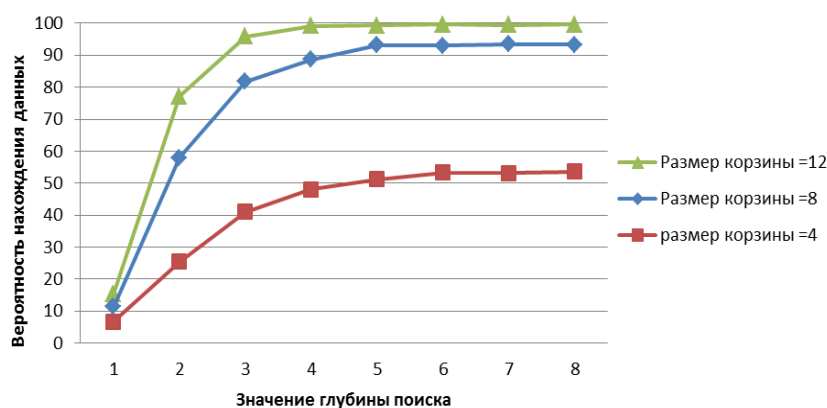


Рис. 1 – График зависимости результативности поиска от глубины

График содержит два различных участка изменения вероятности нахождения данных в сети: первый участок (при значении глубины поиска от 1 до 5) характеризуется экспоненциальным ростом результативности поиска, а второй (глубина поиска > 5) – отсутствием изменений. Результаты схожи для произвольного размера корзины, что подтверждается моделированием. Это позволяет отметить рациональное значение глубины поиска, увеличение которого приводит к значительному росту нагрузки и малому влиянию на результативность поиска. Можно предположить, что рациональная глубина поиска определяется соотношением числа записей в DHT-таблице и числа узлов в сети (в рассматриваемом примере 1000/50000).

Вторая группа экспериментов состоит в исследовании влияния размера корзины на сетевую нагрузку и результативность поиска (рис. 2). При прежних масштабах сети изменяется размер корзины от 1 до 12. Проводится несколько экспериментов при различных значениях глубины поиска. Данные значения глубины поиска были выбраны по результатам предыдущего эксперимента (рис. 1). Исследуется значение глубины поиска больше 5 с целью анализа влияния увеличения параметра на результативность поиска данных.

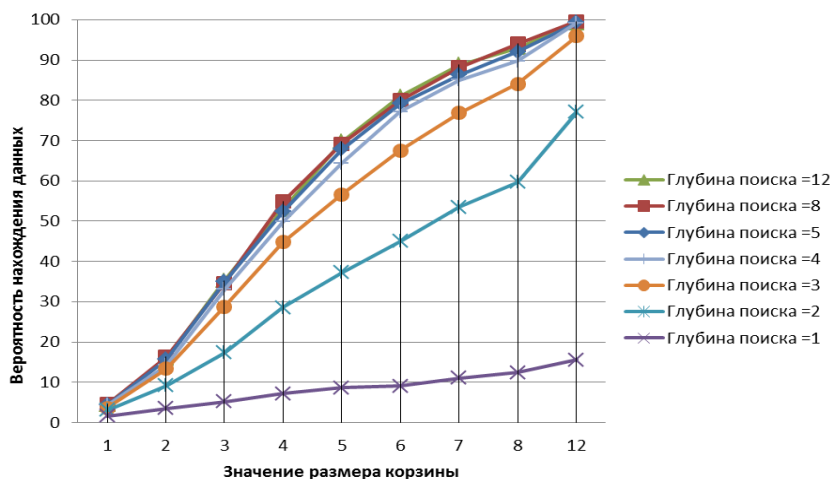


Рис. 2 – График зависимости результативности поиска от размера корзины при различных значениях глубины поиска

Сравнение оценок результативности поиска в сети при различной глубине поиска показывает следующие результаты: 1) значение глубины поиска выше рационального практически не влияет на вероятность нахождения данных; 2) увеличение размера корзины сопровождается значительным изменением результативности поиска.

В результате проведенных экспериментов видно, что независимо от глубины поиска выбор размера корзины менее 8 нецелесообразен. При этом если размер корзины равен 8, наиболее подходящим значением глубины поиска является 5. Это подтверждает сформулированную гипотезу рационального выбора глубины поиска, при этом данные эксперимента позволяют говорить о рациональном выборе значения размера корзины.

Третья группа экспериментов состоит в изучении влияния параметров сети на результативность поиска. В эксперименте изучается влияние соотношения параметров количество узлов сети и числа записей в ДНТ-таблице. Для различия соотношений (коэффициентов) при разных значениях параметров введем обозначения «б» и «м», означающие размер сети – большой и малый, соответственно. Параметры размера корзины и глубины поиска устанавливаются исходя из полученных результатов как 8 и 5, соответственно. В таблице 1 показаны исследуемые в эксперименте соотношения параметров.

Таблица 1 – Соответствие значений параметров и коэффициентов

Кол-во узлов	50000	5000	40000	4000	30000	5000	20000	2000	10000	1000
Кол-во записей	1000	100	1000	100	1000	100	1000	100	1000	100
Коэффициент	50 б	50 м	40 б	40 м	30 б	30 м	20 б	20 м	10 б	10 м

На рисунке 3 показаны результаты проведенных экспериментов.

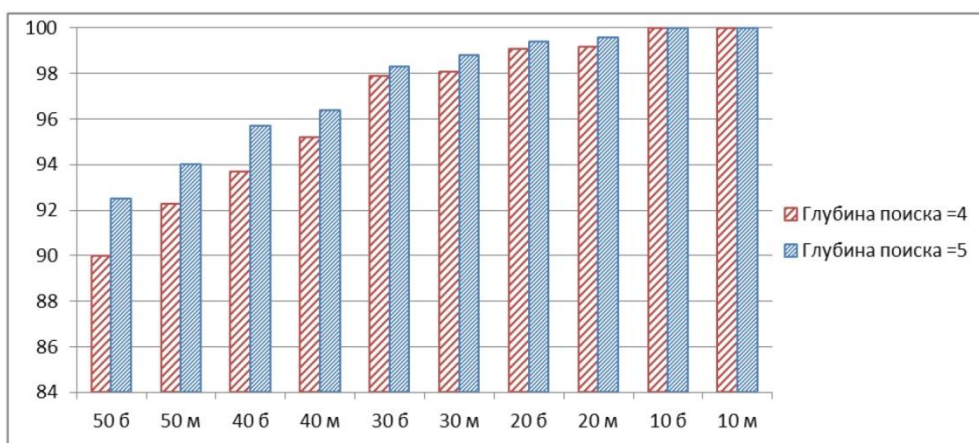


Рис. 3 – График зависимости результативности поиска от коэффициента при различных значениях глубины поиска

Анализ показывает, что разница вероятности нахождения данных уменьшается с уменьшением коэффициента. Это доказывает ранее сформулированное предположение о том, что выбор глубины поиска зависит от соотношения количества узлов и число записей таблицы.

На рисунке 4 приведен график изменения вероятности нахождения данных в зависимости от коэффициента при глубине поиска 4 и 5, размере корзины равном 8.

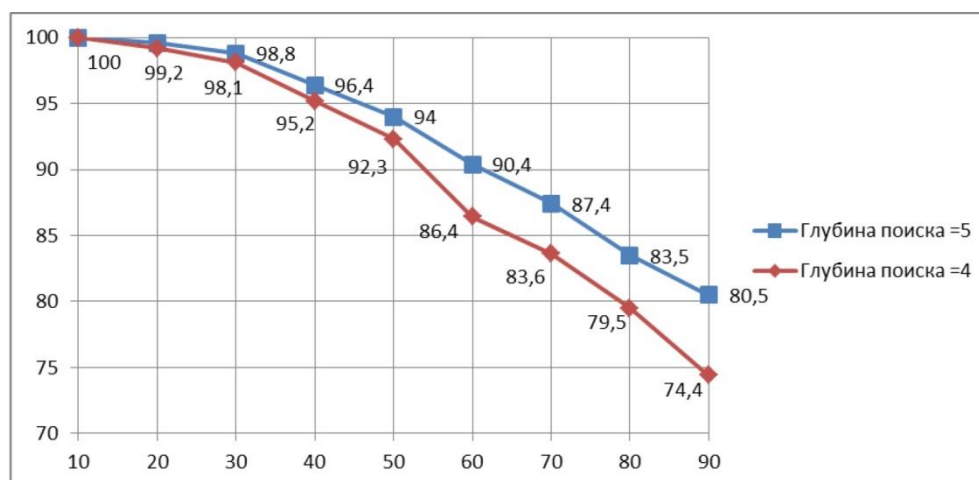


Рис. 4 – Сравнительный график изменения результативности в зависимости от коэффициента и глубины поиска

Анализ представленного графика может позволить определить подходящее значение глубины поиска при требуемой результативности в зависимости от масштаба сети (коэффициента).

В результате проведенных экспериментов можно сформулировать следующие рекомендации по выбору параметров сети с протоколом DHT:

1. Глубина поиска имеет рациональное значение 4 и 5. Увеличение значения не приводит существенному росту результативности поиска.

2. Размер корзины имеет рациональное значение не менее 8 при любом значении глубины поиска. Увеличение этого параметра рационально только при совокупном уменьшении глубины.

3. Выбор размера DHT-таблицы зависит от количества узлов в сети и требуемой результативности поиска. Наилучшие результаты достигаются при соотношении 1 к 10 (таблицы к сети).

Список литературы

1. Даденкова А.П. Построение модели файлообменной сети с протоколом DHT//Научно-технический вестник Поволжья. – 2017. -№6. –С. 183-186
2. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, построения, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. / Олифер В. Г., Олифер Н. А. – СПб. Питер, 2011. – 944 с.
3. Протокол DHT // Translated by you Режим доступа: <http://translatedby.com/you/protocol-dht/> (дата обращения: 16.07.18).
4. DHT Protocol // BitTorrent.org URL: http://www.bittorrent.org/beps/bep_0005.html (дата обращения: 18.07.18).

05.13.00

¹Г.Е. Кокиева д-р техн. наук, ²В.В. Рабданова канд. эконом. наук,
²И.Б. Елтунова канд. педагог. наук

¹Якутская сельскохозяйственная академия

²Федеральное агентство связи

Бурятский институт инфокоммуникаций (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» в г. Улан-Удэ

ИНФОРМАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

Проведено компьютерное моделирование посредством обобщения и проведения многофакторного численного эксперимента. Приведена упрощённая постановка задачи оптимизации, в котором использована субстрат-зависимая модель процесса с единственным управляющим параметром-концентрации субстрата в среде культивирования.

Ключевые слова: *информационная оценка, производительность аппарата, уровень варьирования соответствующего фактора, матрица многофакторного численного эксперимента.*

Обобщенная информационная оценка современного состояния исследований в области микробиологического производства белково - витаминного комплекса (БВК) показала необходимость системного подхода к разработке технологии и технического обеспечения производственных объектов, обеспечивающих выполнение запланированных объемов производства с хорошим качеством и соблюдением технологических требований. Для создания адекватной математической модели в целом необходим анализ структурной взаимосвязи ее элементов с учетом технологической топологии системы. Кинетические модели роста популяции микроорганизмов, составляя основу общей математической модели процесса в биохимическом реакторе, не могут отразить всю сложную совокупность биохимических процессов, происходящих в клетке, и взаимное влияние клеток в микробной популяции. В зависимости от метода построения кинетической модели, глубины рассмотрения и охвата влияющих факторов математическое описание моделей различно по своей сложности. В то же время, учитывая, что кинетическая модель является составной частью общей модели, целесообразно применение менее сложных, отражающих основные закономерности роста популяции, кинетических моделей.

Специфика процесса микробиологического синтеза БВК позволяет рассматривать формализованные связи процесса, протекающего в рабочем пространстве ферментатора с особенностями свойств ингредиентов субстрата и оборудования.

Методология проектирования технологии и технических средств производства белково – витаминного кормового комплекса зависит от специфических особенностей процесса, заключающихся в сочетании взаимодействия биологических процессов с воздействиями рабочих органов оборудования, призванных обеспечить выполнение технологических требований. Это взаимодействие проявляется в выполнении оборудованием производственных воздействий на рабочую среду в строгом соответствии с технологическим регламентом, что и является гарантией производства продукции заданного качества. Разработанная схема методологической базы позволяет проследить взаимосвязи воздействий оборудования с результатами рабочего процесса

Обеспечение культур микроорганизмов кислородом в промышленных условиях осуществляется пропусканием воздуха через культуральную жидкость с одновременным перемешиванием. Этот метод позволяет регулировать степень аэрации и учитывать ее количество. Перемешивание культуральной жидкости способствует равномерному распределению питательных веществ и перемешиванию (транспорту) их к клеткам, способствует удалению от клеток микроорганизма продуктов обмена и лизиса, с также обеспечивает равномерное распределение кислорода в культуральную жидкости по всему объему ферментатора. Транспорт кислорода зависит от растворимости газа в жидкой фазе, от мощности барботажа, размера пузырьков, скорости вращения вала и формы мешалки, химического состава питательной среды, температуры, толщины невозмущаемых слоев жидкости вокруг газового пузырька и клетки, от наличия и химического состава капсул, толщины и особенностей клеточной стенки и клеточной мембраны биообъекта и др.

С повышением концентрации субстрата появляется необходимость повышения аэрации среды.

В зависимости от отношения микроорганизмов к молекулярному кислороду, их принято делить на облигатные аэробы, факультативные анаэробы и облигатные аэробы [1; 2]. Большинство микроорганизмов являются облигатными аэробами и для их роста обязательно необходим молекулярный кислород.

Известно, что растворимость кислорода в среде очень низка и она зависит от температуры t , давления P , а также от концентрации растворенных компонентов n . При давлении 0,1 МПа и температуре 30°C в 1 литре дистиллированной воды максимальное количество растворенного кислорода составляет 7,63 мг [3]. В реальной питательной среде максимальная растворимость кислорода еще ниже и составляет 2...5 мг/л [4]. С повышением в питательной среде концентрации питательных веществ, pH и температуры, растворимость кислорода уменьшается. Запасы кислорода в среде способны поддерживать жизнедеятельность микроорганизмов в течение 0,5...2 мин [1;5].

Микроорганизмы, нуждающиеся в кислороде для своей жизнедеятельности, активно реагируют на изменение его концентрации. Скорость роста микроорганизмов увеличиваются при увеличении кислородосодержания в жидкости, повышает выход урожайности клеток. При установившемся стационарном режиме при соблюдении всех условий взаимодействия, удельная скорость роста микроорганизмов определяется по зависимости, выявленной Моно в 1942 году:

$$M = M_{\max} S / (S + K_s) \quad (1)$$

Где $M_{\max}$ - максимально возможная скорость роста,

K_s - константа Моно, или константа насыщения. Она численно равна той остаточной концентрации лимитирующего субстрата, которая, ограничивая рост, замедляет его вдвое;

S - концентрация субстрата.

Концентрация субстрата в ферментаторе определяется по формуле:

$$S = K_s / (M_{\max} - D), \quad (2)$$

где D - скорость разбавления в среде.

D равняется M при постоянных параметрах процесса.

Концентрация биомассы в ферментаторе в стационарном состоянии:

$$X = Y (S_r - S) = Y [S_r - K_s / (M_{\max} - D)], \quad (3)$$

где X - концентрация клеток;

S_r - концентрация субстрата в поступающей среде;

Y - экономический коэффициент, или доля потребляемого субстрата, затраченная на синтез биомассы.

Экономический коэффициент определяется по виду:

$$Y = \frac{M_b}{M_c} * 100\%, \quad (4)$$

где M_b - масса образованного продукта;

M_c - масса израсходованного субстрата.

В итоге математическую модель биотехнологического процесса можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= X(\mu_c(x, s) = \mu(x, s)) \\ \frac{ds}{dt} &= X\left(\frac{1}{y_{X/S}}\mu_c(x, s) + K_m = -X\eta(x, s)\right)\end{aligned}\quad (5)$$

Рассмотрена упрощенная постановка задачи оптимизации, в котором использована субстрат-зависимая модель процесса с единственным управляющим параметром-концентрации субстрата в среде культивирования.

$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &= \mu(S)x \\ \frac{dS}{dt} &= -\eta(S)X \\ t &\leq T \\ 0 &\leq S \leq S_{max} \\ X_t &\rightarrow X_{max}\end{aligned}$$

Список литературы

1. Виестур У.Э. Аэрация и перемешивание в процессах культивирования микроорганизмов. Обзор-М.: ОНТИТЭИИмикропром.-1972.-67с.----27 по тексту
2. Воволовик Е.Л. Эколого-экономические проблемы восстановления деталей // Механизация и электрофикация сельского хозяйства.-1995.-№5.-с.12-15.
3. Кокиева Г.Е. Новые технологии в образовании. «Технологии измерения рабочих поверхностей ферментаторов», 2014г.
4. Кокиева Г.Е. О способах сушки кормовых дрожжей // Матер. Междунар. науч – практ. конф. «Агроинженерная наука: Проблемы и перспективы развития». - Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2005 .
5. Кокиева Г.Е. Устройство для выращивания кормовых дрожжей // Матер. Всерос. науч. - практ. конф. «Перспективы развития пищевой промышленности России». – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2005г.

05.13.06

¹С.В. Латухов д-р геогр. наук, ²Н.В. Першин, ³Р.В. Бабаев¹ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова», кафедра «Безопасность жизнедеятельности»
Санкт-Петербург²ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», Москва³ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,
Санкт-Петербург

ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Рассмотрены вопросы рационального построения транспортно-технологических систем при перевозках сжиженного природного газа в Арктике. Рассмотрена роль информационно-аналитической системы управления размещением производства как центра получения и анализа всей информации по размещению и функционированию производства сжиженного природного газа. Показано, что такая задача является многокритериальной. Установлено, что основным количественным критерием для выбора рационального размещения производства сжиженного природного газа является себестоимость продукта. Определено, что рациональное решение при множестве паретовских решений предполагает использование метода последовательных уступок, который сводит решение задачи по многим критериям к максимизации оцениваемых критериев по очереди и определению уступок, которые характеризуют отклонение приоритета одних критериев перед другими. В результате решения устанавливается потребное количество судов, которое обеспечивает с определенной надежностью бесперебойный режим функционирования всей системы.

Ключевые слова: транспортно-технологические системы, перевозки, сжиженный природный газ, гидрометеорологические условия, Арктическая зона, автоматизированный проектный комплекс.

Газовозы имеют важное значение в функционировании всего комплекса перегрузки и производства СПГ [8].

В каждом проекте транспортирования СПГ создают транспортно-технологические системы, состоящие из: завода СПГ, терминала отгрузки с хранилищами СПГ, судов-газовозов, вспомогательных судов – ледоколов и буксиров, терминала для приема, включая завод по регазификации и хранилища ПГ, газопроводов, которые ведут к потребителям ПГ [5, 9, 10].

Подобные разработки требуют расчета многовариантных схем производства и транспортировки СПГ с целью выбора варианта, который будет наилучшим, то есть оптимальным по ряду критериев [9, 10].

Для этого необходимо создать специальный автоматизированный проектный комплекс (АПК) [4, 5].

Главный элемент структуры АПК - информационно-аналитическая система управления размещением производства (ИАС УР), являющаяся центром получения и анализа всей информации по размещению и функционированию производства СПГ [1, 5, 6].

Этапы создания ИАС УР представлены в таблице 1 [4].

Из структурной схемы ИАС УР следует, что задача является многокритериальной. В этом случае, удобно использовать метод экспертных оценок, который позволяет оценить ограничения, влияющие на размещение производства СПГ, которые нельзя оценить математическими методами, то есть правовые, социальные, экологические [17].

Таблица 1 - Этапы создания ИАС УР [11, 13].

№	Наименование этапа	Основные характеристики
1	Разработка и анализ модели ИАС УР	На этом этапе определяются основные задачи ИАС УР, проводится распределение задач по модулям и определяются функции, с помощью которых решаются эти задачи. Метод решения: Функциональное моделирование Результат: На этом этапе создается и описывается общая логическая модель ИАС УР, определяется аппаратно-технический состав ИАС УР.
2	Выбор лингвистического обеспечения, разработка ПО и СПО ИАС УР	На данном этапе выбирается лингвистическое обеспечение (среда разработки + инструмент разработки), проводится разработка программного (ПО) и специального программного обеспечения (СПО). Разработанная на предыдущем этапе логическая модель на этом этапе воплощается в реальные объекты (логические схемы реализуются в виде объектов базы данных, а функциональные схемы – в пользовательские формы и предложения). Результат: ИАС УР в работоспособном состоянии
3	Тестирование и отладка ИАС УР	На данном этапе осуществляется корректировка информационного, программного и лингвистического обеспечения, проводится разработка и выпуск методического обеспечения (инструкции пользователя). Результат: оптимальный состав и эффективное функционирование ИАС УР. Наличие документации на систему.
4	Эксплуатация и модернизация ИАС УР	Особенностью ИАС УР, созданной по архитектуре клиент-сервер является ее многомодульность. В связи с этим, при ее эксплуатации на первое место выходят вопросы модернизации, т.е. добавление новых модулей или доработка старых, или их вывод из эксплуатации. Результат: Нарастиваемость и возможность модернизации ИАС УР

Многокритериальность указывает на наличие нескольких показателей $W_1, W_2, W_n, \dots$, причем одни нужно привести к максимуму, другие – к минимуму [7, 14, 15].

Анализ экспертных решений можно провести в двух блоках критериев: числовые, нечисловые.

Числовые - оценка количественно или математически, например, себестоимость строительства, капитальные вложения в инфраструктуру местности и др.

Нечисловые – не рассчитываемые, представляются экспертными оценками в балльной системе, например, правовые ограничения, социальные и экологические условия и др.

Основными трудностями здесь являются недостаточно достоверность исходной информации, качественный характер, не поддающийся количественной оценке.

Эти факторы и явления оказывают существенное влияние на результаты решений, их необходимо учитывать.

Экспертами осуществляется [5]: создание объектов путем рассмотрения альтернатив, вариантов целей и т.п. и определение вероятности осуществления событий, определение коэффициентов значимости целей, анализа решений и т. п.

Например, для решения задачи определения рационального месторасположения производства СПГ в районе Арктической зоны создается рабочая группа (РГ) (рис. 1) [3, 16].

Основной количественный критерий для выбора рационального размещения производства СПГ является себестоимость продукта $R(\$/т)$.

Цена СПГ – затраты на производство и расходы на транспортировку СПГ [4, 10, 18]. Необходимо учитывать гидрометеорологические условия в Арктической зоне и увеличение транспортных расходов при использовании вспомогательных судов. Ограничения к рациональному месторасположению могут быть основными и второстепенными [12].

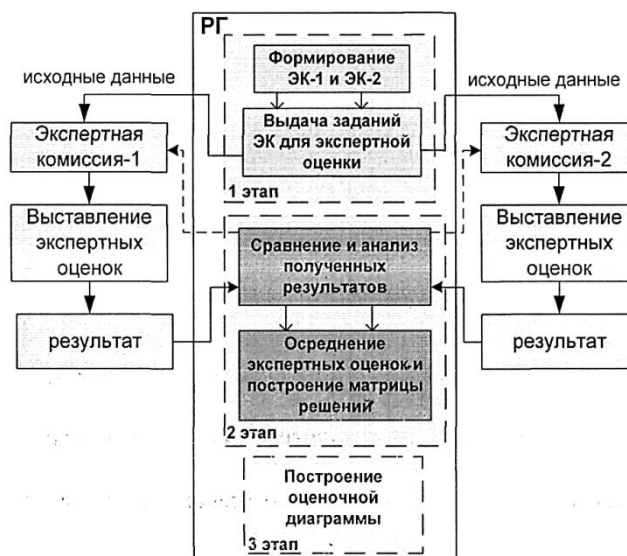


Рисунок 1 - Схема взаимодействия рабочей группы и экспертных комиссий.

По каждому критерию производится оценка участков Арктической зоны $Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_n, Y_{n+1}$ по 100 - балльной системе [5, 13].

Максимальная величина оценки $Y_{ij} = 100$ баллов при полном соответствии j - го участка i - му критерию оценки. Эти оценки экспертов фиксируются в матрице решений. Матрица решений отражает экспертные оценки в табличной форме. Для каждого i -го критерия берется максимально возможное значение и автоматически записывается в поле матрицы - $\max_j Y_{ij} = \hat{Y}_i$. У каждого j -го участка по каждому i -му критерию определяется показатель Δ_{ij} отклонения от максимума:

$$(1) \quad \Delta_{ij} = Y_{ij} - \hat{Y}_i,$$

Y_{ij} - количество баллов на j -ом участке и критерию с номером i .

Если величина оценки с этим критерием будет максимальной, то показатель отклонения будет всегда отрицательным или равным нулю.

Кроме оценки участков по баллам, эксперты оценивают вес каждого критерия P_j также в 100 - балльной системе.

Далее, строится оценочная диаграмма, то есть, критерии необходимо проранжировать и выставить вес каждого критерия, это делается с помощью метода последовательных уступок. Оценочная диаграмма представляет наглядно результаты матрицы решений.

Первый показатель для определения оценочной диаграммы – это величины по каждому участку критерия, который выбран как основной, а второй - значения модуля выбраковки S_j - величина критерия, нужная для рассмотрения всех экспертных баллов по каждому участку для всех критериев.

$$(2) \quad S_j = \sum_i \Delta_{ij} \cdot P_i.$$

Для каждого участка Y_j определяется модуль выбраковки, он является отрицательной величиной, поскольку входящие в него показатели отклонения Δ_{ij} определяются отрицательными или равными нулю величинами.

При выборе рационального участка стремятся к минимизации абсолютной величины S_j , так как это отклонение в сумме от значений каждого из критериев на максимум.

По совместному критерию проводится следующая оптимизация $\{S_j \& R_j\}$,

R_j – затраты на производство СПГ на j -м географическом участке Y_j .

При рационализации применяют метод доминирования неэффективных решений [7].

Например, в составе множества решений $\{Y\}$, которые возможны, есть два решения Y_1 и Y_2 , критерии S_j и R_2 для решения 1 меньше или равны критериям для решения 2, при этом один из них меньше, не следует сохранять в составе множества $\{Y\}$ решение Y_2 , оно доминируется, то есть вытесняется решением Y_1 .

Таким образом, множество $\{Y\}$ сокращается до состояния, когда в нем сохраняются только эффективные (паретовские) решения у которых не существует решения с доминированием.

Рациональное решение при множестве паретовских решений предполагает использование метода последовательных уступок, который сводит решение задачи по многим критериям к максимизации оцениваемых критериев по очереди и определению уступок, которые характеризуют отклонение приоритета одних критериев перед другими [5, 7].

В многокритериальной задаче необходим качественный анализ относительной важности критериев.

Здесь, критерии расположены и пронумерованы в порядке убывания их важности, главный - это критерий K_1 , далее K_2 , затем остальные критерии K_3, K_4 . Критерий K_1 максимизируется и устанавливается его наибольшее значение - P_j .

Потом определяется величина допустимой уступки $\Delta_1 > 0$ критерия K_1 и отыскивается наибольшая величина P_2 второго критерия K_2 соблюдая условие, что величина первого критерия не меньше, чем $Q_1 - \Delta_1$.

После чего, определяется значение уступки $\Delta_2 > 0$ по критерию 2, которое вместе с 1 применяется при нахождении условного максимума для критерия 3 и т. д.

В итоге, последний по приоритетам критерий K_j приходит к максимуму.

Здесь, используется метод последовательных уступок и вычисляется приоритетность критериев оценки и веса для этих критериев P_j в матрице решений (табл.2) [5].

Таблица 2. Критерии, веса, значения уступки [5]

№	Критерий	Вес критерия (P_j)	(Δ)
1	Соответствие правовому режиму	90	$\Delta_1=10$
2	Ледовый режим	80	$\Delta_2=5$
3	Развитость транспортной инфраструктуры	75	$\Delta_3=5$
4	Инфраструктура местности	70	$\Delta_4=5$
5	Прибрежные глубины	65	$\Delta_5=3$
6	Удаленность от месторождения	62	$\Delta_6=4$
7	Удаленность от магистрального газопровода	58	$\Delta_7=8$
8	Метеорологические условия	50	$\Delta_8=8$
9	Социальные условия	42	$\Delta_9=7$
10	Экологические условия	35	

Первый этап - 2 решения (2 участка - Y_6 и Y_1).

Результат - оптимальный участок для строительства - Y_1 .

Определим необходимое количество судов - газозовов для обеспечения бесперебойной работы производства СПГ.

Свяжем объемы СПГ со своевременной подачей судов - газозовов для вывоза с терминала. Необходимо избежать [5]:

- простоя судов - газозовов при погрузке;
- большого по времени хранения СПГ в резервуарах, из-за его ежесуточной испаряемости;

Применим теорию систем массового обслуживания (СМО) [7].

В нашем случае, система представляет собой одноканальную СМО без ограничений на очередь, с свойствами потока заявок (потока продукции завода СПГ) и потока обслуживания (потока вывоза СПГ).

Закон равномерного распределения плотности вероятностей описывает поток производства СПГ:

$$(3) \quad f(x) = \frac{1}{\beta - \alpha}.$$

α, β - диапазон колебания производительности производства.

Границы графика плотности вероятности

$$\alpha = m(1 - \Delta);$$

(4)

$$\beta = m(1 + \Delta),$$

m - средняя производительность,

Δ - максимальная величина относительного отклонения.

Коэффициент вариации для закона равномерной плотности:

$$\nu = \frac{\beta - \alpha}{\sqrt{3(\alpha + \beta)}},$$

или:

$$\nu = \frac{2m\Delta}{\sqrt{3m}} = \frac{2\Delta}{\sqrt{3}}.$$

Например, при $\Delta = 0,05$ (или 5%) коэффициент вариации будет равен 0,058.

В условиях арктической зоны производство СПГ будет отклоняться от идеального, поэтому закон распределения вероятностей изменится.

Функция плотности вероятности $f(x)$ примет форму унимодального плосковершинного распределения с левой асимметрией.

Асимметрия в Арктической зоне определит сдвиг моды вправо на величину $\Delta/2$, а Δ будет еще больше [5].

Поток обслуживания (вывоз продукции) зависит от производства, и вероятностный закон распределения плотности в нем будет таким же, как и входной поток заявок. При работе судов в Арктической зоне значительно увеличивается количество случайных воздействий на обслуживаемый поток, и с большой степенью приближения его можно считать нормальным.

Суда - газовозы для вывоза СПГ - однотипные.

СПГ поступает в резервуары хранения с заданной интенсивностью λ (т/сут).

Интенсивность поступления судов μ (т/сут) - величина, обеспечивающая непрерывную отгрузку СПГ.

$$\mu^* = \frac{\mu}{D_q},$$

$$\lambda^* = \frac{\lambda}{D_q},$$

λ^* - значения потока потребности в судовом поступлении (суд/сут);

μ^* - значения потока судового поступления (суд/сут);

D_q - грузоподъемность судна.

Для этого случая λ :

$$(5) \quad \lambda = \frac{P_c}{360},$$

P_c - годовой объем производства СПГ,

360 - число рабочих дней в году.

Нужное количество судов N при бесперебойном вывозе СПГ:

$$(6) \quad N = \mu^* \cdot \bar{t}_p,$$

$\bar{t}_p$ - среднее время рейса (сут).

Фактор максимально возможного хранения СПГ в резервуаре при не превышении допустимых потерь из-за испаряемости - $t_{ож}$.

Согласно формулам Файнберга и Литтла для $t_{ож}$ можно записать [11]:

$$(7) \quad \bar{t}_{ож} = \frac{\rho^2(V_{\lambda^*} + V_{\mu^*}^2)}{2\lambda^*(1 - \rho)},$$

V_{μ^*} - коэффициент изменения в прибытии судов;

v_{λ} - коэффициент изменения при поступлении груза.

Главная задача при хранении СПГ сводится к максимальному сокращению потерь на испарение [10, 11, 12,]:

- за счет снижения теплопритока из окружающей среды (рациональная конструкция и форма резервуара, эффективная теплоизоляция),

- за счет сокращения сроков хранения СПГ в резервуаре.

В результате решения определяется количество судов N , которое обеспечивает с определенной надежностью S бесперебойный режим функционирования всей системы.

Список литературы

1. *Акимов И. Ю.* Экспорт российского природного газа: Проблемы и перспективы. М.: Олимп-Бизнес, 2005.
2. *Евдокимов Г.П., Высоцкая Н.А., Костылев И.И.* Перевозки по Северному морскому пути и развитие арктического флота / Стратегия морской деятельности России и экономика природопользования в Арктике. IV Всероссийская морская научно-практическая конференция: материалы конференции. Мурманск, 07-08 июня 2012 г. Мурманск: изд-во МГТУ, 2012. С. 99-101.
3. *Евдокимов Г.* Арктический транспортный флот // Раздел 4.5 в монографии «Морская стратегия России и приоритеты развития Арктики» / Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2012. С. 170-173.
4. *Имшенецкий В.В., Орлов Ю.Н.* Технология СПГ – перспективный вариант освоения ресурсов газа полуострова Ямал. М.: 2005.
5. *Касаткин Р. Г.* Система морской транспортировки сжиженного природного газа из Арктики. - М.: Издательство ЛКИ, 2008. - 104 с.
6. *Комарова Е.* Портовые особые экономические зоны России: перспективы развития. Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2010. № 3. Ч. 2., С. 110-112.
7. *Корн Г. А., Корн Т. М.* Справочник по математике для научных работников и инженеров. - М.: Наука, 1974. - 832 с.
8. *Крестьянцев А.Б.* Морские перевозки СПГ: современное состояние и пути оптимизации транспортных систем / А.Б. Крестьянцев, А.М. Луцкевич, О.В. Таровик // -Neftegaz.ru. -2015. - №5. -С. 32-37.
9. *Крестьянцев А.Б.* Суда-газовозы на трассах СМП / А.Б. Крестьянцев, А.М. Луцкевич, О.В. Таровик // -Морской флот. -2012. -№06/1504. -С. 14-19.
10. *Крестьянцев А.Б.* Транспортировка сжиженных газов с использованием судов смешанного плавания / А.Б. Крестьянцев, А.М. Луцкевич, О.В. Таровик // -Neftegaz.ru. - 2013. -№1-2. -С. 42-48.
11. *Лазарев Л.Я.* Сжиженный природный газ – топливо и энергоноситель. М.: НПКФ ЭКИП, 2006.
12. Морская доктрина Российской Федерации до 2030 года. Проект. 2017.
13. Перспективы и опыт применения СПГ на объектах народного хозяйства. М.: ИРЦ Газпром, 2004.
14. Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года (одобрена Морской коллегией при Правительстве РФ 28.09.2012).
15. *Ходорков И.Л.* Сжиженный природный газ в России. М.: НПКФ “ЭКИП”, 2007 г.
16. BP Statistical Review of World Energy. - 65th edition. - UK: Pureprint Group Limited, 2016. - 46 p.
17. *Schoyen H. & Brathen S.* The Northern Sea Route versus the Suez Canal: Cases from bulk shipping, Journal of Transport Geography, 2011, 19 (4), pp. 977—983.
18. *Stokke O.S.* Regime Interplay in Arctic Shipping Governance: Explaining Regional Niche Selection, International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 2013. 13 (1), pp. 65—85.

05.13.10

Т.П. Новикова канд. техн. наук

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
механический факультет, кафедра вычислительной техники и информационных систем,
Воронеж, novikova_tp.vglta@mail.ru

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

В работе рассмотрены современные задачи развития электронной промышленности. Предложено решение этих задач посредством алгоритмов управления, связанных с оптимизацией стоимости разработки ЭКБ, включающей ее испытания. Проанализированы задачи управления последовательностью испытаний электронной компонентной базы при входном контроле, дополнительных испытаниях, приемо-сдаточных испытаниях.

Ключевые слова: *электронная компонентная база, управление, алгоритм, испытания.*

Развитие и функционирование современного общества невозможно без применения современных электронных средств обработки и накопления информации, систем искусственного интеллекта, информационно-управляющих систем и т.д., которые нашли свое применение в повседневной жизнедеятельности человека. Медицина, транспорт, энергетика – это лишь малая доля направлений, работа которых непосредственно зависит от изделий электронной промышленности (ЭП), не говоря уже о военно-промышленном секторе.

Распад СССР повлек структурные, организационные, экономические и политические изменения, приведшие к утрате сложившихся научно-технических, технологических связей, постоянных партнеров и поставщиков, сокращению государственного финансирования и отсутствию государственных заказов для оборонной промышленности, что обернулось разрушительным фактором для отечественной электроники [1-3]. Начиная с 2000-х годов, идет переосмысление важности и необходимости развития электронной промышленности, результатом которого является ряд целевых программ «Развитие электронной техники в России», «Национальная технологическая база» [3], «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008 - 2015 годы», «Стратегия развития электронной промышленности России на период до 2025 года» [2,4,5] и другие. На сегодняшний день это обеспечило решение ряда проблем отрасли: появились финансирование и госзаказы, наращивается научный и производственный потенциал предприятий [6].

Однако в современных политических и экономических условиях возникли новые задачи: импортозамещение и диверсификация производства. И если задача импортозамещения электронной компонентной базы (ЭКБ) для изделий специального назначения успешно решается (для изделий ЭП массового потребления не так успешно), то задача диверсификации производства [7] отечественными предприятиями видится куда более сложной. Связано это, в первую очередь с тем, что уровень требований к электронным компонентам специального назначения определяется необходимостью обеспечения заданных характеристик вооружения и военной техники (ВВТ) [8] – это в свою очередь требует от разработчиков ЭКБ проектирования и производства радиационно-стойких высоконадежных электронных компонентов, что требует: 1) специальных дорогостоящих систем автоматизированного проектирования (САПР); 2) часто нестандартного (творческого) проектирования; 3) дополнительных испытаний (например, ионизационное излучение, тяжелые заряженные частицы и т.д.); 4) физической защиты микросхем посредством специального корпуса. И на выходе получаем небольшую партию электронных компонентов с высокой стоимостью единицы изделия, предназначенную для ВВТ, применение которой в отраслях народного хозяйства сомнительно: во-первых, потому, что вероятность востребованности разработанных электронных компонентов с заданным функционалом невысокая, а во-вторых – высокая стоимость создания такой ЭКБ и, как следствие, не конкурентно высокая цена единицы изделия.

В таких условиях для решения задачи диверсификации необходимо разработать алгоритм решения задач управления, связанных с оптимизацией стоимости разработки ЭКБ, который бы комплексно: учитывал загруженность специалистов и мощностей оборудования (распределение специалистов в технологической цепочке разработки ЭКБ [2]; просчитывал возможные варианты разработки ЭКБ, в том числе возможность и/или востребованность сложно-функциональных блоков (СФБ) (или IP Cores) в рамках одного проекта с целью применения в других с минимизацией издержек при разработке и испытаниях; проводил анализ необходимости тех или иных испытаний ЭКБ и возможность замены некоторых испытаний на установках с применением оснастки на более дешевое моделирование (но лишь в тех случаях, когда удешевление процесса не повлияет на его качество).

Поэтому процесс проведения испытаний ЭКБ представляет интерес не только с точки зрения его практической реализации, но и с точки зрения оптимизации его стоимости, посредством решения задач управления последовательностью испытаний.

Испытания проводятся: на этапе входного контроля (перед установкой электронных компонентов в готовое изделие (ракету, спутник и др.)); приемо-сдаточные испытания на заводе-изготовителе, дополнительные испытания. Приемо-сдаточные испытания проводят на выборке изделий, не подлежащих поставке потребителю, т.к. они включают так называемые разрушающие испытания, которые могут не только повредить элемент, но и внести дефекты, которые проявятся при последующей эксплуатации [9]. Последовательно рассмотрим общий процесс проведения испытаний на рисунке 1.



Рис. 1 – Алгоритм управления последовательностью проведения испытаний ЭКБ

На рисунке 1 видим укрупненные процессы. Так, если рассматривать блоки 1-3, необходимо иметь в виду, что непосредственно самих воздействующих факторов в процессе испытаний много, соответственно, и видов оборудования для проведения испытаний у испытательного центра (ИЦ) должно быть достаточно. Также необходимо учитывать, что в условиях сжатых сроков, отводимых на проведение испытаний, при повышенных требованиях к сроку активного существования аппаратуры, предъявляемых заказчиком, нет возможности проводить многолетние испытания [10] и это требует разработки новых методик испытаний. А повышение функциональной сложности сверхбольших интегральных схем усложняет испытания, в том числе оценку и контроль радиационной стойкости (РС) ЭКБ, что приводит к росту затрат на организацию и проведение испытаний [11]. Таким образом, данная тематика многогранна и требует дополнительных исследований.

Список литературы

1. *Беляева Т.П.* Применение современных информационных технологий в области управления целевыми задачами предприятий микроэлектроники // Моделирование систем и процессов, 2012. № 1. С. 19-22.
2. *Новикова Т.П.* Система управления проектами дизайн-центра микроэлектроники / Т.П. Новикова. Воронеж, 2014. 135 с.
3. *Куцько П.П.* Координационное управление предприятиями, создающими электронную компонентную базу двойного назначения : дисс. ... канд. техн. наук : Воронеж, 2009. 138 с.
4. Стратегия развития электронной промышленности России на период до 2025 года от 07 августа 2007 г. № 311 [Эл. ресурс]: Минпромторг URL: <http://www.minpromtorg.gov.ru/ministry/strategic/sectoral/11>.
5. Федеральная целевая программа «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008 - 2015 годы» от 23 июля 2007 г. № 972-р. [Эл. ресурс]. URL: http://www.programs-gov.ru/36_1.php.
6. *Зольников В.К.* Состояние разработок элементной базы для систем связи и управления / В.К. Зольников, А.Ю. Кулай, В.П. Крюков, С.А. Евдокимова // Моделирование систем и процессов, 2016. № 4. С. 11-13.
7. Соповещание по вопросам диверсификации производства продукции гражданского назначения организациями ОПК [Эл. ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/56699>.
8. *Беляева Т.П.* Методы поддержки принятия решений в части оценки достаточности требований технического задания к микроэлектронным компонентам и возможности их реализации отечественными предприятиями электронной промышленности / Т.П. Беляева, В.К. Зольников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного ун-та. 2012. № 75. С. 431-442.
9. *Федосов В.В.* Минимально необходимый объем испытаний изделий микроэлектроники на этапе входного контроля / В.В. Федосов, В.И. Орлов // Изв. вузов. Приборостроение. 2011. Т 54. № 4. С. 58-61.
10. *Булаев И.Ю.* Испытания электронной компонентной базы на сохраняемость / И.Ю. Булаев, А.С. Чистов, А. Ю. Штукарёв // Ракет.-космич. приборостроение и информ. сис-мы. 2014. Т.1. Вып. 2. С. 86-91.
11. *Никифоров А.Ю., Телец В.А.* Современная система оценки и контроля радиационной стойкости изделий микроэлектроники и тенденции ее развития. file:///C:/Documents%20and%20Settings/Admin/Рабочий%20стол/BAK%2008.2018/index.php_gid=48&Itemid=29&option=com_docman&task=doc_download.pdf

05.13.18

Ю.Г. Полкунов д-р техн. наук, М.Ю. Лобода

Оренбургский государственный университет, факультет математики и информационных технологий, кафедра прикладной математики,
Оренбург, polkunov_ug@mail.ru, marianne_03@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСИЛИЙ НА КОНИЧЕСКИХ ДИСКОВЫХ ИНСТРУМЕНТАХ ПРИ РАЗРУШЕНИИ КРЕПКИХ ПОРОД

Статья посвящена разработке математической модели усилий, возникающих на оси конических дисковых инструментов, при разрушении крепких хрупких пород циклическим способом разрушения. Адекватность результатов моделирования проверена на экспериментальных данных других исследователей.

Ключевые слова: конический дисковый инструмент, разрушение, крепкие породы.

Производственные испытания шнековых рабочих органов, оснащенных коническими дисковыми инструментами, на угольных и рудных пластах, засоренных твердыми включениями и породными прослойками, позволили увеличить скорость подачи, уменьшить расход рабочего инструмента и исключить буровзрывной способ при добыче полезных ископаемых по сравнению с рабочими органами, оснащенными резцовыми инструментами [1].

Разрушение крепких пород коническим дисковым инструментом осуществляется последовательными проходами по одному и тому же следу с увеличением глубины внедрения последующими проходами. Данный циклический процесс нагружения позволяет сформировать устойчивые трещины по следу прохождения и, когда суммарная глубина внедрения достигает предельного значения для соответствующего шага разрушения, формируется магистральная трещина.

Лабораторные исследования по разрушению породных блоков коническими дисковыми инструментами показали, что в зависимости от хрупкости крепких пород величина неустойчивой трещины изменяется от 0,25 до 1,0 м.

Для выяснения влияния режимных, геометрических параметров и прочностных характеристик на процесс разрушения крепких хрупких пород коническими дисковыми инструментами разрабатывалась математическая модель их нагруженности по алгоритму, изложенному в работе [2].

Формулы расчета усилий на конических дисковых инструментах при разрушении крепких пород, имеющих предел прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж} \geq 70$ МПа, имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}
 P_z &= D\theta\sqrt{\rho}\sqrt{t_p}\frac{\sin(\varphi-\gamma)}{\cos\gamma}\sin(k\theta)\sigma_{сж}, \\
 P_y &= P_z \operatorname{ctg}(k\theta), \\
 P_x &= \frac{0,5P_z b}{R \sin(k\theta)},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где

P_x, P_y, P_z - проекции вектора усилий $\bar{P}$ на оси декартовой системы координат Ox, Oy, Oz , соответственно, Н;

φ - угол заострения, град. (рад.);

γ - задний угол, град. (рад.);

R - радиус дискового инструмента, м;

D - диаметр дискового инструмента, м;

$\theta = \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right)$, рад.;

$\rho = 0,0005$ м - острый дисковый инструмент;

ρ - радиус закругления лезвия, м;

h - глубина внедрения, м;

b - ширина посадочного места, м;

$\sigma_{сж}$ - предел прочности горной породы на одноосное сжатие, Па;

t_p - шаг разрушения, м;

$k = 1,9 - \sqrt{1,96 - (h - 1,5)^2}$ - безразмерная величина.

Для подтверждения достоверности полученных математических моделей нагруженности конических дисковых инструментов в условиях разрушения крепких горных пород было проведено сопоставление результатов экспериментальных исследований других авторов с результатами, полученными по формуле (1).

В качестве сравниваемых результатов были использованы экспериментальные данные средних нагрузок на дисковых инструментах, имеющих коническую форму.

Величина k , входящая в расчетные формулы (1), определялась на основе выражения:

$$k = \frac{1}{\theta} \arctg\left(\frac{Z}{Y}\right),$$

где

$$\theta = \arccos\left(\frac{R-h}{R}\right);$$

R - радиус дискового инструмента;

h - глубина внедрения;

Z , Y - усилия перекачивания и подачи, определяемые из экспериментальных исследований.

Усилия перекачивания и подачи, определяемые из соотношений (1), в таблицах обозначаются P_z и P_y , соответственно.

Результаты нагруженности конических дисковых инструментов при циклическом разрушении блоков кварца, габбро и карбонатных твердых включений приведены в таблицах 1-3 [3]. Дисковый конический инструмент имел следующие геометрические размеры: диаметр $D = 0,28$ м; угол заострения $\varphi = 45^\circ$; задний угол $\gamma = 12^\circ$.

Таблица 1 – Результаты сопоставления расчетных и экспериментальных данных по разрушению кварца коническим дисковым инструментом

№	t_p , м	h , м	k	Z , кН	Y , кН	P_z , кН	P_y , кН
1	0,06	0,005	2,7107	16,0	18,0	18,25	20,53
		0,010	1,9247	26,5	29,5	26,04	28,99
		0,012	1,7775	32,5	35,5	28,86	31,52
2	0,07	0,010	1,9903	25,5	27,0	28,90	30,60
		0,014	1,5735	33,5	39,0	32,53	37,87
3	0,07	0,010	1,8431	27,0	32,0	27,14	32,17
		0,015	1,4023	31,5	41,0	31,50	41,00
4	0,07	0,009	1,7917	24,5	32,5	24,02	31,86
		0,012	1,7873	30,0	32,5	31,31	33,92
		0,015	1,5388	35,0	40,0	34,05	38,91
5	0,08	0,010	1,9160	29,0	32,5	26,76	30,00
		0,020	1,3800	36,5	39,5	35,12	37,95
6	0,08	0,008	2,0632	27,0	32,0	25,92	30,72
		0,011	1,7894	32,5	37,5	30,92	35,68
		0,014	1,6080	39,0	44,0	35,40	39,94
		0,017	1,4231	42,0	49,0	38,34	44,73

Пределы прочности на одноосное сжатие, входящие в расчетные соотношения (1), имели следующие величины: кварц - $\sigma_{сж} = 120$ МПа (таблица 1); габбро - $\sigma_{сж} = 114$ МПа (таблица 2); карбонатные включения - $\sigma_{сж} = 79$ МПа (таблица 3).

Таблица 2 – Результаты сопоставления расчетных и экспериментальных данных по разрушению габбро коническим дисковым инструментом

№	t_p , м	h , м	k	Z , кН	Y , кН	P_z , кН	P_y , кН
1	0,05	0,005	1,6948	10,5	21,5	10,45	21,4
		0,015	1,5808	24,0	32,5	27,94	30,7
2	0,05	0,010	1,5817	17,5	25,5	19,12	27,8
		0,015	1,3073	24,5	35,0	23,80	34,0
3	0,06	0,005	1,7098	11,0	24,0	11,55	23,4
		0,010	1,5550	23,5	35,0	20,63	30,7
		0,015	1,4575	32,0	39,5	28,63	35,3
4	0,06	0,005	1,4833	10,5	25,0	10,10	21,1
		0,015	1,3224	27,0	38,0	26,34	37,1
5	0,06	0,005	1,5848	9,5	21,0	10,75	23,8
		0,015	1,2647	27,5	41,0	25,33	37,8
		0,018	1,1228	30,5	47,0	27,17	41,9
6	0,08	0,010	1,7353	22,5	29,0	26,20	33,8
		0,020	1,0425	31,0	49,0	32,52	51,4

Анализ экспериментальных и расчетных данных по разрушению кварца коническим дисковым инструментом, приведенных в таблице 1, показал, что максимальное отклонение расчетных усилий перекачивания и подачи от экспериментальных значений составляет 14 %.

В таблице 2 приведены сравнительные данные нагруженности конических дисковых инструментов при разрушении блока габбро. Анализ результатов экспериментальных и расчетных значений показал, что максимальное отклонение усилий, определяемых при помощи соотношений (1), на конических дисковых инструментах от результатов экспериментальных исследований составляет 16 %.

Таблица 3 – Результаты сопоставления расчетных и экспериментальных данных по разрушению карбонатных твердых включений коническим дисковым инструментом

t_p , м	h , м	k	Z , кН	Y , кН	P_z , кН	P_y , кН
0,09	0,006	2,321	12,61	15,53	15,30	18,85
	0,008	2,093	16,42	19,07	18,32	21,27
	0,010	1,943	20,06	22,01	21,16	23,23
	0,012	1,836	23,52	24,46	23,88	24,84
	0,014	1,755	26,82	26,50	26,51	26,19
	0,016	1,690	29,97	28,20	29,05	27,33
	0,018	1,636	32,97	29,92	31,51	28,30
	0,020	1,591	35,83	30,79	33,91	29,14

В таблице 3 показано сопоставление результатов расчетных соотношений (1) с экспериментальными данными, полученных в результате разрушения карбонатных твердых включений коническим дисковым инструментом. Анализ приведенных результатов показал, что:

- отклонение расчетных данных от экспериментальных не превышает 21 %, если глубина внедрения $h < 0,008$ м;
- если глубина внедрения $h \geq 0,008$ м, то отклонение результатов экспериментальных данных усилий перекачивания и подачи от расчетных не превышает 12%.

Таким образом, разработанная модель нагруженности конических дисковых инструментов для циклического разрушения крепких горных пород позволяет выполнять инженерные расчеты усилий на конических дисковых инструментах очистных комбайнов и выбирать рациональные геометрические и режимные параметры дисковых инструментов.

Список литературы

1. *Нестеров В.И.* Разрушение угольных и рудных пластов с твердыми включениями шнековыми рабочими органами / В.И. Нестеров, А.А. Хорешок, В.Н. Вернер и др. - Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 2001. - 125 с.
2. *Полкунов Ю.Г., Спиридонова Е.В.* Математическое моделирование нагруженности конических дисковых инструментов // Научно – технический вестник Поволжья. – 2017. – №4. – с. 168 – 171.
3. *Герике Б.Л.* Разрушение крепких горных пород дисковым скалывающим инструментом очистных комбайнов: дис. докт. техн. наук. – Кемерово, 1991. – С. 451 – 470.

05.13.00

В.А. Шаров канд. техн. наук, И.О. Сидоров

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ им. Алексеева,
кафедра КиТ РЭС,
Арзамас, iv.sidorov149@mail.ru

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ УГОЛ-КОД СИГНАЛОВ СИНУСНО-КОСИНУСНОГО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ТРАНСФОРМАТОРА НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СО ВСТРОЕННЫМ АЦП

В статье описывается простой угол-код преобразователь сигналов синусно-косинусного вращающегося трансформатора на базе микроконтроллера.

Ключевые слова: синусно-косинусный вращающийся трансформатор, цифровой преобразователь угла, аналого-цифровой преобразователь, микроконтроллер.

Введение. Синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы (СКВТ) были разработаны во второй половине прошлого века и продолжают до сих пор успешно применяться в качестве преобразователей углового положения

СКВТ можно разделить на два вида: одноотсчётные и двухотсчётные. В силу своих малых габаритов одноотсчётные СКВТ широко применяются в авиации в составе трансформаторной передачи, когда есть СКВТ-датчик и СКВТ-приёмник. Трансформаторную передачу можно легко модернизировать, заменив СКВТ-приёмник на цифровой преобразователь угла (ЦПУ).

Методы преобразования сигналов одноотсчётного СКВТ-датчика в цифровой код можно разделить на две большие группы: фазовые и амплитудные. ЦПУ с промежуточным преобразованием в фазу электрического сигнала во многих случаях более просты, однако требуют наличия прецизионного питания для датчиков — стабильного по частоте, амплитуде и клир-фактору напряжения — или точных и стабильных фазосдвигающих цепей. ЦПУ с промежуточным преобразованием в амплитуду электрического сигнала менее критичны к источнику питания датчика, но имеют более прецизионную электронную схему [1], однако при невысоких требованиях к точности могут быть построены на основе недорогого микроконтроллера.

Будем разрабатывать ЦПУ для широко распространенного СКВТ восьмивольтовой серии БСКТ-220-1Д8, питание которого осуществляется от бортсети летательного аппарата напряжением 36 В и частотой 400 Гц, где могут присутствовать нелинейные искажения. Таким образом, фазовый метод преобразования, который требует высококачественного питания СКВТ, не применим в данном случае.

Мгновенный амплитудный метод преобразования сигналов СКВТ является самым рациональным выбором. Влияние помех на конечный результат преобразования можно минимизировать, используя фильтрацию методом выборочной средней [2].

Перспективным направлением повышения точности определения углового положения при использовании датчиков типа СКВТ является математическая обработка результатов измерений при помощи микроконтроллеров. Кроме того использование микроконтроллера в ЦПУ позволяет легко выдавать полученные данные по одному из стандартных интерфейсов.

Разработка структурной схемы модуля. Вычислительным ядром модуля является микроконтроллер с двумя встроенными 12-ти разрядными аналого-цифровыми преобразователями (АЦП). Питание — однополярное, возможна подача только положительных аналоговых входных сигналов, поэтому сигналы с СКВТ необходимо сначала масштабировать, чтобы максимальное их значение не превышало напряжения питания микроконтроллера, а затем выпрямить. СКВТ выдаёт сигналы с некоторым сдвигом фазы относительно питающего напряжения, причём сдвиг фаз может меняться от датчика к

датчику и от температуры, следовательно, необходим индикатор нулевого уровня, по сигналу которого должен запускаться процесс преобразования микроконтроллером. Знаки сигналов синуса и косинуса определяются относительно напряжения питания СКВТ, значит на микроконтроллер также должен быть подан этот сигнал. Кроме того, по сети 36 В 400 Гц необходимо обеспечить гальваническую развязку.

Структурная схема разработанного модуля приведена на рис. 1

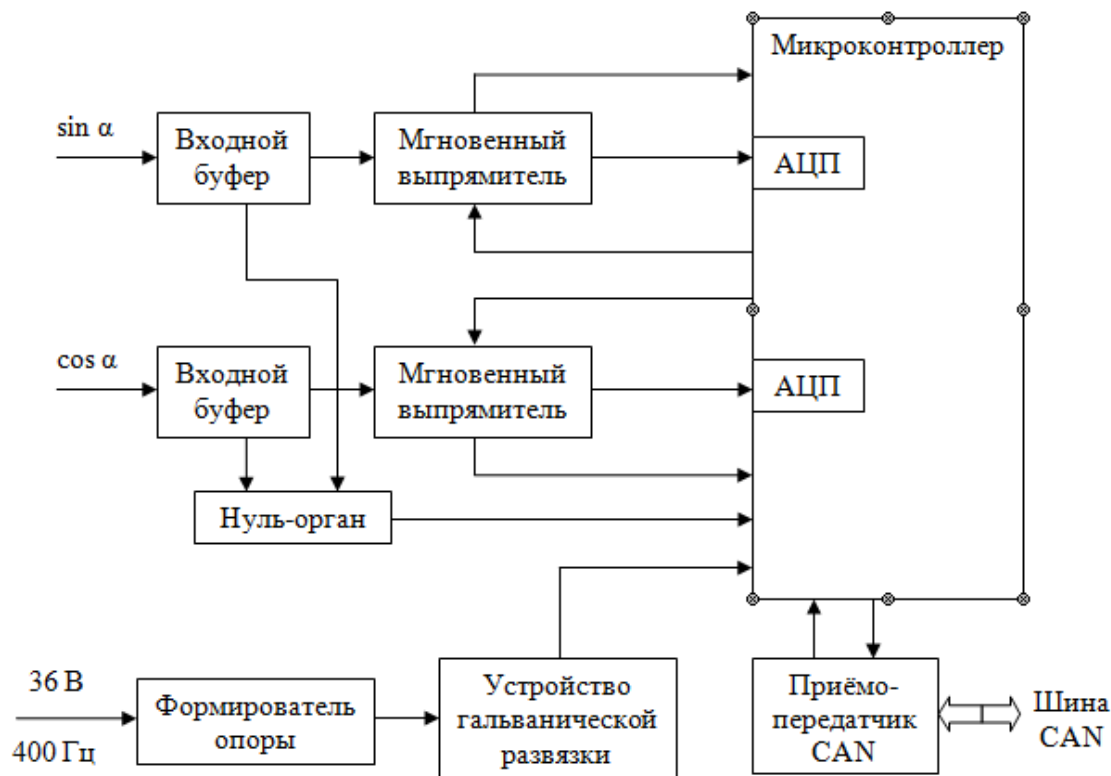


Рис. 1 – Структурная схема модуля

Описание алгоритма работы микроконтроллера. Вычислительным ядром данного модуля является микроконтроллер 1986BE93У. Упрощенный алгоритм работы микроконтроллера представлен на рис. 2.

Очередной цикл работы микроконтроллера запускается по заднему фронту сигнала нуль-органа, который вырабатывается в момент перехода сигналов синуса и косинуса через нулевое значение. Затем происходит считывание знаков сигналов синуса и косинуса для управления мгновенным выпрямителем (см. рис. 1). Ожидается максимальное значение сигналов синуса и косинуса, их значения считываются при помощи встроенных в микроконтроллер аналого-цифровых преобразователей (АЦП). При помощи формирователя опоры по полярности питающего напряжения определяются знаки сигналов синуса и косинуса. В итоге угол определяется как арктангенс отношения значений сигналов синуса и косинуса. За счёт большого быстродействия АЦП за один период определяется 30 значений угла, которые усредняются. На основании основного тригонометрического тождества формируется признак исправности, и полученная информация передаётся системе по интерфейсу CAN.

Результаты экспериментальных исследований. Структурная схема рис. 1 была реализована в виде макетного образца модуля, в котором использовано оригинальное техническое решение [3]. Экспериментальные исследования модуля показали, что абсолютная погрешность преобразования сигналов СКВТ составляет порядка $\pm 0,15$ угловых градусов в нормальных условиях окружающей среды. Такая неожиданно высокая погрешность объясняется неидеальностью характеристики преобразования АЦП. Для использованного опытного образца микроконтроллера 1986BE93У на рис. 3 показана зависимость ошибки преобразования от величины поданного на АЦП напряжения (в кодах).

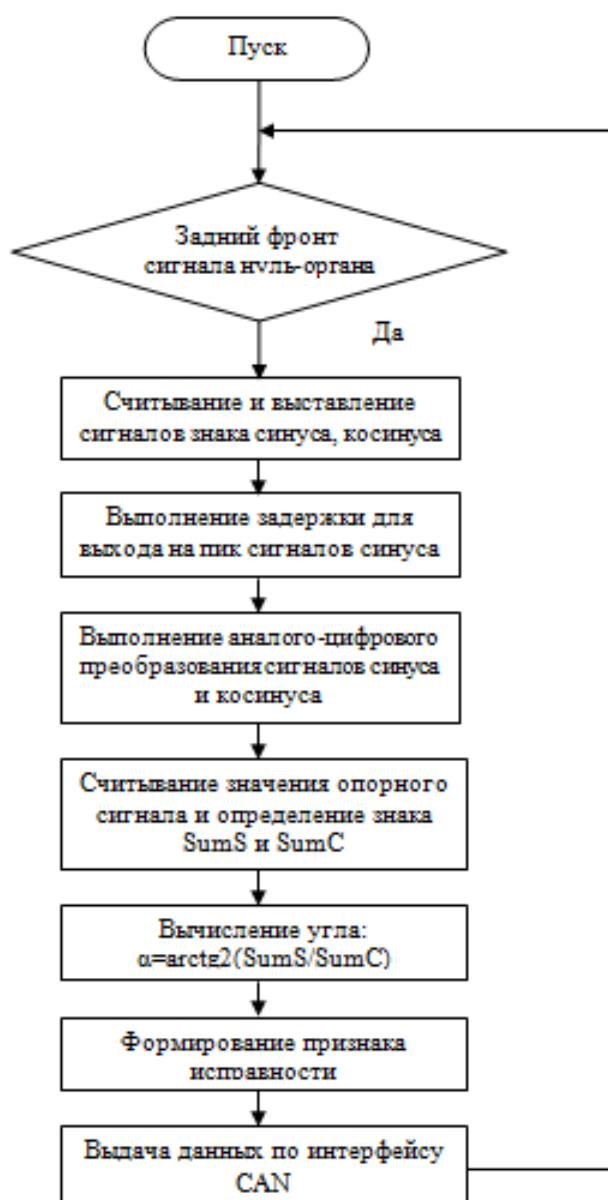


Рис. 2 – Блок-схема упрощённого алгоритма работы микроконтроллера

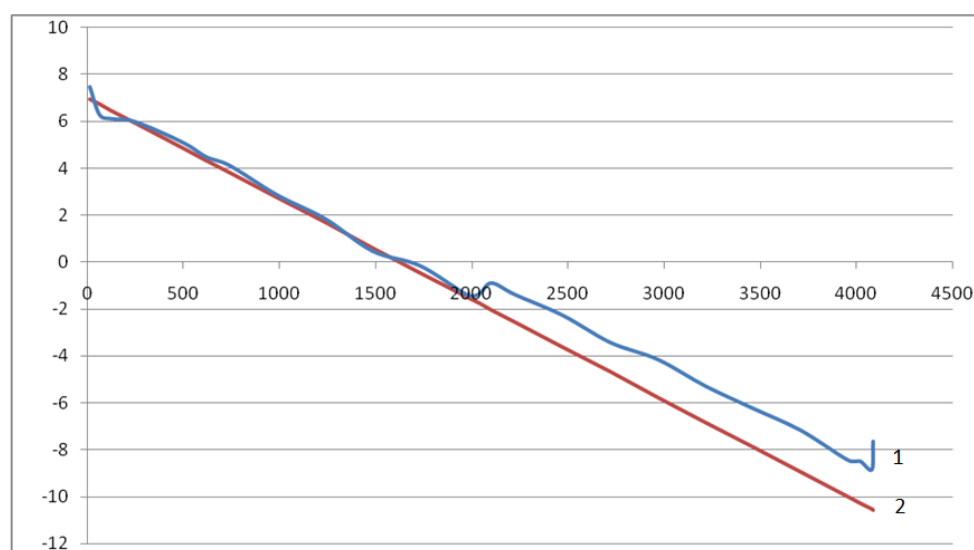


Рис. 3 – Ошибка преобразования АЦП:
 1 – ошибка АЦП микроконтроллера, 2 – аппроксимирующая прямая

Как видно из рис. 3, несмотря на неидеальность, характеристика преобразования АЦП легко поддаётся аппроксимации с помощью известного уравнения прямой:

$$y=kx+b$$

После модификации алгоритма работы микроконтроллера и калибровки модуля абсолютная погрешность преобразования сигналов СКВТ составила менее $\pm 0,05$ угловых минут, что является очень хорошим результатом.

Заключение. В статье были получены следующие результаты:

- рассмотрены методы преобразования углового положения в цифровой код и выявлена актуальность синусно-косинусных трансформаторов в качестве первичных датчиков угла;
- разработана структурная схема преобразователя сигналов одноотсчётного синусно-косинусного вращающегося трансформатора в цифровой код, которая была реализована на отечественной элементной базе;
- собран макетный образец модуля и проведены его испытания, в результате которых выявлена правильность принятых проектных решений, что позволило уменьшить погрешность преобразования до $\pm 0,05$ угловых градусов.

Таким образом, даже на базе недорогого отечественного микроконтроллера можно построить преобразователь с погрешностью не более 0,05 углового градуса. Недостатком описанного устройства являются низкие динамические характеристики и необходимость калибровки.

Список литературы

1. Евстихеев, Н.Н. Измерение электрических и неэлектрических величин: Учеб. Пособие для вузов / Н. Н. Евстихеев, Я. А. Купершмидт, В. Ф. Папуловский, В. Н. Скугоров; Под общ. ред. Н. Н. Евстихеева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
2. Бормотов, В.П. Исследование алгоритмической фильтрации гауссовских помех методом выборочной средней в системах преобразования угол-код / В. П. Бормотов, В. И. Гордиенко, С. А. Гусаченко, Н. В. Клецкий, Г. И. Мытник, А. Я. Хомченко // Вестник Черкасского гос. тех. ун-та. № 3-4 — 2007. — с. 161-164.
3. Патент на изобретение № 2537514 от 21.08.2013 г. «Устройство для включения блока ориентации интегрированной системы резервных приборов в пилотажно-навигационный комплекс». – Денисенко П. В., Каплан Б. А., Семёнов И. А., Сидоров И. О.

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS**

Л.С. Сабитов, Н.Ф. Кашапов, И.К. Киямов
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК
ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ НАСАЖЕННЫХ ДРУГ В ДРУГА С
НАТЯГОМ

Ключевые слова: математическое моделирование, численно-аналитические методы, напряженно-деформированное состояние, оболочка закрытого профиля.

В настоящее время на строительных объектах находят широкое применение составные вертикальные трубы. В этой связи возникают задачи определения их равновесия, напряженно-деформированного состояния (НДС) таких конструкций, снижение их стоимости и металлоёмкости. Также авторами разработан математический аппарат позволяющий рассчитать НДС таких оболочек, который реализован в авторской программе ЭВМ AutoRSS.01 позволяющая рассчитать все компоненты деформированного состояния узла и подобрать оптимальную форму конструкции.

А.П. Буйносов, С.И. Лаптев, С.Н. Антропов
ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ
ЛОКОМОТИВОВ

Ключевые слова: локомотив, газотурбовоз, эксплуатация, организация.

В статье рассмотрены вопросы организации эксплуатации локомотивов, работающих на сжиженном природном газе на участке Войновка–Коротчаево тяжёловесными поездами в 2020–2030 гг. Исходя из пропускной способности и размеров движения рассчитан необходимый эксплуатируемый парк газотурбовозов ГТ1h.

С.А. Зрячев, С.Н. Ларин
СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВИАЦИОННЫХ
КОМПОНЕНТОВ

Ключевые слова: самолетостроение, обслуживание и ремонт авиационной техники, сокращение затрат.

В статье анализируются существующие методы и способы технического обслуживания и ремонта авиационной техники. На основе анализа рассмотрены примеры способов сокращения затрат времени на обслуживание и ремонт авиационной техники, применяемые ведущими мировыми производителями. Существующая проблема обслуживания и ремонта авиационной техники также рассмотрена и на отечественных предприятиях.

Т.Н. Иванова
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО
ИНСТРУМЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО В УСЛОВИЯХ
БЕЗУДАРНЫХ НАГРУЗОК

Ключевые слова: резец, твердый сплав, долото, передний угол, угол приострения, глубина внедрения.

В работе проведены исследования геометрии и материала твердосплавных резцов долота, работающего в условиях безударных нагрузок. Обоснован материал резцов долота по прочности и твердости, предложено использовать среднезернистые и крупнозернистые сплавы с малым содержанием кобальта для армирования инструмента, работающего в условиях безударных нагрузок. Наибольшее влияние на процесс резания оказывают угол приострения резца; передний угол резца. Получена зависимость глубины внедрения резца в породу в зависимости от переднего угла. В результате исследований установлена особенность работы резцов с положительным, отрицательным и нулевым передним углом. Ограничивая глубину внедрения резца в породу за счет снижения осевой нагрузки на долото можно

L.S. Sabitov, N.F. Kashapov, I. K. Kiyamov
MATHEMATICAL MODELING OF VERTICAL THIN-
WALLED SHELLS OF A CLOSED PROFILE OF SEWED
FRIENDS IN A FRIEND WITH A TENSION

Keywords: mathematical modeling, numerical-analytical methods, stress-strain state, shell of closed profile.

At present, composite vertical pipes are widely used at construction sites. In this connection, problems arise in determining their equilibrium, the stress-strain state (VAT) of such structures, reducing their cost and metal consumption. Also, the authors developed a mathematical tool that allows calculating the VAT of such shells, which is implemented in the author's program AutoRSS.01, allowing to calculate all the components of the deformed state of the node and to choose the optimal shape of the structure.

A.P. Buinosov, S.I. Laptev, S.N. Antropov
ORGANIZATION OF OPERATION OF GAS TURBINE
LOCOMOTIVES

Keywords: locomotive, gas turbine, operation, organization.

The article deals with the organization of the operation of locomotives operating on liquefied natural gas in the area of voynivka-Korotchaev heavy trains in 2020-2030. Based on the capacity and size of the traffic, the required fleet of gas turbine engines Gt1h is calculated.

S.A. Zryachev, S.N. Larin
CONDITION OF THEORY AND PRACTICE OF AIRCRAFT
COMPONENTS MAINTENANCE

Keywords: aircraft construction, maintenance and repair of aviation equipment, cost reduction.

In this article the existing methods and methods of maintenance and repair of aviation equipment are analyzed. Based on this analysis the methods of reduction of time spent on maintenance and repair of aviation equipment used by leading manufacturers are reviewed. The existing problem of maintenance and repair of aviation equipment is also reviewed in domestic enterprises.

T.N. Ivanova
PECULIARITIES OF USING MOLDS OF FUEL TOOLS
WORKING IN THE CONDITIONS OF NON-CONTROLLED
LOADS

Keywords: cutter, hard alloy, chisel, front angle, angle of sharpening, depth of penetration.

In the work, the geometry of carbide cutters of a bit, working under conditions of unstressed loads, has been studied. The justification of the composition of tungsten carbide and cobalt for strength and hardness is given. It is proposed to use medium-grained and coarse-grained alloys with a low content of cobalt for reinforcing the tool that operates under conditions of unstressed loads. Alloys with medium and high content of cobalt for reinforcing the tool, operating under shock loads for drilling rocks of high hardness. It is established that the process of deformation of the rock occurs by cutting and shearing forces. The greatest influence on the cutting process is the angle of sharpening of the tool; cutting angle. As a result of the research, the feature of the incisors with a positive and negative anterior angle was established. A cutter with a positive front angle will

использовать резец с отрицательным передним углом. При уменьшении ширины резца и угла приострения появляется возможность использовать резец с положительным передним углом. Наибольшая глубина внедрения будет у резца с нулевым значением переднего угла, а минимальная – у резца с отрицательным передним углом.

О.Ю. Кустов

О ВЛИЯНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ СОЗДАНИИ 3D-ОБРАЗЦОВ ЗПК НА ИХ АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ключевые слова: звукопоглощающие конструкции; 3D-печать; акустические характеристики; интерферометр с нормальным падением волн.

На основе технологии 3D-печати созданы образцы звукопоглощающих конструкций из abs-пластика с двумя разными размерами стандартных сотовых ячеек и пластины со степенью перфорации 5, 7 и 11%. Образцы сравнивались с сотовыми образцами из стеклопластика и алюминия, совместно с перфорированными композитными пластинами с идентичными отверстиями и степенями перфорации. Акустические характеристики определялись на интерферометре с нормальным падением волн.

Б.А. Мовтян, Д.П. Данилаев

ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ВЫПОЛНЕНИЯ ГОСОБОРОНЗАКАЗА

Ключевые слова: менеджмент концерна ОПК, управление гособоронзаказом, эффективность выполнения гособоронзаказа.

Интеграция предприятий ОПК в структуру концерна позволяет рассматривать систему повышения эффективности выполнения гособоронзаказа на основе выбора стратегий, объединения и реализации ресурсов. В этой связи определяются задачи управляющей компании концерна в повышении эффективности выполнения гособоронзаказа. Рассмотрена методология адаптивного управления производственными программами дочерних предприятий при выполнении гособоронзаказа.

А.А. Морозенко, И.Е. Воронков

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ УЧАСТНИКОВ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ КАК ЭЛЕМЕНТОВ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

Ключевые слова: организационная структура, инвестиционно-строительный проект, среднестатистическое значение, многофакторный анализ, коэффициент надёжности участника ИСП.

В статье представлен механизм оценки надёжности участников инвестиционно-строительных проектов как элементов организационной структуры. Надёжность участников инвестиционно-строительных проектов предлагается выразить определяемой вероятностной величиной – коэффициентом надёжности участника инвестиционно-строительного проекта, вычисляемого посредством многофакторного анализа совокупности показателей деятельности исследуемых предприятий и их сопоставления со среднестатистическими значениями и среднеспертными оценками. В качестве объективных и достоверных источников исходных данных предполагается

tend to continuously bend into the rock with increasing resistance to fracture, this will lead to the breaking of the tool. Therefore, it is necessary to limit the depth of insertion into the rock, for example, by reducing the axial load on the chisel bit. A cutter with a negative front angle will be pushed out of the rock as the rock resistance increases. In this case, it is recommended to increase the axial force. The gush of insertion into the rock increases with increasing axial force, a decrease in the width of the incisor and the angle of sharpening. When pressed into the rock, the depth of penetration, other things being equal, will be at the tool with zero value of the front angle, and the minimum at the cutter with a negative front angle. As a result of the investigation, the dependence of the incision depth on the rock as a function of the front angle was obtained.

O.Yu. Kustov

INFLUENCE OF GEOMETRIC ERRORS ON ACOUSTICAL CHARACTERISTICS OF THE LINER SAMPLES PRODUCED BY 3D-PRINTING TECHNOLOGY

Keywords: acoustic liners, 3D-printing, acoustical characteristics, interferometer with normal incidence of waves. Based on 3D-printing technology, samples of acoustic liners made of abs-plastic with two different cell sizes and plates with a degree of perforation of 5, 7 and 11% were produced. The samples were compared with honeycomb samples from glass fiber reinforced plastic and aluminum in combination with perforated composite plates with identical holes and degrees of perforation. Acoustical characteristics were determined on an interferometer with normal incidence of waves.

B.A. Movtyan, D.P. Danilaev

THE CORPORATE MANAGEMENT TASKS AND METHODS OF THE DEFENSE ORDER PERFORM EFFICIENCY

Keywords: the defense industry concern management, the state defense order management, the effectiveness of the state defense order fulfillment.

The defense industry companies' integration at the concern structure makes it possible to consider the defense order performance efficiency increasing system with the wider choice of strategies and the resources association. In this context, the industrial concern management company tasks of the state defense order effectiveness improving are defined. The adaptive management of subsidiaries production programs methodology is considered.

A.A. Morozenko, I.E. Voronkov

ANALYTICAL CALCULATION OF RELIABILITY OF PARTICIPANTS IN INVESTMENT-BUILDING PROJECTS AS ELEMENTS OF ORGANIZATIONAL STRUCTURE

Keywords: organizational structure, investment and construction project, average statistical significance, multifactorial analysis, reliability estimation mechanism, reliability coefficient of the ICP participant.

The article presents a mechanism for assessing the reliability of participants in investment and construction projects as elements of the organizational structure. The reliability of the participants in investment and construction projects is proposed to be expressed by the probable value - the factor of reliability of a participant in an investment and construction project, calculated by means of a multifactor analysis of the aggregate of activity indicators of the enterprise under study and their comparison with the average statistical values and average expert estimates. As objective and reliable sources of initial data, it is intended to use materials of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation. The method of expert assessment of indicators takes an individual questionnaires.

использовать материалы Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. Методом осуществления экспертной оценки показателей принимается индивидуальное анкетирование.

А.П. Старостин, В.Ф. Пегашкин
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НЕЖЁСТКИХ
ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ С ПРИМЕНЕНИЕМ
АДАПТИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Ключевые слова: обработка вала, точение, станки с ЧПУ, погрешность формы, точность обработки, деформация вала, сила резания, податливость.

В работе представлен алгоритм управления движения инструмента по траектории с использованием адаптивного управления при обработке нежестких деталей на станке с ЧПУ. Предложена команда для задания обработки вала по предсказанной траектории с использованием G-команды.

Я.Н. Хомовский
О КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОНКОСТЕННЫХ
КАНАЛАХ ГАЗОВОЗДУШНОГО ТРАКТА ГПВРД

Ключевые слова: камера сгорания, напряжения.

В прямоточных гиперзвуковых двигателях поперечное сечение газозвдушного канала может изменяться от прямоугольной формы до цилиндрической. Для расчёта НДС конструкции использовались формулы для расчёта неразрезных пластин. Проведены расчёты стенок канала методом конечных элементов и аналитическим методом. На основании полученных результатов была выявлена погрешность расчётов.

М.С. Виноградов, И.А. Заволокин, И.В. Нелин
ВЫСОКОТОЧНАЯ ПРОВЕРКА ЦЕЛОСТНОСТИ
МНОГОПРОВОДНЫХ ЖГУТОВ И ПРОВЕРКА
КОРРЕКТНОЙ УСТАНОВКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ
КОНТАКТОВ В МНОГОКОНТАКТНЫЕ РАЗЪЕМЫ ПРИ
ПОМОЩИ DALLASTOUCHMEMORY (IBUTTON)

Ключевые слова: DallasTouchMemory(iButton), кабельный пробник, кабельный тестер, высокоточная проверка электрических соединений.

В реалиях нашего времени любая система подвергается доработке и модернизации, не являясь исключением, к примеру и самолётные системы. При установке дополнительного оборудования возникает потребность вмешательства в уже существующую систему, что, соответственно, вызывает некие трудности не только в механической установке, но и в последующей проверке правильности выполненных работ. В данной статье описано одно из решений, позволяющее ускорить процесс проверки, увеличить точность и уменьшить влияние человеческого фактора при выполнении проверочных работ.

И.В. Грубрин, И.Ю. Лыгина
МОДЕЛЬ НЕИДЕНТИЧНОСТИ КАНАЛОВ В
МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Ключевые слова: информация, неидентичность, модель.

В работе предложена математическая модель, пригодная для исследования неидентичности каналов в многоканальных информационно-измерительных системах, на базе многоотводных линий задержки (трансверсальных фильтров).

И.В. Нелин, М.К. Седанкин, В.А. Скуратов, М.В. Мартянова,
Л.Ю. Мершин
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО
ПОЛЯ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Ключевые слова: микроволновая радиотермометрия, антенны-аппликаторы, радиояркостная температура, медицинская робототехника.

Проведено математическое моделирование теплообменных

A.P. Starostin, V.F. Pegashkin

INCREASE OF ACCURACY OF PROCESSING OF NON-
RIGID PARTS ON THE MACHINE WITH CNC WITH USE
ADAPTIVE OF PROCESSING

Keywords: shaft processing, turning, machine with CNC, shape error, accuracy of machining, deformation of shaft, cutting force, suppleness.

In the article submitted to algorithm for controlling motion of tool by adaptive control in processing of non-rigid parts on the machine with CNC. A command is proposed for specifying the processing of the shaft along a predetermined path using the G-code.

Ya. Komovskiy

ABOUT STRESS CONCENTRATION IN THIN-WALLED
CHANNELS THE GAS-AIR PATH OF A SCRAMJET

Keywords: combustion chamber, stresses.

In direct-flow hypersonic engines, the cross-section of the gas-air channel can vary from a rectangular to a cylindrical shape. Formulas for calculating continuous plates were used to calculate the stress-strain state of the construction. Calculations of the channel walls by finite element method and analytical method are carried out. On the basis of the obtained results the error of calculations was revealed.

M.S. Vinogradov, I.A. Zavolokin, I.V. Nelin
HIGH-PRECISION INTEGRITY CHECK OF MULTI-WIRE
HARNESSES AND VERIFICATION OF CORRECT
INSTALLATION OF ADDITIONAL PINS IN MULTI-PIN
CONNECTORS USING DALLAS TOUCH MEMORY
(IBUTTON)

Keywords: Dallas Touch Memory (iButton), network probe, High-precision integrity check.

In the realities of our time, any system undergoes refinement and modernization, for example aircraft systems are not an exception When installing additional equipment, there is a need for intervention in an already existing system, which consequently causes certain difficulties not only in mechanical depletion but also in subsequent verification of the correctness of the work performed. This article describes one of the solutions that allows to speed up the verification process, increase the accuracy and reduce the human factor at this stage.

I.V. Grubrin, I.U. Ligina
MODEL OF CHANNEL NONIDENTITY IN
MULTICHANNEL INFORMATION-MEASURING SYSTEMS
Keywords: information, nonidentity, model.

The paper proposes a mathematical model suitable for investigating the nonidentity of channels in multichannel information-measuring systems based on multi-tap delay lines (transversal filters).

I.V. Nelin, M.K. Sedankin, V.A. Skuratov, M.V. Martyanova,
L.Y. Mershin
MATHEMATICAL SIMULATION OF THERMAL FIELD OF
THE PROSTATE

Keywords: microwave radiometry, microwave antenna, brightness temperature, medical robotics.

The mathematical modeling of heat transfer processes in pelvic organs was performed in the presence of a malignant tumor.

процессов в предстательной железе при наличии злокачественной опухоли. Математическое моделирование выполнено на основе численного решения уравнения теплообмена для биологических тканей при наличии опухоли. Получена аппроксимационная формула для распределения температуры в предстательной железе при наличии опухоли. Моделирование позволит создать внутривлагалищные антенны для применения в урологии, в том числе в медицинской робототехнике.

И.Н. Ростокин

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ УГЛОМЕСТНОГО МНОГОЧАСТОТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ОДНОРОДНОЙ АТМОСФЕРЫ МИКРОВОЛНОВОЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ ФОНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Ключевые слова: дистанционное зондирование атмосферы; метод угломестных разрезов; многочастотные микроволновые радиометрические системы; компенсация фонового излучения; двухмодовые антенные системы.

Анализируются данные многочастотных угломестных микроволновых радиометрических измерений радиотеплового излучения однородной атмосферы, полученных с помощью трехдиапазонной микроволновой радиометрической системы с компенсацией влияния фоновых шумов. Выполнено сравнение результатов измерений при малых углах места с компенсацией и без компенсации влияния фоновых шумов.

И.Н. Ростокин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАДИОТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЫ В ПЕРИОД РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ МЕТЕОЯВЛЕНИЙ

Ключевые слова: дистанционное зондирование атмосферы; многочастотные микроволновые радиометрические системы; компенсация фонового излучения; двухмодовые антенные системы; опасные и неблагоприятные метеоявления.

В работе представлены результаты комплексных экспериментальных исследований пространственно-временной изменчивости радиотеплового излучения облачной атмосферы, выполненные с помощью разработанного микроволнового радиометрического метеоконкомплекса, в период формирования опасных метеорологических явлений, связанных с развитием мощных конвективных облаков, гроз, ливней, а также в период прохождения мощных атмосферных фронтов. Проведены корреляционные оценки результатов измерений интенсивности радиотеплового излучения облачной атмосферы с осадками с данными по интенсивности осадков, полученных с помощью автоматизированной метеостанции.

И.Л. Хазиев, О.Г. Морозов, И.И. Нуреев, А.Ж. Сахабутдинов, А.А. Кузнецов, Л.М. Фасхутдинов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ РАССЕЯНИЯ РАМАНА

Ключевые слова: DTS, распределенный волоконно-оптический датчик, Raman effect, комбинационное рассеяние, температура, статистические методы обработки данных, закон распределения случайных величин.

В работе представлены результаты статистической обработки рефлектограмм стоксовой и антистоксовой компонент с датчика распределенного контроля температуры на основе рассеяния Рамана с участка нагрева оптического волокна SMF 28e+ длиной 1350-1400 метров при температуре термокамеры (+60°C) и комнатной температуре (+27°C).

Mathematical modeling is performed on the basis of a numerical solution of the equation of heat and mass transfer for biological tissues in the presence of a tumor. Approximation formulas for temperature distribution in the prostate gland have been obtained in the presence of a tumor. Simulation will allow the creation of intravaginal antennas for use in urology, including in medical robotics.

I.N. Rostokin

THE ANALYSIS OF RESULTS OF ANGULAR MULTIFREQUENCY SOUNDING OF THE UNIFORM ATMOSPHERE BY MICROWAVE RADIOMETRIC SYSTEM WITH COMPENSATION OF INFLUENCE OF BACKGROUND RADIATION

Keywords: remote sensing of the atmosphere; method of angular cuts; multifrequency microwave radiometric systems; compensation of background radiation; two wave antenna systems.

The data of multi-frequency angular-local microwave radiometric measurements of radio-thermal radiation of homogeneous atmospheres obtained by means of three-band microwave radiometric system with compensation of background noise influence are analyzed. The results of measurements at small angles with compensation and without compensation of background noise are compared.

I.N. Rostokin

RESEARCH OF EXISTENTIAL VARIABILITY OF RADIO THERMAL RADIATION OF THE CLOUDY ATMOSPHERE DURING DEVELOPMENT OF THE DANGEROUS METEOPHENOMENA

Keywords: remote sensing of the atmosphere; multifrequency microwave radiometric systems; compensation of background radiation; two wave antenna systems; dangerous and adverse meteophenomena.

In work the results of complex pilot studies of existential variability of radio thermal radiation of the cloudy atmosphere executed by means of the developed microwave radiometric meteorocomplex during formation of the dangerous meteorological phenomena connected with development of powerful convective clouds, thunder-storms, heavy rains and also during passing of powerful atmospheric fronts are presented. Correlation estimates of results of measurements of intensity of radio thermal radiation of the cloudy atmosphere with rainfall with data on intensity of rainfall received by means of the automated meteorological station are carried out.

I.L. Khaziev, O.G. Morozov, I.I. Nureev, A.J. Sakhabutdinov, A.A. Kuznetsov, L.M. Fashutdinov

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE SENSOR OF DISTRIBUTED TEMPERATURE CONTROL BASED ON THE RAMAN SCATTERING

Keywords: distributed optical fiber temperature sensor, statistical methods of data processing, the law of distribution of random variables.

The paper presents the results of statistical processing of the reflectograms from a distributed temperature control sensor based on Raman scattering from measurements of the Stokes and anti-Stokes components from the localization site of the temperature of the SMF 28e + optical fiber from Corning Company, 1350-1400 meters long, using a thermo cabinet (thermostat) at a temperature (+ 60 ° C) and room temperature (+27 ° C).

В.Н. Хмелев, Р.Н. Голых, А.В. Шалунов, Р.А. Лопатин,
В.Д. Минаков, К.Е. Сырников, П.В. Петреков, Д.В. Генне
ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КАВИТАЦИОННОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: полимеры, ультразвук, материалы.

Статья посвящена исследованию влияния ультразвукового излучения на свойства полимерных композитных материалов и энергозатраты при полимеризации.

А.В. Волков

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ
РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
НАТРИЕВЫХ ЛАМП

Ключевые слова: натриевая лампа, математическая модель, экспериментальное исследование.

Аналитический метод был использован для описания работы натриевой лампы на основе дифференциальных уравнений. В работе также использовали алгоритм сингулярного разложения, чтобы найти коэффициенты модели АРСС. Также была получена передаточная функция модели АРСС. Затем модель протестировали на предприятии для контроля качества натриевых ламп в производстве. Полученные результаты моделирования совпадают с результатами эксперимента.

Р.Н. Голых, В.Н. Хмелёв, А.И. Шепелева, В.В. Педдер,
А.В. Шалунов

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РАСЧЁТА СКОРОСТИ
ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В РАЗВЕТВЛЁННОЙ СИСТЕМЕ
ПОР ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ АКУСТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Ключевые слова: ультразвук, капилляры, программный модуль. В статье описана предложенная компьютерная модель процесса течения жидкой фазы в разветвлённой системе пор под действием сил акустической природы. Созданный программный модуль, реализующий компьютерную модель, позволяет выявить зависимости скорости течения жидкой фазы от режимов акустического или ультразвукового воздействия.

А.П. Даденкова

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ
ФАЙЛООБМЕННОЙ СЕТИ С ПРОТОКОЛОМ DHT

Ключевые слова: имитационное моделирование, протоколы поиска данных, децентрализованные файлообменные сети, AnyLogic, DHT, P2P.

В работе выполняется анализ влияния параметров модели протокола DHT на результативность поиска и предлагаются рекомендации по их аргументированному выбору для обеспечения требуемой вероятности нахождения данных в файлообменной сети

Г.Е. Кокеева, В.В. Рабданова, И.Б. Елтунова
ИНФОРМАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

Ключевые слова: информационная оценка, производительность аппарата, уровень варьирования соответствующего фактора, матрица многофакторного численного эксперимента.

Проведено компьютерное моделирование посредством обобщения и проведения многофакторного численного эксперимента. Приведена упрощённая постановка задачи оптимизации, в котором использована субстрат-зависимая модель процесса с единственным управляющим параметром-концентрации субстрата в среде культивирования.

V.N. Khmelev, R.N. Golykh, A.V. Shalunov, R.A. Lopatin,
V.D. Minakov, K.E. Syrnikov, P.V. Petrekov, D.V. Genne
INFLUENCE OF ULTRASONIC CAVITATION EFFECT ON
THE CHARACTERISTICS OF POLYMERIC COMPOSITE
MATERIALS

Keywords: polymers, ultrasound, materials.

The article is devoted to the study of the influence of ultrasonic radiation on the mechanical properties of polymer composite materials and energy consumption at polymerization.

A.V. Volkov

APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS TO
IMPLEMENT ALGORITHMS QUALITY CONTROL
SODIUM LAMPS

Keywords: sodium lamp, mathematical model, experimental study.

The analytical method was used to describe the operation of a sodium lamp based on differential equations. We also used the singular decomposition algorithm to find the coefficients of the ARCC model. A transfer function of the ARCC model was also obtained. Then the model was tested at the enterprise to control the quality of sodium lamps in production. The obtained results of the simulation coincide with the results of the experiment.

R.N. Golykh, V.N. Khmelev, A.I. Shepeleva, V.V. Pedder,
A.V. Shalunov

PROGRAM UNIT FOR CALCULATION OF LIQUID PHASE
SPEED CALCULATION IN BRANCHED SYSTEMS OF
PORES UNDER INFLUENCE OF ACOUSTIC FORCES

Keywords: ultrasonic, capillars, program unit.

This paper describes presented computer model of process of flow of liquid phase in branched pores system under influence of acoustic forces. Created program unit realizing the computer model allows to evaluate the dependences of velocity of liquid phase flow on modes of acoustic or ultrasonic influence.

A.P. Dadenkova

INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS OF FILE
EXCHANGE MODELS WITH DHT PROTOCOL

Keywords: simulation modeling, data retrieval protocols, decentralized file-sharing networks, AnyLogic, DHT, P2P.

In work the analysis of influence of parameters of model of the DHT protocol on effectiveness of search is made and recommendations about their reasoned choice for ensuring the required probability of finding of data in file exchange network are offered.

G.E. Kokieva., V.V. Rabdanova., I.B. Eltunova
INFORMATION A MATHEMATICAL MODEL
PRODUCTIVITY OF EQUIPMENT

Keywords: information assessment, productivity of the device, the level of variation of the corresponding factor, the matrix of the multifactorial numerical experiment.

Computer modeling by means of generalization and carrying out of multifactorial numerical experiment is carried out. A simplified formulation of the optimization problem is presented, in which a substrate-dependent model of the process with a single control parameter-the concentration of the substrate in the culture medium is used.

С.В. Латухов, Н.В. Першин, Р.В. Бабаев
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРИ
ПРОИЗВОДСТВЕ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Ключевые слова: транспортно-технологические системы, перевозки, сжиженный природный газ, гидрометеорологические условия, Арктическая зона, автоматизированный проектный комплекс.

Рассмотрены вопросы рационального построения транспортно-технологических систем при перевозках сжиженного природного газа в Арктике. Рассмотрена роль информационно-аналитической системы управления размещением производства как центра получения и анализа всей информации по размещению и функционированию производства сжиженного природного газа. Показано, что такая задача является многокритериальной. Установлено, что основным количественным критерием для выбора рационального размещения производства сжиженного природного газа является себестоимость продукта. Определено, что рациональное решение при множестве паретовских решений предполагает использование метода последовательных уступок, который сводит решение задачи по многим критериям к максимизации оцениваемых критериев по очереди и определению уступок, которые характеризуют отклонение приоритета одних критериев перед другими. В результате решения устанавливается требуемое количество судов, которое обеспечивает с определенной надежностью бесперебойный режим функционирования всей системы.

Т.П. Новикова

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
УПРАВЛЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ ИСПЫТАНИЙ
ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Ключевые слова: электронная компонентная база, управление, алгоритм, испытания.

В работе рассмотрены современные задачи развития электронной промышленности. Предложено решение этих задач посредством алгоритмов управления, связанных с оптимизацией стоимости разработки ЭКБ, включающей ее испытания. Проанализированы задачи управления последовательностью испытаний электронной компонентной базы при входном контроле, дополнительных испытаниях, приемо-сдаточных испытаниях.

Ю.Г. Полкунов, М.Ю. Лобода

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСИЛИЙ НА
КОНИЧЕСКИХ ДИСКОВЫХ ИНСТРУМЕНТАХ ПРИ
РАЗРУШЕНИИ КРЕПКИХ ПОРОД

Ключевые слова: конический дисковый инструмент, разрушение, крепкие породы.

Статья посвящена разработке математической модели усилий, возникающих на оси конических дисковых инструментов, при разрушении крепких хрупких пород циклическим способом разрушения. Адекватность результатов моделирования проверена на экспериментальных данных других исследователей.

В.А. Шаров, И.О. Сидоров

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ УГОЛ-КОД СИГНАЛОВ СИНУСНО-
КОСИНУСНОГО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ТРАНСФОРМАТОРА
НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СО
ВСТРОЕННЫМ АЦП

Ключевые слова: синусно-косинусный вращающийся трансформатор, цифровой преобразователь угла, аналого-цифровой преобразователь, микроконтроллер.

В статье описывается простой угол-код преобразователь сигналов синусно-косинусного вращающегося трансформатора на базе микроконтроллера.

S.V. Latukhov, N.V. Pershin, R.V. Babaev

TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS BY
LIQUEFIED NATURAL GAS PRODUCTION

Keywords: transport and technological systems, transportations, liquefied natural gas, hydroweather conditions, the Arctic zone, the automated design complex

Questions of rational creation of transport and technological systems when transporting liquefied natural gas in the Arctic are considered. The role of an information and analytical control system of production placement as center of receiving and analysis of all information on placement and functioning of liquefied natural gas production is considered. It is shown that such task is multicriteria. It is established that the main quantitative criterion for the choice of rational placement of liquefied natural gas production is prime cost of a product. It is defined that the rational decision at a set of pareto'sky decisions assumes use of a method of consecutive concessions which consolidates the solution of a task of many criteria to maximizing the estimated criteria in turn and to definition of concessions which characterize a deviation of a priority of one criteria before others. As a result of the decision the necessary number of vessels which provides the uninterrupted mode of functioning of all system with certain reliability is set.

T.P. Novikova

ALGORITHM DEVELOPMENT FOR SOLVING THE TASKS
CONTROL THE SEQUENCE OF ELECTRONIC
COMPONENT BASE TESTS

Keywords: electronic component base, management, algorithm, tests.

The paper deals with the modern problems of the electronic industry development. The solution of these problems by means of control algorithms associated with the optimization of electronic component base development the cost, including its testing, is proposed. Tasks control the sequence of electronic components testing during incoming inspection, additional tests, acceptance tests.

Yu.G. Polkunov, M.Yu. Loboda

MATHEMATICAL MODELLING OF EFFORTS ON CONIC
DISK TOOLS AT DESTRUCTION OF STRONG ROCK

Keywords: conic disk tool, destruction, strong rock.

The article is devoted to the development of a mathematical model of the forces arising on the axis of conical disk tools, with the destruction of strong brittle rocks by cyclic destruction. The adequacy of the simulation results is verified on the experimental data of other researchers.

V.A. Sharov, I.O. Sidorov

A SINE-COSINE ROTATING TRANSFORMER ANGLE-
CODE SIGNALS CONVERTER BASED ON A HOME
MICROCONTROLLER WITH A BUILT-IN ADC

Keywords: sine-cosine rotating transformer, digital angle converter, analog-to-digital converter, microcontroller.

The article describes a simple sine-cosine rotating transformer angle-code signals converter based on a microcontroller.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья" ООО "Научно-технический вестник Поволжья" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№8 2018

Направления:

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

**05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И
МАШИНОВЕДЕНИЕ**

**05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ,
МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

**05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

www.ntvp.ru

Свидетельство № ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.

Подписано в печать 22.08.2018 Формат 60 x 84 1/8. Печать цифровая.

5,7 усл.печ.л. 6,6 уч.изд.л. Тираж 900 экз. Заказ 1469.

Учредитель: ООО "Научно-технический вестник Поволжья"

420021, Республика Татарстан, Казань,

ул. З.Султана, д.17а, оф. 19

Адрес редакции, издателя и типографии совпадают с адресом учредителя

Цена свободная.

© Научно-технический вестник Поволжья

тел.(843) 216-30-35

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО «Научно-технический вестник Поволжья»