

приемника 9. В результате на рефлектограмме на индикаторе рефлекто-метра будет наблюдаться также импульс, соответствующий точке начала ВОЛС.

#### Библиографический список

1.C. Chu, S. Prowse, M. Vanderwindt. Optical Time Domain Reflectometer for Use with a Disk Drive Interface. Патент Канады №2137016. – Заявл. 30.11.1994, опубл. 31.05.1996.

2.S. Gross, M. Fleischer-Reumann. Optical Time Domain Reflectometer and Current Voltage Converter for Use Therein. Патент США 5123732. – Заявл. 07.12.1990, №623598, опубл. 23.06.1992.

УДК 534.647:621.432 (001.8)

А.П. Науменко, к.т.н., доцент

ООО Научно-производственный центр «Динамика», г. Омск

### МОДЕЛИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПОРШНЕВЫХ МАШИН

Математическое описание структуры виброакустического (ВА) сигнала, полученного с определенных узлов поршневого компрессора (ПК) с учетом канала формирования и распространения ВА колебаний, является диагностической моделью. Такая модель позволяет произвести селекцию информативных диагностических признаков неисправностей и дефектов узла.

Одним из самых «проблематичных» узлов ПК является его клапан [1]. Количество клапанов на одном цилиндре, обычно, составляет от четырех до восьми и более. Рассмотрим модель формирования ВА колебаний, которые преобразуются в электрический сигнал с помощью датчика, установленного непосредственно на клапане ПК или рядом с группой клапанов.

Силы, возникающие в ПК и являющиеся источниками ВА сигнала, с учетом представления [2, 3] можно определить следующим образом:

$$F_{g\Sigma} = F_g(0,5 + F_n h_n^g) + F_g(0,5 + F_s h_s^g), \quad (1)$$

$$F_{n\Sigma} = F_n(0,5 + F_s h_s^n) + F_n(0,5 + F_g h_g^n), \quad (2)$$

$$F_{s\Sigma} = F_s(0,5 + F_n h_n^s) + F_s(0,5 + F_g h_g^s), \quad (3)$$

где  $F_s$  – импульсные (ударные) вынуждающие воздействия (напр., взаимодействие движущихся деталей) в общем случае, представляются в виде последовательности импульсов заданного вида;  $F_n$  – шумовые силы, возникающие вследствие трения контактирующих деталей или газогидродинамики, которые можно считать белым шумом  $\zeta(t)$ ;  $F_g$  – силы инерции врачающихся и возвратно-поступательно движущихся масс, цен-

тробежных сил инерции и моментов этих сил;  $h_g^s$  – импульсная характеристика определяет степень взаимовлияния  $F_g$  и  $F_s$ ;  $h_s^n$  – степень взаимовлияния  $F_s$  и  $F_n$ ;  $h_n^g$  – степень взаимовлияния  $F_n$  и  $F_g$ .

Функцию силового воздействия, которая в общем случае определяется силами давления газов и силами инерции, можно в общем виде аппроксимировать многочленом

$$F_g(t) = \sum_{k=1}^N F_{kg\Sigma} e^{j\Omega_k t}, \quad (4)$$

где  $F_{kg\Sigma}$  – суммарная сила, через которую определяются все силы, действующие на элементы механизма движения (сила, действующая на шатун, нормальная, тангенциальная, радиальная),  $\Omega_k$  – частота вращения вала.

Источником шумовой составляющей является трение движущихся деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и течение газа через проходные сечения клапанов, возникающее в моменты открытия нагнетательных и всасывающих клапанов, которая описывается узкополосными шумовыми процессами с центральными частотами  $\omega_k$ , параметры которых зависят от технологических параметров компримирования и конструктивных особенностей клапана:

$$F_n = F_n(t) = \sum_{k=1}^{\infty} A_{\xi_k}(t) \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)], \quad (5)$$

где для  $k$ -го источника классически огибающая  $A_{\xi_k}(t)$  и фаза  $\varphi_k(t)$  являются случайными функциями, медленно (в масштабе  $\omega_k$ ) изменяющими-ся во времени. Отдельные шумовые составляющие  $A_{\xi_k}(t)$  цилиндров, обусловленные течением газа, и проявляются в соответствие с циклограммой работы компрессора, т.е. последовательности функционирования клапанов, и зависят от характера движения запирающих органов клапанов [5].

Периодические ударные силовые воздействия представляются выражением

$$F_s = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(t - nT_0), \quad (6)$$

где  $P_n$  – амплитуды сил взаимодействия деталей при ударах, которые возникают с периодом  $T_0$ ;

$$P_n = \sum_{m=1}^M P_m[t - n(T_0 + \Delta t_m)],$$

где  $P_m$  – амплитуды сил взаимодействия деталей при ударах, которые возникают с периодом  $T_0$  в моменты времени  $\Delta t_m$ ;

$$F_m = \sum_{k=1}^{\infty} P_k [t - n(T_0 + \Delta t_m)],$$

где  $P_k$  – амплитуды сил взаимодействия  $k$  деталей при ударах, которые возникают с периодом  $T_0$  в момент времени  $\Delta t_m$ , – описываются теорией соприкосновения твердых тел Г.Герца.

Каждый удар возбуждает затухающие колебания на собственных частотах деталей

$$s(t) = P_k * h_s = A e^{-\delta t} \sin(\omega_0 t),$$

где  $A$  – начальная амплитуда колебания, зависящая от интенсивности возбуждения и свойств возбуждаемых деталей;  $\omega_0$  – собственная частота колебаний детали;  $\delta$  – коэффициент затухания колебаний (зависит от свойств материала детали).

Однако, учитывая, что массы взаимодействующих деталей в клапане несоизмеримы с массами остальных деталей машины, энергия ВА сигнала от соударений в клапане будет ничтожно мала по сравнению с остальными составляющими и будет маскироваться составляющими других источников ВА сигнала. Выделить преобладающую частоту колебаний каждой составляющей достаточно сложно, так как она зависит от конструкции конкретного клапана и материалов его деталей, которые в последнее время всё чаще выбирают композитными. В тоже время энергия  $F_s$  может быть значительной при появлении зазоров в верхней головке шатуна или ослаблении крепления поршня. Поэтому, с одной стороны, эти составляющие являются аддитивной и мультипликативной помехой в ВА сигнале клапанов, а, с другой стороны – выделив эти составляющие, можно использовать их в качестве диагностических признака возникновения неисправностей в ЦПГ.

Для ПК двойного действия доминирующей является [1, 4, 5]:

$$F_g(t) \sim F_{2g\Sigma} \exp(j2\Omega_1 t). \quad (7)$$

Подставим полученные частные модели в (1), (2), (3) и после преобразования получим:

$$\begin{aligned} F_{g\Sigma 1} &= \sum_{k=1}^N F_{kg\Sigma} e^{j\Omega_k t} \cdot (0,5 + \sum_{k=1}^N A_{\zeta_k} \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)] * h_n^g), \\ F_{g\Sigma 2} &= \sum_{k=1}^N F_{kg\Sigma} e^{j\Omega_k t} \cdot (0,5 + F_s * h_s^g), \end{aligned} \quad (8)$$

$$F_{n\Sigma 1} = \sum_{k=1}^N A_{\xi_k} \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)] \cdot (0,5 + F_s * h_s^n), \quad (9)$$

$$F_{n\Sigma 2} = \sum_{k=1}^N A_{\xi_k} \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)] \cdot (0,5 + \sum_{k=1}^N F_{kg\Sigma} e^{j\Omega_k t} * h_g^n),$$

$$F_{s\Sigma 1} = F_s \cdot (0,5 + \sum_{k=1}^N A_{\xi_k} \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)] * h_n^s), \quad (10)$$

$$F_{s\Sigma 2} = F_s \cdot (0,5 + \sum_{k=1}^N F_{kg\Sigma} e^{j\Omega_k t} * h_g^s)$$

С учетом импульсных характеристик  $h_s(t)$ ,  $h_g(t)$ ,  $h_n(t)$  получим модель возбуждения ВА колебаний в ПК двойного действия:

$$S_{g\Sigma 1} = \sum_{k=1}^N S_{kg\Sigma}^g e^{j\Omega_k t} \cdot (0,5 + \sum_{k=1}^N S_{kn}^g \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)]), \quad (11)$$

$$S_{g\Sigma 2} = \sum_{k=1}^N S_{kg\Sigma}^g e^{j\Omega_k t} \cdot (0,5 + S_s^g),$$

$$S_{n\Sigma 1} = \sum_{k=1}^N S_k^n \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)] \cdot (0,5 + S_s^n), \quad (12)$$

$$S_{n\Sigma 2} = \sum_{k=1}^N S_k^n \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)] \cdot (0,5 + \sum_{k=1}^N S_{kg\Sigma}^n e^{j\Omega_k t}),$$

$$S_{s\Sigma 1} = S_s^s \cdot (0,5 + \sum_{k=1}^N S_{kn}^s \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)]), \quad (13)$$

$$S_{s\Sigma 2} = S_s^s \cdot (0,5 + \sum_{k=1}^N S_{kg\Sigma}^s e^{j\Omega_k t}),$$

$$\text{где } \sum_{k=1}^N S_{kg\Sigma}^g e^{j\Omega_k t} = \sum_{k=1}^N F_{kg\Sigma} e^{j\Omega_k t} * h_g(t);$$

$$\sum_{k=1}^N S_{kn}^s \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)] = \{(\sum_{k=1}^N A_{\xi_k} \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)]) * h_n^s\} * h_g(t);$$

$$\begin{aligned}
S_s^g &= \left\{ \sum_{k=1}^N F_s * h_s^g \right\} * h_g(t); \\
\sum_{k=1}^N S_k^n \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)] &= \sum_{k=1}^N A_{\xi_k} \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)] * h_n(t); \\
S_s^n &= \{F_s * h_s^n\} * h_n(t); \quad \sum_{k=1}^N S_{kg\Sigma}^n e^{j\Omega_k t} = \left\{ \sum_{k=1}^N F_{kg\Sigma} e^{j\Omega_k t} * h_g^n \right\} * h_n(t); \\
S_s^s &= F_s * h_s(t); \\
\sum_{k=1}^N S_{kn}^s \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)] &= \left\{ \sum_{k=1}^N A_{\xi_k} \cdot \cos[\omega_k t + \varphi_k(t)] * h_n^s \right\} * h_s(t); \\
\sum_{k=1}^N S_{kg\Sigma}^s e^{j\Omega_k t} &= \left\{ \sum_{k=1}^N F_{kg\Sigma} e^{j\Omega_k t} * h_g^s \right\} * h_s(t),
\end{aligned}$$

которую можно представить в более компактном виде следующим образом:

$$\begin{aligned}
S_{g\Sigma 1} &= \sum_{k=1}^N S_{kg\Sigma}^g e^{j\Omega_k t} \cdot \left( 0,5 + \sum_{k=1}^N S_{kn}^g e^{-j\omega_k t + \varphi_k(t)} \right), \\
S_{g\Sigma 2} &= \sum_{k=1}^N S_{kg\Sigma}^g e^{j\Omega_k t} \cdot \left( 0,5 + S_s^g \right), \\
S_{n\Sigma 1} &= \sum_{k=1}^N S_k^n e^{-j\omega_k t + \varphi_k(t)} \cdot \left( 0,5 + S_s^n \right), \\
S_{n\Sigma 2} &= \sum_{k=1}^N S_k^n e^{-j\omega_0 t + \varphi_k(t)} \cdot \left( 0,5 + \sum_{k=1}^N S_{kg\Sigma}^n e^{j\Omega_k t} \right), \\
S_{s\Sigma 1} &= S_s^s \cdot \left( 0,5 + \sum_{k=1}^N S_{kn}^s e^{-j\omega_k t + \varphi_k(t)} \right), \quad S_{s\Sigma 2} = S_s^s \cdot \left( 0,5 + \sum_{k=1}^N S_{kg\Sigma}^s e^{j\Omega_k t} \right)
\end{aligned}$$

где  $S_x^x$ ,  $S_{kn}^g$ ,  $S_s^g$ ,  $S_k^n$ ,  $S_s^n$ ,  $S_{kg\Sigma}^n$ ,  $S_s^s$ ,  $S_{kn}^s$ ,  $S_{kg\Sigma}^s$  – параметры составляющих ВА колебаний с учетом импульсных характеристики взаимовлияния и преобразования силовых воздействий в ВА сигнал.

Из полученных выражений видно, что модуляция ударными воздействиями (выбор зазоров)  $S_s^g$  приводит к изменению спектрального состава  $S_{g\Sigma}$  и увеличению уровней компонент более высокочастотных, чем  $2\Omega_l$ . В тоже время модуляция  $S_{g\Sigma}$  низкоэнергетической шумовой составляю-

щей не является информативным диагностическим параметром для ПК двойного действия.

Шумовая составляющая  $S_{n\Sigma}$  модулирована частотой  $2\Omega_1$ . При возникновении неисправностей клапанов уровень составляющей  $2\Omega_1$  существенно уменьшается и преобладающей становится составляющая с частотой  $\Omega_1$  [1, 6]. Кроме того, происходит её модуляция как суммарной силой  $S_{kg\Sigma}^n$ , так и ударными воздействиями  $S_s^n$ , что в свою очередь при исправных клапанах приводит к появлению составляющих с частотами более  $2\Omega_1$ . При этом  $S_{n\Sigma}$  модулирована силовыми воздействиями, возникающими в моменты выбора зазоров между деталями с периодами  $[t - n(T_0 + \Delta t_m)]$ , что позволяет использовать её для селекции диагностических признаков неисправностей, связанных с изменениями зазоров между деталями.

Таким образом, при соответствующем выборе мест установки датчиков ВА сигнала (на соответствующих узлах ПК) можно диагностировать появление неисправностей узлов ПК двойного действия по соотношению в спектре огибающей ВА сигнала уровней второй и более высоких и низкочастотных гармоник. Учитывая высокую чувствительность коэффициента модуляции к изменению параметров модулирующего сигнала по сравнению с прямым спектром сигнала целесообразно использовать диапазон частот, который соответствует частоте несущей  $\omega_0$  ВА колебаний, генерируемых течением газа. Новизна такой модели подтверждена патентом [7].

Для ПК двойного действия с учетом циклограммы работы клапанов огибающую  $A(t)$  можно представить в виде

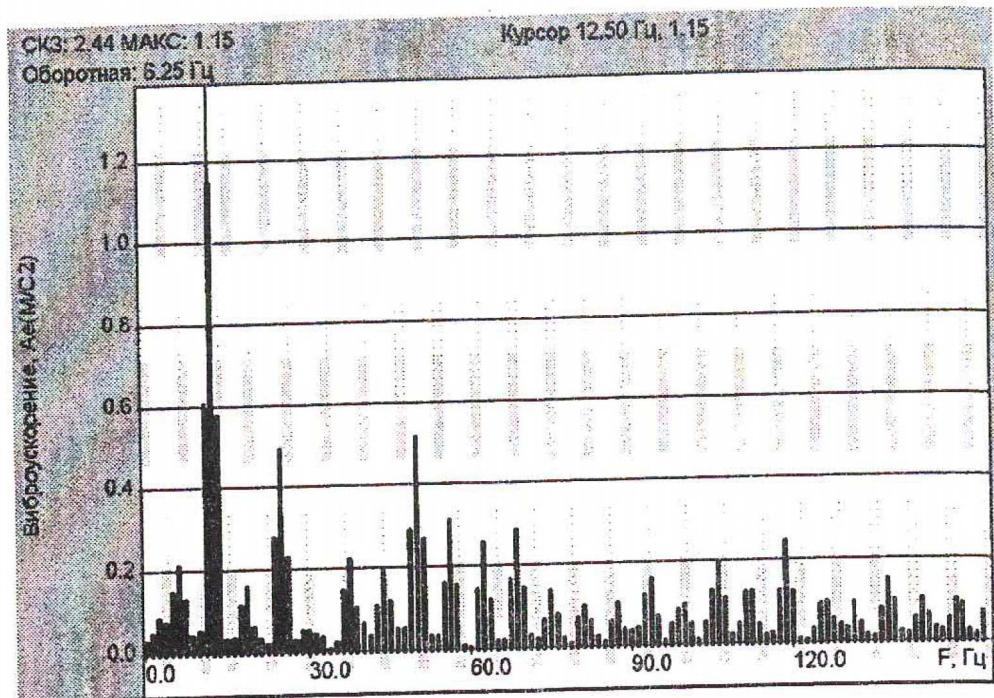
$$A(t) = \sum_{k=1}^N A_k e^{j\Omega_k t}, \quad (17)$$

где преобладающей является составляющая [1, 5, 4]

$$A(t) \sim A_2 \exp(j2\Omega_1 t). \quad (18)$$

Практический опыт наблюдения за изменением характера огибающей ВА сигнала, проведенный на протяжении времени от возникновения первой неисправности в клапане до его полной деградации и замены клапана подтверждает приведенное выше соотношение (18).

Спектральный анализ ВА сигналов, полученных с датчиков, установленных на клапанах и рядом с ними на ПК различных марок и типов, подтверждает, что исправные клапаны возбуждают ВА сигнал, огибающая которого имеет преимущественную вторую гармонику частоты вращения вала (рис. 1).



**Рисунок 1 – Спектр огибающей ВА сигнала исправного клапана**

Таким образом, представленная модель ВА сигнала позволяет определить наиболее информативные ВА составляющие, которые могут быть использованы в качестве параметров диагностических признаков неисправностей клапанов и других узлов и деталей ПК.

#### Библиографический список

1. Костюков В.Н., Науменко А.П. Проблемы и решения безопасной эксплуатации поршневых компрессоров // Компрессорная техника и пневматика. 2008. №3. С. 21-28.
2. Науменко А.П. Вибраакустическая модель диагностического сигнала поршневого компрессора // Динамика систем, механизмов и машин: матер. VII Междунар. науч.-техн. конф. 10-12 ноября 2009 г. Омск. Изд-во ОмГТУ, 2009. Кн. 2. С. 39-44
3. Науменко А.П. Методология вибраакустической диагностики поршневых машин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Специальный выпуск. Серия Машиностроение. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007. С. 85-95
4. Пластиинин П.И. Поршневые компрессоры: Т. 1: Теория и расчет: учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб., доп. М.: Колос, 2000 г. 456 с.
5. Науменко А.П. О выборе вибродиагностических параметров // Наука, образование, бизнес: Материалы региональ. науч.-практ. конф. ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов промышленности и связи, посвященной Дню радио. Омск: Изд-во КАН, 2008. С. 106-115
6. Костюков В.Н., Науменко А.П. Практические основы вибраакустической диагностики машинного оборудования: учеб. пособие [под ред. В.Н. Костюкова]. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2002. 108 с.
7. Костюков В.Н., Науменко А.П., Бойченко С.Н. Способ вибродиагностики технического состояния поршневых машин по спектральным инвариантам: пат. 2 337 341 Рос. Федерации. № 2007113529/28; заявл. 11.04.2007; опубл. 27.10.2008. Бюл. № 30.



**НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, БИЗНЕС**  
**Материалы**  
**региональной научно-практической конференции**  
ученых, преподавателей, аспирантов, студентов,  
специалистов промышленности и связи,  
посвященной Дню радио

**Омск - 2010**

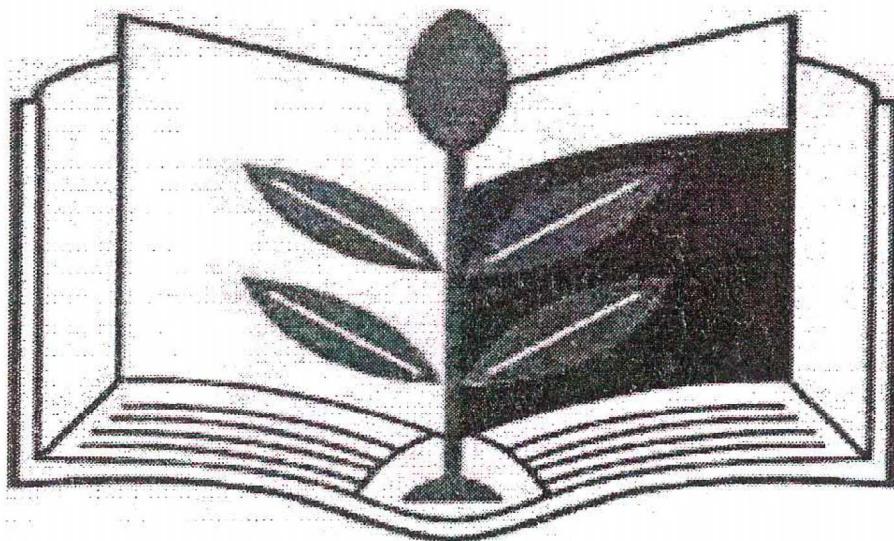
Международная академия наук высшей школы  
НОУ ВПО Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики  
ООО «Научно-производственный центр «Динамика»  
ОАО «Омское производственное объединение «Радиозавод  
им. А.С.Попова» (РЕЛЕРО)

Омское региональное отделение общероссийской общественной  
организации РОНКТД

НОУ ВПО Сибирский институт бизнеса и информационных  
технологий

Кафедра «Радиотехнические устройства и системы диагностики»  
ОмГТУ

ГОУ ВПО Омский институт (филиал) Российского  
государственного торгово-экономического университета (РГТЭУ)  
ФГУП ОмПО «Иртыш»



**НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, БИЗНЕС**  
**Материалы**  
региональной научно-практической конференции  
ученых, преподавателей, аспирантов, студентов,  
специалистов промышленности и связи,  
посвященной Дню радио

Омск – 2010

**УДК 338.45:371.214:621.396**

**Наука, образование, бизнес:** Материалы региональной научно-практической конференции ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов промышленности и связи, посвященной Дню радио. - Омск: Изд-во «Полиграфический центр КАН», 2010. – 304 с.

Тезисы, статьи и доклады конференции печатаются в редакции авторов.

***Организационный комитет:***

**Председатель:**

Вешкурцев Ю.М. – д.т.н., профессор, академик МАН ВШ

**Заместители председателя:**

Лендикрей В.В. – председатель Совета Учредителей ИРСИД

Калачев А.И. – ректор СИБИТ

**Члены оргкомитета:**

Коротков П.И. – проректор по научной и учебной работе ИРСИД;

Шатохина Л.А. – проректор по статистике, организационной и воспитательной работе ИРСИД;

Ельцов А.К. – декан факультета телекоммуникаций;

Мамаева Г.Г. – декан факультета гуманитарного образования;

Левченко – к.т.н., профессор, декан радиотехнического факультета ОмГТУ;

Костюков В.Н. – заведующий кафедрой «Диагностика и промышленная безопасность», председатель ОРО ООО РОНКТД;

Буковский Б.С. – заместитель Генерального директора ОАО «Омское производственное объединение Радиозавод им. А.С.Попова» (РЕЛЕРО) по развитию;

Худякова О.Д. – заведующая кафедрой «Торговое дело» Омского института (филиала) Российского государственного торгово-экономического университета (РГТЭУ);

Босакевич О.М. – заместитель генерального директора по управлению персоналом ФГУП ОмПО «Иртыш».

<b>Е.Д. Бычков</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА РЭС НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ (FUZZY) ИНФОРМАЦИИ	98
<b>А. Н. Ляшук, С. А. Завьялов,</b> ГЕНЕРАТОР НА ПАВ ФИЛЬТРЕ	105
<b>Г.В. Афонин, А.В. Старченков, Вешкурцев Ю.М</b> РАЗРАБОТКА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ ОЦЕНКИ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНАХ МОРСКОЙ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ РЕСУРСОВ	110
<b>И. В. Богачков, С. В. Овчинников,</b> ПРИСТАВКА К КАБЕЛЬНОМУ РЕФЛЕКТОМЕТРУ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕРЕГУЛЯРНОСТЕЙ В ВОЛС	112
<b>А.П. Науменко</b> МОДЕЛИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПОРШНЕВЫХ МАШИН	114
<b>Е.Д. Бычков, С.А. Батраков, В.В. Лендикрей</b> КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСТУПНОСТИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	121
<b>И.И. Семёнов, Н.Д. Шелковников</b> ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ РАДИОЛИНИЙ ДЕКАМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ	126
<b>А.В.Мокроусов, Л.И Лисицына</b> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФОТОГРАФИЙ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА НА ПОВЕРХНОСТИ КОЖНОГО ПОКРОВА В ОБЛАСТИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК	132
<b>Р.М. Гайфулин, Ю.М. Вешкурцев</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ БЫСТРОДЕЙСТВИЕМ И ТОЧНОСТЬЮ АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ	134
<b>В. И. Никонов,</b> МАРШРУТИЗИРУЕМЫЙ СЕРВИС ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ПОВЫШЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ	136
<b>С. В. Овчинников, И. В. Богачков, В.Л.Хазан</b> ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИСКРЕТНОГО КАНАЛА СВЯЗИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ В ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ	138
<b>А.П.Андреев, А.С.Яковлев, С.В.Белавская, Л.И.Лисицына,</b> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕФЛЕКСОТЕРАПИИ	140
<b>Д.А.Иванов</b> ВОЗДЕЙСТВИЕ СЫПУЧЕГО ГРУЗА НА БОКОВЫЕ СТЕНЫ ПОЛУВАГОНА	141
<b>О. В. Литвинова, Д. А. Федотов, В. Е. Митрохин,</b> ОЦЕНКА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ВОЗНИКАЮЩИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ	146