

2. Киричевский В.В. Численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений / В.В. Киричевский, С.А. Левчук, Киричевский Р.В. -К.:Наук.думка, 2005.-316с.
3. Турчак Л.И. Основы численных методов / Л.И. Турчак // . – М.: Наука, 1987. – 320 с.
4. Самарский А.А. Численные методы / А.А. Самарский, А.В. Гулин//. – М.: Наука, 1989. – 432с.

Киричевський Р. В. , Донченко В. Ю. Математичне моделювання рівняння теплопровідності з двома просторовими змінними

При рішенні безлічі практичних і технологічних завдань, як правило, отримати точне рішення поставленої математичної моделі не вдається. Головною причиною цього є неможливість виразити шукане рішення в елементарних або інших відомих функціях. Тому чисельні методи рішення набувають дуже велику актуальність, особливо у зв'язку із зростанням ролі математичних методів в різних галузях науки і техніки.

Ключові слова: диференціальне рівняння, теплопровідність, різницєва схема, стаціонарне температурне поле.

Kirichevskiy R. V. Donchenko V. Yu. Mathematical design equalization of heat conductivity with two spatial variables

At the decision of great number of practical and technological tasks, as a rule, getting the exact decision of the put mathematical model is not succeeded. Principal reason of it is impossibility to express the sought after decision in elementary or other known functions. Therefore the numeral methods of decision acquire very large actuality, especially in connection with growth of role of mathematical methods in the different areas of science and technique.

Keywords: differential equalization, heat conductivity, difference scheme, stationary temperature field.

Киричевський Ростислав Вікторович, к.т.н., доцент кафедри інженерно-педагогічних дисциплін
Луганського національного університету імені Тараса Шевченка

Донченко Володимир Юрійович, асистент кафедри інформаційних технологій та систем
Луганського національного університету імені Тараса Шевченка

Рецензент Дожняк Богдан Михайлович, к.т.н., доцент кафедри прикладної математики
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Стаття подана 21.05.2012

УДК 681.325

Козленко М. І.

**ВПЛИВ ЧАСОВОЇ ФОРМИ ВИПАДКОВИХ СИГНАЛІВ
З КЕРОВАНОЮ ЕНТРОПІЄЮ НА ЯКІСТЬ ОБМІНУ ДАНИМИ
В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА
РОЗПОДІЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ**

В статті подано результати дослідження впливу часової форми сигналів зі змінною ентропією на завадостійкість обміну даними.

Ключові слова: широкосмуговий сигнал, ентропія, завадостійкість, система керування, комп'ютерна система.

Вступ. Одним з найважливіших питань надійного функціонування автоматизованих систем керування та розподілених комп'ютерних систем є стабільність обміну даними. Як правило, завадозахищеність передачі даних в сучасних умовах забезпечується використанням широкосмугових сигналів [1, 2]. Традиційні методи формування широкосмугових сигналів мають низку недоліків, зокрема, нерівномірність розподілу енергії сигналів за частотами [3], суттєва апаратна та алгоритмічна складність

та ін., що не дозволяє повною мірою використати їх переваги. Отже, розроблення нових методів формування та опрацювання ширококугових сигналів є актуальною науковою задачею.

Постановка проблеми в цілому. Необхідність у якісному та швидкому обміні даними у автоматизованих системах керування та розподілених комп'ютерних системах зумовлює практичне завдання по створенню простих, надійних та недорогих приймально-передавальних каналоутворюючих пристроїв. Результативне вирішення цього завдання можливе за умови успішного розв'язання наукових проблем створення та розвитку нових ефективних методів передавання та приймання інформації в таких системах, зокрема, методів формування та опрацювання ширококугових сигналів.

Аналіз досліджень та публікацій. Започаткування розв'язання проблеми шляхом використання ширококугових сигналів з керованою ентропією міститься у [4, 5]. Запропонований метод формування та опрацювання ширококугових сигналів базується на використанні носія у вигляді шумоподібного випадкового сигналу, ентропія розподілу амплітуд якого поставлена у відповідність до символів інформаційного повідомлення, що передається. На даний час проведено дослідження впливу завад, що діють у каналі, на такі сигнали [6]. Оцінена рівномірність розподілу енергії таких сигналів за частотами [3]. Отримані експериментально показники завадостійкості обміну даними за допомогою сигналів з керованою ентропією [7]. Виявлено вплив відновлення проміжних значень амплітуд сигналів на завадостійкість [8].

Виокремлення раніше невирішеної частини загальної проблеми. Раніше невирішеною частиною загальної проблеми є покращення завадостійкості при виборі оптимальної часової форми сигналів, саме цьому і присвячена дана робота.

Формулювання цілей даної роботи. Отже, об'єктом дослідження є вплив форми сигналів на сумарну ентропію в каналі, а отримання кількісних показників і їх порівняння є метою цієї роботи.

Викладення основного матеріалу досліджень. Однією з основних задач при реалізації автоматизованих систем керування та розподілених комп'ютерних систем є забезпечення високоякісного обміну даними між елементами таких систем. Широке використання бездротових технологій в сучасних умовах при побудові автоматизованих систем керування в різних галузях промисловості, що функціонують в умовах інтенсивних завад техногенного походження, визначає необхідність застосування ширококугових сигналів. Традиційні алгоритми опрацювання ширококугових сигналів ґрунтуються на використанні псевдовипадкових послідовностей, що зумовлює необхідність збереження еталонів форми таких послідовностей при формуванні сигналів та подальшому опрацюванні. Крім того, отримання псевдовипадкових послідовностей з прийнятними ймовірнісними та кореляційними характеристиками потребує проведення ґрунтовних наукових досліджень методів, а також апаратних та програмних засобів для їх генерування. Демодуляція таких сигналів здійснюється, як правило, за кореляційною методологією.

Перспективним є формування та опрацювання ширококугових сигналів основане на використанні повністю випадкових шумоподібних сигналів, ентропія розподілу ймовірностей станів яких поставлена у відповідність до символів інформаційного повідомлення, що передається. В такому випадку демодуляція зводиться до статистичного оцінювання ентропії суміші сигналу і завади протягом символного інтервалу з подальшим ухваленням рішення про дискретне значення прийнятого символу. Це забезпечує високу якість, надійність та стабільність обміну даними і є простим з погляду апаратної та програмної складності реалізації [4, 5].

Для визначення ефективності застосування різних часових форм сигналів, що переносять двійкові стани інформаційного повідомлення, $s_1(t)$ та $s_2(t)$ для реалізації обміну даними за допомогою ширококугових сигналів зі змінною ентропією проведено дослідження залежності потужності, розмаху амплітудних значень та ентропії сигналів з різними часовими формами, як детермінованими, зокрема, синусоїдною, у вигляді абсолютного значення (модуля) синуса, прямокутною, трикутною, пилковидною тощо, так і випадковими з різними параметрами розподілу ймовірностей і найбільш поширеними традиційними ширококуговими сигналами [9]. В загальному випадку, при порівнянні ентропії розподілів випадкових процесів та детермінованих періодичних ширококугових синусоїдних та несинусоїдних сигналів слід брати до уваги, що для детермінованого

сигналу заздалегідь відомої форми, значення елементарних відліків, несуть значно менше власної кількості інформації, ніж для випадку випадкового процесу, значення відліків якого некорельовані між собою. З урахуванням цього, у даному випадку, проведено порівняння за умови невраховування факту детермінованості форми. Тобто, за ентропію детермінованого періодичного сигналу приймається ентропія абстрактного випадкового сигналу, який має розподіл ймовірностей станів такий же, як і сам досліджуваний детермінований сигнал, але значення (стани) якого в різні дискретні відліки часу некорельовані.

В таблицях 1, 2 та 3 подано результати проведених таких досліджень. Сигнали відповідних форм формувались шляхом моделювання за допомогою комп'ютера, а оцінка ентропії розподілів ймовірностей їх станів розраховувалась згідно загальновідомих виразів [10]. Для даних, що наведені у табл. 1, середня потужність усіх сигналів однакова і дорівнює мінус 30,4 дБВт. За середньою потужністю взято квадрат середнього ефективного значення сигналу (опір вважається рівним 1 Ом). У графічному вигляді ці дані наведені на рис. 1.

Для даних, що наведені у табл. 2, ентропія усіх сигналів однакова і складає 12 біт/відлік.

Таблиця 1

Значення ентропії розподілу в залежності від форми сигналу при однаковій середній потужності на рівні мінус 30,4 дБВт

\hat{H}	Синус	Абс. синус.	Прям	Трикутна	Пилковидна	Норм. розп.	Рівн. розп.	DSSS ШПС	FHSS ШПС
\hat{H}	11,14	11,33	1,00	11,75	11,75	12,01	11,75	1,00	11,14

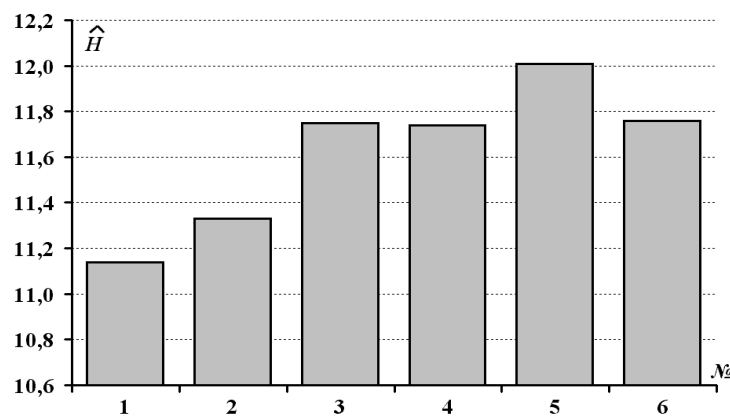


Рис. 1. Значення ентропії в залежності від форми сигналу: 1- синусоїдна, 2- модуль синуса, 3- трикутна, 4- пилковидна, 5- випадкова з нормальним розподілом, 6 – випадкова з рівномірним розподілом

Таблиця 2

Значення середньої потужності сигналу в залежності від форми сигналу при однаковій ентропії розподілу 12 біт/відлік

Форма	Синус.	Абс. синус.	Прям	Трикутна	Пилковидна	Норм. розп.	Рівн. розп.	DSSS ШПС	FHSS ШПС
S , дБВт	-25,1	-26,0	-	-28,9	-28,9	-30,4	-28,9	-	-25,1

Ідеальний прямокутний сигнал має тільки два стани, тобто його інформаційна ентропія не залежить від потужності і завжди дорівнює 1 біт/відлік при однаковій ймовірності його станів.

На основі проведених досліджень, в табл. 3, для порівняння, наведено значення ентропії розподілу та потужності в залежності від форми при однаковому розмаху сигналів. При цьому, обмеження на потужність сигналу не накладається. Значення розмаху сигналу для даних, що наведені у табл. 3 складає 0,061 В, тобто максимальна амплітуда 0,03 В, крім випадку сигналу у вигляді абсолютного значення синуса, для якого при тому самому розмаху, позитивна та негативна максимальні амплітуди не рівні між собою. Таке дослідження необхідне для аналізу ефективності використання динамічного діапазону каналу.

Таблиця 3

Значення ентропії та середньої потужності при однаковому розмаху сигналів від піку до піку 0,061 В.

Форма	Синус	Абс. синус	Прям	Трикутна	Пилковидна	Норм. розп.	Рівн. розп.	DSSS ШПС	FHSS ШПС
\hat{H} , біт/відл.	10,65	10,62	1,00	10,97	10,97	10,17	10,97	1,00	10,65
S , дБВт	-33,3	-34,5	-30,4	-35,1	-35,1	-41,3	-35,1	-30,4	-33,3

З отриманих результатів можна побачити, що при обмеженій потужності сигналу, найбільший рівень ентропії серед розглянутих форм сигналів, забезпечує сигнал у вигляді реалізації випадкового процесу з нормальним розподілом. Випадковий сигнал з рівномірним розподілом, а також детерміновані сигнали трикутної та пилковидної форми, для забезпечення такого ж самого рівня ентропії потребують більшої потужності на $\approx 41\%$, ніж у випадку нормального розподілу станів [9]. Синусоїдний сигнал не відрізняється значною ефективністю. При однаковому розмаху значень сигналів, найбільший рівень ентропії властивий випадковому сигналу з рівномірним розподілом ймовірностей станів, проте, використання потужності в цьому випадку не є оптимальним.

Для перевірки поданих тверджень стосовно проблематики формування та оброблення широкопasmових сигналів проведено додаткове дослідження взаємозалежності ентропії та потужності суміші (адитивної суми) сигналів згаданих вище форм з AWGN завадою, результати якого наведено в табл. 4. Дослідження проводились шляхом передавання сигналів через дротовий комутований канал зі смугою пропускання від 300 до 3400 Гц. Основна частота періодичних сигналів 1200 Гц обрана в межах смуги пропускання каналу, частота дискретизації при формуванні та обробленні 48000 Гц. Сигнали обрано у двійковому базисі, один зі станів вихідного інформаційного символу представлено наявністю сигналу відповідної форми, а другий пасивною паузою. Ефективність використання сигналів різних форм оцінювалась за різницею оцінок ентропії двійкових сигналів при відношенні сигнал/завада мінус 3 дБ. Як можна побачити з табл. 4, найсильніший вплив на сумарну ентропію у каналі забезпечує випадковий сигнал з нормальним розподілом станів.

Таблиця 4

Залежність оцінки ентропії та різниці оцінок ентропії від форми сигналу ($S/N = -3\text{дБ}$)

Форма	Синус	Абс. синус.	Прям	Трикутна	Пилковидна	Норм. розп.	Відсутність сигналу
\hat{H}_1	14,943	14,955	14,949	14,948	14,931	14,959	14,365
$\hat{H}_1 - \hat{H}_2$	0,578	0,590	0,584	0,583	0,566	0,594	-

Аналогічне дослідження залежності значень ентропії від форми сигналів проведено при рівному розмаху сигналів згаданих форм на вході каналу (табл. 5). Крім згаданих вище форм сигналів, також розглянуті різно- та однополярні короткі імпульси. На основі даних, що наведені в табл. 5, можна побачити, що випадковий сигнал з нормальним розподілом є одним з найбільш ефективних з погляду використання його як носія інформації для розробленого методу. Також, серед розглянутих сигналів, прийнятну ефективність забезпечують детерміновані сигнали прямокутної, трикутної та пилковидної форми, а сигнали у вигляді одно- та двополярних короткотривалих імпульсів ефективністю не відрізняються.

Таблиця 5

Залежність зміни ентропії на стороні оброблення від форми сигналу

$\frac{S+N}{N}$ дБ _{в.р.}	Синус	Абс. синус.	Прям	Три- кутна	Пилко- видна	Різно- поляр. імп.	Одно- поляр. імп.	Норм. розн.	Відс. сиг-лу
40	14,702	14,069	14,765	14,907	14,634	13,158	12,902	14,696	12,805
30	14,272	13,629	14,487	14,060	13,858	12,796	12,792	13,982	12,756
26	13,641	13,247	13,835	13,429	13,291	12,899	12,915	13,498	12,895
20	13,173	13,008	13,288	13,105	13,004	12,889	12,882	13,129	12,875
12	12,888	12,827	12,928	12,871	12,859	12,762	12,794	12,891	12,761
10	12,822	12,810	12,835	12,814	12,788	12,783	12,799	12,803	12,766
6	12,816	12,830	12,833	12,845	12,822	12,821	12,814	12,823	12,812
2	12,820	12,825	12,856	12,824	12,848	12,837	12,834	12,825	12,816

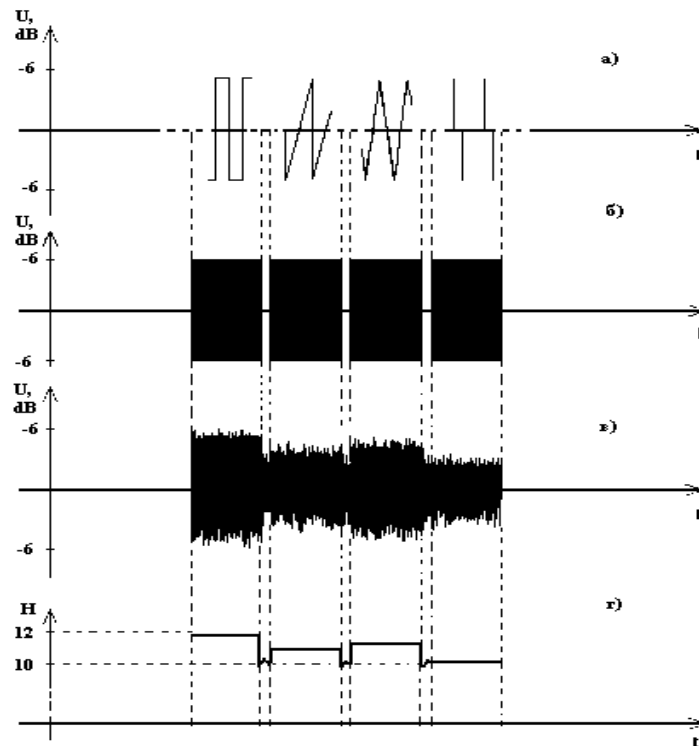


Рис. 2. Моделювання періодичних сигналів при дослідженні взаємних залежностей ентропії, потужності та розмаху сигналів

Схематично форми деяких з досліджених сигналів при моделюванні показано на рис. 2: а) форми сигналів, б) сформовані пакети сигналів, в) суміш сигналу та AWGN

завади, г) зміна ентропії. Для спрощення, на рис. 2 показано тільки декілька форм сигналів.

Таким чином, встановлено, що оптимальним сигналом для застосування у методі обміну даними з використанням сигналів зі змінною ентропією є випадковий сигнал з характеристиками, близькими до "білого" шуму, тобто з розподілом ймовірностей станів близьким до нормального та рівномірною спектральною щільністю потужності, також можливим є використання й інших сигналів, які суттєво впливають на ентропію сигналів у каналі, зокрема періодичні несинусоїдні коливання прямокутної, трикутної, пилковидної форми тощо.

Висновки. Завадостійкість методу обміну даними сигналами зі змінною ентропією є нижчою від теоретичної завадостійкості оптимального кореляційного оброблення, проте реалізація апаратної частини приймально-передавального обладнання є значно простішою, а застосування оптимальної часової форми сигналів дозволяє суттєво покращити завадостійкість. Встановлено, що оптимальним сигналом для застосування у методі є випадковий сигнал з характеристиками, близькими до "білого" шуму, тобто з розподілом ймовірностей станів близьким до нормального та рівномірною спектральною щільністю потужності.

Перспективи подальших досліджень. Основними напрямками подальшого дослідження є вдосконалення процедури оцінювання ентропії, з метою мінімізації помилки і збільшення швидкості, пошук нових швидких алгоритмів оцінювання ентропії, які забезпечують вищу ефективність демодуляції, розроблення ефективних способів демодуляції, реалізація способу ефективної бітової синхронізації тощо.

Л і т е р а т у р а

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Скляр Бернард. – Изд. 2-е, испр. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2003. – 1004 с. : ил. – Парал. тит. англ.
2. Прокис Дж. Цифровая связь / Прокис Дж.: Пер. с англ. / Под ред. Д. Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 598 с.
3. Козленко М. І. Дослідження ефективності використання частотного ресурсу при формуванні ширококутних сигналів / Козленко М. І. // Наукові вісті. Приватний вищий навчальний заклад "Галицька академія". – 2010. – № 1(17). – Івано-Франківськ: Приватний вищий навчальний заклад "Галицька академія", 2010. – С. 32 – 37.
4. Пат. 81017 Україна, МПК(2006) H04B 1/69. Спосіб передавання та приймання інформації / Мельничук С. І., Козленко М. І. (Україна). – заявка № а 2005 08893; заявл. 19.09.2005; опубл. 26.11.2007, Бюл. № 19.
5. Козленко М. І. Формування та обробка ширококутних сигналів на основі випадкових процесів зі змінною ентропією розподілу імовірностей станів / Козленко М. І., Мельничук С. І. // Наукові вісті Інституту менеджменту та економіки "Галицька академія". – 2006. – № 1(9). – Івано-Франківськ: Інститут менеджменту та економіки "Галицька академія", 2006. – С. 28 – 31.
6. Мельничук С. І. Дослідження статистичних характеристик випадкових сигналів провідникових та радіоканалів обміну даними розподілених систем контролю / Мельничук С. І., Козленко М. І. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – № 4. – Частина 1. – Том 2. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – С. 62 – 65.
7. Козленко М. І. Дослідження завадостійкості способу передавання та приймання інформації на основі ширококутних сигналів зі змінною ентропією для дискретних повідомлень / Козленко М. І., Мельничук С. І. // Електроніка та зв'язок. – 2007. – № 2(37). – Київ, 2007. – С. 82 – 92. – ISSN 1811-4512.
8. Козленко М. І. Вплив відновлення проміжних значень сигналів зі змінною ентропією на завадостійкість обміну даними в автоматизованих системах керування / Козленко М. І. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – № 13(167). – Луганськ: Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2011. – С. 308 – 314. – ISSN 1998-7927
9. Козленко М. І. Дослідження ефективності застосування різних типів сигналів в інформаційних каналах систем керування та контролю / Козленко М. І. // Методи та прилади контролю якості. – 2006. – № 16. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2006. – С. 91 – 93.
10. Козленко Микола Іванович. Метод та засоби формування і оброблення ширококутних сигналів зі змінною ентропією в розподілених комп'ютерних системах: Дис. ... кандидата технічних наук: 05.13.05 / Козленко Микола Іванович; Приватний вищий навчальний заклад "Галицька академія". – Захищена 27.03.2009; Затв. 08.07.2009. – Івано-Франківськ, 2008. – 192 с.: іл.

Козленко Н. И. Влияние часовой формы случайных сигналов с переменной энтропией на помехоустойчивость обмена данными в автоматизированных системах управления и распределенных компьютерных системах.

В статье приводятся результаты исследования влияния часовой формы сигналов с переменной энтропией на помехоустойчивость обмена данными. Установлено, что оптимальным есть использование случайных сигналов с равномерной спектральной плотностью и нормальным распределением амплитуд.

Ключевые слова: широкополосный сигнал, энтропия, помехоустойчивость, система управления, распределенная компьютерная система.

Kozlenko M. I. Time domain form of the variable entropy spread spectrum signals for data exchange in automation control systems and distributed computer systems.

Noise proof feature of the variable entropy spread spectrum signals data exchange with different time domain forms has been researched. Signal using possibilities and effectiveness of various time domain forms have been examined. The random signal with a flat power spectral density and a Gaussian probability distribution has been proved the most effective for the method developed.

Keywords: spread spectrum signal, entropy, noise proof feature, automation control system, distributed computer system.

Козленко Микола Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютерної та програмної інженерії ПВНЗ "Галицька академія".

Рецензент Кузь М. В., к.т.н., доцент, Івано-Франківський університет імені Короля Данила Галицького .

Стаття подана 16.05.2012

УДК 678 : 539.376

Козуб Ю.Г.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛАСТОМЕРНЫХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ

В статье рассмотрены вопросы прогнозирования долговечности эластомерных элементов конструкций с учетом их слабой сжимаемости и вязкоупругости. Предложенный метод позволяет получать решения задач циклического деформирования конструкций и прогнозировать их долговечность. Ист. 11.

Ключевые слова: эластомер, вязкоупругость, долговечность

В инженерной практике использование тяжелых горных машин накладывает определенные требования к их системам виброизоляции. Среди особенностей работы таких машин можно отметить следующие: большой вес; установка их на значительной высоте; амплитуды колебаний подвижных частей машин (за исключением вибромашин) редко превышают (1,0÷2,0) мм и обычно находятся в пределах (0,2÷0,6) мм; диапазон частот нагружения (0÷50) Гц, высшие гармоники могут достигать нескольких мегагерц. Виброизоляторы таких машин, как правило, устанавливаются в опорном варианте и при нагружении испытывают статические деформации сжатия от массы машины и технологической загрузки, динамические деформации сжатия и сдвига (нередко наблюдаются эллиптические колебания) от вращения подвижных частей и движения перерабатываемого сырья, при этом деформации сдвига намного меньше деформаций сжатия и в расчетах обычно не учитываются [1]. Как правило, в качестве виброизоляторов используются эластомерные элементы конструкций, обладающие хорошей демпфирующей способностью. Из существующих многочисленных марок резин наиболее подходящими являются средненаполненные резины (наполнение техническим углеродом (20-50) масс. частей) на основе НК или СКИ-3 с усиленной защитной группой для снижения эффектов старения. В инженерной практике хорошо зарекомендовали