

На основі проведеного огляду можна визначити напрями подальших досліджень:

- розвиток конструкцій віброзахисних систем;
- розвиток методик розрахунку існуючих конструкцій з метою їх відповідності особливостям застосування цих конструкцій;
- адаптація запропонованих конструкцій і методик для віброзахисту енергетичного обладнання та силових агрегатів транспортних засобів.

1. Фролов К.В., Фурман Ф.А. *Прикладная теория виброзащитных систем.* – М.: Машиностроение, 1980. – 276 с. 2. Сергеев С.И. *Демпфирование механических колебаний.* – М.: Физматгиз, 1963. – 408 с. 3. Тольский В.Е., Корчемный Л.В., Латышев Г.В., Минкин Л.М. *Колебания силового агрегата автомобиля.* – М.: Машиностроение, 1976. – 266 с. 4. Левитский Н.И. *Колебания в механизмах: Учеб. пособие для вузов.* – М.: Наука, 1988. – 336 с. 5. Алексеев С.П., Казаков А.М., Колотилов Н.Н. *Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении.* – М.: Машиностроение, 1970. – 208 с. 6. Раймпель Й. *Шасси автомобиля: Амортизаторы, шины и колеса.* – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с. 7. *Вибрации энергетических машин / Н.В. Григорьев, Н.Г. Беляковский и др.* – М.: Машиностроение, 1974. – 464 с. 8. Беляковский Н.Г. *Конструктивная амортизация механизмов, приборов и аппаратуры на судах.* – М.: Судостроение, 1965. – 523 с. 9. Диментберг Ф.М., Шаталов К.Т., Гусаров А.А. *Колебания машин.* – М.: Машиностроение, 1964. – 308 с.

УДК 534.111

І.В. Кузьо, М.Г. Яковенко

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теоретичної механіки

КОЛИВАННЯ СТРІЧКИ ПРИ ШВИДКОСТЯХ, НАБЛИЖЕНИХ ДО КРИТИЧНОЇ

© Кузьо І.В., Яковенко М.Г., 2005

На основі амплітудно-частотних (АЧХ) і фазово-частотних (ФЧХ) характеристик проаналізовано стаціонарні поздовжні коливання стрічки, вплив контактної зони і поведінку пружного матеріалу стрічки при швидкостях, що наближаються до критичної.

Analysis of stationary longitudinal oscillations of the tape, Influence of the contact zone and behavior of elastic material of the tape under frequencies approaching to critical was carried out on the base of amplitude-frequency and phase-frequency characteristics.

Вимоги сучасних інформаційних технологій до точності реєстрації інформації при зростаючих об'ємах і швидкостях її реєстрації диктують необхідність вивчення можливостей стрічкових механізмів, і в першу чергу самої стрічки. Основним критерієм оцінки відповідності цим вимогам можна вважати динамічну похибку, що виникає при транспортуванні стрічки в місці реєстрації інформації. Тому вивчення коливальних процесів стрічки при швидкостях, що наближаються до критичної, не є теоретичною проблемою майбутнього, а вже зараз потребують більш детального аналізу, ніж той, що існує сьогоднішні. Це доцільно робити на схемі, коли стрічка підвантажена з одного боку сконцентрованою масою (ролика чи рулону), а з протилежного відбувається кінематичне збурення. Дослідженню такої схеми приділяється достатньо уваги [1, 2], але стрічка і ролик розглядаються як окремі автономні коливальні елементи із своїми власними частотами збурення, а питання взаємного динамічного впливу не розглядається. В [3, 4, 5], а також наших попередніх дослідженнях ці недоліки враховані і проаналізовано власні та вимушені поздовжні коливання підвантаженої стрічки.

Доцільність вибору частотних методів для подальшого аналізу коливань стрічки як континуальної системи ґрунтується на їхній універсальності, наочності і відповідності поставленій задачі.

Поведінку стрічки при різних швидкостях і співвідношеннях мас ролика і стрічки видно на АЧХ і ФЧХ, побудованих у відносних одиницях ($c=1000\text{м/сек.}$, $A=1$, $l=1\text{м}$) для різних значень X_3 (координати точки, в якій аналізується коливальний процес) – рис.1, 2, 3. При цьому враховують такі співвідношення:

$$\frac{ES}{m_{рул}} = \frac{c^2}{\lambda l}, \quad m_{cmp} = m_0 l,$$

$$ES = m_0 c^2. \quad \lambda = m_{p.}/m_{cmp.}$$

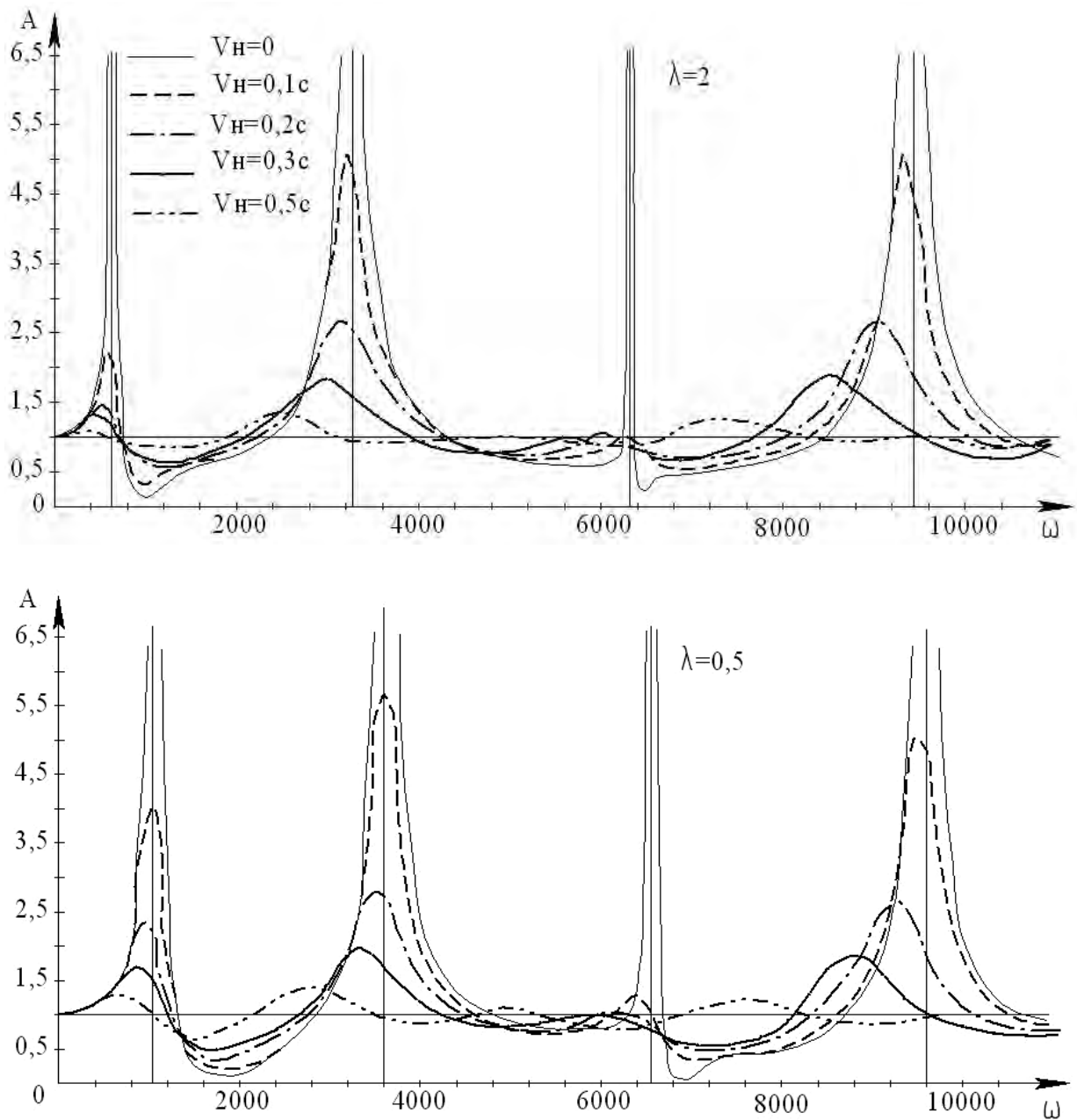


Рис. 1. АЧХ коливань стрічки для $X_3=0,5l$
для різних значень швидкості і λ

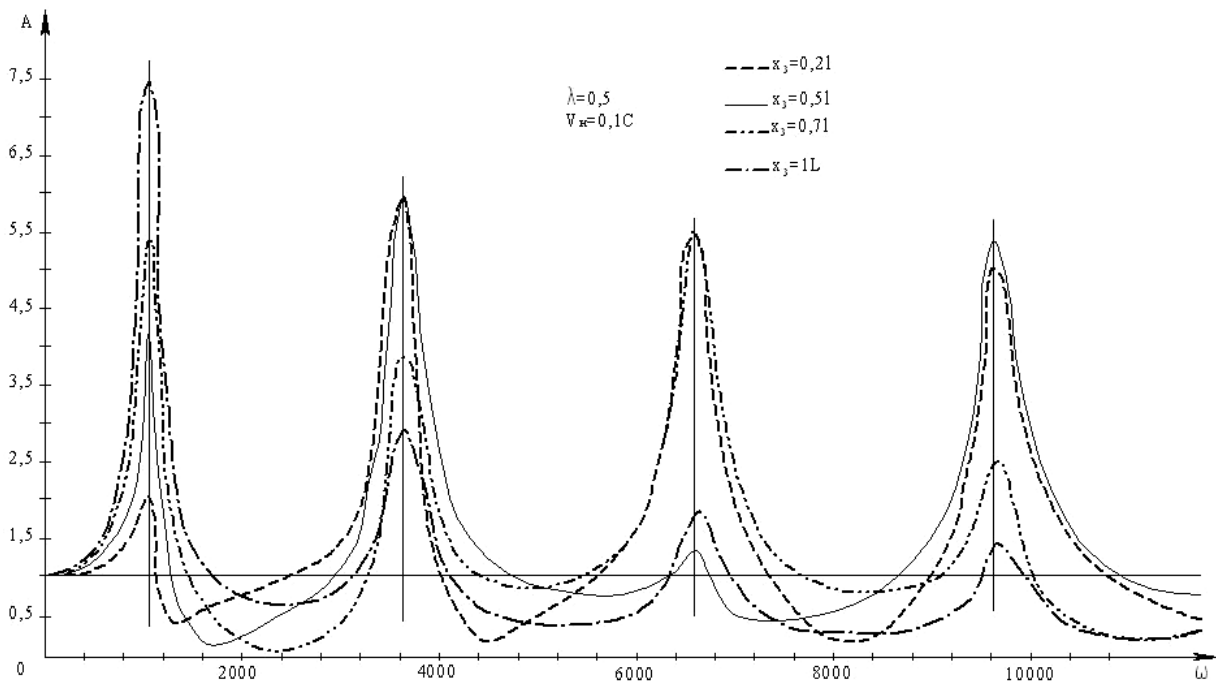


Рис. 2. АЧХ коливань стрічки в різних точках X_3 для постійних значень швидкості і λ

Із збільшенням різниці між швидкістю прямої і зворотної хвиль вирівнюються амплітудні значення коливань стрічки у всьому діапазоні частот збурення і наближення їх до величини збурення. Одночасно спектр власних частот зміщується у бік зменшення, причому нерівномірно, вищі складові спектра змінюються швидше, що призводить до загального зменшення його нееквідистанційності.

Між АЧХ і ФЧХ спостерігається тісний взаємозв'язок, що, власне, впливає з самої природи коливального процесу континуальних систем, а саме :

– у резонансних точках АЧХ завжди мають максимальні значення, а ФЧХ обов'язково будуть мати розрив у вигляді стрибкоподібного переходу зі значення $-\frac{\pi}{2}$ до $+\frac{\pi}{2}$ під час переходу до резонансної точки з боку менших частот; в другій екстремальній точці, де спостерігається мінімальне значення амплітуди коливань, фаза також має розрив у вигляді стрибкоподібного переходу, але вже в зворотній бік зі значення $+\frac{\pi}{2}$ до $-\frac{\pi}{2}$, за підходу до цієї точки зліва;

– ФЧХ мають додатне значення тільки на тих ділянках частотного діапазону, де перша похідна від АЧХ має від'ємне значення і, навпаки, ФЧХ буде мати від'ємне значення на якійсь ділянці частотного діапазону в тому випадку, коли похідна від АЧХ на цій же ділянці буде мати додатне значення; це є свого роду підтвердженням стійкості коливального процесу континуальних систем у розглянутому діапазоні зміни швидкості руху стрічки [5];

– неважко помітити ще одну симетрію в поведінці частотних характеристик; максимально додатне значення АЧХ спостерігається за тих значень частот, де похідна ФЧХ має додатне і максимальне значення; і, навпаки, мінімальне значення АЧХ існує в точках, де похідна від ФЧХ буде максимальною і від'ємною.

Отже, при швидкостях, наближених до критичної, стрічка поступово втрачає свої пружні властивості. Аналогічні висновки зроблені в [6] для поперечних коливань струни, коли швидкість її руху наближається до швидкості поширення поперечної пружної хвилі.

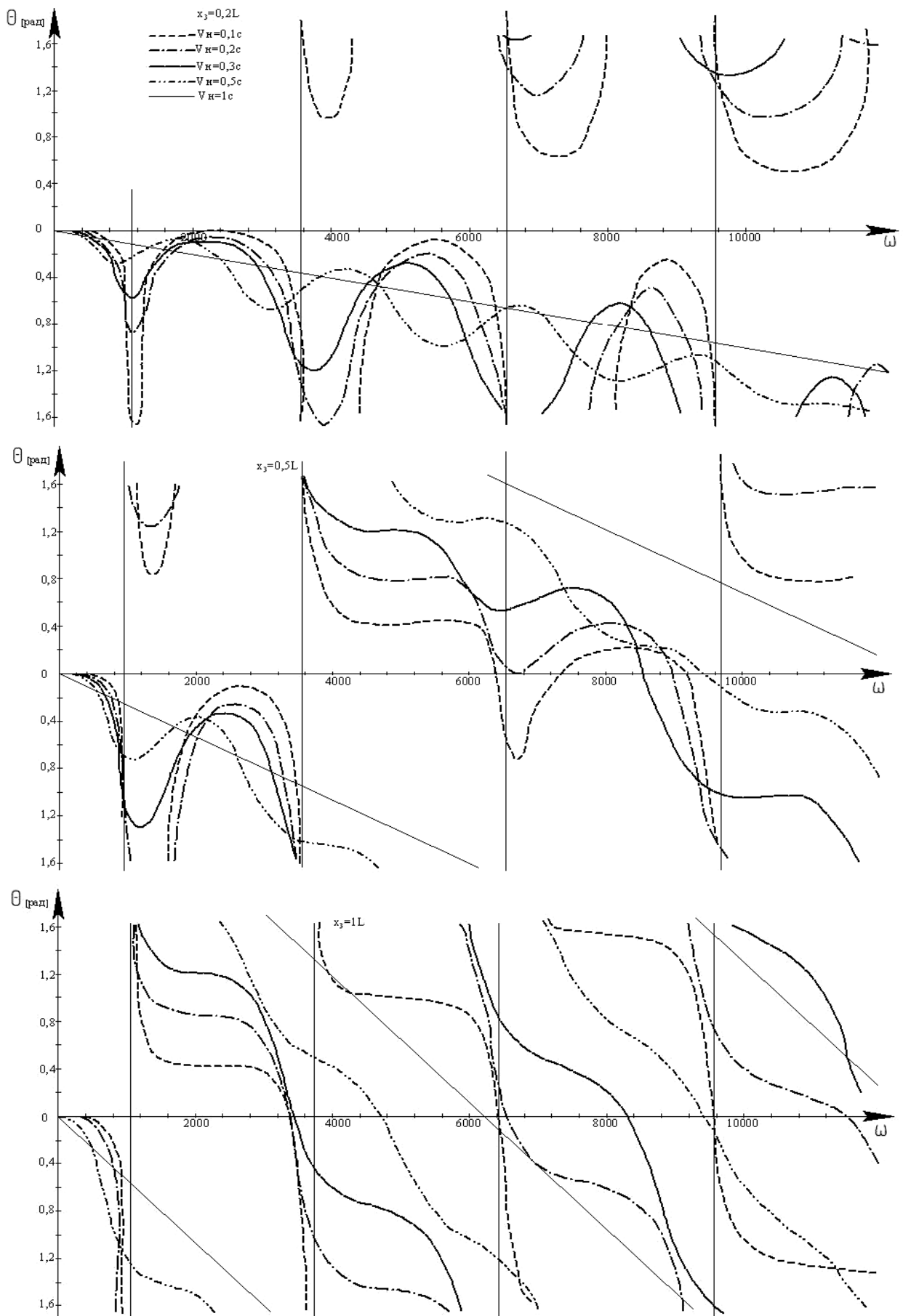


Рис. 3. ФЧХ коливань стрічки для різних точок X_3 і швидкості руху при однаковому значенні λ

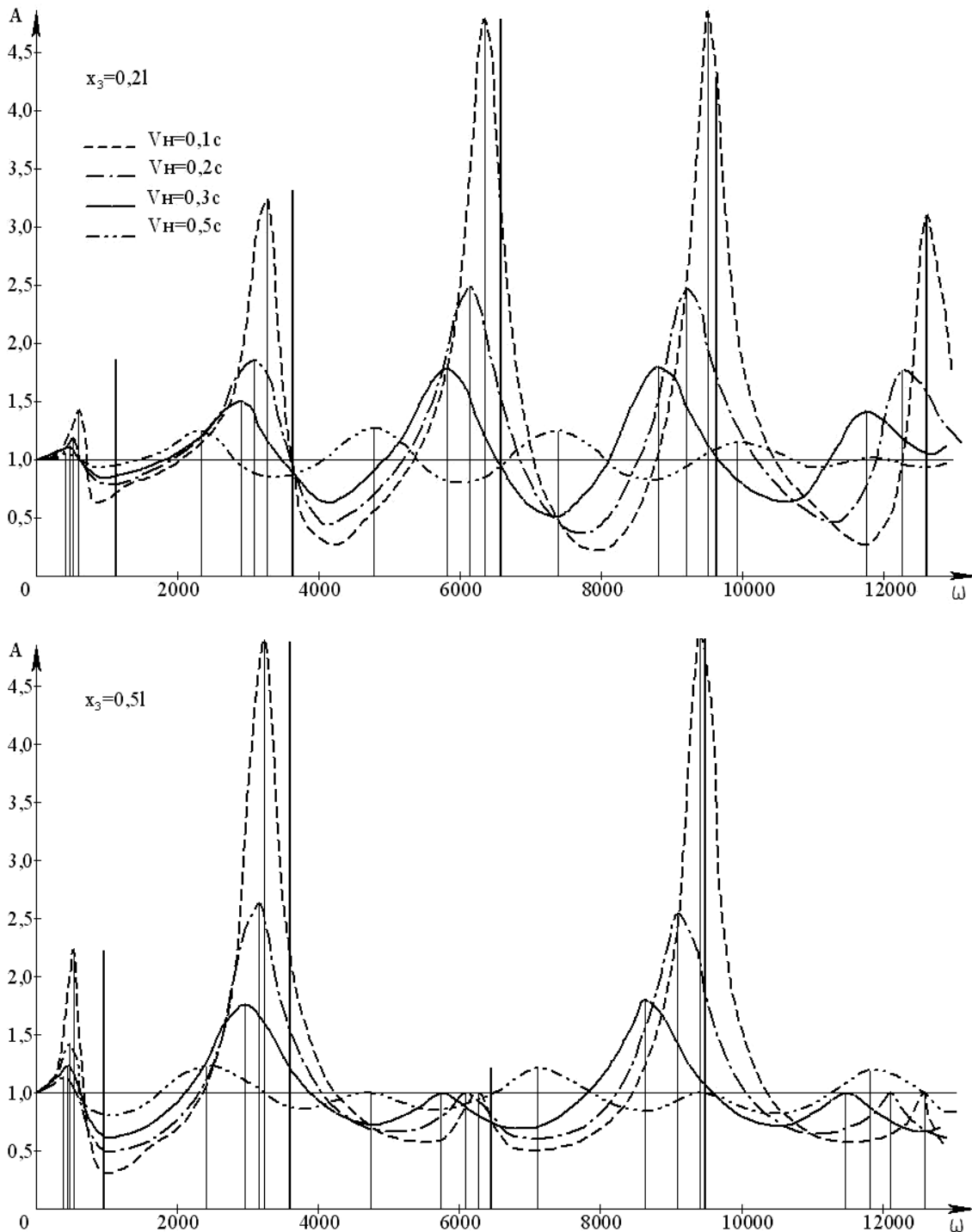


Рис. 4. АЧХ коливань стрічки в різних точках X_3 при $\lambda=0,5$

Одержані результати свідчать, що коли стрічка досягає швидкості поширення поздовжньої хвилі, то поводить ся як абсолютно в'язке тіло. При цьому "в'язкість" спочатку все більш проявляється на високих частотах, а потім поступово переходить ділянку нижчих. Вздовж стрічки "в'язкість" має неоднакове значення і визначається кутом нахилу прямих ліній на ФЧХ. Максимальне значення "в'язкість" має поблизу ролика, а із наближенням до точки збурення – зменшується і безпосередньо в точці збурення дорівнює нулю.

Одним із важливих чинників, що впливає на динамічну похибку транспортування стрічки, є процес формування зворотних хвиль в зоні контакту з роликом [7]. Зворотна хвиля формується в момент, коли пружні зусилля прямої хвилі зрівноважуються через поверхневі сили тертя

інерційними силами ролика. При цьому одночасно відбуваються деформації стиску і зсуву. Контактний шар стрічки буде навантажений більше, ніж наступні шари. Дати точну математичну оцінку цим процесам можна на базі напрацювань Похгаммера і Крі, але це є окремою і досить складною проблемою. В нашому випадку можливо обмежитись введенням числового коефіцієнта в граничних умовах, який уточняв би ці моменти. Вважаючи, що цей коефіцієнт дорівнює 0,25, побудуємо АЧХ для декількох значень X_3 при $\lambda=0,5$, які показано на рис. 4. Жирними лініями позначено спектр власних частот для попереднього випадку, коли $K=1$. Наочно видно зміщення спектра у бік зменшення, причому проходить воно нерівномірно. Найбільше зміщення має перша власна частота, а зміщення наступних проходить із значним зменшенням у прямо пропорційній залежності від порядкового номеру власної частоти (приблизно на 120 Гц кожної). Зменшуються амплітудні значення на резонансних частотах, особливо на першій.

Висновки. При швидкостях стрічки, що наближаються до критичної, за інших однакових умов, зменшується динамічна похибка транспортування стрічки. Це уможливило використання стрічки для реєстрації значних обсягів інформації при великих швидкостях.

Окремо необхідно зазначити доцільність використання частотних методів для аналізу динамічної точності механічних континуальних систем. Такий підхід дає змогу безпосередньо порівнювати характеристики електронних і механічних систем у відповідному діапазоні частот для конкретних конструктивних виконань механізмів реєстрації інформації.

1. Стрижак В.Я., Триц Г.Г. *Определение динамических характеристик пары "лента – направляющий ролик"* // Вестник Львов. политехн. ин-та. – 1979. – №134. – С. 39–41. 2. Навицкас А.И., Рагульскис К.М., Скуркайте О. – М.А. *Некоторые вопросы динамики тракта магнитных головок* // Вибротехника. – 1970. – № 3 (12). – С. 197–206. 3. Барвинский А.Ф., Пархоменко А.Л. *Анализ собственных частот подвижного элемента с распределенными параметрами в двухмассовой колебательной системе* // Вестник ЛОЛПИ "Математика и механика". – 1977. – №119. – 173 с. 4. Своуп Р.Д., Эймс В. *Колебания движения нити*. В кн. "Механика", 1964. – №4. – С. 86–92. 5. Доценко П.Д. *Колебания и устойчивость движущейся полосы*. – М.: Машиностроение, 1969. – №5. – С. 38–42. 6. Морз Ф. *Колебания и звук*. – М. – Л.: Гостехиздат, 1949 – 496 с. 7. Скучик Е. *Простые и сложные колебательные системы*. – М.: Мир, 1971. – 556 с.

УДК 621.01:621-868

О.С. Ланець, В.С. Шенбор, Ю.П. Шоловій

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра автоматизації та комплексної механізації машинобудівної промисловості

РОЗРАХУНОК ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ ДОВГОМІРНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ВІБРАЦІЙНОГО ТРУБЧАСТОГО КОНВЕЄРА

© Ланець О.С., Шенбор В.С., Шоловій Ю.П., 2005

Наведено методику розрахунку поперечних коливань довгомірного робочого органу вібраційного трубчастого конвеєра з електромагнітним приводом за допомогою загального диференціального рівняння поперечних коливань з використанням функцій А.Н. Крилова.

In the article the calculation of the transversal vibrations of a long-sized end-effector of the vibration tubular conveyer with an electromagnetic drive with the help of common differential equating of the transversal vibrations with the use of Krilov's functions is carried out.

Вступ. Важливим завданням під час розробки та експлуатації вібраційних транспортних засобів є забезпечення рівномірної швидкості транспортування за усією довжиною робочого органу (РО). Це особливо актуально, коли РО значної протяжності знаходяться під дією складових поперечних примусових сил. Пояснюється це тим, що ці складові викликать окрім необхідного