

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	9
ВСТУП	10
ЧАСТИНА I. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ МАШИН ВІБРАЦІЙНОЇ ДІЇ	12
Розділ 1. Принципи створення вібраційних машин	12
§1.1. Основні поняття про вібрації і коливання.....	12
§1.2. Етапи створення вібраційної машини.....	14
§1.3. Характеристики якості та надійності.....	17
§1.4. Характер і параметри коливань робочого органу вібраційної машини.....	19
§1.5. Динамічні схеми вібраційних машин і засоби генерування змушених коливань.....	20
§1.6. Приклади застосування вібраційних машин.....	24
§1.7. Загальні питання проектування вібраційних машин.....	34
Запитання для самоконтролю.....	39
ЧАСТИНА II. КОЛИВАЛЬНИЙ РУХ І ДИНАМІКА МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ	40
Розділ 2. Коливальний рух матеріальної точки	40
§2.1. Поняття коливального руху.....	40
§2.2. Основні види коливань матеріальної точки.....	42
§2.3. Кінематика гармонійних коливань.....	43
§2.4. Динаміка коливань. Вільні або власні коливання матеріальної точки.....	45
§2.5. Згасальні коливання матеріальної точки.....	62
§2.6. Змушені коливання матеріальної точки без опору.....	76
§2.7. Явище механічного резонансу.....	83
§2.8. Змушені коливання точки при наявності в'язкого опору.....	86
Запитання для самоконтролю.....	97
Розділ 3. Узагальнені поняття руху в коливальній системі	99
§3.1. Узагальнене представлення вільних гармонійних коливань твердих тіл.....	99
§3.2. Метод векторних діаграм.....	108
§3.3. Додавання взаємно перпендикулярних коливань.....	110

§3.4. Фазовий портрет коливальної системи.....	114
§3.5. Негармонійні коливання математичного маятника.....	120
§3.6. Вільні згасальні коливання в дисипативних системах із в'язким опором	123
§3.7. Вільні згасальні коливання в дисипативних системах із сухим тертям	131
§3.8. Змушені коливання механічних систем.....	134
§3.9. Змушені коливання без опору під дією гармонійної збурювальної сили	136
§3.10. Змушені коливання під дією періодичної збурювальної сили при наявності в'язкого опору.....	138
§3.11. Характерні режими змушених коливань із в'язким опором ...	141
§3.12. Метод комплексних амплітуд при дослідженні змушених коливань із довільною частотою	145
§3.13. Балістичний режим змушених коливань	152
§3.14. Процес встановлення змушених коливань	153
§3.15. Графічне моделювання коливальних процесів	155
§3.16. Завдання до самостійної роботи на тему "Прямолінійні коливання матеріальної точки"	172
Запитання для самоконтролю	187
Розділ 4. Основні положення аналітичної механіки	189
§4.1. В'язі та їх класифікація	189
§4.2. Узагальнені координати та кінематичні рівняння руху	191
§4.3. Можливі або віртуальні переміщення	193
§4.4. Число ступенів вільності системи	193
§4.5. Віртуальні швидкості при нестационарних в'язях	194
§4.6. Віртуальна робота. Ознака ідеальності в'язей. Принцип можливих або віртуальних переміщень	194
§4.7. Узагальнені сили	196
Запитання для самоконтролю	199
Розділ 5. Рівняння рівноваги і руху у формі Лагранжа	200
§5.1. Рівняння рівноваги в узагальнених координатах	200
§5.2. Поняття стійкості стану рівноваги	200
§5.3. Загальне рівняння динаміки.....	201
§5.4. Рівняння Лагранжа другого роду в узагальнених координатах.....	202
§5.5. Рівняння Лагранжа другого роду у випадку дії потенціальних сил	204
Запитання для самоконтролю	211

Розділ 6. Канонічні рівняння динаміки	212
§6.1. Рівняння Гамільтона для консервативних систем	212
§6.2. Властивості функцій Гамільтона	213
§6.3. Канонічні рівняння для неконсервативних систем	214
§6.4. Циклічні координати. Перші інтеграли канонічних рівнянь.....	214
§6.5. Дужки Пуассона. Теорема Пуассона-Якобі	216
Запитання для самоконтролю	227

Розділ 7. Малі коливання механічної системи.

Основи теорії стійкості руху та рівноваги	228
§7.1. Умови стійкості положення рівноваги по Ляпунову.....	228
§7.2. Малі коливання механічної системи відносно положення стійкої рівноваги	231
§7.3. Поняття стійкості руху механічної системи.....	235
§7.4. Визначення стійкості руху	236
§7.5. Диференціальні рівняння збуреного руху	237
§7.6. Канонічні рівняння збуреного руху	238
§7.7. Стійкість руху по Ляпунову.....	239
§7.8. Методи розв'язання задач стійкості руху.....	240
§7.9. Стійкість руху по першому наближенню (перший метод Ляпунова)	243
§7.10. Другий метод Ляпунова.....	253
Запитання для самоконтролю	270

ЧАСТИНА ІІІ. ТЕОРІЯ ВІБРАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ.....

271

Розділ 8. Теорія та розрахунок вібраційного викопування цукрового буряку

271

§8.1. Повздовжні коливання коренеплоду цукрового буряку як пружного тіла, що закріплено у ґрунті	271
§8.2. Диференціальне рівняння повздовжніх коливань коренеплоду	274
§8.3. Знаходження власних форм і власних частот повздовжніх коливань коренеплоду	281
§8.4. Вимушені повздовжні коливання коренеплоду	294
§8.5. Вільні поперечні коливання коренеплоду як пружного тіла, що закріплено у ґрунті	308
§8.6. Вимушені поперечні коливання коренеплоду як пружного тіла, що закріплено у ґрунті	321
Запитання для самоконтролю	334

Розділ 9. Теорія вилучення коренеплоду з ґрунту при вібраційному викопуванні	336
§9.1. Диференціальні рівняння кутових коливань коренеплоду у ґрунті на базі кінематичних і динамічних рівнянь Ейлера	336
§9.2. Диференціальні рівняння кутових коливань коренеплоду у ґрунті при симетричному захваті вібраційним викопуючим робочим органом	366
§9.3. Поступальні коливання коренеплоду разом з точкою закріплення у поздовжньо-вертикальній площині	376
§9.4. Безпосереднє вилучення коренеплоду з ґрунту при вібраційному викопуванні	399
Запитання для самоконтролю	423
ЧАСТИНА ІV. ПРИНЦИПИ РОЗРАХУНКУ МАШИН ВІБРАЦІЙНОЇ ДІЇ	424
Розділ 10. Загальні питання розрахунку безударних вібраційних машин	424
§10.1. Розрахунок параметрів вібраційних машин	424
§10.2. Забезпечення потрібного розмаху вібрації	424
§10.3. Вибір варіанта встановлення вібропривода на одному з інерційних елементів машини	434
§10.4. Потужність, яка потрібна для підтримки вібрації	439
§10.5. Еквівалентні значення параметрів системи	442
Запитання для самоконтролю	446
Розділ 11. Загальні питання розрахунку ударних вібраційних машин	447
§11.1. Розрахунок систем абсолютно твердих тіл	447
§11.2. Модель твердого тіла із місцевими деформаціями	449
§11.3. Модель багатомасової системи	458
§11.4. Модель із розподіленими масами і заданою формою деформованого стану	460
§11.5. Модель із розподіленими параметрами	462
§11.6. Алгоритми розрахунку ударно-вібраційних машин	465
Запитання для самоконтролю	467
ЧАСТИНА V. ЗАСОБИ ГЕНЕРУВАННЯ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ ТА ІМПУЛЬСІВ	468
Розділ 12. Приводи для вібраційних машин	468
§12.1. Класифікація вібраційних приводів	468

§12.2. Механічні вібраційні приводи	470
§12.3. Гідравлічні і пневматичні вібраційні приводи	477
§12.4. Електрогідравлічні вібраційні приводи	491
§12.5. Автоматичне налаштування вібраційних приводів на оптимальний режим	495
Запитання для самоконтролю	499

ЧАСТИНА VI. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН ТА ПРИСТРОЇВ

500

Розділ 13. Вібраційна техніка при обробці ґрунту

500

§13.1. Вібрування кротово-дренажного плуга	500
§13.2. Вібрування причіпного канавокопача	502
§13.3. Вібрування струга	507
§13.4. Вібрування розрихлювача для важких кам'янистих ґрунтів	509
§13.5. Вібрування культиватора	510
§13.6. Автоколивальна культиваторна лапа	515
§13.7. Вібрування плугів загального призначення	522
§13.8. Вібрування підкопуючих робочих органів коренеклубнезбиральних машин	532
Запитання для самоконтролю	542

Розділ 14. Вібраційна техніка для засівання, збирання та післязбиральних процесів

543

§14.1. Вібрування висівних машин	543
§14.2. Вібрування машин для внесення добрив	545
§14.3. Вібрування при обмолоті	550
§14.4. Вібрування при очищенні	552
§14.5. Вібрування при транспортуванні	557
§14.6. Вібрування сепаруючих робочих органів коренеклубнезбиральних машин	559
§14.7. Вібрування сушільних пристроїв	564
Запитання для самоконтролю	565

Розділ 15. Вібраційна техніка для ремонту та обробки деталей

567

§15.1. Мийка деталей машин	567
§15.2. Відновлення оливних фільтрів	569
§15.3. Зварювання деталей	570
§15.4. Притирання клапанів	571
§15.5. Шліфування циліндрів	572

§15.6. Відновлення розмірів деталей при дії вібраційного навантаження	574
Запитання для самоконтролю	576
ЧАСТИНА VII. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН	577
Розділ 16. Критерії міцності і довговічності елементів конструкцій вібраційних машин	577
§16.1. Коефіцієнт запасу міцності при циклічному навантаженні	577
§16.2. Коефіцієнт запасу міцності при випадковому характері циклічного навантаження	583
§16.3. Міцність і довговічність елементів конструкцій вібраційних машин з позицій механіки тріщин	588
§16.4. Віброзахист машин	596
Запитання для самоконтролю	599
ЛІТЕРАТУРА.....	601
ДОДАТКИ.....	603

ПЕРЕДМОВА

Підручник містить сім основних частин, в яких викладено загальні принципи створення машин вібраційної дії, методи і принципи аналітичного описання і розрахунку коливального руху механічних систем, теоретичні дослідження вібраційних процесів викопування коренеплодів, розрахунки основних параметрів робочого процесу, засоби генерування механічних коливань та імпульсів, наведені конструкційні особливості вібраційних машин і пристроїв та основи розрахунків на міцність і довговічність.

Крім теоретичних основ у другій частині підручника надаються приклади розв'язування задач розрахунку коливальних рухів та визначення механічного стану і кінематичних параметрів механічних систем під дією зовнішніх навантажень. Також надано завдання для самостійного опрацювання.

В кінці кожного розділу підручника наведені запитання для самоперевірки і закріплення знань.

Підручник призначений для студентів освітнього ступеня магістр спеціальності 133 – Галузеве машинобудування (Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва) вищих навчальних закладів, а також може бути корисним аспірантам, викладачам та інженерам технічних спеціальностей.

Над підручником працював колектив авторів: В.М. Булгаков (вступ, частина I, III), О.М. Черниш (частини I, II, IV, V, VI, VII), М.Г. Березовий (частини II, III, V), В.В. Яременко (частини II, IV, VII).

ВСТУП

Застосування нової високоефективної техніки і обладнання при зменшенні металоємності та енерговитрат є однією з головних задач розвитку сучасного машинобудування. Але на цьому шляху існують обмеження продуктивності традиційних машин, ККД яких коливається у межах 0,19-0,38. Для створення машин більшої ефективності необхідно звертатися до нових принципів і технологій, у тому числі і вібраційних.

Вібраційна техніка радикальним чином відрізняється від традиційних прототипів машин. Часто прояви вібрацій значно складніші і ширші, ніж це здається на перший погляд. З одного боку, небажані, некеровані прояви вібрації можуть стати причиною аварій і катастроф та заподіяти шкоду здоров'ю людини. З іншого боку, застосування вібраційних методів у різних сферах людської діяльності відкриває великі перспективи прискорення технічного прогресу на якійсно новій основі.

Теоретичні і експериментальні дослідження вібраційних процесів дозволили вже зараз накопичити і узагальнити великий досвід вивчення, описання і реалізації наукових досягнень цієї галузі. Завдяки цьому розробляються нові технології в сільськогосподарському виробництві і переробці продукції, нові конструкції механізмів, машин та їх робочі органи.

Застосування вібраційної техніки і обладнання дає можливість досягти суттєвої інтенсифікації існуючих технологічних процесів і розробити нові способи обробки матеріалів та середовищ, знизити енерговитрати і покращити якість, а також досягти нового рівня механізації і автоматизації.

Одночасно із створенням нових зразків техніки, необхідно вивчати можливості ефективного використання вібраційних технологій на ремонтних підприємствах сільськогосподарських машин, та іншого обладнання.

Таким чином, освоєння і використання вібраційної техніки під час розробки, експлуатації та ремонту вже зараз дають позитивні результати.

У цілому застосування вібраційних принципів і технологій в аграрному виробництві дозволяють:

- підвищити коефіцієнт корисної дії багатьох сільськогосподарських ґрунтообробних і збиральних машин;

– покращити якість багатьох виробничих процесів, у тому числі таких як сівба, внесення добрив, обмолот і сепарування, збирання, сушіння і зберігання врожаю, а також операцій у тваринництві та ремонті техніки;

– механізувати і автоматизувати технологічні процеси, що досі не вдавалося на базі існуючих технологій.

Подальший розвиток цього нового напрямку буде сприяти розв'язанню проблем екологічно чистих виробництв і суттєвого підвищення продуктивності праці.

Підручник знайомить студентів із теоретичними основами дії вібраційних машин, їх принциповими схемами та основами їх конструювання.

При цьому принцип застосування вібраційних машин базується на тому, що робочому органу машини надається збурений коливальний рух, необхідний для здійснення або інтенсифікації робочого процесу.

Отже при розв'язанні поставлених завдань необхідно знати основні кінематики і динаміки коливального руху, основи аналітичної механіки, рівняння рівноваги та руху у формі Лагранжа, канонічні рівняння динаміки, малі коливання механічних систем.

У підручнику також надані деякі експериментальні данні і практичні рекомендації.

Для засвоєння і закріплення знань наведені приклади розв'язання теоретичних задач, принципові схеми і конструкції вібраційних машин та пристроїв.

У кінці кожного розділу підручника є запитання для самоконтролю.