

**Міністерство освіти та науки України
Запорізький національний технічний університет**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для самостійної роботи з вивчення дисципліни

«Динаміка ковальсько-штампувальних машин»

(напрямок підготовки 7.090206 – інженерна механіка,
спеціальність – обладнання для обробки металів тиском)

Запоріжжя 2010

Методичні вказівки для самостійної роботи з вивчення дисципліни «Динаміка ковальсько-штампувальних» (напрямок підготовки 7.090206 – інженерна механіка, спеціальність – обладнання для обробки металів тиском) / Укл.: О. В. Явтушенко, А. В. Глебенко. – Запоріжжя, 2010 – 24 с.

Укладачі: О. В. Явтушенко, доцент, к.т.н.
А. В. Глебенко, доцент, к.т.н.

Рецензент: О. Ф. Бичевий, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск: О.В. Явтушенко, доцент, к.т.н.

Затверджено на засіданні кафедри ОМТ
Протокол № від 08.09.2010

Зміст

- 1 Загальна частина
 - 1.1 Мета і задачі викладання дисципліни
 - 1.2 Інтегровані вимоги до знань і набутих умінь з дисципліни
 - 1.3 Міждисциплінарні зв'язки навчальної дисципліни
 - 1.4. Організація навчального процесу
2. Структура та зміст дисципліни
 - 2.1 Склад, обсяг і термін виконання змістовних модулів дисципліни
 - 2.2 Зміст дисципліни та методичні рекомендації по вивченню розділів дисципліни
 - 2.3 Практичні заняття
 - 2.4. Контрольна робота
3. Контрольні заходи з перевірки якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни
4. Навчально-методичні матеріали з дисципліни
 - 4.1 Основна література
 - 4.2 Додаткова література

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Курс “Динаміка ковальсько-штампувальних машин” є прикладною дисципліною, яка вивчає динамічні явища в ковальсько-штампувальних машинах, методи їх розрахунку, та впливу на надійність та стабільність роботи машини.

1.1 Мета і задачі викладання дисципліни

Основна ціль курсу – підготовка висококваліфікованих спеціалістів по аналізу динаміки та проектуванню ковальсько-штампувальних машин.

Завдання курсу – вивчення основних понять динамічних розрахунків ковальсько-штампувальних машин.

1.2 Інтегровані вимоги до знань і набутих умінь з дисципліни

Після вивчення дисципліни

студент повинний знати:

1. Методологію розробки динамічних моделей КШМ;
2. Методи розрахунку динамічних моделей.

студент повинний вміти:

1. Вірно розробити динамічну модель машини з урахуванням особливостей її конструкції та технологічного навантаження;
2. Відповідно до конструкції машини розрахувати параметри моделі;
3. Скласти систему рівнянь руху елементів моделі;
4. Виконати всі необхідні розрахунки динамічних моделей.

1.3 Міждисциплінарні зв'язки навчальної дисципліни

Успішне опанування дисципліни ґрунтується на знаннях з курсів: “Інформатика” (або “Обчислювальна техніка і програмування”), “Вища математика”, “Теоретична механіка”, “Теорія механізмів та машин”, “Опір матеріалів”, “Ковальсько-штампувальне

обладнання”, “Електротехніка та системи керування КШО” та інших загальнотехнічних і спеціальних курсах.

1.4. Організація навчального процесу

Набуття знань за курсом виконується:

1. Вивченням основних положень курсу на лекціях;
2. Самостійним вивченням матеріалу по підручникам та іншій спеціальній літературі;
3. Виконанням контрольних робіт;
4. Індивідуальними консультаціями;
5. Виконанням практичних занять.

1.4.1 Лекції

На лекціях дається систематизація курсу за кожним розділом, роз'яснюються окремі положення. Акцентується увага на методиці виконання контрольних робіт.

1.4.2. Практичні заняття

Практичні заняття проводяться згідно розкладу під керівництвом викладача. Вони направлені на закріплення найбільш важливих теоретичних положень курсу та набуття навичок проведення розрахунків динамічних моделей.

Під час практичних занять викладач пояснює принципи побудови динамічних моделей ковальсько-штампувального обладнання, розрахунок їх параметрів та методи вирішення. На підставі практичних занять студенти виконують другу частину контрольної роботи для самостійних варіантів.

Тематика практичних занять:

1. Розробка динамічної моделі кривошипного пресу
2. Розрахунок параметрів динамічної моделі кривошипного пресу
3. Динаміка процесу вмикання фрикційної муфти пресу
4. Розрахунок процесу розгону та вибігу маховика кривошипного пресу
5. Розрахунок переходу через резонансну зону

Кожне заняття тривалістю 2 години.

1.4.3. Консультації

У випадках складності, що виникають при вивченні курсу чи виконання контрольної роботи, студент може звернутись за консультацією до викладача, який веде курс. Розклад консультацій планується деканом факультету.

1.4.4. Самостійна робота

Курс вивчається, в основному, самостійно за підручниками. Вивчення курсу необхідно вести за окремими темами. Ознайомлення зі змістом конкретної теми проходити під година першого читання відповідного матеріалу за підручником, який входить до списку рекомендованої літератури. Позначка першого читання (одержати загальні уявлення по питанням курсі. Потім переходять до детального вивчення матеріалу, засвоєнню вивчень та теоретичних положень.

Для кращого засвоєння матеріалу за період самостійного вивчення курсу рекомендується вести конспект, фіксуючи в ньому формулювання основних зрозумінь, виводи по основним теоретичним положенням, математичні залежності та їх аналіз. Матеріал доцільно підкріплювати схемами та графіками.

Тема вважається засвоєною, якщо студент може відповісти на питання для самоперевірки, не користуючись підручником або конспектом.

При вивченні матеріалу курсу значну увагу приділяють засвоєнню основних понять. До них відносять:

1. причини виникнення динамічних явищ у приводах ковальсько-штампувальних машин;
2. методи розрахунку дійсних навантажень у машинах;
3. методи запобігання шкідливим впливам динамічних явищ на якість роботи обладнання.

2. МОДУЛЬНА СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Склад, обсяг і термін виконання змістовних модулів дисципліни

Модулі	Короткий зміст модулів	Розподіл навчального часу за видами занять, год.		Самостійна робота студента, год.	Обсяг навантаження студента, год	
		Лекції	Практ. заняття		Годин	Кредити
Блоки змістовних модулів, що виносяться на 1-й модульний контроль						
1	Динамічні розрахунки машин як загальний метод аналізу їх працездатності і надійності	3		4	15	0,42
2	Структура машин Динамічна модель двигуна Динамічна модель передаточних механізмів	6		4	14	0,39
3	Інерційні та пружні параметри Зовнішні силові фактори Зв'язки в системі	4	4	3	9	0,25
4	Методи складання рівнянь руху	4	4	6	16	0,44
Разом за 1-й підсумковий модуль		17	8	17	54	1,5
Термін проведення 1-го підсумкового модульного контролю – 9 тижень семестру						
Блоки змістовних модулів, що виносяться на 2-й модульний контроль						
5	Динамічна модель	2	2	2	4	0,11

	ковальсько-штампувальної машини					
6	Параметри динамічної моделі	2		3	10	0,28
7	Динаміка вмикання муфти	3	3	3	8	0,22
8	Динаміка розподільних механічних пресів	2		3	7	0,19
9	Динаміка розподільних гідравлічних пресів	2		4	12	0,33
10	Динаміка робочого ходу КГШП	4	3	2	8	0,22
11	Динаміка пароповітряного молоту	2	2	2	5	0,15
Разом за 2-й підсумковий модуль		17	10	19	54	1,5
Термін проведення 2-го підсумкового модульного контролю – 18 тижень семестру						
Всього		34	18	36	108	3

2.2. Робоча програма та методичні вказівки до розділів курсу

Загальна частина

Загальні відомості про динаміку ковальсько-штампувальних машин. Мета та задачі курсу. Єдина динамічна система ковальсько-штампувальних машин та етапи її дослідження.

Методичні вказівки

Підвищення продуктивності ковальсько-штампувального устаткування, збільшення інтенсивності включення, а також необхідність обліку реальних навантажень у вузлах і деталях машин привели до розвитку теорії ковальсько-штампувального обладнання (КШО).

Будь-яка ковальсько-штампувальна машина (КШМ) являє собою єдність трьох компонентів, що роблять задані рухи під дією заданих сил і виконуючих відому технологічну роботу. Сполучення властивостей і параметрів цих компонентів може приводити до динамічного порушення системи. У підсумку, реальні навантаження можуть значно перевищувати розрахункові статичні.

Частина 1 Основи теорії динаміки машин

1. Динамічні моделі машин

Вихідні положення при складанні динамічної моделі машини.

Структура машин, двигун, механічна система.

Динамічна модель двигуна.

Динамічна модель механічної частини.

Функція положення та передавальні функції.

Методичні вказівки

Необхідно звернути увагу на те, що для будь-якої технологічної машини її структура залишається незмінної. Тому динамічна і математична моделі машини являють собою сукупність моделей двигуна і механічної системи (передавального механізму і

виконавчого органа). Моделі двигуна і механічної системи визначаються ступенем деталізації властивостей і параметрів систем і залежать від поставленої задачі.

Для механічних систем перетворення руху описується функцією положення, що є кінематичним аналогом механізму. Варто звернути увагу на те, що для циклічних механізмів функції положення не постійні, що приводить до виникнення динамічного збудження механізму.

2. Параметри динамічних моделей

Приведення мас та моментів інерції.

Зв'язки.

Характеристики дружніх зв'язків та їх приведення.

Параметри дисипації.

Узагальнені координати.

Кінетична та потенційна енергія.

Методичні вказівки

Параметрами математичних моделей є масові і пружні параметри елементів і зв'язків, а також параметри дисипації. Визначаються ці параметри відомими методами, але з урахуванням особливостей механічних конструкцій ковальсько-штампувальних машин. Для спрощення моделей проводять їхнє приведення до одного з головних елементів. Тоді положення окремих елементів моделей визначається узагальненими координатами, у функції яких визначають кінетичну і динамічну енергію системи.

3. Рівняння руху динамічних моделей

Способи складання рівнянь руху.

Рівняння Лагранжа 2-го роду.

Рівняння Лагранжа 2-го роду з “зайвими” координатами.

Динаміка машин з жорсткими та дружніми зв'язками.

Методичні вказівки

Спосіб складання рівнянь руху моделі визначається її структурою і кінематичними властивостями. У більшості випадків використовуються рівняння Лагранжа другого роду, а для систем з нелінійними функціями положення – рівняння Лагранжа другого роду з „зайвими” координатам.

Для машин із жорсткими зв'язками рівняння зводяться до одного, а для машин із пружними зв'язками їхнє число дорівнює чи більше числа інерційних елементів

Частина 2 Динаміка ковальсько-штампувальних машин

4. Введення в динаміку ковальсько-штампувальних машин

Загальна система КШМ та етапи її дослідження.
Динамічна та математична моделі КШМ.

Методичні вказівки

Основною особливістю більшості КШМ є резкопиковий характер додатка навантаження протягом короткого періоду технологічного циклу. Весь технологічний цикл чітко розділяється на період холостого і робочого ходу. Відсутність навантаження в період холостого ходу проте може привести до різкого динамічного порушення системи внаслідок не стаціонарності інерційних навантажень (не лінійність функції положення). Створення єдиної динамічної моделі КШМ можливо, але не раціонально, тому що на різних етапах роботи машини зважуються зовсім різні задачі.

Розробка динамічної моделі КШМ починається з її розрахункової схеми, на якій вказують основні інерційні елементи, зв'язки між ними і сили, що діють у машині. Динамічна модель являє собою умовне графічне представлення КШМ із указівкою на ній приведених інерційних елементів, зв'язків, сил, координат. При цьому дуже важливо правильно вирішити питання спрощення моделі, тому що як надлишкова так і недостатня інформація про особливості роботи машини можуть спотворити результати розрахунків.

Сукупність рівнянь руху й інших математичних залежностей, що описують поведінку системи являє собою математичну модель

КШМ. Через визначену складність математичних залежностей їхнє рішення можливе в більшості випадків чисельними методами з використанням обчислювальної техніки.

5. Динаміка механічних пресів

5.1. Аналіз динамічної системи кривошипного гаряче-штампувального пресу

Розрахункова модель пресу.

Періоди руху мас та задачі динамічного аналізу.

Інерційні параметри.

Функція положення.

Параметри пружності.

Дисипативна функція.

Зусилля на повзуні.

Моменти тертя.

Рухомий момент двигуна.

Рівняння руху.

Основні результати розрахунків.

Методичні вказівки

КГШП є типовими представниками кривошипних пресів з добре розвинутою структурою і характерним способом навантаження. З цієї причини на їхньому прикладі докладно розглянуті питання складання динамічної моделі і їхніх особливостей.

Варто звернути увагу на те, що тільки шляхом теоретичного аналізу можливе вивчення роботи преса в широкому спектрі умов їхнього функціонування, виконання прогнозування його поведінки при зміні звичайних умов експлуатації і параметрів системи. Результати теоретичних розрахунків підтверджують дослідні й експериментальні дані про характер і величину динамічного збудження преса. Застосування коефіцієнта динамічності в спрощених статичних розрахунках забезпечує частковий облік цих явищ.

5.2. Динаміка розгону та вибігу

Методичні вказівки

Динамічні процеси при розгоні і вибігу значних махових мас, характерних для кривошипних пресів, є показниками досконалості електроприводу. Розрахунок виконаний в аналітичному виді, що дозволяє оцінити якість приводу при різних початкових умовах.

5.3. Динаміка процесу вмикання муфти

Загальна характеристика.

Рівняння руху.

Спрощена методика розрахунку процесів вмикання та гальмування.

Методичні вказівки

Процеси вмикання і вимикання муфти і гальма кривошипного преса є найважливішими елементами розрахунку приводу і дозволяють знаходити оптимальне співвідношення протилежних критеріїв якості системи включення – інерційності приводу, час спрацьовування і витрата енергії. На основі теоретичного аналізу процесу вмикання, аналізу впливу параметрів системи й умов її роботи, розроблена спрощена, але досить точна, методика розрахунку основних показників процесу.

5.4. Коливання фундаменту пресу при вмиканні муфти

Розрахунок коливання фундаменту пресу при холостих та робочих ходах.

Методичні вказівки

При вмиканні фрикційної муфти великих пресів (КГШП і ін.) відбуваються динамічні коливання усього преса щодо фундаменту в двох перпендикулярних площинах. Теоретичний розрахунок цього

явища дозволяє оптимізувати параметри преса і фундаменту для зменшення руйнування останнього.

5.5. Динаміка пресу при сколі заготівки

Розрахунок процесу руху частин виконавчого механізму і всього персу після сколу заготовки.

Методичні вказівки

Однієї з причин передчасного зносу і руйнування деталей кривошипних розділових пресів є динамічні явища при різкому знятті навантаження на повзуні після відколу заготівки. Зменшення шкідливих наслідків цього явища можливо після оптимізації параметрів преса і досить складного розрахунку пристрою, що демпфірує.

6. Динаміка гідравлічних пресів

Розрахунок динаміки пресу при виконанні розподільчих операцій

Методичні вказівки

При роботі гідравлічних пресів динамічні явища відбуваються внаслідок неправильного вибору параметрів гідравлічної системи і, відповідно, що виникають через цього гідравлічних ударів, зміни характеру течії рідини й ін. Крім цього, при виконанні розділових операцій при відколі заготівки відбуваються явища розриву струменя, відриву інструмента, порушення роботи розподільної апаратури й ін., точний аналіз яких можливий тільки шляхом теоретичного аналізу системи.

7. Динаміка пароповітряних молотів

Розрахункова модель молота при визначенні швидкості підскакування.

Методичні вказівки

Пароповітряні й інші молоти споконвічно є динамічними системами, у яких перетворення енергії відбувається за рахунок удару з виникненням динамічних імпульсів як у самому молоті так і в навколишній середовищі. Динамічні розрахунки молотів дозволяють якісно визначати напруги в базових деталях, швидкість відскоку, реальний характер руху падаючих частин, коливання фундаменту і параметри віброізоляції.

2.3. Завдання для контрольної роботи

Згідно навчального плану заочного відділення студент по даній дисципліні виконує одну контрольну роботу. Кожен варіант передбачає два теоретичних питання та чотири практичних розрахунки.

Контрольну роботу студент виконує в окремому зошиті. Для зауважень рецензента слід залишити поле 30...40 мм. На обкладинці контрольної роботи повинні бути вказані: назва заставі, дисципліни, номер контрольної роботи, прізвище, ім'я та по батькові студента, курс, шифр групи, номер залікової книжки студента, номер варіанту завдання.

Креслення до розрахунків чітко викреслюються олівцем або ручкою і приводяться в тексті або на окремих аркушах та нумеруються. У відповідних містах тексту на них робиться посилання. У кінці роботи слід привести список використаної літератури з вказівками авторів, повної назви джерела, видавництва, рік видання та кількість сторінок, потім підпис та дата виконання роботи.

Якщо контрольна робота не зарахована, то її виконують вдруге з урахуванням указівок та поміток рецензента та висилають на перевірку разом з не зарахованим варіантом роботи. Виправлення та доповнення приводяться в кінці зошита, а не в рецензованому тексті.

Контрольна робота повинна бути виконана та подана на кафедру для перевірки в термін встановлений у навчальному графіку, але не пізніше 15 діб до екзаменаційної сесії.

Контрольна робота включає 2 теоретичних питання і 4 практичних розрахунки. Номер варіанта вибирається по номері студентів у журналі групи.

Теоретичні питання вибираються по таблиці з нижчеподаного переліку контрольних і екзаменаційних питань

Кожен студент повинний виконати 4 практичних розрахунки:

1. Визначення моменту інерції однієї з деталей кривошипного преса
2. Розрахунок крутильної жорсткості деталі преса
3. Розрахунок процесу вмикання фрикційної муфти
4. Розрахунок розгону і вибігу маховика преса

Вихідні дані для розрахунків вибираються для преса, заданого в курсовому проектуванні по дисципліні «Проектування і розрахунок кривошипних пресів» за узгодженням з викладачем.

У контрольній роботі для кожної задачі необхідно:

1. привести вихідні дані;
 2. обґрунтувати вибір параметрів, необхідних для виконання проектування;
 3. привести необхідні розрахунки, схеми, креслення;
 4. привести результати розрахунків на комп'ютері;
- зробити необхідні висновки.

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Питання 1	2	4	5	6	8	9	10	11	15	17
Питання 2	28	27	26	25	24	23	24	25	29	23
Варіант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Питання 1	3	7	12	12	14	16	18	19	20	11
Питання 2	24	27	23	30	31	25	32	26	33	28

3. КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Загальні положення

Відповідно до навчального плану дисципліни передбачено проведення наступних кваліфікаційних завдань:

- модульний контроль за окремими розділами дисципліни;
- виконання та захист завдань практичних занять;
- опитування на лекціях та практичних заняттях;
- підсумковий іспит.

Відповідно до обсягу навчального часу передбачено проведення одного модульного контролю по теоретичному курсу і одного модульного контролю по курсовому проєкту. Перший контроль проводиться на 12 тижні навчального семестру, 2-й контроль проводиться на 17 тижні навчання слідує чого семестру.

Склад, обсяг модульних контролів наведено в робочій навчальній програмі.

При необхідності студент може здавати підсумковий іспит після другого модульного контролю.

Рейтингова оцінка складається з балів, які студент отримує за певну навчальну діяльність протягом засвоєння даного модуля – тестування, виконання та захист індивідуальних завдань (домашніх контрольних робіт), виконання аудиторної самостійної роботи та результати виконання лабораторних або практичних робіт, тощо.

Розподіл балів по видах навчальної діяльності проводиться викладачами відповідно від кількості навчальних годин на певний вид навчання.

Максимальний рейтинговий бал складає 100 балів.

Студент повинен виконати і захистити всі планові навчальні заходи (контрольні та індивідуальні роботи, практичні завдання, тощо) і захистити їх з позитивною оцінкою. При наявності негативних оцінок студент повинен повторно захистити відповідні завдання або повторно виконати модульний контроль.

Студент, який отримав за результати всіх контрольних заходів позитивні оцінки, звільняється від складання підсумкового іспиту.

Загальна оцінка з дисципліни визначається як середня за результатами двох модульних контролів.

У разі незгоди студента з оцінкою на основі суми рейтингових балів і складення ним іспиту з дисципліни на підвищену оцінку, студенту вноситься **остаточна оцінка**, отримана на підсумковому іспиті і відповідний цій оцінці **підсумковий, рейтинговий бал**.

Семестрова (напівсеместрова) оцінка визначається на основі середньої суми рейтингових балів, отриманих за засвоєння всіх залікових модулів, у відповідності до таблиці співвідношень балів та оцінки в національній шкалі і шкалі ECTS:

Оцінка в рейтингових балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
91-100	Відмінно	A	Відмінно (відмінне виконання з незначною кількістю помилок)
81 – 90	Добре	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
65 – 80		C	Добре (в цілому вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
55 – 64	Задовільно	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю помилок)
50 – 54		E	Достатньо (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
40 – 49	Незадовільно	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
0 – 39		F	Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)

3.2. Контрольні та екзаменаційні питання

1. Введення в динаміку ковальсько-штампувальних машин. Цілі і задачі курсу
2. Структура машин
3. Динамічні моделі двигунів
4. Статична характеристика асинхронного двигуна
5. Динамічні моделі механічних передач. Методи ідеалізації реальних систем
6. Динамічні моделі механічних передач із жорсткими ланками
7. Динамічні моделі механічних передач із пружними ланками
8. Передатна функція механічних передач
9. Приведення мас і моментів інерції
10. Характеристики пружних зв'язків і їхнє приведення
11. Параметри дисипації
12. Зв'язки в механічних системах і їхні види
13. Узагальнені координати
14. Кінетична і потенційна енергія системи
15. Способи складання рівнянь руху системи
16. Рівняння Лагранжа другого роду з приєднаними координатами
17. Режими роботи і завдання динамічного аналізу машин
18. Основні закономірності вільних коливань системи з одним ступенем волі
19. Основні закономірності загасаючих коливань системи з одним ступенем волі
20. Основні закономірності змушених коливань системи з одним ступенем волі
21. Єдина динамічна система КПМ і її особливості
22. Розрахункова динамічна система КГШП
23. Періоди руху мас КГШП і задачі динамічного аналізу
24. Динамічна модель КГШП для періоду робочого ходу
25. Інерційні властивості динамічної моделі КГШП
26. Пружні властивості зв'язків динамічної моделі КГШП
27. Тертя в динамічній моделі КГШП
28. Рівняння руху мас динамічної моделі КГШП
29. Основні результати динамічного аналізу КГШП

-
30. Розрахунок моментів інерції обертових частин приводу КГШП
 31. Розрахунок жорсткості ланок динамічної моделі КГШП
 32. Динаміка процесу вмикання фрикційної муфти кривошипного преса
 33. Динаміка розгону і вибігу маховика преса
 34. Математична модель центрального удару двох тіл

4. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

4.1 Основна література

Вульфсон И. И. Динамические расчеты цикловых механизмов. – Л.: Машиностроение, 1976.

Динамика машин и управление машинами: Справочник / Под ред. Г. В. Крейнина. – М.: Машиностроение, 1988.

Живов Л.И., Клеванский Н. Н. Применение ЭЦВМ для расчетов кузнечно-штамповочных машин. – К.: Вищ. шк., 1974.

Живов Л.И., Овчинников А. Г. Кузнечно-штамповочное оборудование. Молоты. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вищ. шк., 1985.

Кривошипные кузнечно-прессовые машины / В. И. Власов, А. Я. Борзыкин, И. К. Букин-Батырев и др. / Под ред В. И. Власова. – М.: Машиностроение, 1982.

4.2 Додаткова література

Бидерман В. Л. Прикладная теория механических колебаний. – М.: Высш. шк., 1972.

Вульфсон И. И., Коловский М. З. Нелинейные задачи динамики машин. – Л.: Машиностроение, 1968.

Глаголев Г. И. Электрооборудование кузнечно-прессовых цехов. – М.: Металлургиздат, 1962.

Давыдов Б. Л., Скородумов Б. А. Статика и динамика машин. – М.: Машиностроение, 1967.

Динамические расчеты привода машин. Вейц В. Л., Кочура А. Е., Дондошанский А. М., – Л.: Машиностроение, 1971.

Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин. – 3- изд. – М.: Машиностроение, 1969.

Кузнечно-штамповочное оборудование. А. Н. Банкетов, Ю. А. Бочаров, Н. С. Добринский и др./ Под ред. А. Н. Банкетова, Е. Н. Ланского. – М.: Машиностроение, 1982.

Маслов Г. С. Расчеты колебаний валов – М.: Машиностроение, 1968.

Никитин Н. Н. Курс теоретической механики. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990.

Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле.. – М.: Машиностроение, 1985.

Фаворин М. В. Моменты инерции тел. – М.: Машиностроение, 1970.

Электрооборудование кузнечно-прессовых машин: Справочник / В. Е. Стоколов, Г. С. Усышкин, В. М. Степанов и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1981.