

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

29/15/1

**Одобрено кафедрой
«Железнодорожный
путь, машины и
оборудование»**

**Утверждено деканом
факультета
«Транспортные
сооружения и здания»**

ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Рабочая программа и задание
на контрольную работу с методическими указаниями
для студентов IV курса**

**специальности
190205 ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ,
ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ (СМ)**



Москва 2007

Рабочая программа составлена на основе требований Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 190205 «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование».

С о с т а в и т е л и: канд. техн. наук, доц. Дианов Х.А,
канд.техн. наук, проф. Маляр В.С.

ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рабочая программа
и задание на контрольную работу

Редактор *В.И. Чучева*
Компьютерная верстка *Г.Д. Волкова*

Тип.зак.	Изд.зак. 153	Тираж 600 экз.
Подписано в печать	Гарнитура Newton	Формат 60 × 90 ¹ / ₁₆
Усл.печ.л.		

Издательский центр РГОТУПС, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПС, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2

© **Российский государственный открытый технический университет путей сообщения, 2007**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель преподавания дисциплины

Предметом изучения дисциплины являются основные положения теории подобия и моделирования применительно к вопросам создания и применения подъемно-транспортных, строительных, путевых и дорожных машин и оборудования (далее, машин).

- Цель изучения дисциплины состоит в подготовке студентов к практическому использованию методов моделирования при выполнении функциональных обязанностей в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста данного профиля.

1.2. Задачи изучения дисциплины

Изучив дисциплину, студент должен

знать:

- основные положения теории подобия и моделирования;
- методы и этапы моделирования конструкций, систем и рабочих процессов машин.

уметь:

- строить и использовать модели для исследования рабочих процессов машин;
- определять критерии подобия, параметры модели и формулы пересчета результатов моделирования на реальные процессы и конструкции машин.

иметь представление:

- о задачах и методах моделирования рабочих процессов и конструкций машин на этапах создания, производства и применения.

2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины	75
Аудиторные занятия:	
лекции	12
лабораторный практикум	4
Контрольная работа	15
Самостоятельная работа	44
Вид итогового контроля	Дифференциальный зачет

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Предмет и задачи дисциплины. Структура и основное содержание дисциплины. Значение учебной дисциплины для подготовки специалиста. Ее взаимосвязь с другими дисциплинами. Виды занятий и формы контроля знаний студентов. Учебная литература и методические рекомендации студентам по изучению материала дисциплины в системе заочного образования [1; 6].

3.1. Роль и задачи моделирования на этапах жизненного цикла машин

Основные понятия и положения теории моделирования как основы научных исследований технических систем, конструкций и процессов. Задачи моделирования при создании, производстве и эксплуатации машин. Примеры моделей, используемых на этапах жизненного цикла машин [1; 6].

3.2. Объекты моделирования

Системы, конструкции и рабочие процессы машин как объекты моделирования. Характерные признаки и свойства машин. Рабочие органы машин и среда с которой они взаимодействуют. Процессы взаимодействия рабочих органов со средой [1;6].

3.3. Классификация моделей

Классификационные признаки моделей. Классификация моделей по способу отображения и полноте воспроизводства

объектов моделирования. Области применения знаковых и материальных моделей. Сущность и особенности полного, неполного и приближенного моделирования конструкций и процессов. Понятие о физическом, математическом и предметно-математическом методах моделирования(1;6).

3.4. Основные понятия теории подобия

Модель и условия ее существования. Понятие подобия модели и объекта моделирования. Условия геометрического, кинематического и динамического подобия механических систем. Подобие тепловых и электродинамических процессов. Основные понятия, термины и определения теории подобия. Назначения и свойства коэффициентов, индикаторов и критериев подобия [1;6].

3.5. Теоремы теории подобия и их применение при установлении условий подобия и моделирования

Первая теорема подобия и ее значение для определения условий моделирования. Содержание второй теоремы подобия и ее применение при определении критериев подобия. Критериальное уравнение и его свойства. Третья теорема подобия и ее применение при установлении условий подобия. Дополнительные положения о подобии и их применение [1; 6].

3.6. Определение критериев подобия

Определение критериев подобия методом интегральных аналогов. Достоинства метода и условия, необходимые для его применения. Определение критериев подобия методом анализа размерностей параметров уравнения связи. Достоинства метода и условия, необходимые для применения. Примеры критериев подобия механических, гидромеханических и тепловых процессов [1; 6].

3.7. Физическое подобие и моделирование конструкций и рабочих процессов машин

Основные этапы и задачи подготовки и проведения эксперимента на моделях. Объект и цель моделирования. Возмож-

ность и целесообразность упрощенного отображения особенностей моделируемой конструкции и рабочего процесса. Допущения, принимаемые при приближенном моделировании. Знаковая модель объекта. Установление условий подобия и построение модели. Планирование эксперимента и вывод формул для пересчета результатов моделирования на натурный объект. Обработка экспериментов. Примеры подготовки и проведения физического моделирования конструкций и рабочих процессов машин [1; 6].

3.8. Математические методы моделирования рабочих процессов

Понятие математической модели. Виды математических моделей и их связи с характером взаимодействия детерминированного объекта моделирования с внешней средой. Понятие о видах математических моделей для вероятностных объектов. Виды контроля математических моделей: разностей, порядков, характера зависимостей, экстремальных ситуаций, граничных условий, математической замкнутости, физического смысла, устойчивости модели [1; 5; 6].

3.9. Предметно-математическое моделирование рабочих процессов

Понятие о предметно-математическом моделировании систем, конструкций и рабочих процессов машин. Математическое моделирование на ЭВМ. Основные этапы математического моделирования механических систем и рабочих процессов на ЭВМ. Использование пакетов прикладных программ [1; 5; 6].

4. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Тема	Количество часов
1	Введение в предмет. Роль и задачи моделирования. Объекты моделирования. Классификация моделей	4
2	Основные понятия теории подобия. Теоремы подобия	4
3	Определение критериев подобия. Физическое подобие и моделирование конструкций и рабочих процессов машин	4

5. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ, КОТОРЫЕ СТУДЕНТЫ ДОЛЖНЫ ПРОРАБОТАТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО

№ п/п	Тема
1	Математические методы моделирования рабочих процессов
2	Предметно-математическое моделирование рабочих процессов

6. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Лабораторная работа	Количество часов
1	Исследование моделей рабочих органов землеройных машин на стенде «Грунтовый лоток»	1
2	Моделирование процесса опорожнения резервуара	2
3	Моделирование и прогнозирование параметров рабочих органов конструктивно подобных машин	1

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Студенты IV курса выполняют одну контрольную работу.

Контрольная работа состоит из двух частей. Первая часть содержит 36 контрольных вопросов по основам моделирования рабочих процессов машин, на 12 из которых студент должен дать письменные ответы.

Вторая часть содержит три задания, при выполнении которых необходимо определить условия моделирования, параметры физической модели и формулы пересчета результатов моделирования на заданный реальный рабочий процесс.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин: Уч. пос. для студентов высш. учеб. заведений.- 2-е изд. перераб. – М.: Машиностроение, 1994.

2. Баловнев В. И. Моделирование и прогнозирование процессов взаимодействия машин с многофазными средами: Уч. пос. —М.: МАДИ(ТУ), 2000.

3. Веников В. А., Веников Г. В. Теория подобия и моделирования: Учеб. для вузов.- 3-е изд. — М.: Высшая школа, 1984.

4. Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов / Под ред. В.И. Крутова, В.В. Попова. — М.: Высшая школа, 1989.

5. С м е х о в А. А. Математические модели процессов грузовой работы. — М.: Транспорт, 1982.

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Моделирование как универсальный метод научного познания разнообразных явлений, процессов, систем, конструкций находит широкое применение в самых различных отраслях и, в частности, на всех стадиях и этапах жизненного цикла сложных изделий промышленного производства, к числу которых относятся подъемно-транспортные, строительные, путевые, дорожные и другие машины и оборудование.

Построение моделей и проведение экспериментальных исследований осуществляется на основе положений теории подобия и моделирования.

В процессе изучения дисциплины «Основы моделирования рабочих процессов машин», студенты выполняют контрольную работу.

При выполнении первой части контрольной работы студенты закрепляют знания по классификации моделей, их роли и задачам при разработке, производстве и эксплуатации подъемно-транспортных, строительных, путевых и дорожных машин и оборудования (именуемых в дальнейшем для краткости машины), а также основных терминов, определений, теорем и положений теории подобия и моделирования.

При выполнении второй части контрольной работы студенты приобретают навыки обоснования условий, необходимых

для моделирования, определения параметров моделей и получения формул для пересчета результатов моделирования на натурные рабочие процессы и образцы машин.

Объем работ, их содержание и оформление должны соответствовать приведенным ниже методическим указаниям. Контрольную работу выполняют на листах бумаги формата А4, которые нужно сброшюровать вместе с титульным листом, имеющим четкие надписи (название дисциплины, наименование работы и ее номер, фамилия, имя и отчество студента, его учебный шифр и точный почтовый адрес).

Оформление работы должно быть аккуратным с четко вычерченными рисунками и схемами. В начале работы дается оглавление по разделам, а в конце — список использованной литературы.

Все страницы в тексте и рисунки следует пронумеровать, под каждым рисунком дать поясняющую подпись. Вычисления в контрольной работе необходимо проводить в системе единиц СИ и строго соблюдать принятую размерность физических величин.

Работа, выполненная не в полном объеме или не соответствующая варианту, на рецензию не принимается.

Получив проверенную работу, необходимо на полях и вклейках выполнить исправления по всем замечаниям и указаниям рецензента. При этом не разрешается стирать прежние неправильные расчеты.

ЗАДАНИЕ НА ПЕРВУЮ ЧАСТЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для выполнения первой части контрольной работы студент должен:

- а) изучить роль, задачи, методы и основы теории подобия моделирования конструкций, систем и рабочих процессов машин;
- б) способом самоконтроля проверить свои знания по всем, помещенным ниже контрольным вопросам;
- в) письменно ответить на контрольные вопросы своего варианта.

Вариант контрольных вопросов для письменных ответов определяется по сумме двух последних цифр учебного шифра студента (табл. 1).

Таблица 1

Показатель	Варианты контрольных вопросов для письменных ответов		
	1	2	3
Сумма двух последних цифр учебного шифра студента	0 ...7	8 ...11	12...18
Номера контрольных вопросов для письменных ответов	1,4,9,10,15, 16,21,22,25, 28,31,35	2,5,7,11,14, 17,20,23,27, 29, 32,36	3,6,8,12, 13,18,19,24, 26, 30,33,34

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Достоинства моделирования как метода научных исследований технических систем, конструкций и процессов.
2. Недостатки моделирования как метода научных исследований технических систем, конструкций и процессов.
3. Условия повышения объективности и точности результатов моделирования технических систем, конструкций и процессов.
4. Задачи моделирования машин на этапе их разработки (примеры).
5. Задачи моделирования машин на этапе их производства (примеры).
6. Задачи моделирования машин на этапе их эксплуатации (примеры).
7. Знаковые и материальные модели, используемые на этапе разработки машин (примеры).
8. Знаковые и материальные модели, используемые на этапе производства машин (примеры).
9. Знаковые и материальные модели, используемые на этапе эксплуатации машин (примеры).
10. Сущность и особенности полного моделирования рабочих процессов машин.

11. Сущность и особенности неполного моделирования рабочих процессов машин.
12. Сущность и особенности приближенного моделирования конструкций и рабочих процессов машин.
13. Общие положения физического моделирования рабочих процессов машин.
14. Общие положения математического моделирования рабочих процессов машин.
15. Общие положения предметно-математического моделирования рабочих процессов машин.
16. Масштаб подобия. Определения термина, его назначение и свойства.
17. Индикатор подобия. Определения термина, его назначение и свойства.
18. Критерий подобия. Определение термина, его назначение и свойства.
19. Интегральный аналог. Определение термина, его назначение и свойства.
20. Уравнение критериальное. Определение термина, его назначение и свойства.
21. Уравнение связи. Определение термина, его назначение и свойства.
22. Условия и этапы построения физических моделей технических систем, конструкций и процессов машин.
23. Условия и этапы построения математических моделей рабочих процессов машин.
24. Условия и этапы построения предметно-математических моделей систем и рабочих процессов машин.
25. Условия геометрического подобия моделей рабочих органов машин.
26. Условия кинематического подобия моделей машин или их составных частей.
27. Условия динамического подобия моделей машин или их составных частей.
28. Содержание и значение первой теоремы подобия.
29. Содержание и значение второй теоремы подобия.

30. Содержание и значение третьей теоремы подобия.
31. Определение критериев подобия методом анализа размерностей.
32. Средства реализации предметно-математических моделей.
33. Определение критериев подобия методом интегральных аналогов.
34. Методом анализа размерностей определите критерии подобия машины и ее моделей, движение которых может быть описано выражением

$$L = f(M, C, W, t),$$

где M — масса; L — линейный размер (перемещение); t — время; C — жесткость; W — сопротивление.

35. Основные этапы физического моделирования рабочих процессов машин.
36. Методом интегральных аналогов определите критерии подобия машин и ее модели, движение которых может быть описано уравнением

$$Md^2L/dt^2 - CL - W = 0,$$

где M — масса; L — линейный размер (перемещение); T — время; C — жесткость; W — сопротивление.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для выполнения контрольной работы необходимо уяснить основные положения теории подобия и моделирования применительно к вопросам создания и применения машин.

По мере изучения литературных источников рекомендуем вести краткие записи, дополняя конспект лекций. Конспект не является формой отчетности и для контроля не предъявляется. Содержание и объем проработанного материала должны обеспечить необходимые сведения для ответов на все контрольные

вопросы. Для выявления и устранения недочетов в подготовке студенту следует проводить самоконтроль знаний.

Письменные ответы на вопросы по заданному варианту, должны отражать суть вопроса, быть полными и, при необходимости, пояснены математическими выкладками, примерами, рисунками.

При оформлении работы следует соблюдать следующую последовательность расположения материала:

1. Номера по списку или полное наименование (автор, название, место и год издания) использованной литературы.
2. Номера вопросов, вызвавших наибольшие затруднения при самоконтроле знаний.
3. Номера своего варианта и входящих в него контрольных вопросов. Текст вопросов помещать не следует.
4. Письменные ответы (под таким же номерами и в том же порядке как и контрольные вопросы).

ЗАДАНИЕ НА ВТОРУЮ ЧАСТЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вторая часть контрольной работы содержит 3 задания, каждое из которых имеет 18 вариантов. Номер варианта определяют по сумме двух последних цифр учебного шифра.

Задание 1

Для создания физической модели прицепного скрепера с принудительной разгрузкой ковша требуется определить значения некоторых геометрических параметров, модели ковша.

Наименования определяемых параметров, а также заданные значения параметров натурны и модели указаны в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Номер варианта	Параметры модели, который требуется определить	Параметры природы (модели)				Масштаб объема ковша
		ширина, м	высота, м	длина, м	объем, м ³	
1	2	3	4	5	6	7
1	Длина ковша			1,3		8
2	Ширина ковша	2,1				8
3	Высота ковша		1.9			16
4	Ход задней стенки ковша			3,0		27
5.	Площадь задней стенки ковша			1,8 (0,9)	8,0	
6	Объем ковша	3,0 (2,1)			15	
7	Длина ковша			1.5	4.5 (0,5)	
8	Ширина ковша	2,4			4,5 (0,5)	
9	Высота ковша		2,2		25 (0,9)	
10	Ход задней стенки ковша			2,6	15 (0,8)	
11	Площадь задней стенки ковша			1,5	6,0	8
12	Объем ковша		1.2 (0,6)		4,5	
13	Длина ковша	3,0	2,0		27	27
14	Ширина ковша		1,6 (0.7)	(0,9)	8,0	
15	Высота ковша	2,7 (1,1)		(0,9)		
16	Ход задней стенки ковша	2.1 (0,9)	(0.5)			
17	Площадь задней стенки ковша			3,0	2,5 (0,9)	
18	Объем ковша			2,4 (1,0)	12	

Примечание. Заданные параметры модели указаны в скобках.

Задание 2

Методом физического моделирования предполагается установить время полного опорожнения бака (сосуда), проектируемого для накопления запаса воды.

Требуется определить условия моделирования, параметры модели и формулы пересчета результатов моделирования на реальный (натурный) процесс.

При моделировании рекомендуется :

а) рассмотреть процесс опорожнения открытого сосуда, имеющего постоянную площадь поперечного сечения, при истечении жидкости (воды) в атмосферу через отверстие в дне сосуда;

б) принять, что время опорожнения сосуда зависит от начального объема жидкости, высоты уровня над отверстием истечения, площади отверстия истечения, ускорения свободного падения.

Заданные значения параметров природы и модели указаны в табл.3.

Таблица 3

Номер варианта	Параметры природы (модели)			Масштаб подобия размеров сосуда		
	высота, м	объем, м ³	диаметр отверстия, м	высота, м	объем, м ³	диаметр отверстия, м
1	2	3	4	5	6	7
1	1,0	0,4	0,05	2		
2	1,2	0,7	0,06			2,3
3	1,4	0,9	0,07		18	
4	1,6 (0,6)	1,0	0,08			
5	1,8	1,2 (0,04)	0,09			
6	2,0	1,6	0,10 (0,03)			
7	2,2	1,8	0,11	3,4		
8	2,4	2,8	0,12		46	
9	2,6	4,4	0,13			3,7
10	2,8 (0,7)	5,6	0,14			
11	3,0	6,4 (0,08)	0,15			
12	3,2	7,2	0,16 (0,04)			
13	3,4	7,8	0,17	4,6		

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
14	3,6	8,0	0,18		110	
15	3,8	9,0	0,19			4,9
16	4,0 (0,8)	10,2	0,20			
17	4,3	12,0 (0,10)	0,21			
18	4,4	14,0	0,22 (0,04)			

Примечание. Заданные параметры модели указаны в скобках.

Задание 3

Методом физического моделирования предполагается определить максимальную нагрузку на рессоры транспортного средства при заданной скорости опускания груза.

Требуется определить условия моделирования, параметры модели и формулы для пересчета результатов моделирования на натуральный (реальный) процесс.

Заданные значения параметров природы и модели указаны в табл.4.

Таблица 4

Номер варианта	Параметры природы (модели)				Масштаб подобия		
	масса платформы, кг	масса груза, кг	жесткость пружины, 10 Н/м	скорость груза, м/с	массы	скорости груза	жесткости пружины
1	2	3	4	5	6	7	8
1	700	500 (5)	100	0,25			100
2	1500	1000	150	0,20	500		
3	4000 (4)	3000	200	0,15		2	
4	6000	5500	250	0,10			250
5	7000	6000	300	0,09 (0,04)	700		
6	7500 (7,5)	6500	350	0,08 (0,02)			
7	8000	7000 (7)	400	0,07			400
9	9000	7000	500 (5)	0,05		5	

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8
10	9100 (9,1)	7200	550	0,25			275
11	9200	600	0,20 (0,10)	1500			
12	9300	7800 (8)	650	0,15		3	
13	9400	8000 (8)	700 (3,5)				
14	9500 (9,5)	8200	0,09			500	
15	9700	8500 (8,5)	800	0,08 (0,02)			
16	10000	9000	900 (4,5)	0,07	10000 0		
17	10500	9500 (9,5)	950	0,06		4	
18	11000(10)	10000	1000	0,05 (0,03)			

Примечание. Заданные параметры модели указаны в скобках.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ВТОРОЙ ЧАСТИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Общие указания

При выполнении заданий второй части контрольной работы следует выделить два основных этапа:

- а) уяснение объекта и задачи моделирования;
- б) установление условий моделирования.

На первом этапе необходимо составить четкое представление о наиболее существенных вопросах конструкции, устройства, принципа действия и сущности рабочего процесса моделируемой строительной машины (ее составной части, системы и т. п.) Затем, исходя из конкретных задач моделирования, необходимо проанализировать возможность и целесообразность упрощенного отображения особенностей моделируемой конструкции и рабочего процесса.

Результаты такого анализа позволяют сформулировать допущения, принимаемые при приближенном моделировании. Этап завершается составлением знаковой модели объекта, которая в графической форме должна дать наглядное представление о сути моделируемой конструкции и рабочего процесса, а также содер-

жать сведения об известных и искомым параметрах и условиях моделирования.

Второй этап выполнения задания рекомендуется начинать с уточнения наименования и краткой характеристики применяемого метода моделирования, где отразить полноту подобия и физическую природу модели. Затем следует в общем виде сформулировать условия подобия природы и модели. Далее, используя основные теоремы подобия и исходные данные задания, необходимо определить масштабы и с их помощью рассчитать параметры модели.

Завершается этап выводом формул для пересчета результатов моделирования на натуральный объект.

Указания к заданию 1

При моделировании конструкции скрепера следует иметь в виду, что принудительная разгрузка ковша осуществляется с помощью выдвижной задней стенки, выполненной в виде щита, ширина и высота которого соответствуют внутренним размерам ковша, а ход выдвижения стенки равен длине днища ковша. Вместимость ковша равна объему прямоугольного параллелепипеда, размеры которого совпадают с внутренними размерами ковша.

При определении геометрических размеров модели толщиной задней и боковых стенок ковша можно пренебречь.

Знаковая модель ковша, представлена в виде схемы (рис.1).

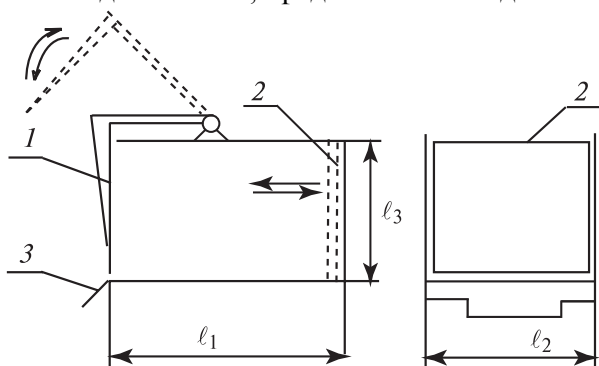


Рис. 1. Знаковая модель (схема) ковша:

1 — заслонка; 2 — задняя (выдвижная) стенка; 3 — нож

Указания к заданию 2

В результате уяснения объекта и задачи моделирования студент должен отметить следующее:

1. Процесс опорожнения сосуда происходит во времени и пространстве, следовательно, физическое моделирование должно быть полным.

2. Для осуществления полного физического моделирования в данном случае должны быть соблюдены условия геометрического и кинематического подобия натуры и модели.

3. При моделировании целесообразно использовать ту же жидкость, что и в натуре (воду).

4. Форма отверстия не оказывает существенного влияния на время опорожнения сосуда.

5. В дополнении к исходным данным можно принять, что сосуд имеет форму открытого вертикального цилиндра с круглым отверстием в дне.

Знаковая модель показана на рис. 2.

Указания к заданию 3

При моделировании допускается рассматривать механическую систему с одной степенью свободы, состоящую из соосно расположенных рессор (пружины) с жесткостью C , грузовой платформы (кузова) массой $m_{\text{П}}$ и груза массой $m_{\text{Г}}$, который опускается на платформу со скоростью V .

Наблюдениями установлено, что деформация пружины L зависит от массы платформы и груза

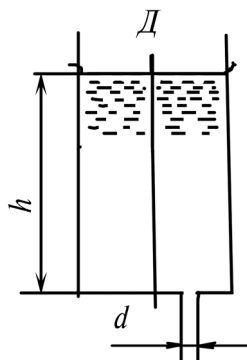


Рис. 2. Знаковая модель (схема) сосуда

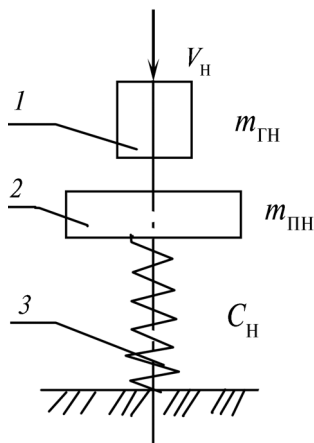


Рис. 3. Знаковая модель (схема) системы:
1 — груз; 2 — платформа;
3 — пружина

$m = m_{\Pi} + m_{Г}$, ускорения силы тяжести g , скорости опускания груза V и ее жесткости C , т.е.

$$L = f(m, q, v, c).$$

Знаковая модель (схема) показана на рис. 3

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин: Уч. пос. для студентов высш. учеб. заведений. — 2-е изд., перераб. — М.: Машиностроение, 1994.

2. Веников В.А., Веников Г.В. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики): Учеб. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1984.

3. М а л я р В.С. Основы моделирования рабочих процессов машин: Уч. пос. — М.: РГОТУПС, 1998.

Дополнительная

1. Баловнев В.И. Моделирование и прогнозирование процессов взаимодействия машин с многофазными средами: Уч. пос. — М.: МАДИ(ТУ), 2000. — 62 с.

2. Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов /Под ред. В.И. Крутова, В.В. Попова. — М.: Высшая школа, 1989.

3. С м е х о в А.А. Математические модели процессов грузовой работы. — М.: Транспорт, 1982.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальная лаборатория.