

УДК 539.3:630*31

В.А. Илинский, С. И. Морозов

Илинский Виктор Анатольевич родился в 1980 г., окончил в 2002 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры водного транспорта леса и гидравлики АГТУ. Имеет 3 печатные работы в области транспорта леса.



Морозов Станислав Иванович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РИА, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет более 180 печатных работ в области изучения устойчивости температурно-напряженного рельсового пути, закрепления его от угона рельсов, удара тел, применения ЭВМ при решении задач механики.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОЙ ФУНКЦИИ ПРИ СОУДАРЕНИИ ДЕРЕВЯННЫХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТЕЛ

Рассмотрен процесс удара лесоматериала о металлическое тело, имеющий место при раскатывании лесоматериалов из плоской сплочной единицы в карман-накопитель раскаточной машины. По материалам исследований определены коэффициенты пластичности и нелинейности при соударении двух тел.

Ключевые слова: удар двух тел, карман-накопитель, лесоматериал, силовая функция, параметры, деформации.

По результатам опытов [2], проведенных с моделью раскаточной машины [3], был сделан вывод о том, что отказы в ее работе связаны с неоптимальными параметрами одного из элементов конструкции, а именно устройства для уменьшения скорости скатывающихся лесоматериалов в момент перехода их с плоской сплочной единицы в карман-накопитель. Устройство представляет собой две подвешенные металлические балки, о которые ударяются скатывающиеся лесоматериалы, в результате чего снижается их скорость. Поэтому возникает необходимость в исследовании ударных процессов на участке соударения тел, что позволит обосновать параметры удара.

Методика экспериментального определения коэффициентов пластичности (B) и нелинейности (n) предложена Г. Герцем и впоследствии использована А.Н. Динником [1]. Суть ее заключается в рассмотрении сжатия двух тел

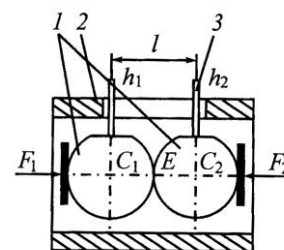


Рис. 1. Схема проведения эксперимента: 1 – шарики; 2 – цилиндр; 3 – направляющие стержни

(рис. 1), которые устанавливаются под прессом горизонтально одно за другим с контактом в точке *E* и нагружаются силой *F*.

Для проведения экспериментов была использована специальная установка – ручной пресс (рис. 2), предназначенный для сжатия под нагрузкой от 0 до 10000 Н двух стальных шариков, имеющих диаметры от 10 до 25 мм.

В качестве исследуемых материалов использовали:

– стальные шарики (ГОСТ 3722–81 «Подшипники качения. Шарики. Технические условия») из шарикоподшипниковой стали ШХ15, имеющие диаметр 22 мм;

– деревянные шарики диаметром 22 мм из трех пород древесины: ели, сосны и березы.

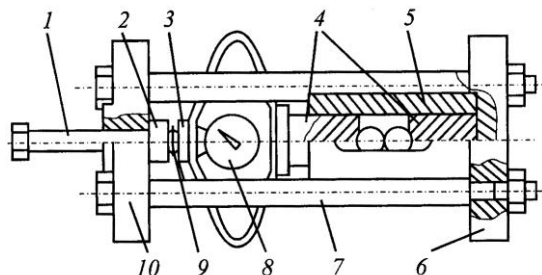


Рис. 2. Ручной пресс: 1 – нагружающий винт; 2 – левая шайба; 3 – правая шайба; 4 – прессовые цилиндры; 5 – гильза; 6 – правое основание; 7 – стержень; 8 – динамометр; 9 – шарик; 10 – левое основание

Рис. 3. Экспериментальный образец:
1 – направляющий стержень;
2 – шарик



Направляющие металлические стержни диаметром 2,5 мм приварены (лазерной сваркой) к поверхности металлических шариков (или приклеены к деревянным) и лежат в диаметральной плоскости, проходящей через центр сферических тел по нормали к линии действия сил *F*. На рис. 3 приведен общий вид металлического шарика с направляющим стержнем.

Положение точек C_1 и C_2 (см. рис. 1) определяли оптическим методом. Деформации находили с помощью универсального измерительного микроскопа УИМ-21, общий вид которого показан на рис. 4. Он предназначен для определения линейных и угловых размеров изделий в прямоугольных и полярных координатах. Перемещения в продольном направлении измеряли с помощью микрометров. Точность измерения длины составляет 0,001 мм, погрешность не превышает 0,5 мк.



Рис. 4. Универсальный измерительный микроскоп УИМ-21

Рис. 5. Внешний вид шариков: 1 – область остаточной деформации древесины сосны; 2 – шарик; 3 – направляющий стержень



Для каждой ступени нагружения измеряли расстояние l между центрами сфер (точки C_1 и C_2):

$$l = h_1 - h_2.$$

где h_1, h_2 – координаты положения точек C_1 и C_2 .

Расположив ручной пресс на продольных салазках так, чтобы края направляющих стержней смотрели вверх, опускали центральный микроскоп до момента, пока не появлялось четкое изображение поверхности направляющих. На этих поверхностях выбирали характерные точки C_1 и C_2 , которые впоследствии можно без труда обнаружить. Координаты h_1 и h_2 находили по прямоли-

нейной шкале с помощью микроскопа. Разность между h_1 и h_2 определяет расстояние l , разность между начальными l_0 и последующими их значениями в процессе нагружения равна деформации тел α ($\alpha = l_i - l_0$) в точке E .

Эксперименты проводили следующим образом.

1. В гильзе ручного пресса между двумя цилиндрами устанавливали два шарика (металлический слева, деревянный справа). Гильзу помещали внутрь корпуса ручного пресса.

2. Направляющие стержни шариков выравнивали. В корпус пресса устанавливали динамометр.

3. Ручной пресс в горизонтальном положении укладывали на продольные салазки прибора УИМ-21.

4. При проведении эксперимента к деревянным шарикам прикладывали нагрузку от 25 до 250 Н с шагом 25 Н, определяли положение точек C_1 и C_2 . Данные замеров записывали в журнал.

Внешний вид шариков из древесины сосны после проведения испытаний представлен на рис. 5.

После экспериментальных исследований определяли теоретические значения коэффициентов B и n . В статье рассмотрен пример расчета. По значениям координат h_1 и h_2 вычисляли расстояние между центрами масс шариков ($l = h_1 - h_2$) для каждого значения нагрузки, а затем их контактную деформацию α ($\alpha = l_i - l_0$). По результатам трех испытаний определяли средние значения контактной деформации шаров $\alpha_{\text{ср}}$ и остаточной нагрузки $F_{\text{ост}}$ (табл. 1).

Для определения параметров силовой функции $F = B\alpha^n$, т. е. коэффициентов B и n , необходимо аппроксимировать пары значений $F_{\text{ост}}$ и $\alpha_{\text{ср}}$ по методу наименьших квадратов. Эту задачу решали с помощью компьютерной программы, написанной на языке программирования BASIC. В окне програм-

Таблица 1

**Расчет средних значений деформации в опытах с шариками из сосны
(по трем опытам $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$)**

F , Н	α_1	α_2	α_3	$\alpha_{\text{ср}}$	$F_{\text{ост}}$, Н
	мм				
25	0,781	0,731	0,801	0,771	21,090
50	1,083	1,063	1,021	1,056	41,109
75	2,253	2,103	2,444	2,267	60,759
100	3,224	2,735	3,121	3,027	82,158
125	3,815	3,658	4,596	4,023	101,056
150	4,980	4,405	4,954	4,780	119,083
175	6,138	5,148	7,106	6,131	133,028
200	7,385	6,100	7,863	7,116	155,413
225	7,972	8,348	8,186	8,169	168,939
250	8,606	8,391	9,400	8,799	194,557

Таблица 2

Экспериментальные и теоретические значения ударной силы в опытах с шариками из сосны

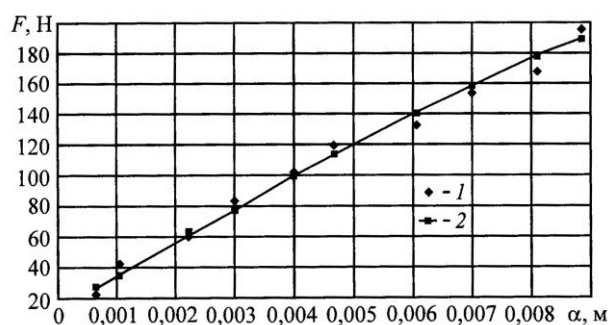
Деформация в опыте α_{cp} , мм	Значения нагрузки, Н		Деформация в опыте α_{cp} , мм	Значения нагрузки, Н	
	экспериментальные	теоретические		экспериментальные	теоретические
0,000771	21,090	25,670	0,00478	119,083	114,484
0,001056	41,109	33,209	0,00613	133,028	140,391
0,002267	60,759	62,118	0,00712	155,413	158,630
0,00303	82,158	78,728	0,00817	168,939	177,617
0,00402	101,056	99,404	0,00880	194,557	188,773

мы задаем число пар ($N = 10$), далее вводим значения F_{cp} и α_{cp} . После ввода всех данных получали результат в виде: $Y(x) = B X^n$.

Расчетами определены следующие значения для коэффициентов пластичности B и нелинейности n по породам: для березы $B = 40348,41$ Па; $n = 0,9059$; для ели $B = 38938,25$ Па; $n = 1,0294$; для сосны $B = 9130,13$ Па; $n = 0,8195$.

Используя коэффициенты пластичности и нелинейности, рассчитывали теоретические значения ударной силы F для каждого значения контактной деформации (табл. 2). Далее строили графики функции $F = F(\alpha)$ по экспериментальным и теоретическим данным для каждой породы (рис. 6).

Рис. 6. Экспериментальные точки (1) и теоретический график (2) функции $F = F(\alpha)$ по данным опытов с шариками из сосны



Полученные данные позволяют определить ударные нагрузки при взаимодействии движущихся лесоматериалов с элементами конструкции раскаточной машины, что необходимо для разработки конструкторской документации. Результаты будут использованы также при определении параметров устройства для уменьшения скорости скатывающихся лесоматериалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динник, А.Н. Удар и сжатие твердых тел [Текст] / А.Н. Динник // Избр. тр. Т.1. – Киев: АН СССР, 1952. – С. 13–144.

2. Илинский, В.А. Методика модельных исследований работоспособности раскаточной машины [Текст] / В.А. Илинский, А.А. Митрофанов // Совершенствование техники и технологии лесозаготовок и транспорта леса: сб. науч. тр. ф-та природных ресурсов АГТУ. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2005. – Вып. 3. – С. 111–115.

3. Илинский, В.А. Разработка методики и проведение исследований надежности работы модели раскаточной машины [Текст] / В.А. Илинский, А.А. Митрофанов // Там же. – 2002. – Вып. 2. – С. 54–62.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 29.03.05

V.A. Ilinsky, S.I. Morozov

Determination of Force Function Parameters under Collision of Wooden and Metal Bodies

The process of wooden material collision on metal body taking place at rolling timber from flat raft section into the bin of the rolling machine. Based on the investigation materials the plasticity and nonlinearity coefficients are determined under collision of two bodies.

