

Яковенко Е.В., Ветрогон А.А., к.т.н.

Севастопольский национальный технический университет, г. Севастополь

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПЕРЕД СТОЛКНОВЕНИЕМ

Приведены результаты натурных и численных экспериментов, выполненных с использованием новых технических средств с целью уточнения энергетического подхода к экспертизе скорости автотранспортных средств при ДТП.

Введение

На сегодняшний день одной из важных задач автотехнической экспертизы является определение скорости автомобиля перед происшествием. Сегодня уже существуют методики, которые позволяют при определении скорости учитывать не только энергию, потерянную автомобилем при торможении, но и энергию, затраченную на деформацию и разрушение деталей автомобиля при столкновении, одна из которых была разработана сотрудниками кафедры «Автомобильный транспорт» Севастопольского национального технического университета под руководством доктора технических наук, профессора Торлина В.Н. [1, 2].

Целью настоящей работы является оценка точности разработанной методики путем проведения серии натурных и численных экспериментов с использованием новых технических средств, что позволит методом сравнительного анализа оценить точность энергетического подхода в целом.

Основная часть

Первым этапом было проведение натурального эксперимента. Для проверки универсальности методики в ходе эксперимента использовались детали кузова автомобиля, имеющие достаточно сложную форму.

Общая последовательность действий при проведении экспериментов была следующей:

- создавалась трехмерная модель детали;
- производились измерения размеров детали;
- на поверхности детали наносилась сетка с точным измерением координат узлов сетки;
- с помощью установки (рисунок 1) осуществлялась пластическая деформация модели с заданной скоростью деформации;
- определялись пластические перемещения узлов сетки, по которым определялась энергия деформации.

Установка для проведения эксперимента работает по принципу маятникового копра и содержит: 1 – тонкую трубчатую штангу длиной l , к которой прикреплен сменный массивный боек 2 массой m_6 , 3 – датчик угла поворота штанги φ отклонения штанги от вертикали, 4 – массивное основание, к которому с помощью болтов крепится испытуемый образец 5.

Для обеспечения возможности нанесения ударов по одной и той же детали под разными углами основание 4 выполнено таким образом, чтобы оно могло поворачиваться от-

носителю оси z (рисунок 1, вид А). Угол поворота основания β может принимать дискретные значения $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$.

Угол поворота штанги определяется с помощью датчика угла поворота, подключенного к микро ЭВМ Arduino Uno, с которого, в свою очередь, данные отправляются в компьютер (рисунок 2).

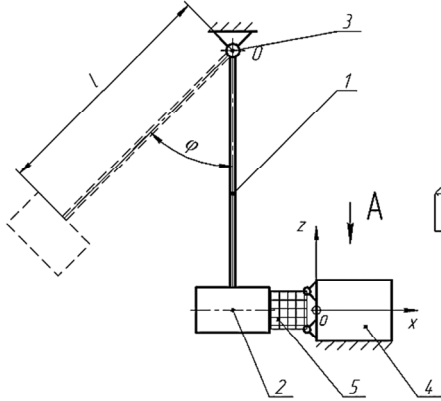


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки: 1 – боек; 2 – штанга; 3 – датчик угла поворота; 4 – основание; 5 – образец

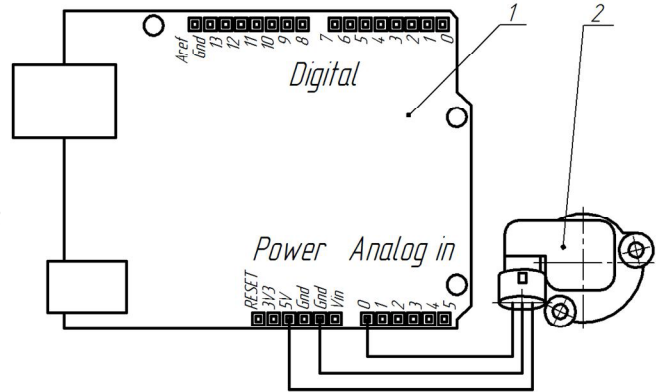


Рисунок 2 – Схема подключения датчика: 1 – микро ЭВМ Arduino Uno; 2 – датчик угла поворота

Скорость бойка определяется как

$$V = \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{\pi l}{180}, \quad (1)$$

где φ – угол поворота штанги;

l – длина штанги;

t – время.

Графики угла поворота штанги φ и скорости бойка V , полученные в ходе эксперимента, показаны на рисунке 2.



а)

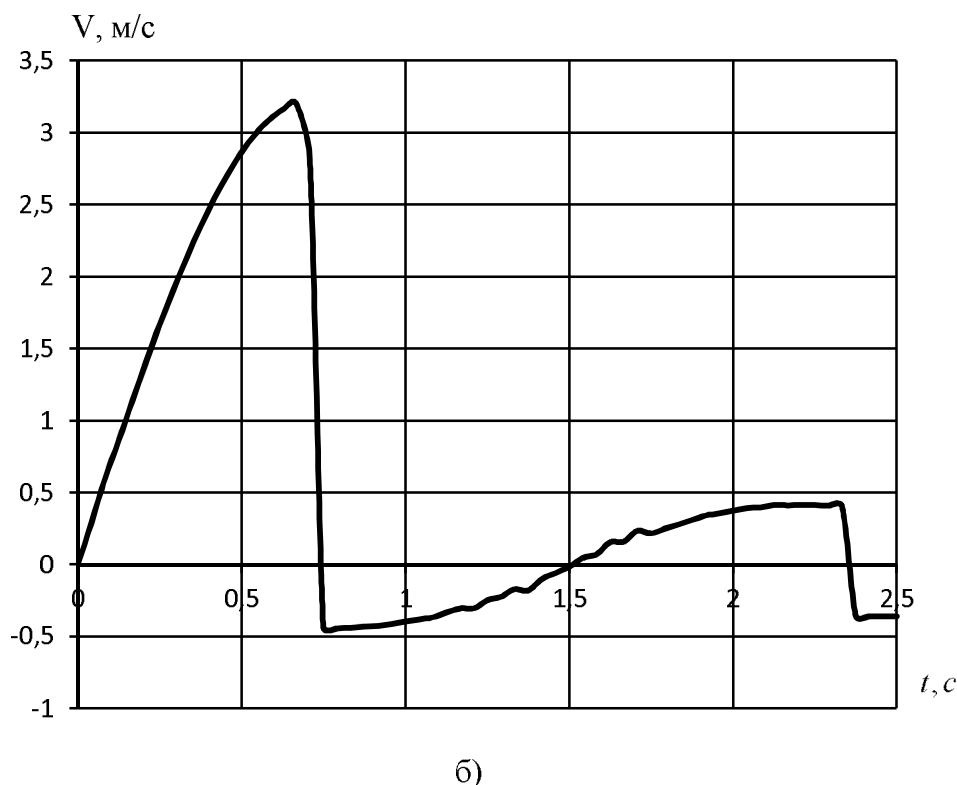


Рисунок 3 – Графики угла поворота штанги (а) и скорости бойка (б)

Энергия, сообщенная модели 5, при массе бойка m_b будет равна кинетической энергии бойка (определяется по скорости в момент удара). Упругую составляющую деформации модели определяем как кинетическую энергию бойка после удара (определяется по скорости после удара) – см. рисунок 3 б.

Эксперимент можно условно разделить на две части. Первая часть – деформирование производилось с различными углами отклонения маятника (50° , 60° , 70° , 80°) при значении угла поворота основания 45° . Вторая часть эксперимента – деформирование производилось с различными углами поворота основания (0° , 15° , 30° , 45°) при значении угла отклонения маятника 90° [3]. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

№ образца	Угол начального отклонения штанги φ , град.	Угол удара β , град.	Скорость в момент удара, м/с	Скорость в начале отбрасывания, м/с	Энергия удара, Дж	Упругая составляющая, Дж	Упругая составляющая, %
1	50	45	3,55	1,02	174,7	9,7	5,6 %
2	60	45	4,20	1,09	244,6	17,2	7,0 %
3	70	45	4,82	1,16	321,8	22,0	6,8 %
4	80	45	5,40	1,15	404,2	19,6	4,8 %
5	90	45	5,94	1,26	489,1	29,9	6,1 %
6	90	30	5,94	1,13	489,1	25,4	5,2 %
7	90	15	5,94	0,96	489,1	22,6	4,6 %
8	90	0	5,94	0,97	489,1	20,5	4,2 %

По полученным данным измерений деформированных образцов (рисунок 4 а), были сгенерированы модели (рисунок 4 б), по которым и определялась энергия деформации E' (таблица 2). Свойства материала, используемые при расчете были взяты из справочной литературы [4].

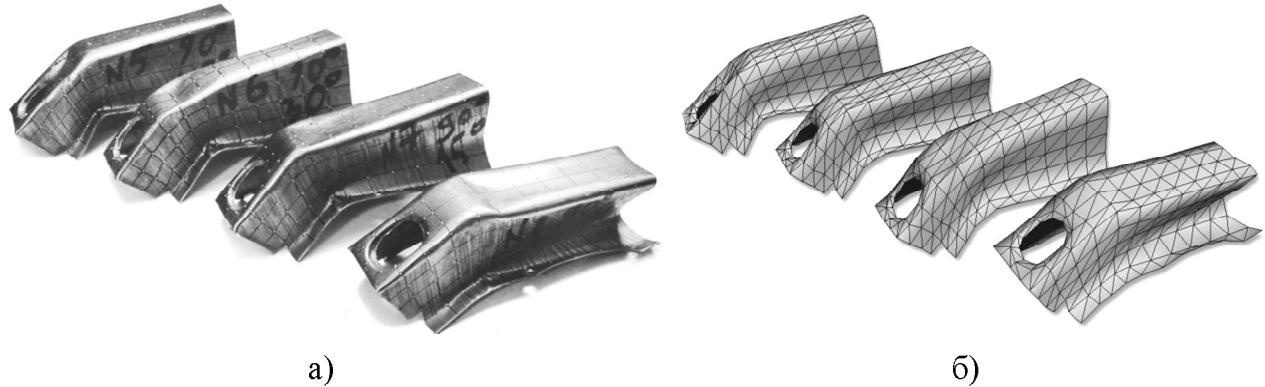


Рисунок 4 – Деформированные образцы и модели деформированных образцов

Таблица 2 – Сравнительный анализ численного и натурального экспериментов

№ образца	Результаты натурального эксперимента				Результаты численного эксперимента		
	E , Дж	E' , Дж	ΔE , %	$E_{пл}$, Дж	$E_{пл}$, Дж	$E_{упр.ост}$, Дж	$\delta_{упр.ост}$, %
1	174,7	177,1	1,3%	159,0	150,4	14,6	9,7%
2	244,6	233,4	-4,6%	205,4	205,5	21,8	10,6%
3	321,8	301,1	-6,5%	265,2	267,7	32,2	12,0%
4	404,2	364,6	-9,8%	327,8	345,8	38,9	11,2%
5	489,1	438,5	-10,3%	388,2	410,0	49,3	12,0%
6	489,1	434,9	-11,1%	389,0	412,5	51,2	12,4%
7	489,1	444,2	-9,2%	400,5	422,1	44,4	10,5%
8	489,1	467,7	-4,4%	424,9	437,8	30,9	7,0%

Вид полученной зависимости относительной погрешности определения энергии деформации показан на рисунке 5.

Проведенные эксперименты показали, что предложенный метод определения поглощенной энергии дает среднее значение погрешности не более 12 %. При этом видно, что большие значения погрешности имеют место для образцов с более высокими значениями энергии деформации.



Рисунок 5 – Диаграмма относительной погрешности вычисления энергии деформации

Параллельно натурному эксперименту был проведен численный эксперимент, в котором модель сминалась недеформируемой плоскостью фиксированной инерционной массы. Расчеты проводились с помощью пакета Abaqus. Начальные условия (скорость в момент удара) совпадали с условиями проведенного натурного эксперимента. На рисунке 6 показан деформированный образец и результат расчета столкновения.

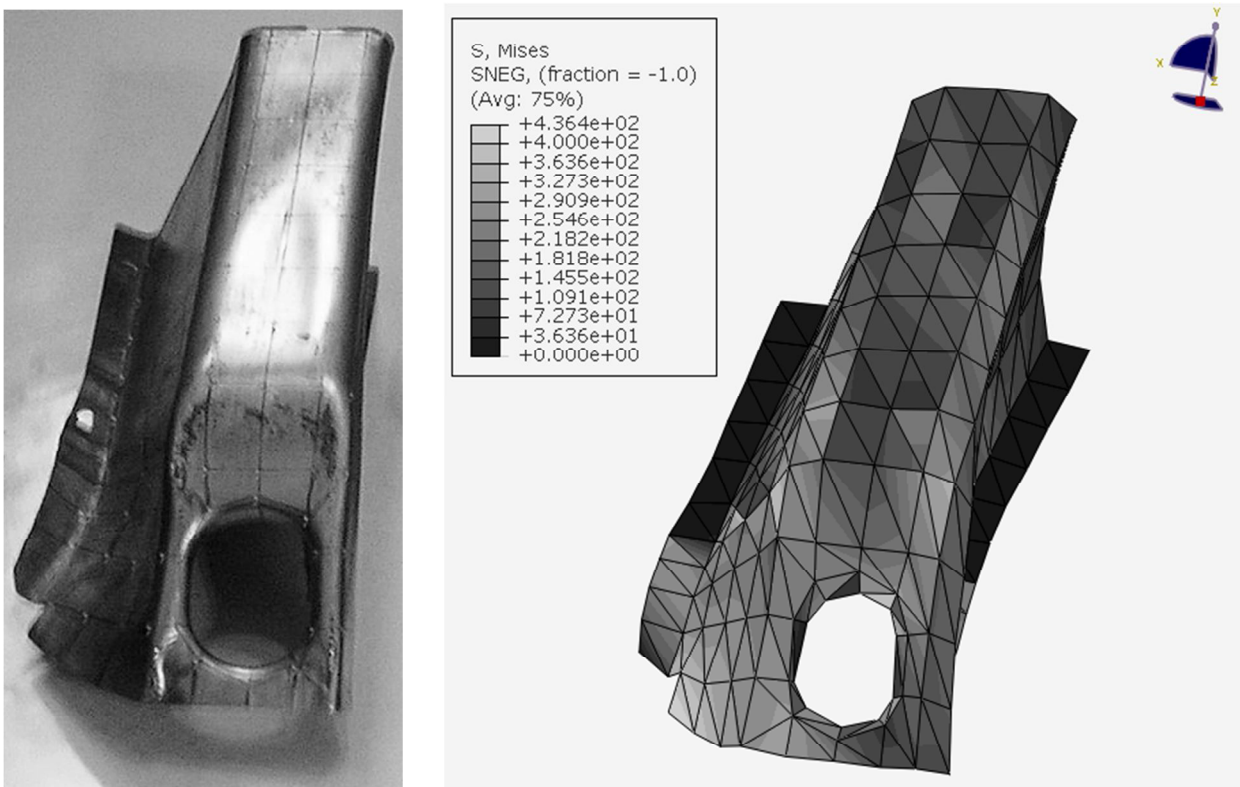


Рисунок 6 – Результаты численного и натурного экспериментов

На рисунке 7 показаны графики изменения кинетической энергии (кривая 1), энергии деформации (кривая 2) и энергии пластической деформации (кривая 3).

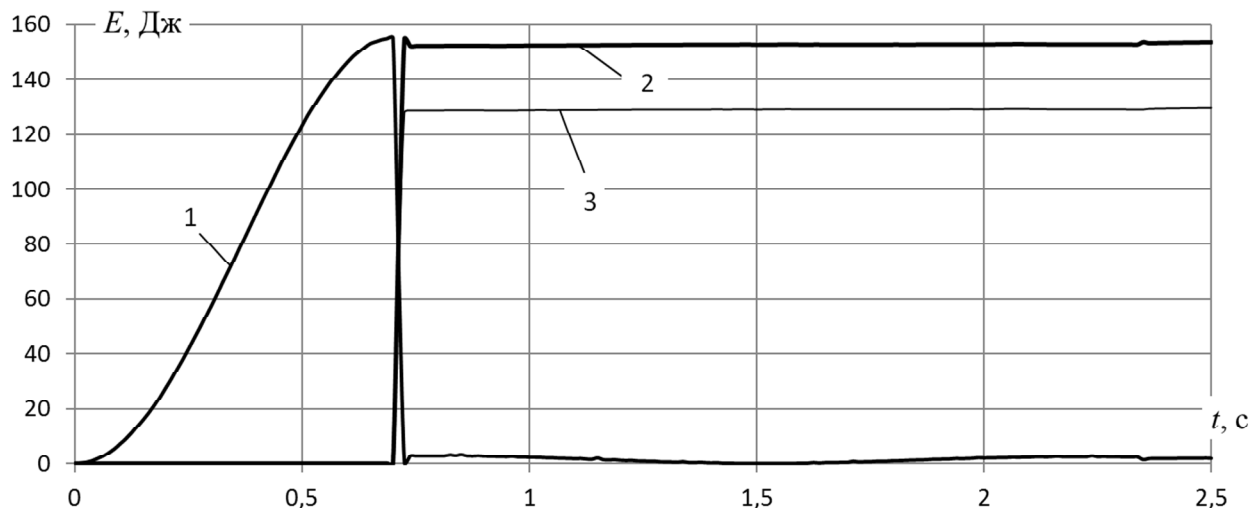


Рисунок 7 – Графики изменения кинетической энергии и энергии деформации

В результате обработки данных численного эксперимента были получены значения как энергии пластических деформаций $E_{пл}$, так и энергии остаточных упругих деформаций $E_{упр.ост}$ (таблица 2). Видно, что величина энергии $E_{упр.ост}$ превышает заложенные в используемую для экспертизы методику 5 % [5]. Очевидно, что это допущение является одним из источников погрешности.

Вывод

Проведенные эксперименты показали, что методика определения поглощенной энергии, изложенная в [1, 2], дает среднее значение погрешности не более 12%. Также в ходе анализа результатов экспериментов было выявлено, что одним из источников погрешности является величина остаточных упругих деформаций, что требует дополнительных исследований в этой области.

Список литературы

1. Торлин В.Н. Повышение достоверности результатов экспертизы ДТП по энергетическим критериям / В.Н. Торлин, В.А. Ксенофонтова, А.А. Ветрогон // Автомобильный транспорт. – Х.: РИО ХНАДУ. – 2005. – Вып. № 16. – С. 19–22.
2. Торлин В.Н. Анализ энергопоглощающей способности кузова автомобиля / В.Н. Торлин, А.А. Ветрогон, Е.В. Яковенко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2006. – № 7 (101). – С. 115–119.
3. Ветрогон А.А. Повышение точности результатов экспертизы скорости при дорожно-транспортном происшествии: дис., к.т.н.: 05.22.20 / Ветрогон Александр Анатольевич. – Х.: ХНАДУ, 2009. – 205 с.
4. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. – К.: Наук. думка, 1988. – 736 с.
5. Ксенофонтова В.А. Разработка метода определения скорости транспортного средства до столкновения в результате ДТП: дис., к.т.н.: 05.22.20 / Ксенофонтова Виктория Анатольевна. – Х.: ХНАДУ, 2003. – 226 с.

Рецензент: к.т.н., доц. М.А. Мастепан, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ».

Рецензент: д.т.н., проф. С.М. Братан, Севастопольский национальный технический университет.

Статья найдшла до редакції 04.09.12
© Яковенко Е.В., Ветрогон А.А., 2012