

С. И. Коняева

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ВРЕМЯ РЕАКЦИИ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ

Исследовано время реакции студентов, которое необходимо учесть в инструментальной погрешности измерения времени при выполнении лабораторных работ по физике, если секундомер включается и останавливается вручную. Показано, что время реакции студентов лежит в широких пределах. Не удалось обнаружить какой-либо существенной корреляции между временем реакции и некоторыми признаками, параметрами, интересами, увлечениями студентов.

Ключевые слова: измерение времени секундомером, время реакции, инструментальная погрешность.

Sofya I. Konyaeva

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

THE REACTION TIME IN THE INSTRUMENTAL ERROR OF THE TIME MEASUREMENT

The reaction time of students is studied, which must be taken into account in the instrumental error of time measurement when performing laboratory work in physics, if the stopwatch is turned on and stopped manually. It is shown that the reaction time of students lies within a wide range. It was not possible to find any significant correlation between reaction time and certain characteristics, parameters, interests, and hobbies of students.

Keywords: stopwatch time measurement, reaction time, tool error.

В течение многих десятилетий при выполнении лабораторных работ по физике для измерения времени использовался секундомер часового типа с ценой деления 0,2 с, которая, как правило, и принималась за инструментальную погрешность измерения времени. Однако сегодня для измерения времени студенты широко применяют секундомеры смартфонов или других цифровых устройств, декларирующих точность измерения времени 0,01 с. Очевидно, что

принять инструментальную погрешность измерения времени равной этому значению является ошибкой, поскольку в процесс измерения времени по-прежнему часто остается включен человек, имеющий время реакции, значительно превышающее сотую долю секунды.

Целью данной работы является исследование времени реакции группы студентов. Время реакции определялось простейшим экспериментом: необходимо было поймать пальцами вертикально ориентированную падающую линейку. Время реакции вычислялось по хорошо известной формуле

$$t = \sqrt{2s/g}, \quad (1)$$

где s – модуль перемещения линейки за время реакции;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

В эксперименте приняли участие 31 человек, 16 юношей и 15 девушек. Каждый из них выполнил серию из 10 измерений. Кроме этого, студенты любезно согласились ответить на несколько вопросов о своих увлечениях (спорт, музыка, автомобиль), а также привели свой вес и рост.

На рис. 1 приведено распределение полученных результатов измерений, разложенных по ячейкам шириной 10 мм: (15; 25], (25; 35], ... , (235; 245] мм.

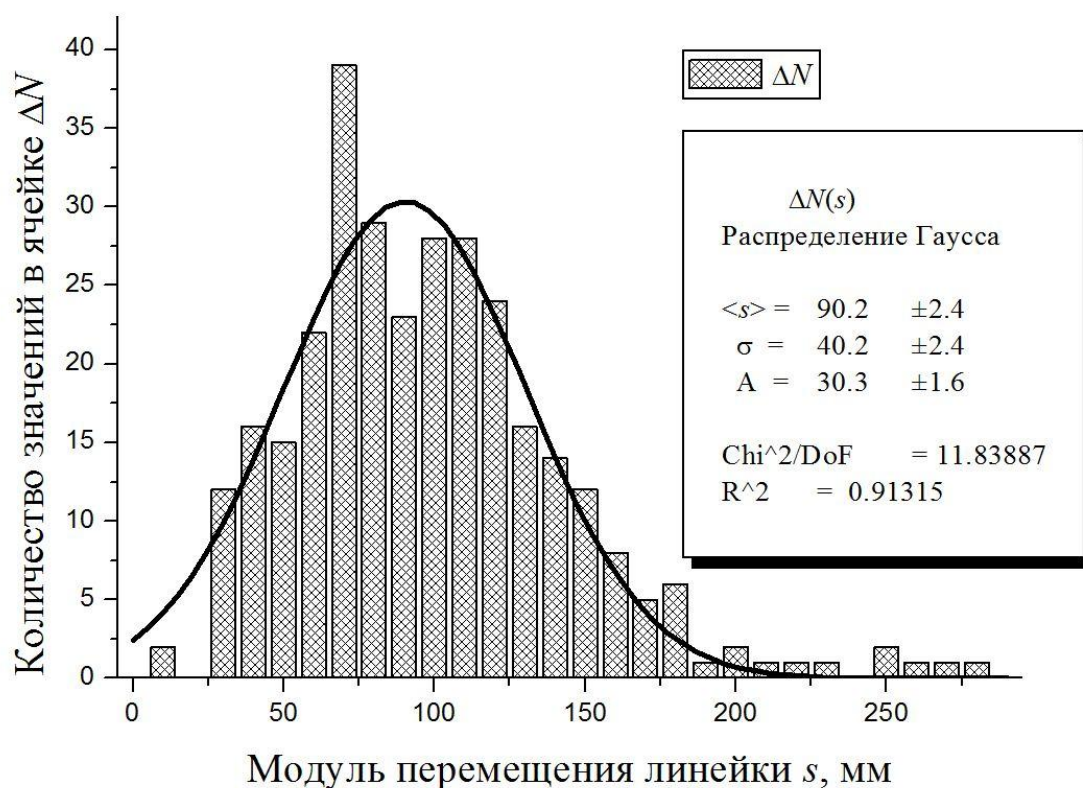


Рисунок 1 – Распределение результатов измерений по модулю перемещения

На рис. 1 показана также аппроксимация результатов измерений распределением Гаусса, нормированным на количество измеренных значений

$$\Delta N(s) = A \exp \left(-\frac{(s - \langle s \rangle)^2}{2\sigma^2} \right), \quad (2)$$

где $\langle s \rangle$ – математическое ожидание (среднее значение результатов измерений);

σ – стандартное отклонение;

A – наибольшее значение (амплитуда) функции распределения.

Из гистограммы видно, что имеется длинный хвост распределения в сторону более высоких значений модуля перемещения, связанный, очевидно, с нелинейной зависимостью перемещения от времени при падении линейки. Поэтому в дальнейшем будем анализировать непосредственно время реакции, а не модуль перемещения линейки. Распределение по времени рассчитанных времен реакции, разложенных по ячейкам шириной 0,02 с: (0,04; 0,06], (0,06; 0,08], ... , (0,22; 0,24] с, показано на рис. 2.

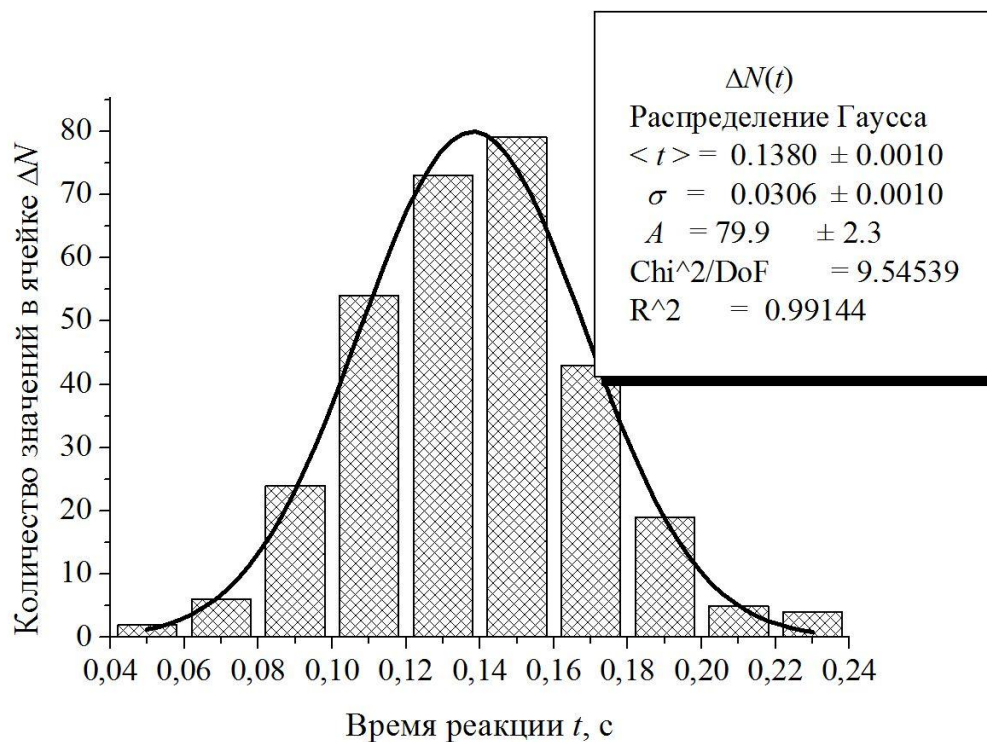


Рисунок 2 – Распределение результатов измерений по времени реакции

На рис. 2 также показана аппроксимация результатов измерений распределением Гаусса, построенная методом наименьших квадратов [1, 2]. При обработке результатов измерений [3] были получены также среднее значение вре-

мени реакции и стандартного отклонения. Обращает на себя внимание большая ширина распределения. Причины большого разброса значений времени реакции будут исследованы ниже.

Из анализа приведенных на рисунках гистограмм видно, что существенное отличие количества результатов измерений в некоторых ячейках от нормального распределения, превышающее допустимые погрешности, которое наблюдается на гистограмме рис. 1 и отсутствует на гистограмме рис. 2, скорее всего, связано с более грубым округлением результатов измерений некоторыми участниками при проведении эксперимента.

Подводя итоги первой части работы, можно заключить, что в результате проведенного эксперимента мы получили удовлетворительный, адекватный, удовлетворяющий распределению Гаусса (как и должно быть) набор данных, пригодных для дальнейшего анализа.

На рис. 3 представлено распределение средних значений времени реакции участников эксперимента по времени.

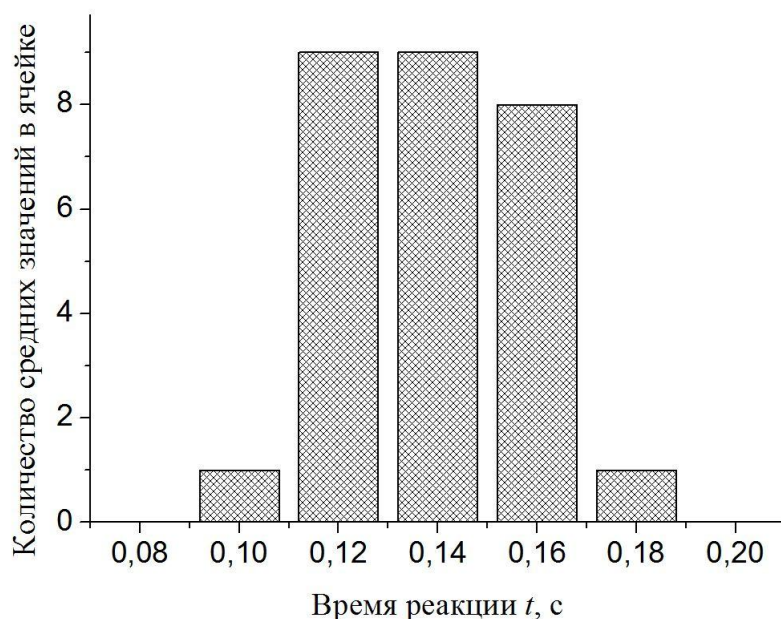


Рисунок 3 – Распределение по времени средних значений времени реакции каждого участника

Из этой гистограммы видно, что имеет место быть практически равномерное распределение времени реакции участников эксперимента по времени, лежащее в интервале от 0,11 с до 0,17 с. При этом случайная погрешность измерения времени реакции каждого участника в среднем оказалась равной 0,014 с

и ни у кого не превышала значения 0,022, то есть оказалась значительно меньше ширины распределения, показанного на рис. 3. Это позволяет нам сделать вывод о том, что большое стандартное отклонение в данных, представленных на рис. 2, связано со значительным различием времени реакции у различных участников эксперимента.

Далее, анализируя данные, мы попытались найти взаимосвязь между временем реакции человека и набором данных, сообщенных нам студентами. В табл. 1 представлены средние значения времени реакции отдельно юношей и девушек, и «водителей» и «пешеходов».

Таблица 1

Сравнение времени реакции групп студентов

Юноши	Девушки	«Водители»	«Пешеходы»
0,139 с	0,139 с	0,136 с	0,143 с

Видно, что никакой существенной разницы во времени реакции обнаружить не удалось (напомним, что различие в 0,007 с не играет роли, поскольку это меньше инструментальной погрешности секундомера, равной 0,01 с). Проверить зависимость времени реакции от занятий музыкой или спортом оказалось невозможным, так как отметили занятия музыкой лишь два человека, а спортом не занимаются только четыре человека, что не позволяет получить статистически значимые результаты.

И, в заключение работы были вычислены линейные коэффициенты корреляции времени реакции с ростом человека и с его весом (массой) по формуле

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{31} [(x - \langle x \rangle)(y - \langle y \rangle)]}{\sqrt{(x - \langle x \rangle)^2 (y - \langle y \rangle)^2}}. \quad (3)$$

Линейный коэффициент корреляции в паре «время реакции» – «рост» оказался равным $r_{t,h} = 0,0413$, а в паре «время реакции» – «вес» $r_{t,m} = -0,0166$, что говорит об отсутствии сколько-нибудь значимой функциональной зависимости между рассмотренными числовыми последовательностями.

Итак, проводя исследование, необходимо признать, что время реакции человека определяется его индивидуальными особенностями и не коррелирует с рассмотренными признаками.

По результатам работы можно рекомендовать для всех студентов выбирать инструментальную погрешность измерения времени при ручном управлении секундомером вблизи верхней границы полученного диапазона времен реакции, то есть не менее 0,17 с. Если же необходимо максимально уменьшить погрешность измерения времени при «ручном управлении», то необходимо измерить собственное время реакции экспериментатора.

В заключение автор выражает искреннюю признательность сокурсникам, принявшим участие в эксперименте.

Научный руководитель – к. ф.-м. н., доцент кафедры «Физика и химия» Л. А. Литневский, ОмГУПС.

Список литературы

1. Тейлор, Дж. Введение в теорию ошибок: пер. с англ. / Дж. Тейлор ; пер. Л. Г. Деденко. – М.: Мир, 1985. – 272 с.
2. Литневский, Л. А. Метод наименьших квадратов в лабораторном практикуме по физике: методические указания к выполнению лабораторных работ по физике / Л. А. Литневский, С. А. Минабудинова // Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2004. – 31 с.
3. Крохин, С. Н. Измерения и расчет погрешностей в лабораторном практикуме по физике: учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных работ по физике / С. Н. Крохин, Л. А. Литневский, С. А. Минабудинова // Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2017. – 29 с.