

$$U_C = E e^{-\frac{t}{RC}}. \quad (2)$$

Одна из основных целей физических исследований сводится к тому, что студенту необходимо получить осциллограмму заряда/разряда конденсатора и далее «оцифровать» зависимость  $U_C = f(t)$ . Это позволяет рассчитать «неизвестную» емкость  $C$  исследуемой  $RC$  цепи при условии, что сопротивление  $R$  известно. Некоторые педагогические аспекты лабораторной работы:

- студент получает новые (для себя) знания о функционировании конденсатора в электрических цепях, которые базируются на законах коммутации;
- для обучаемого появляется возможность наблюдать как физические процессы и явления, связанные с конденсатором, описываются математическими средствами, как математика позволяет глубже понять физику и наоборот;
- лабораторная работа выполняется на основе использования прямоугольных импульсных сигналов, что дает возможность студенту наблюдать некоторые особенности работы цифровой техники;
- математический аппарат лабораторной работы позволяет студенту углубить познания в решении дифференциальных уравнений первого порядка на основе конкретных физических процессов, в частности, в определении математических постоянных дифференциального уравнения;
- обучаемый имеет возможность приобретать навыки работы с современными измерительными приборами физики и радиоэлектроники: генератором электрических колебаний и осциллографом;
- преподаватель имеет возможность организовать множество вариантов лабораторных заданий, что индивидуализирует деятельность студентов на лабораторной работе.

Недостатком выполнения лабораторной работы является то, что работа с генератором и осциллографом требует опыта исследователя, которого у большинства студентов младших курсов нет. Как правило, студенту необходима помощь преподавателя при работе с такими приборами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Величко, Л. А. Электричество : методические указания к выполнению лабораторных работ по физике для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения : в 2 ч. / Л. А. Величко, Н. Н. Ворсин, К. М. Маркевич. – Брест : БрГТУ, 2018. – Ч. 2. – 23 с.

### СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНЫХ ОПЫТОВ И ИХ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ

***Н. Н. Ворсин, К. М. Маркевич***

*Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь*

Весьма часто при выполнении лабораторной работы от студента требуют статистическую обработку результатов измерений, которая обычно сводится к определению доверительного интервала для найденного значения измеряемой

величины. С этой целью рекомендуется повторить измерения 5–10 раз. Поскольку объем такой выборки данных мал и является совершенно недостаточным для статистических выводов, рекомендуют воспользоваться распределением Стьюдента, которое якобы дает обоснованные оценки при малых выборках. Однако в этом случае игнорируется еще одно условие: исходные данные, пусть их будет мало, должны иметь нормальное распределение. Это условие почти никогда не выполняется, что делает навязываемые учащимся статистические оценки заведомо неверными. При этом на ручную обработку даже 5 отсчетов затрачивается значительное учебное время.

В то же время известно (центральная предельная теорема теории вероятностей), что сумма большого количества слабо зависимых друг от друга случайных величин имеет нормальное распределение при любом распределении каждой из этих величин [2]. Это означает, что незнание закона распределения результатов измерений можно компенсировать увеличением их количества. Но для получения асимптотически корректных результатов объем выборки должен быть достаточно большим. Достаточный объем исчисляется, по крайней мере, несколькими десятками. Стандартная ошибка уменьшается с увеличением объема выборки, но при объемах, превышающих  $n = 50$ , уменьшение становится незначительным. Поэтому можно задаться необходимым объемом выборки  $n > 50$ . Если измерения делаются вручную с переписыванием результатов в таблицу и последующей ручной обработкой, то выполнение лабораторной работы займет не один день.

Наличие в широком доступе компьютеров, имеющих универсальные средства накопления информации, а также ее обработки, позволяет решить проблему получения необходимого объема измерительной выборки и последующей корректной статистической обработки результатов. Необходимо только соединить компьютер с измерительным узлом опыта и обеспечить накопление результатов измерений. Данная задача решается путем использования компьютеризированных лабораторных установок [3]. При этом целесообразно накапливать результаты измерений в виде текстового файла, содержание которого можно контролировать визуально. Затем файл загружается в какую-либо программу статистической обработки, например, в общеизвестную электронную таблицу Excel. Заодно реализуется естественная межпредметная связь физики с информатикой.

Электронная таблица позволяет быстро вычислить необходимые для определения доверительного интервала –  $\Delta x$  среднее арифметическое, среднеквадратичное отклонение и обратное значение функции стандартного нормального распределения. Общая формула для ширины доверительного интервала имеет следующий вид

$$\Delta X = \frac{sc}{\sqrt{n}},$$

где  $s$  – среднее квадратичное отклонение по выборке,  $n$  – размер выборки, удвоенное обратное значение функции стандартного нормального распределения для заданной вероятности попадания в доверительный интервал. Попростому говоря, это количество стандартных ошибок, укладываемых в доверительный интервал. (Вероятностям 0,9; 0,95 и 0,99 соответствуют значения  $s = 3,28; 3,92$  и  $5,16$ ).

Но на практике нет необходимости использования данной формулы, поскольку в Excel есть готовая функция для расчета доверительного интервала – ДОВЕРИТ.НОРМ. Ее синтаксис следующий:

ДОВЕРИТ.НОРМ(альфа;стандартное\_откл;размер),

где альфа – доверительный уровень, определяющий вероятность того, что математическое ожидание окажется за пределами вычисляемого доверительного интервала. При доверительной вероятности  $p$ , альфа равно  $1-p$ .

Стандартное\_откл – это среднее квадратичное отклонение выборочных данных от их среднего значения. Стандартную ошибку рассчитывать не нужно, Excel сама разделит на корень из  $n-1$ .

Размер – количество результатов измерений ( $n$ ).

Результат функции ДОВЕРИТ.НОРМ – это половина доверительного интервала. Соответственно, нижняя и верхняя точка его – это среднее  $\pm$  полученное значение.

В результате мы имеем универсальный алгоритм расчета доверительных интервалов для средней арифметической погрешности, который не зависит от распределения исходных данных. Платой за универсальность является необходимость получения больших выборок ( $n > 50$ ). Однако применение компьютеризированных лабораторных установок позволяет естественным образом получать объемы выборок, состоящие из десятков или сотен отсчетов.

Накопленный текстовый файл отсчетов загружается в Excel. С помощью функций «счет», «срзнач», «стандотклон» определяются объем выборки –  $n$ , среднее арифметическое отклонение результатов –  $X$  и стандартная ошибка –  $s$ . После этого применяется функция «доверит.норм», которая дает размер половины доверительного интервала –  $\Delta X$ . Записывается результат  $x = X \pm \Delta X$ .

Таким образом, время, затрачивающееся на статистическую обработку большого массива данных, оказывается незначительным, а получаемый результат вполне корректным.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяконов, В. П. Виртуальные лаборатории. Обзор приставок и плат к персональному компьютеру / В. П. Дьяконов // Ремонт и сервис. – 2005. – № 7.
2. Соболев, В. Н. Об асимптотических разложениях в центральной предельной теореме / В. Н. Соболев // Теория вероятностей и ее применения. – 2007. – Т. 54, № 3. – С. 490–505.
3. Ворсин, Н. Н. Концепция модернизации физического лабораторного практикума / Н. Н. Ворсин, В. И. Гладковский // Веснік Брэсцкага універсітэта. Серыя 4. Фізіка. Матэматыка. – 2016. – № 1. – С. 10–13.

**ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА  
ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

***В. К. Долгий<sup>1</sup>, В. А. Чернявский<sup>2</sup>, В. Т. Ветрова***

*<sup>1</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

*<sup>2</sup> Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь*

Одной из задач современного высшего образования является подготовка выпускников, способных быть инициативными, предприимчивыми, решать не только типовые задачи, но и уметь выбирать лучшие и оптимальные решения из тех, что предоставляет им действительность, стремящихся к самообразованию, творческому росту и развитию.

В настоящее время серьезным препятствием в формировании базовых компетенций будущих специалистов является недостаточная сформированность базовых знаний по физике студентов первого курса. Современный уровень подготовки будущих специалистов требует развития у них исследовательских навыков работы [1], что можно осуществить только в процессе изучения технических дисциплин методами лабораторного практикума, который является одним из важных звеньев учебного процесса.

Лабораторный практикум по физике преследует две основные цели: во-первых, дать возможность подробно ознакомиться с изучаемыми основными явлениями и законами физики и, во-вторых, дать возможность студентам овладеть методами физических измерений, ознакомиться с измерительными приборами.

В настоящее время существуют следующие методы организации лабораторных занятий в вузах: фронтальные (все студенты группы выполняют одну и ту же работу), циклические (студенты выполняют работы разные по содержанию, но по одной тематике), поточные, индивидуальные (каждое звено студентов выполняет отдельную работу).

Применяемая в БГАТУ методика проведения лабораторных работ по физике заключается в сочетании фронтального и индивидуального методов организации лабораторного практикума. При изучении первого раздела курса физики «Механика» лабораторные работы выполняются фронтально. В дальнейшем, при изучении следующих разделов физики происходит переход от фронтального метода выполнения лабораторных работ к индивидуальному.

Фронтальный метод выполнения лабораторных работ по физике имеет важные положительные стороны. Прежде всего, он делает процесс адаптации студентов к выполнению лабораторного практикума безболезненным, так как таким методом выполнялись лабораторные работы в средней школе. Также он дает возможность связать изучаемый курс физики с лабораторными работами. Только при фронтальном методе выполнения лабораторные работы могут быть поставлены как введение к теме курса физики, как повторение и обобщение пройденного материала или выступать в виде контроля приобретенных знаний, умений и навыков. При фронтальном методе выполнения лабораторных работ одновременно вся группа включается в поиски решения той или иной задачи.