

$$\varphi(t, h_1)(h_2, h_3) = (e^{3vt}(g_2 \operatorname{ch}(h_1 + vt) + g_3 \operatorname{sh}(h_1 + vt)), e^{3vt}(g_2 \operatorname{sh}(h_1 + vt) + g_3 \operatorname{ch}(h_1 + vt))).$$

Легко проверить, что

$$\varphi(t_1 + t_2, h_1 + g_1)(h_2, h_3) = (\varphi(t_1, h_1) \circ \varphi(t_2, g_1))(h_2, h_3) = (\varphi(t_2, h_2) \circ \varphi(t_1, h_1))(h_2, h_3).$$

Так как каждое преобразование $\varphi(t, h_1)$ является линейным, оно является автоморфизмом группы G_2 . Поэтому имеем отображение $\varphi : G_1 \rightarrow \operatorname{Aut}(G_2)$, которое является гомоморфизмом. Тем самым доказана следующая теорема.

Теорема. *Группа $FH(G_3)$ является полупрямым произведением двух коммутативных двумерных групп Ли G_1 и G_2 : $Is(S_2) = G_2 \rtimes_{\varphi} G_1$. Каждая из групп G_1 и G_2 изоморфна группе $\mathbf{R}^2$ с операцией сложения.*

Заключение. В данной работе были дополнены результаты, опубликованные в статье [1]: найдено матричное представление полной группы подобий однородного самоподобного трёхмерного лоренцевого многообразия группы Ли $G_3 = SE(1,1)$, снабжённой специальной левоинвариантной метрикой, такой что группа Ли с этой метрикой является самоподобным многообразием. Оказалось, что полная группа подобий является полупрямым произведением двух двумерных коммутативных групп Ли.

1. Подоксёнов, М.Н. Самоподобное однородное лоренцево многообразие группы ли $SE(1,1)$ / М.Н. Подоксёнов, М.В. Линкевич // Математические структуры и моделирование. 2024. – № 2(70). – С. 21–28.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Малышев А.Л.,

магистрант ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь

Научный руководитель – Кашевич И.Ф., канд. физ.-мат. наук, доцент

Ключевые слова. Лабораторная установка, производство, конструкция, функциональность.

Keywords. Laboratory installation, produced by, construction, functionality.

Приобретение учебно-лабораторного оборудования продолжает оставаться одной из важных задач обновления материально-технической базы учреждений высшего образования. Разнообразие конструкций и технических особенностей производимых учебных лабораторных установок зачастую затрудняет выбор учебного оборудования для проведения лабораторных работ в вузе. Поэтому исследование функциональности и характеристик выпускаемого учебно-лабораторного оборудования является важным предварительным этапом при оснащении и модернизации учебных лабораторий.

Цель работы – провести сравнение и анализ конструкций и возможностей учебных лабораторных установок.

Материал и методы. Материалом исследования являются технические характеристики и схемы лабораторных установок, предлагаемых на сайтах производителей и поставщиков. В основу работы были положены сравнительно-сопоставительные методы исследования.

Результаты и их обсуждение. Современные учебно-лабораторные установки отличаются компактностью и высоким уровнем интеграции с цифровыми технологиями. Комплекующие установки выполнены по действующим техническим стандартам и с использованием новых технологий и материалов.

Для сравнения выбраны лабораторные установки производства белорусского учебно-научно-производственного центра «Технолаб» [1], российской лабораторией «L-микро» [2] и российского производственного объединения «Зарница» [3]. В работе рассматриваются четыре установки по механике: «Машина Атвуда», «Баллистический маятник», «Соударение шаров», «Маятник Обербека» и три установки по молекулярной физике: «Изотермический процесс», «Изобарный процесс», «Изохорный процесс».

Установки производства «Технолаб» по механике и установка «Изобарный процесс» собраны из имеющихся в продаже легких корпусных деталей, дополненных изделиями из пластика, изготовленными методом 3D-печати. Широкое прямоугольное основание установок выполнено из ДСП. Во всех установках производства «Технолаб» в качестве датчиков применены недорогие потребительские электронные устройства, а управление и обработка данных реализованы на аппаратной платформе Arduino.

Механические лабораторные установки производства «Зарница» имеют стальную конструкцию и собраны на одиночных стойках, закрепленных на небольшом треугольном основании. Установки достаточно массивны и в то же время компактны, занимая малую площадь.

В лабораторных установках производства «L-микро» регистрация данных осуществляется в автоматическом режиме на протяжении всего процесса измерений с выводом на компьютер.

Установка «Машина Атвуда» производства «Технолаб» имеет прямоугольную платиковую нежесткую размеченную стойку. В установке имеется только один фотодатчик и не предусмотрено снятие дополнительного груза в ходе движения грузов, поэтому в работе определяется время только равноускоренного движения груза, что заметно снижает функциональность установки по сравнению с общепринятым полноценным вариантом, в котором должно быть также приспособление для снятия дополнительного груза и еще один фотодатчик, фиксирующий время окончания равноускоренного и время начала последующего равномерного движения грузов. Такие полные возможности имеет, в частности, установка производства «Зарница».

В установке «Баллистический маятник» производства «Технолаб» фанерная конструкция маятника включает цилиндр с магнитом в качестве уловителя шарика, торцом соединенный с плоским стержнем, имеющим на свободном конце также широкий дуговой выступ для удержания отклонившегося маятника, что существенно затрудняет геометрическое определение момента инерции маятника. Пускателем шарика в установке является пружинный пистолет. Угол отклонения маятника определяется глазомерно по угловой шкале.

В установке «Баллистический маятник» производства «L-микро» маятник представляет собой соединение круглого стержня с цилиндром, в котором имеется конусное отверстие для улавливания шарика, запускаемого с помощью высокой гравитационной трубки. Угол отклонения маятника определяется датчиком угла поворота. Скорость шарика определяется из времени пролета им щелевого фотодатчика.

Для отсчёта длин и углов в приборах «Маятник Обербека» и «Баллистический маятник», «Соударение шаров» установлены панели из оргстекла, на которых лазером нанесена линейная и угловая разметка.

В установках «Соударение шаров» и «Баллистический маятник» производства «Технолаб» для определения конечной скорости движения шарика на нити и скорости шарика, выпущенного из пружинного пистолета, использован широко применяемый фотоэлектрический инфракрасный датчик обнаружения E18-D80NK [4]. С помощью него предполагается непосредственно определять время прохождения шарика мимо датчика. Однако, на практике это время определяется очень неточно и требуется дополнительное исследование по выяснению возможности применения такого датчика для этой цели, а также условий и способа измерения времени прохождения шарика. В установках «Машина Атвуда» и «Маятник Обербека» производства «Технолаб» такой же датчик используется для определения конечного момента времени движения обычным образом.

В установке «Соударение шаров» производства «Технолаб» имеются два шарика, подвешенных на одиночных нитях, завязанных на тонкие гладкие стержни, что затрудняет регулировку длины нитей. Запуск шарика производится вручную, путем его отклонения и последующего отпускания. Отсчет угла отклонения шариков после удара производится на глаз по угловой шкале. Движение шарика на одиночной нити после ручного отклонения может быть не плоским и соответственно удар – не центральным. В установке производства «Зарница» шарики подвешены на сдвоенных нитях и к ним дополнительно подведены гибкие проводники, что тем самым позволяет определить время

соприкосновения шариков как время удара. Запуск шарика производится электромагнитом. В установке производства «L-микро» использованы два фотоэлектрических датчика, один из которых служит для определения скорости подлетающего шара, а второй – скоростей шаров после столкновения. В начальном отклоненном положении стальной шар удерживается с помощью электромагнита. Датчики и электромагнит размещены на магнитной доске и соединены с компьютером. В работе с установкой производства «Технолаб» и «L-микро» проверяется закон сохранения импульса, а на установке производства «Зарница» определяется сила удара.

В установке «Маятник Обербека» производства «L-микро» используется датчик угловой скорости. В установке производства «Зарница» стержни крестовины размечены для точной установки грузов крестовины, а груз соединен нитью со шкивом через дополнительный блок, что позволяет разместить груз и фотодатчик рядом со стойкой.

Установка по изучению изотермического процесса производства «Технолаб» представляет собой простое соединение через клапан шприца и колбы Бунзена, для которой в комплекте установки не предусмотрено нагревание. Для измерения давления и температуры в колбе размещен типовой высокоточный метеодатчик BME280, подключенный к устройству на Arduino. В установке по изучению изобарного процесса производства «Технолаб» длина гофрированного сосуда измеряется линейкой, а температура определяется типовым электронным термометром, щуп которого помещен в сосуде. Последние две установки производства «L-микро» снабжены датчиками объема, давления и температуры.

В установке по изучению изохорного процесса производства «Технолаб» давление и температура также определяются через метеодатчик. В установке производства «L-микро» имеются датчики давления и температуры. В установках по изучению изобарного и изохорного процесса производства «Технолаб» нагрев воздуха в сосуде производится резисторами.

В термодинамических установках производства «L-микро» сосуд нагревается в емкости с горячей водой. Установки собраны на штативах и занимают малую площадь.

Таким образом, установки производства «Технолаб» имеют относительно малый вес, низкую себестоимость и хорошую ремонтпригодность, будучи собранными из легкодоступных и легковоспроизводимых комплектующих, но при этом они имеют невысокую функциональность. Установки производства «L-микро» высоко автоматизированы и являются наиболее современными. Установки производства «Зарница» имеют надежную классическую конструкцию и своим возможностям являются наиболее приближенными к советским образцам учебного лабораторного оборудования.

Заключение. В результате проведенного исследования были рассмотрены установки по механике и молекулярной физике белорусского и российского производства. Были проанализированы особенности и функции изученных лабораторных установок. В частности, для установок производства «Технолаб» на основе опыта их применения были отмечены некоторые специфические особенности, требующие дополнительной работы по обеспечению возможности проведения лабораторных экспериментов на этих установках. Результаты исследования могут быть полезны учебным лабораториям вузов для оценки возможностей оборудования, подбираемого для закупки. Также эти результаты могут использоваться для совершенствования учебного лабораторного оборудования производства «Технолаб» во взаимодействии между учебными лабораториями вузов и РУП «УНПЦ «Технолаб».

1. РУП УНПЦ «Технолаб» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.grsu.by/ntp/rupuntts-tekhmolab.html> – Дата доступа: 14.09.2024.

2. L-микро «Учебное оборудование» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://l-micro.ru/>. – Дата доступа: 14.09.2024.

3. Общеобразовательные дисциплины [Электронный ресурс] // ZARNITZA – Режим доступа: <https://zarnitza.ru/catalog/uchlab/obshcheobrazovatelnye-distipliny/>. – Дата доступа: 14.09.2024.

4. Обзор инфракрасного датчика расстояния E18-D80NK [Электронный ресурс] // RobotChip. – Режим доступа: <https://robotchip.ru/obzor-infrakrasnogo-datchika-rasstoyaniya-e18-d80nk/>. – Дата доступа: 14.09.2024.