ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЯХ ПО ФИЗИКЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ МЧС РОССИИ

Computer simulation use at laboratory classes in physics in the educational organizations of EMERCOM of Russia

***Кузьмин Владимир Вячеславович**, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России.*

1376281@rambler.ru

***Крылов Андрей Николаевич,** Академия Государственной противопожарной службы МЧС России.*

kran.84@mail.ru

***Холостов Александр Львович,** Академия Государственной противопожарной службы МЧС России.*

holostov@mail.ru

Рассматривается вопрос актуальности применения компьютерного моделирования на лабораторных занятиях по физике в высших учебных заведениях МЧС России.

Исследована возможность использования профессионально-направленного лабораторного практикума по механике для данных образовательных организаций, который может быть применён при дистанционной форме обучения.

The issue of relevance of computer simulation use at laboratory classes in physics in higher educational institutions of EMERCOM of Russia is considered. The possibility of using professionally-directed laboratory training on mechanics which can be used on-line is researched.

Ключевые слова: **компьютерное моделирование, лабораторные занятия по физике, физика в вузах МЧС России.**

Keywords: **computer simulation, laboratory classes in physics, physics in higher educational institutions of EMERCOM of Russia.**

Как известно, население России живёт в условиях риска возникновения воздействия чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного характера, что подтверждает печальная статистика [1]. Необходимым условием решения проблем спасения людей в условиях природных и техногенных катастроф является подготовка высококвалифицированных специалистов в системе образовательных учреждений МЧС России, которая включает, в частности, изучение такой дисциплины как физика. Значительная роль в формировании необходимых для выпускников образовательных учреждений МЧС компетенций принадлежит физическому практикуму. Это связано с тем, что компетенции не могут быть сформированы на основе словесного изложения технологии действий, ими овладевают только при непосредственном участии в практической деятельности. В процессе проведения физического эксперимента создаются условия, в которых обучаемый не только приобре-

тает конкретные знания и предметные умения, он приобретает опыт для анализа и использования полученных результатов, решения конкретных практических задач (рис. 1) [2]. То есть закладываются основы формирования ключевых компетенций, позволяющих обучаемому самостоятельно оценивать результат своей деятельности с точки зрения его общечеловеческой значимости, предвидеть возможные негативные последствия своих действий, осознавать свою ответственность.

Рис. 1. Связь лабораторных работ по физике с профессионально-направленным обучением

При проведении лабораторных занятий всегда следует иметь в виду, что их основная цель – закрепление теоретических знаний на основе экспериментальной проверки изучаемых законов, ознакомление обучаемых с лабораторным оборудованием, принципами проведения расчётов и обработки результатов измерений, определение погрешностей полученных результатов. Особенностью занятий лабораторного практикума является то, что они, в отличие от других учебных занятий, с первых шагов требуют от обучаемых самостоятельности (которая постепенно должна стать практически полной) и сознательной активной работы не только при сборке установки и проведении измерений, но и при подготовке к измерениям, обработке результатов и составлении отчета. При этом, как известно, физический практикум выполняет следующие функции:

1. Формирование нового знания о свойствах предметов и закономерностях процессов.
2. Создание базиса для формирования системы методологических знаний.
3. Знакомство обучаемых с физическими методами исследования и возможностями их применения в областях деятельности, связанных с будущей профессией обучаемого, смежных областях и общей технологией решения проблем.
4. Формирование экспериментальных умений и навыков.
5. Развитие образного мышления, что важно в современных условиях, когда человек часто имеет дело не с реальными объектами, а с их образами [2].

Однако существует множество явлений, которые должны быть знакомы обучаемым, но их трудно или невозможно реализовать в условиях лаборатории вуза или для создания которых необходимы существенные материальные затраты на оборудование. В этом случае перспективным является использование на лабораторных занятиях компьютерного моделирования [3]. Теоретически эксперимент, выполненный на основе специально разработанных программ для ЭВМ, условно можно считать экспериментальной оценкой выполненных расчетов. Внедрение компьютерных технологий в структуру лабораторного практикума способствует более углубленной постановке физических задач, применению более развитых моделей экспериментов, которые бы позволяли наглядно демонстрировать физические явления. При моделировании физических явлений неизбежно упрощается реальный процесс. Однако степень достоверности полученных при этом данных достаточно высока, в том числе за счет использования вычислительных возможностей компьютера. В качестве примера можно привести несколько таких явлений:

– изучение атома водорода;
– эффект Комптона;
– осаждение дыма тонкораспылённой водой;
– распространение дыма и продуктов горения;
– опасность поражения человека электрическим током;
– физические принципы работы охранно-пожарной сигнализации;
– взрыв баллона с газом вследствие нагрева и разлет осколков;
– кинематика и динамика функционирования ряда спасательных устройств;
– проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР).

Некоторые из них крайне важны для подготовки специалистов МЧС России, которые при выполнении своих служебных обязанностей должны быть готовы к решению поставленных перед ними задач. Кроме того, большинство обучаемых владеют средствами вычислительной техники и современными информационными технологиями, поэтому использо-

вание компьютера при проведении практикума не затруднит, а существенно поможет процессу обучения.

Пожары и различные аварии в промышленном и жилом секторах являются достаточно частым событием. Сотрудникам спасательных служб приходится в экстремальных условиях ликвидировать последствия этих катастроф и аварий, спасать людей. Одной из причин гибели человека при различных ЧС является падение с высоты (рис. 2). В общей статистике по России гибель человека из-за падения составляет ≈ 0,4% [1]. При составлении планов спасения людей при возможных промышленных авариях и пожарах необходимо учитывать оценки последствий возможных прыжков и падения людей в различных ситуациях. При экстремальных обстоятельствах, когда есть угроза для жизни, человек может совершать действия (прыжок, быстрый бег и т.д.), которые при обычных обстоятельствах никогда бы не выполнил. В зависимости от психотипа человека, возникшая опасность для жизни может либо стимулировать его возможности (увеличение скорости бега, силу и т.д.), либо серьёзно снижать его реакции (потеря работоспособности, резкое ухудшение самочувствия, стресс, шок и т.д.). Это особенно сильно проявляется у людей, случайно оказавшихся в чрезвычайной ситуации. Для решения целого ряда задач, связанных с определением вероятности гибели человека в результате удара удобнее использовать зависимость вероятности гибели человека от высоты свободного падения. Вместе с тем и прыжок с разбега человека может стать решающим фактором при проведении спасения [4].

Рис. 2. Обстоятельства, вынуждающие человека прыгать (падать) с высоты при пожарах и ЧС

Обеспечение безопасности при проведении АСДНР является важной квалификационной характеристикой выпускника, поэтому при изучении дисциплины «Физика» целесообразно учитывать специфику будущей профессиональной деятельности.

В Академии Государственной противопожарной службы МЧС России на основе компьютерного моделирования разработан лабораторный практикум для оценки риска гибели человека при его падении с высоты, который может быть использован при обучении слушателей как очного, так и заочного (дистанционного) обучения. На его примере можно оценить роль компьютерных моделей в подготовке специалистов по обеспечению пожарной и техносферной безопасности. Очевидно, что реальные эксперименты по падению человека с высоты недопустимы и в этой ситуации, вполне логично применять компьютерное моделирование. Компьютерные модели, описывающие падение человека с высоты, учитывают влияние различных факторов и позволяют определить траекторию, координаты и скорость падения человека, а также некоторые другие особенности, характеризующие этот процесс. Конечно, остаются медицинский и анатомический аспекты, которые могут значительно повлиять на гибель человека в результате падения с высоты, однако они не учитываются в данном лабораторном практикуме. Более подробно вопросы роли медицинской и анатомической составляющих рассмотрены в работе [4]. Будущему специалисту МЧС России при проведении АСДНР требуется быть готовым к возможным нештатным ситуациям, чётко знать алгоритм своих действий, тактико-технические характеристики средств спасения, а также особенности их применения. Знания, умения и навыки, формируемые при выполнении рассматриваемого лабораторного практикума, несомненно, помогут обучаемому быть готовым к любому развитию событий в будущей профессиональной деятельности.

Методики проведения таких занятий давно известны. Проведение компьютерной лабораторной работы требует от обучаемого предварительной подготовки, включающей работу по методическому пособию, изучение теоретического материала, оформление отчёта по лабораторной работе. К выполнению лабораторной работы учащийся допускается только после получения допуска путём прохождения тестирования по изучаемой теме или устного опроса преподавателем. Выполнение лабораторной работы сводится к тому, что слушатель, получая задание характеризующее процесс проведения АСДНР, проводит необходимый расчёт, заполняя отчёт по работе. После решения поставленной задачи обучаемый получает доступ к компьютерной программе и, внося в неё исходные и полученные в результате расчёта данные, завершает свою работу, проводя моделирование процесса спасения человека. Далее, сверяя своё решение с результатами компьютерного моделирования, обучаемый оформляет отчёт и формулирует выводы. Задания к лабораторным работам, составлены в таком объёме, чтобы каждая работа могла быть выполнена за установленный промежуток

учебного времени. После полного завершения работы слушатель защищает работу у преподавателя.

С учётом многообразия возможных ситуаций, возникающих при ЧС, предложено использовать следующие компьютерные модели:

1. Оценка риска гибели человека при ударе вследствие свободного вертикального падения. При тушении пожаров, а также при проведении АСДНР люди оказываются в экстремальных условиях. Это может быть причиной не только эмоционального стресса и нервно-психического расстройства, но и травмы и даже гибели в случае их свободного вертикального падения. Для анализа риска гибели человека из-за свободного падения на твердое горизонтальное покрытие необходимо учесть, что скорость, с которой человек ударяется о поверхность $V_П$, как известно, связана с высотой H, если не учитывать сопротивление воздуха, следующим образом:

$$V_п = \sqrt{2gH}$$

Для оценки вероятности гибели человека, падающего на твердую горизонтальную поверхность с высоты H, можно использовать следующее соотношение:

$$P(H) = P_0 e^{\frac{H}{H_0}},$$

где $P(H)$ – вероятность гибели человека, падающего с высоты H на твердую горизонтальную поверхность, P_0 = 0,0469%, H_0 = 1,2753м, 1,2м < H < 9,8м, при H > 9,8м, $P(H)$ = 100%.

2. Оценка риска гибели человека при его ударе о твердое препятствие в результате скольжения по наклонной плоскости. Скольжение по поверхности, как и падение с высоты в ряде случаев может быть и несчастным случаем и эффективным средством спасения. Однако при этом возможны травмы и гибель человека. Такой наклонной поверхностью может быть ледяная гора, часть крыши дома, ангара, элементы разрушенной строительной конструкции в результате промышленной аварии и т.д. В качестве твердой преграды может быть и случайный предмет и ограждение. Причины начала скольжения человека могут быть разные. Это сознательные действия с целью быстрого изменения своего положения для спасения, а также случайная потеря опоры, обрыв или разрушение крепления и т.д.

Очевидно, что ускорение, с которым будет скользить человек, равно:

$$a = g\ sin\alpha - k\ g\ cos\alpha$$

Скорость человека перед ударом равна:

$$V = \sqrt{2\ g\ H_k(1 - k\ ctg\alpha)} = \sqrt{2\ g\ H_{эфф}}\ ,$$

где $H_{эфф} = H_k = (1 - k\,ctg\alpha)$. Эффективное значение высоты $H_{эфф}$ - это такая высота, с которой свободно вертикально падающее тело достигает той же скорости, что и в результате скольжения. Очевидно, что скольжение возможно, если. $(1 - k\,ctg\alpha) > 0$

Зависимость вероятности гибели человека от высоты, коэффициента трения и угла наклона плоскости можно рассчитать:

$$P = P_0\, exp\frac{H_k(1 - k\,ctg\alpha)}{H_0}$$

3. Оценка риска при падении человека на прыжковое спасательное устройство при отсутствии ветра. В экстремальных ситуациях, человек может из-за паники и действия продуктов горения прыгать с крыши дома или из окна с горизонтально направленной начальной скоростью V_0. Величина этой скорости вполне может достигать значения до 10 м/с (прыжок с разбега). Результатом этого падения может быть непопадание на прыжковое спасательное устройство (рис. 3).

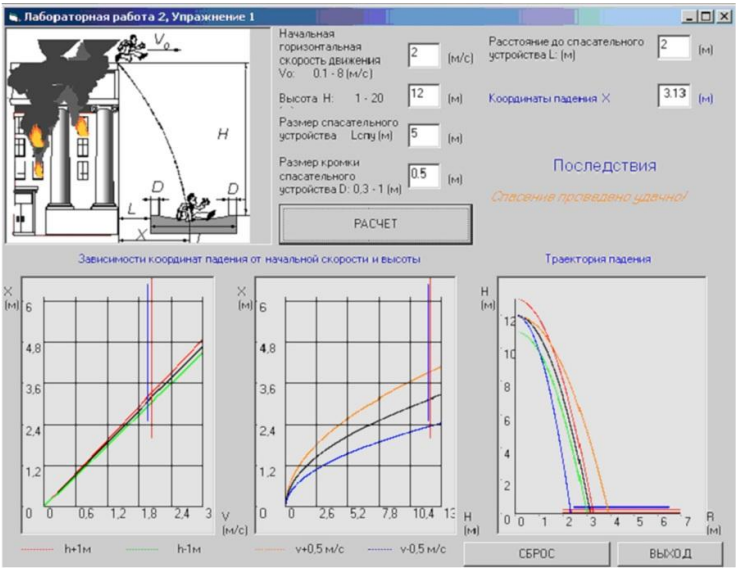

Рис. 3. Программа оценки риска непопадания человека на прыжковое спасательное устройство при отсутствии ветра

Зависимость смещения точки падения человека от высоты падения для разных начальных скоростей, которые направлены горизонтально, может быть вычислена при отсутствии ветра и учета сопротивления воздуха так: $X = V_0\sqrt{\frac{2H}{g}}$

4. Оценка риска непопадания человека на прыжковое спасательное устройство при боковом ветре. Для спасения человека при различных ЧС прыжковое спасательное устройство может ставиться как к стене дома, так и на расстоянии от него (рис. 4). При прыжке человека на спасательное устройство наиболее вероятно, что его горизонтальная начальная скорость перпендикулярна плоскости стены. Длина спасательного устройства должна быть достаточной, чтобы человек на него попал.

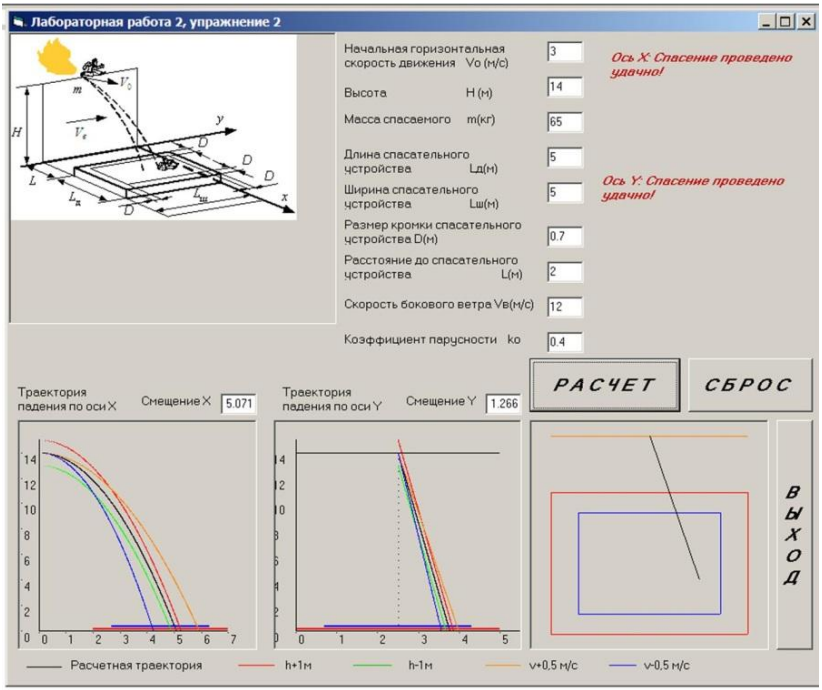

Рис. 4 Программа оценки риска непопадания человека на прыжковое спасательное устройство при боковом ветре

Смещение вдоль стены определяется боковым ветром, который может существенно влиять на конечную точку приземления. Очевидно, что влияние ветра также будет обусловлено и высотой, с которой проводится спасение.

Оценить действие ветра на человека можно так:

$$F_в = k_0 V_в^2,$$

где: $F_в$ – сила, действующая на человека, $V_в$ – скорость ветра, коэффициент k_0 = (0,2 - 0,4 Н*с^2/м^2).

Смещение человека в перпендикулярном к стене направлении определяется его горизонтальной начальной скоростью и временем падения.

$$X = V_0\sqrt{\frac{2H}{g}},$$

$$Y = \left(\frac{k_0 V_в^2}{mg}\right) H$$

5. Оценка риска непопадания человека на прыжковое спасательное устройство, расположенное на расстоянии от здания, с учетом ветра из арки в стене здания. При различных ЧС люди также могут быть блокированы в помещениях, имеющих окна. Для спасения используется прыжковое спасательное устройство, которое обычно ставится к стене под окном здания. Однако если в здании под окном имеется арка, то естественное движение воздуха в ней может значительно влиять на траекторию падения человека, что может быть причиной его гибели. В городских условиях в арках больших зданий скорость ветра может быть гораздо больше, чем рядом с домом.

Если скорость ветра постоянна по времени, не зависит от высоты и ее направление совпадает с направлением начальной горизонтальной скорости человека $\vec{V}_0$, которая перпендикулярна поверхности стены здания, то смещение точки падения человека X, можно оценить так:

$$X = V_0 t + \frac{at}{2}$$

$$X = V_0\sqrt{\frac{2H}{g}} + \frac{K_0 V_в^2}{2m} t_{пв}^2,$$

где $t_{пв}$ - время пролета человека в области пространства, в котором есть ветер. Очевидно, что это время равно:

$$t_{пв} = \sqrt{\frac{2H}{g}} - \sqrt{\frac{2}{g}(H - H_a)} = \sqrt{\frac{2H}{g}}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{H_a}{H}}\right),$$

где $H_а$ - высота арки.

Поэтому смещение человека по оси X равно:

$$X = V_0\sqrt{\frac{2(H - H_{0)}}{g}} + V_0\sqrt{\frac{2H}{g}}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{H_a}{H}}\right) + \frac{K_0 V_в^2}{mg} H\left(1 - \sqrt{1 - \frac{H_a}{H}}\right)^2$$

Заключение.

Использование компьютерных моделей на лабораторных занятиях по физике может существенно улучшить подготовку будущих выпускников, заинтересовать их своей профессией, если они будут правильно и максимально полезно применяться. Стоит отметить, что использование компьютерного лабораторного практикума актуально при дистанционном обучении, количество таких работ для обучаемых по очной форме обучения не

должно превышать 10-15% от общего числа лабораторных работ. Профессионально-направленный компьютерный лабораторный практикум поможет выпускнику образовательных организаций МЧС России лучше ориентироваться в постоянно меняющейся обстановке при проведении аварийно-спасательных работ при различных ЧС и применять полученные знания по оценке риска падения человека с высоты для выбора оптимального сценария спасения людей. Предложенные варианты оценки риска при падении человека также могут быть использованы при планировании возможных спасательных работ, а также при расследовании и анализе соответствующих несчастных случаев.

🕮 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пожарные риски. Динамика, управление, прогнозирование. Под ред. Н. Н. Брушлинского и Ю. Н. Шебеко – М.: ВНИИПО, 2007. – 368 с.
2. Коротков Е.И. Активизация самостоятельной познавательной деятельности учащихся на лабораторных занятиях по физике: Автореф. дисс. канд. пед. наук. – М.: 1985.
3. Третьякова О. Н. Разработка трёхмерного компьютерного практикума по физике для обучения студентов технических вузов с использованием интернет технологий // Физическое образование в вузах. Т. 16, № 4, 2010. – С.58 – 75.
4. Слуев В. И. Теоретические принципы оценки опасности падения человека с высоты. Монография – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 137 с.

Literatura:

1. Pozharnye riski. Dinamika, upravlenie, prognozirovanie. Pod red. N. N. Brushlinskogo i Yu. N. Shebeko – M.: VNIIPO, 2007. – 368 s.
2. Korotkov Ye.I. Aktivizatsiya samostoyatelnoy poznavatelnoy deyatelnosti uchashchikhsya na laboratornykh zanyatiyakh po fizike: Avtoref. diss. kand. ped. nauk. – M.: 1985.
3. Tretyakova O. N. Razrabotka trekhmernogo kompyuternogo praktikuma po fizike dlya obucheniya studentov tekhnicheskikh vuzov s ispolzovaniem internet tekhnologiy // Fizicheskoe obrazovanie v vuzakh. T. 16, № 4, 2010. – S.58 – 75.
4. Sluev V. I. Teoreticheskie printsipy otsenki opasnosti padeniya cheloveka s vysoty. Monografiya – M.: Akademiya GPS MChS Rossii, 2003. – 137 s.