

УДК 378.016:51+355:37

**ВИРТУАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ УЧЕНИЯ КУРСАНТОВ ВОЕННОЙ АКАДЕМИИ  
ПО ПРИНЯТИЮ ВОЕННО-КОМАНДНЫХ РЕШЕНИЙ  
ВО ВРЕМЯ НЕСЕНИЯ ВОИНСКОЙ СЛУЖБЫ И ВЕДЕНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ**

*канд. пед. наук Г.А. ШУНИНА, О.Ф. КОЖЕВКО  
(Военная академия Республики Беларусь, Минск)*

*Рассматривается использование математических моделей как основы виртуальной программно-математической технологии формирования математических профессионально значимых знаний и умений курсантов. В качестве одного из средств обучения курсантов высшей математике разработан, апробирован и функционирует единый инновационный программно-математический лабораторный практикум с различными условиями военно-прикладных задач, соответствующих разным военно-командным специальностям. Он представляет собой систему из семи виртуальных программно-математических тренажеров на занятиях по высшей математике. Каждая выполненная курсантом лабораторная работа заканчивается оформлением письменного отчета, который должен содержать описание персонального задания, этапы его выполнения, расчеты на ЭВМ, проведение дополнительных расчетов, составление необходимых таблиц и графиков, содержательный анализ полученных результатов и перечень оперативно-тактических рекомендаций и оптимальных военно-командных решений. Курсант, не выполнивший все лабораторные работы по данной специальности, не допускается к экзамену (зачету) по математике. В работе указаны цели, сформулированы военно-прикладные задачи, описаны математические модели и поставлены основные задания для курсантов командных специальностей общевойскового факультета, факультета внутренних войск, факультета ракетных войск и артиллерии и авиационного факультета Военной академии Республики Беларусь на виртуальных программно-математических лабораторных тренажерах №№ 1, 3 и 5 по новой учебной программе дисциплины «Основы высшей математики». На данных тренажерах курсанты формируют навыки оперативно-тактического мышления, приобретают практические навыки оперативно-тактического анализа, учатся прогнозировать ход военных операций и принимать оптимальные военно-командные решения соответственно с помощью линейно развивающихся процессов, дифференциальных моделей и вероятностных моделей в военном деле.*

**Ключевые слова:** виртуальный программно-математический лабораторный тренажер, виртуальные лабораторные учения, принятие военно-командного решения.

**Введение.** В век информационных технологий, гибридных войн и террористических актов подготовка офицерских кадров для Вооруженных Сил Беларуси требует гибкого сочетания уже имеющихся и проверенных временем педагогических технологий (методов, форм и средств), идеологической и профессиональной подготовки офицерского состава и новейших технологий в военном образовании. К проверенным временем педагогическим технологиям можно отнести результаты исследований по теории, практике и методике обучения математике А.А. Столяра [1], В.И. Андреева [2], И.А. Новик [3] и многих других. К новейшим технологиям обучения – результаты исследований Н.В. Бровки [4] по интеграции теории и практики обучения студентов математике, Г.А. Шуниной [5] по разработке, апробации и внедрению методики формирования математических профессионально значимых знаний и умений курсантов военно-командных специальностей общевойскового факультета Военной академии Республики Беларусь в 2009–2010 учебном году, и многих других. Эта методика создавалась на основе принципа профессиональной направленности обучения как методологического принципа обучения математическим дисциплинам курсантов военно-командных специальностей военных вузов путем реализации междисциплинарных связей высшей математики с военными специальными дисциплинами. Дальнейшим развитием и обобщением результатов этой работы по совершенствованию математической подготовки явились разработка и внедрение методики формирования математических профессионально значимых знаний и умений курсантов внутренних войск в 2011–2012 учебном году [6] и курсантов военно-командных специальностей факультета ракетных войск и артиллерии и авиационного факультета Военной академии Республики Беларусь в 2013–2014 учебном году [7]. Для этих курсантов изменились содержание и программа дисциплины «Основы высшей математики», добавились новые разделы, темы, появились новые приемы, формы и средства обучения, изменилась структура проведения математических занятий, в которых особое место занимает решение математических задач

с военно-прикладным содержанием. Новые внедренные методики служат углубленному изучению учебного материала высшей математики и имеют конечной целью повышение уровня усвоения курсантами основных специальных военных дисциплин, что улучшает качество военного профессионального образования курсантов.

**Основная часть.** В настоящее время в Военной академии занятия по математике с курсантами военно-командных специальностей этих факультетов проводятся с помощью разработанных методических и организационных профессионально направленных учебных комплексов. Основное их предназначение состоит в обучении курсантов военно-командных специальностей перечисленных выше факультетов Военной академии профессионально значимым знаниям и умениям математической поддержки изучению таких военно-специальных дисциплин, как тактика сухопутных, внутренних, ракетных войск и артиллерии, огневая подготовка и боевое применение авиации, управление ракетными ударами, огнем артиллерии и авиации, тыловое обеспечение войск и других, а также принятию грамотных, математически обоснованных, оптимальных военно-командных решений во время несения воинской службы в мирное время и ведения боевых действий в военное [8–10]. Наряду с новой учебной программой по высшей математике, курсом лекций и практических занятий, новой системой математических военно-прикладных задач для курсантов, сборником математических задач с военно-прикладным содержанием одной из составляющих этих учебных комплексов является единый *инновационный программно-математический лабораторный практикум* с различными условиями военно-прикладных задач, соответствующих разным военно-командным специальностям курсантов Военной академии. Фактически он представляет собой *систему виртуальных программно-математических лабораторных тренажеров* для обучения курсантов Военной академии принятию военно-командных решений во время несения воинской службы и ведения боевых действий из семи лабораторных работ на персональных компьютерах [11, 12]:

1. Прогнозирование линейно развивающихся процессов в военном деле.
2. Планирование тактических операций с использованием аппарата аналитической геометрии.
3. Принятие оперативно-тактических решений с помощью математических моделей, описываемых дифференциальными уравнениями в военном деле.
4. Формирование навыков принятия оптимального решения в условиях риска: выбор оптимального маршрута следования военных формирований.
5. Принятие оперативно-тактических решений в условиях неполной информации с использованием вероятностных моделей в военном деле.
6. Моделирование военно-экономических систем, оптимизация, анализ и принятие решений.
7. Оптимальное управление выполнением боевой задачи методами сетевого планирования.

Теоретической базой концепции системы виртуальных программно-математических тренажеров для курсантов военных вузов является введенное российским исследователем Е.Г. Горяновой понятие способностей к принятию оптимальных управленческих решений [13]. Практическая основа их создания состоит в экономии сил и средств, адекватности и простоте, многофункциональности и креативности математических моделей в военном деле. Как известно, проведение военных учений связано не только с большими материальными затратами, но и возможными человеческими жертвами. В этих случаях целесообразно использовать математические модели, которые с той или иной степенью точности описывают реальную ситуацию боевых действий средствами математики и, тем самым, позволяют адекватно прогнозировать развитие боевой обстановки. Поэтому во время лабораторных работ на персональных компьютерах появляется возможность обучать курсантов командных специальностей Военной академии математическим профессионально значимым знаниям и умениям принятия грамотных военно-командных решений. Можно сказать, что курсанты военно-командных специальностей Военной академии Республики Беларусь начинают участвовать в *виртуальных лабораторных учениях* с самого начала своего обучения и продолжают их в течение всего периода преподавания высшей математики. Применяемый в виртуальных тренажерах математический аппарат охватывает почти все разделы новой учебной программы по высшей математике для курсантов командных специальностей. Эти лабораторные работы предназначены не столько для запоминания курсантами математических формул и формирования у них вычислительных умений, сколько на понимание ими приложений в военном деле.

Каждая выполненная курсантом лабораторная работа заканчивается оформлением письменного отчета, который должен содержать описание персонального задания, этапы его выполнения, расчеты на ЭВМ, проведение дополнительных расчетов, составление необходимых таблиц и графиков, содержательный анализ полученных результатов и перечень оперативно-тактических рекомендаций и оптимальных военно-командных решений. Отчет о выполненной работе представляется преподавателю, ведущему занятия по лабораторным работам. Содержание работы и ход ее выполнения по пунктам задания излага-

ются курсантом при защите отчета по лабораторной работе по требованию преподавателя. В случае неудовлетворительного выполнения лабораторной работы или оформления отчета по ней курсант обязан ее доработать с учетом всех замечаний преподавателя и представить доработанный отчет повторно. Курсант, не выполнивший все лабораторные работы по данной специальности, не допускается к экзамену (зачету) по математике.

Настоящая статья посвящена целям, задачам, моделям, заданиям и работе курсантов на трех из семи программно-математических лабораторных тренажерах во время лабораторных занятий на персональных компьютерах по новой учебной программе дисциплины «Основы высшей математики» с курсантами командных специальностей следующих факультетов Военной академии Республики Беларусь: общевойскового, внутренних войск, авиационного, ракетных войск и артиллерии.

*Виртуальный лабораторный тренажер № 1 «Прогнозирование линейно развивающихся процессов в военном деле»*

*Цель виртуального тренажера:*

- установить линейную зависимость, которой описывается развитие процессов в военно-прикладных задачах, и с ее помощью прогнозировать результаты развития событий в любой момент времени;
- научиться прогнозировать и оценивать погрешность прогноза линейно развивающихся социальных явлений и военных операций;
- формировать и развивать у курсантов навыки и способности к принятию командирских решений.

В обществе и экономике многие социальные, экономические и военные процессы (например, постепенные чередующиеся экономические подъемы и спады, количество преступлений, некоторые боевые операции и многие другие), как правило, развиваются по линейному закону. Экспериментальные данные могут содержать незначительные случайные ошибки измерений, которые связаны с различными случайными причинами (какой прибор или методика измерений использовалась, под каким углом зрения испытатель смотрел на показание прибора и т.д.). В частности, планирование оперативных мероприятий определяется прогнозом количества преступлений, поэтому важно иметь формулу, позволяющую определять количество преступлений в любой интересующий момент времени. Виртуальный лабораторный тренажер прогнозирования линейно развивающихся процессов для курсантов факультета внутренних войск Военной академии может иметь следующую актуальную постановку задачи.

*Задача 1* (для внутренних войск). Имеется статистика по количеству проводимых несанкционированных мероприятий за  $n$  месяцев, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Статистические данные несанкционированных мероприятий по месяцам

$i$	1	2	...	$n$
$y$	$y_1$	$y_2$	...	$y_n$

Здесь  $y_i$  – количество *несанкционированных мероприятий* в  $i$ -м месяце;

$i$  – порядковый номер месяца,  $i = 1, 3, \dots, n$ .

Известно, что в современных экономико-социальных условиях число несанкционированных мероприятий отражает линейно развивающийся во времени процесс. Для статистических данных, которые приведены в таблице 1, запишите формулу, позволяющую делать прогноз числа несанкционированных мероприятий. Согласно полученной формуле рассчитайте количество несанкционированных мероприятий в  $m$ -м месяце. Определите погрешность найденной Вами формулы. Имеющиеся ресурсы бригады внутренних войск дают возможность нейтрализовать  $p$  несанкционированных мероприятий. С учетом полученной формулы предложите план действий, позволяющий вовремя пополнять ресурсы бригады для нейтрализации несанкционированных мероприятий.

*Военная психология предполагает прогнозирование развития психологических процессов и явлений как отдельной личности, так и в целых воинских коллективах.* На основании результатов психологических измерений и содержательных гипотез о характере протекания процессов выводятся формулы, позволяющие давать прогнозы развития психологических процессов на любые промежутки времени, удовлетворяющие определенным содержательным ограничениям. Например, было установлено, что чем крепче супружеские пары, тем большее количество разговоров они ведут друг с другом. И наоборот, если с течением времени общих тем для разговоров все меньше, то при наступлении определенного порога наступает распад пары. Сделав замеры количества разговоров по нескольким месяцам, можно вывести

соответствующую формулу для каждой из супружеских пар. Для офицерского состава взаимоотношения в их семьях важны для успешной результативности в воинской службе. Поэтому кейс для психологов предлагает создание прогноза развития взаимоотношений в семье, что позволяет своевременно предпринять меры для укрепления семей военнослужащих.

**Задача 2** (для психологов). Новая методика тренировки объема памяти личного состава предполагает, что количество запоминаемых слов представляет собой линейную зависимость от количества дней работы по некоторой методике. Данные по работе по этой методике за  $n$  дней представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Статистические данные запоминаемых слов и дней работы по методике

$t$	1	2	...	$n$
$y$	$y_1$	$y_2$	...	$y_n$

Здесь  $y_i$  – количество *запоминаемых слов* в  $i$ -й день;

$i$  – порядковый номер дня работы по методике,  $i = 1, 3, \dots, n$ .

Для статистических данных, которые приведены в таблице 2, запишите формулу, позволяющую делать прогноз числа запоминаемых слов в любой из дней после начала работы по методике. Согласно полученной формуле рассчитайте объем слов, которые смогут запомнить занимающиеся по методике на  $m$ -й день занятий. Определите погрешность найденной Вами формулы. Для того чтобы личный состав эффективно справлялся с предъявляемыми им требованиями, объем запоминаемых слов должен быть не менее  $p$  слов в день. С учетом полученной формулы предложите план подготовки личного состава по методике.

Для курсантов общевойсковых командных специальностей (танкистов и мотострелков) важно отработать боевые навыки (наводчик должен укладываться в нормативы скорострельности и точности; водитель – в нормативы по скорости и преодолению препятствий; мотострелки – в нормативы по выполнению требований химической и радиационной безопасности, скорострельности, выполнению тактических маневров). Поэтому кейс для этих специальностей предполагает составление формулы по интересующему нас параметру в зависимости от времени и составления на основе формулы оптимальной схемы военных учений. Для специалистов по тыловому обеспечению разработан кейс, позволяющий определять расход горючего в зависимости от высоты подъема (спуска) при движении автомашин и военной техники по наклонным поверхностям.

**Задача 3** (для тыловиков). Количество горюче-смазочных материалов, которое расходуется имеющейся в воинской части техникой, является линейной функцией от километража пробега. Данные по расходу горючего в зависимости от километража пробега представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Статистические данные расхода топлива и километража

$l_i$	$l_1$	$l_2$	...	$l_n$
$y$	$y_1$	$y_2$	...	$y_n$

Здесь  $y_i$  – количество *расходуемого топлива*, т;

$l_i$  – километраж военной техники;

$i$  – порядковый номер измерения,  $i = 1, 3, \dots, n$ .

Измерения в таблице 3 приведены в порядке возрастания километража. Для статистических данных в этой таблице запишите формулу, позволяющую делать прогноз расхода топлива от километража. Согласно полученной формуле рассчитайте расход топлива при пробеге техники за  $m$  километров. Определите погрешность найденной Вами формулы. Определите план закупки топлива, если имеется запас топлива в объеме  $p$  т, а длина пробега техники должна составить  $q$  км.

Первый виртуальный лабораторный тренажер выполняется *методом наименьших квадратов*. В линейной зависимости экспериментальных данных можно убедиться, нанеся на миллиметровую бумагу систему координат и изобразив на ней все точки, заданные в таблицах 1–3. Полученное изображение результатов эксперимента может несколько отличаться от прямой линии вследствие случайных ошибок измерений, однако тенденция к линейной зависимости прослеживается достаточно наглядно. Многие процессы и явления в природе и обществе развиваются линейно, т.е. могут быть описаны с помощью формулы  $y = kt + b$  или  $y = kx + b$ , где независимые переменные  $t, x \in R$  и коэффициенты  $k, b \in R$  принадлежат вещественной прямой  $R$ . В задачах первой лабораторной работы прежде всего требуется найти значения коэффициентов  $k$  и  $b$ , записать эту форму линейного уравнения, описывающего развитие процесса, и оценить отличие экспериментальных данных от расчетных данных.

Выполнение курсантами первой лабораторной работы включает следующие этапы:

1. Составим в пакете прикладных программ Excel вычислительную таблицу 4.

Таблица 4 – Статистические данные несанкционированных мероприятий

№ измерения	$x_i$	$y_i$	$x_i y_i$	$x_i^2$
1	$x_1$	$y_1$	$x_1 y_1$	$x_1^2$
2	$x_2$	$y_2$	$x_2 y_2$	$x_2^2$
...	...	...	...	...
$n$	$x_n$	$y_n$	$x_n y_n$	$x_n^2$
	$\sum_{i=1}^n x_i$	$\sum_{i=1}^n y_i$	$\sum_{i=1}^n x_i y_i$	$\sum_{i=1}^n x_i^2$

2. Запишем систему линейных алгебраических уравнений для нахождения коэффициентов  $k, b$ :

$$k \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i,$$

$$k \sum_{i=1}^n x_i + nb = \sum_{i=1}^n y_i.$$

3. Найденные значения  $k$  и  $b$  подставляем в уравнение прямой и получаем линейное уравнение  $y = kx + b$ , описывающее искомую зависимость.

4. Оцениваем погрешность, с которой полученная формула линейной зависимости прогнозирует развитие процесса, с помощью выражения

$$\Delta = (ax_1 + b - y_1)^2 + (ax_2 + b - y_2)^2 + \dots + (ax_n + b - y_n)^2.$$

*Виртуальный лабораторный тренажер № 3 «Принятие оперативно-тактических решений с помощью математических моделей, описываемых дифференциальными уравнениями в военном деле»*

*Цель виртуального тренажера:*

- закрепить математические знания и умения, полученные курсантами на лекциях и практических занятиях по высшей математике;
- приобрести математические профессионально значимые знания и умения, оперативно-тактическое мышление и практические навыки принятия военно-командных решений по руководству боевыми действиями;
- освоить методы экспериментальных исследований;
- повысить практические умения работы с вычислительной компьютерной техникой и стандартными прикладными пакетами программ в системе Mathcad.

На этой лабораторной работе курсантами решается соответствующая их военным специальностям одна из следующих военно-прикладных задач [12].

*Задача 4* (для мотострелков). Две группировки сухопутных войск  $A_1$  и  $A_2$  ведут бой. Группировка  $A_1$  состоит из  $N_1$  боевых единиц со скорострельностью  $\lambda_1$  и вероятностью поражения цели при одном выстреле  $P_1$ . Группировка  $A_2$  – из  $N_2$  боевых единиц со скорострельностью  $\lambda_2$  и вероятностью поражения цели при одном выстреле  $P_2$ . Каждая группировка однородна, но не обязательно группировки однородны между собой. Необходимо прогнозировать время окончания боя и средние количества пораженных и непораженных единиц каждой группировки в любой момент боевых действий.

*Задача 5* (для артиллеристов). Две батареи гаубиц  $A_1$  и  $A_2$  ведут между собой бой. Батарея  $A_1$  состоит из  $N_1$  гаубиц со скорострельностью  $\lambda_1$  и вероятностью поражения цели при одном выстреле  $P_1$ . Батарея  $A_2$  – из  $N_2$  гаубиц со скорострельностью  $\lambda_2$  и вероятностью поражения цели при одном выстреле  $P_2$ . Каждая батарея однородна, но не обязательно батареи однородны между собой. Необходимо прогнозировать время окончания боя и средние количества пораженных и непораженных гаубиц каждой батареи в любой момент боевых действий.

*Задача 6* (для летчиков). Две эскадрильи  $A_1$  и  $A_2$  ведут воздушный бой. Эскадрилья  $A_1$  состоит из  $N_1$  самолетов со скорострельностью  $\lambda_1$  и вероятностью поражения цели при одном выстреле  $P_1$ . Эскадри-

ля  $A_2$  состоит из  $N_2$  боевых единиц со скорострельностью  $\lambda_2$  и вероятностью поражения цели при одном выстреле  $P_2$ . Каждая эскадрилья однородна, но не обязательно эскадрильи однородны между собой. Необходимо прогнозировать время окончания воздушного боя и средние количества сбитых и не сбитых самолетов каждой эскадрильи в любой момент воздушного боя.

Численные данные задач 4–6 даются курсантам по 25 вариантам и приводятся в виде соответствующей таблицы. Выполнение данной лабораторной работы включает следующие этапы:

1. Уяснить исходные данные, условия и требования военно-прикладной задачи о боевых действиях между двумя противоборствующими сторонами. Изучить математические методы прогнозирования времени окончания боя и среднего количества пораженных и непораженных боевых единиц каждой стороны в любой момент боевых действий.

2. Повторить теорию математического моделирования высокоорганизованного боя с полной точной информацией, который удовлетворяет следующим предположениям:

- любая боевая единица одной стороны, пока она не поражена, может вести огонь по любой непораженной боевой единице другой стороны;
- разведка, связь, управление идеальны, т.е. перенос огня каждого средства на новую цель происходит мгновенно после поражения предыдущей цели;
- пораженная боевая единица в дальнейших действиях не участвует, т.е. за время боя нет пополнения сторон;
- временем полета носителя снаряда пренебрегаем;
- перенос огня не влияет на скорострельность и вероятность поражения;
- количество боеприпасов неограниченно;
- противоборствующие группировки достаточно многочисленны.

Математическое моделирование осуществляется методом средних, суть которого сводится к тому, что в процессе боевых действий фактическая численность группировок  $A_i$  в любой момент времени  $t$  заменяется их средней численностью  $m_i(t)$ ,  $i = 1, 2$ . Математической моделью боевых действий в задачах 4–6 двух противоборствующих сторон является задача Коши для системы двух однородных обыкновенных дифференциальных уравнений (Ланчестера) первого порядка:

$$\begin{aligned} \frac{dm_1(t)}{dt} &= -\lambda_2 P_2 m_2(t), \\ \frac{dm_2(t)}{dt} &= -\lambda_1 P_1 m_1(t), \quad t \geq 0, \end{aligned} \quad (1)$$

относительно средних численностей  $m_i(t)$  сторон  $A_i$ ,  $i = 1, 2$ , при начальных условиях

$$m_1(0) = N_1, \quad m_2(0) = N_2. \quad (2)$$

Единственные решения задачи Коши (1), (2) находятся математическими методами обыкновенных дифференциальных уравнений в явном аналитическом виде:

$$\mu_1(\tilde{t}) = ch \tilde{t} - \frac{1}{\chi} sh \tilde{t}, \quad \mu_2(\tilde{t}) = ch \tilde{t} - \chi sh \tilde{t},$$

где доля боеспособных единиц  $\mu_i$  сторон приведенное время  $\tilde{t}$  и эффективные скорострельности сторон  $\tilde{A}_i$  соответственно вычисляются по формулам

$$\mu_i(t) = \frac{m_i(t)}{N_i}, \quad \tilde{t} = \sqrt{\tilde{A}_1 \tilde{A}_2} t, \quad \tilde{A}_i = \lambda_i P_i, \quad i = 1, 2,$$

и коэффициент преимущества стороны над стороной  $A_1$  и  $A_2$  выражается коэффициентом преимущества

$$\chi = \frac{N_1}{N_2} \sqrt{\frac{\lambda_1 P_1}{\lambda_2 P_2}}.$$

3. Ознакомиться с готовым решением аналогичной военно-прикладной задачи на персональном компьютере с помощью пакета прикладных программ в системе Mathcad в виде графиков функций  $m_1(t)$  и  $m_2(t)$ , по которым курсанты учатся определять время окончания боя и количество оставшихся боевых

единиц у победившей стороны. Готовое решение задачи Коши (1), (2) представляется в виде графиков функций  $m_1(t)$  и  $m_2(t)$ . Анализируя полученные графики, видим, что  $m_1(t)$  имеет положительные значения до времени  $t \approx 0,4$ , т.к. по истечении этого времени все боеспособные единицы  $m_1(t)$  стороны  $A_1$  будут уничтожены, а численность оставшихся боеспособных единиц  $m_2(t)$  стороны  $A_2$  примерно составит 350 боевых единиц. Более точное время окончания боя можно определить, просматривая соответствующую таблицу значений  $t$  и функций  $m_1(t)$  и  $m_2(t)$ .

4. Ввести боевые данные  $N_i$ ,  $\lambda_i$ ,  $P_i$  сторон своего варианта исходной задачи, соответствующей специальностям курсантов, и изучить два модельных случая, когда боевые возможности стороны  $A_1$  постоянны, а стороны  $A_2$  изменяются произвольным разумным образом и наоборот. Рассматриваются два варианта решения: в первом варианте один из трех параметров  $N_2$ ,  $\lambda_2$ ,  $P_2$  поочередно меняется, а два других постоянны, во втором варианте наоборот – боевые возможности  $N_1$ ,  $\lambda_1$ ,  $P_1$  стороны  $A_1$  меняются, параметры боеспособности  $N_2$ ,  $\lambda_2$ ,  $P_2$  противника  $A_2$  постоянны. В зависимости от изменения значений параметров  $N_i$ ,  $\lambda_i$ ,  $P_i$ ,  $i = 1, 2$  очевидно будут изменяться время окончания боя и его исход.

5. Заполнить таблицы результатов основных и дополнительных расчетов, проведенных на персональных компьютерах, расчетов сравнительного анализа боевых действий двух сторон и других бланков отчета о выполнении данной лабораторной работы согласно указанным общим правилам оформления отчетов по лабораторным работам. Формулировка оперативно-тактических выводов: какие оперативно-тактические решения необходимо принять командованию стороны  $A_1$  ( $A_2$ ), чтобы закончить бой за минимальное время и с наименьшими потерями.

*Виртуальный лабораторный тренажер № 5 «Принятие оперативно-тактических решений в условиях неполной информации с использованием вероятностных моделей в военном деле»*

*Цель* этого виртуального тренажера:

- приобрести математические профессионально значимые знания и умения, которые позволяют курсантам применять аппарат теории вероятностей в военном деле;
- развить практические навыки, которые позволяют курсантам реализовать используемую вероятностную математическую модель на ПЭВМ в системе Excel;
- получить необходимые навыки принятия оптимальных оперативно-тактических, военно-командных решений с помощью вероятностных моделей в военном деле.

В зависимости от военных специальностей курсантов на этой лабораторной работе они решают, например, одну из следующих военно-прикладных задач.

*Задача 7* (для мотострелков). По данным разведки имеется составной объект, который состоит из 25 возможных подобъектов нападения. Имеются вероятности нападения на каждый из подобъектов

$$P_1, P_2, \dots, P_{24}, P_{25}$$

соответственно. Экспертами установлена степень защищенности каждого из этих подобъектов (оценкой степени защищенности является вероятность того, что нападение противника удастся отразить). Степени защищенности соответственно равны

$$w_1, w_2, \dots, w_{24}, w_{25}.$$

Противник может осуществить нападение только на один из перечисленных подобъектов. Боевая задача воинского мотострелкового подразделения заключается в отражении нападения противника. Данные разведки о возможных вероятностях нападения ( $p_i$ ) и соответствующие им мнения экспертов о степенях защищенности ( $w_i$ ) этих объектов представляются в 10 вариантах соответствующими таблицами для расчетов и обучения принятию оптимальных военно-командных решений с помощью вероятностных моделей.

*Задача 8* (для внутренних войск). Подразделением внутренних войск осуществляется охрана атомной станции. По оперативным данным имеется вероятность ее захвата террористами. Атомная электростанция представляет собой составной объект, который состоит из 25 возможных подобъектов нападения. Имеются вероятности нападения на каждый из подобъектов

$$P_1, P_2, \dots, P_{24}, P_{25}$$

соответственно. Экспертами установлена степень защищенности каждого из этих подобъектов (оценкой степени защищенности является вероятность того, что нападение террористов удастся отразить). Степени защищенности соответственно равны

$$w_1, w_2, \dots, w_{24}, w_{25}.$$

Террористы могут осуществить нападение только на один из перечисленных подобъектов. Боевая задача подразделения внутренних войск заключается в отражении нападения террористов. Для расчетов и принятия оптимальных военно-командных решений с помощью вероятностных моделей курсантам представляется 10 вариантов оперативных данных о вероятностях захвата ( $p_i$ ) и 10 вариантов соответствующих им мнений экспертов о степенях защищенности ( $w_i$ ) подобъектов в виде соответствующих таблиц.

*Задача 9* (для авиации). Истребители авиационного полка стоят на дежурстве по охране военно-промышленного комплекса, представляющего составной объект из 25 возможных подобъектов нападения. По данным разведки, имеются вероятности нападения на каждый из подобъектов равны

$$p_1, p_2, \dots, p_{24}, p_{25}$$

соответственно. Экспертами установлена степень защищенности каждого из этих подобъектов (оценкой степени защищенности является вероятность того, что нападение противника удастся отразить). Степени защищенности равны соответственно

$$w_1, w_2, \dots, w_{24}, w_{25}.$$

Противник может осуществить нападение только на один из перечисленных подобъектов. Боевая задача истребителей заключается в отражении нападения противника. Для расчетов и принятия оптимальных военно-командных решений с помощью вероятностных моделей курсантам представляется 10 вариантов данных разведки о вероятностях захвата ( $p_i$ ) и 10 вариантов мнений экспертов о степенях защищенности ( $w_i$ ) подобъектов в соответствующих таблицах.

В задачах 7–9 также требуется с учетом оперативно-тактических нормативов дополнительно выполнить задания:

а) оценить вероятность отражения нападения противника на указанный в задаче составной объект (задание для обороняющейся стороны);

б) определить вероятность захвата указанного в задаче составного объекта (задание для нападающей стороны);

и выработать общие рекомендации и предложения по выполнению боевой задачи:

в) защиты составного объекта и минимизации последствий нападения (задание для обороняющейся стороны);

г) захвата составного объекта (задание для нападающей стороны).

В процессе обучения на виртуальном тренажере № 5 курсантам предлагается руководствоваться следующими *указаниями*.

Согласно принятым оперативно-тактическим нормативам объект считается достаточно защищенным от нападения противника, если вероятность отражения нападения на него не менее 0,95, а наступательная операция считается целесообразной, если вероятность захвата объекта не менее 0,75.

Решение задач 7–9 проводится в следующей последовательности этапов:

1. Составить математическую вероятностную модель задачи, позволяющей найти вероятности защиты (захвата) указанных в этих задачах составных объектов. При расчете вероятностной модели использовать формулу полной вероятности. Для составления вероятностной модели задачи выделяются необходимые случайные события:

$A$  – составной объект защищен от захвата;

$B$  – составной объект не защищен от захвата (может быть захвачен);

$H_i$  – для нападения выбран  $i$ -й подобъект, где  $i = 1, 2, \dots, n$  и  $n = 25$ .

а) *вероятность отражения нападения*. Теоретико-вероятностной моделью рассматриваемой боевой ситуации защиты объекта от нападения является известная формула полной вероятности:

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(H_i)P(A/H_i),$$



где  $H_i$  – рассматриваемые гипотезы нападения противника на  $i$ -й подобъект;

$P(H_i)$  – вероятности нападения противника на  $i$ -й подобъект;

$P(A/H_i)$  – условные вероятности защиты от нападения на  $i$ -й подобъект, где  $i = 1, 2, \dots, n$  и  $n = 25$ .

Поскольку гипотезы  $H_i$  образуют полную группу событий, то они очевидно являются достоверным событием и поэтому их вероятность наступления равна

$$\sum_{i=1}^n P(H_i) = \sum_{i=1}^n p_i = 1.$$

Согласно условиям задач вероятности нападения противника на  $i$ -й подобъект равны  $P(H_i) = p_i$  и условные вероятности защиты от нападения на  $i$ -й подобъект равны  $P(A/H_i) = w_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Можем вычислить полную вероятность того, что составной объект будет защищен от нападения:

$$P(A) = \sum_{i=1}^n p_i w_i.$$

В силу оперативно-тактических нормативов для успешного отражения нападения противника на составной объект необходимо, чтобы вероятность защиты объекта составляла  $P(A) \geq 0,95$ ;

б) *вероятность захвата объекта*. Теоретико-вероятностной моделью рассматриваемой боевой ситуации по захвату составного объекта, состоящего из  $n = 25$  подобъектов, также является формула полной вероятности:

$$\begin{aligned} P(B) &= P(H_1)P(B/H_1) + P(H_2)P(B/H_2) + \dots + P(H_n)P(B/H_n) = \\ &= p_1 \bar{w}_1 + p_2 \bar{w}_2 + \dots + p_n \bar{w}_n. \end{aligned}$$

В приведенном задании для нападающей стороны в математической модели рассматриваются гипотезы  $H_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $n = 25$ , нападения на  $i$ -й подобъект. Тогда  $P(H_i) = p_i$  – это вероятности нападения на  $i$ -й подобъект для  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $n = 25$ . Поскольку  $H_i$  образуют полную группу событий, то вероятность их наступления тоже равна

$$\sum_{i=1}^n P(H_i) = \sum_{i=1}^n p_i = 1.$$

Если по условиям задач  $w_i$  – вероятности защищенности  $i$ -го подобъекта, то условные вероятности захвата (незащищенности)  $i$ -го подобъекта очевидно находятся по формуле

$$P(B/H_i) = 1 - w_i = \bar{w}_i.$$

Используя данную математическую модель, находим полную вероятность захвата составного объекта:

$$P(B) = \sum_{i=1}^n p_i \bar{w}_i.$$

Для успешного захвата составного объекта необходимо, чтобы выполнялось условие  $P(B) \geq 0,75$ .

2. Рассчитать вероятностную модель в системе Excel на персональном компьютере в следующей последовательности шагов:

– создание курсантами электронной формы специального вида в системе Excel на персональном компьютере для ввода данных задач;

– ввод курсантами конкретных исходных данных своих задач в созданную электронную форму.

Вводятся вероятности  $p_i$  нападения на  $i$ -подобъекты, где  $i = 1, 2, \dots, 25$ , для задания а) в ячейки В3–В27, а для задания б) в ячейки G3–G27. Вводятся также степени защищенности  $w_i$   $i$ -подобъектов, где  $i = 1, 2, \dots, 25$ , для задачи а) в ячейки С3–С27, для задачи б) в ячейки Н3–Н27.

3. Провести содержательный анализ полученного решения. На основании полученных на компьютере величин полных вероятностей  $P(A)$  и  $P(B)$  курсанты соответственно делают оперативно-

тактические выводы о возможности защиты указанного в задаче составного объекта для задания а) и захвата указанного в задаче составного объекта для задания б).

4. Выработать и обосновать оптимальные военно-командные решения по надежной защите и успешному захвату порученного в задаче объекта:

в) аргументированные рекомендации по выполнению боевой задачи для защиты составного объекта и минимизации последствий нападения при минимальных людских и технических силах и средствах обороны (задание для обороняющейся стороны);

г) аргументированные рекомендации по выполнению боевой задачи для захвата составного объекта при минимальных людских и технических потерях наступающих сил и средств (задание для нападающей стороны).

**Заключение.** За 2009–2014 гг. разработаны, апробированы и внедрены в учебный процесс новые комплексные методики формирования математических профессионально значимых математических знаний и умений курсантов военно-командных специальностей общевойскового и авиационного факультетов, факультетов внутренних войск, ракетных войск и артиллерии Военной академии Республики Беларусь. Как одно из средств обучения эти методики включают единый *инновационный программно-математический лабораторный практикум* с различными условиями военно-прикладных задач, соответствующих разным военно-командным специальностям курсантов. Применяемый в лабораторном практикуме математический аппарат охватывает почти все разделы новой учебной программы по высшей математике для курсантов командных специальностей. Он представляет собой *систему виртуальных программно-математических лабораторных тренажеров* для обучения курсантов принятию военно-командных решений во время несения воинской службы и ведения боевых действий из семи лабораторных работ на персональных компьютерах. В заключение можно утверждать, что курсанты военно-командных специальностей учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь» участвуют в *виртуальных лабораторных учениях* в течение всего периода преподавания высшей математики. Итак, с помощью компьютерных технологий преподаватели высшей математики проводят смещение акцентов с чисто технической вычислительной стороны проблемы обучения математике на осознанность материала, поскольку компьютерные технологии дают возможность динамического моделирования военно-прикладных задач. В настоящей работе указаны цели, сформулированы военно-прикладные задачи, описаны математические модели и поставлены основные задания для курсантов командных специальностей этих факультетов Военной академии на программно-математических лабораторных тренажерах №№ 1, 3 и 5 по новой учебной программе дисциплины «Основы высшей математики». За время прохождения данных лабораторных тренажеров курсанты приобретают навыки оперативно-тактического анализа и принятия оптимальных военно-командных решений соответственно с помощью линейно развивающихся процессов, дифференциальных и вероятностных моделей в военном деле.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Столяр, А.А. Педагогика математики / А.А. Столяр. – Минск : Выш. шк., 1986. – 414 с.
2. Андреев, В.И. Педагогика высшей военной школы : учеб.-метод. комплекс / В.И. Андреев. – Минск : Воен. акад. Респ. Беларусь, 2007. – 210 с.
3. Новик, И.А. Современные тенденции в проведении исследований по теории и методике обучения естественным наукам (математике, физике, информатике) / И.А. Новик. – Минск : БГПУ, 2005. – 52 с.
4. Бровка, Н.В. Формы и средства интеграции теории и практики обучения студентов математике : учеб.-метод. пособие / Н.В. Бровка. – Минск : БГПУ, 2009. – 192 с.
5. Шулнина, Г.А. Формирование математических профессионально значимых знаний и умений курсантов военно-командных специальностей Военной академии : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Г.А. Шулнина; Бел. гос. пед. ун-т. – Минск, 2014. – 27 с.
6. Шулнина, Г.А. Обучение курсантов факультета внутренних войск Военной академии математической поддержке в ходе принятия служебно-командных решений / Г.А. Шулнина // Весн. Віцеб. дзярж. ўн-та. – 2015. – № 4 (88). – С. 84–91.
7. Шулнина, Г.А. Методика формирования математических профессионально значимых знаний и умений курсантов военно-командных специальностей факультета ракетных войск и артиллерии и авиационного факультета Военной академии / Г.А. Шулнина // Весн. Брэст. дзярж. ўн-та. – 2016. – № 1. – С. 69–80.
8. Шулнина, Г.А. Обучение курсантов командных специальностей Военной академии умениям математической поддержки принятия решений / Г.А. Шулнина // Весн. Віцеб. дзярж. ўн-та. – 2013. – № 1 (73). – С. 89–95.
9. Шулнина Г.А. Математическая поддержка принятия военно-командных решений / Г.А. Шулнина, Д.А. Гошко // Современные методы теории функций и смежные проблемы : материалы Междунар. конф. Воронежской зимней математической школы, Воронеж, 27 янв. – 2 февр. 2015 г. – Воронеж : ВГУ, 2015. – С. 164–165.
10. Шулнина, Г.А. Система математических военно-прикладных задач для профессиональной направленности обучения курсантов внутренних войск / Г.А. Шулнина, Д.А. Калачев // Современные методы теории краевых задач :

- тезисы докладов Воронежской весенней математической школы «Понтрягинские чтения – XXVI», Воронеж, 3–9 мая 2015 г. / Воронеж. гос. ун-т. – Воронеж, 2015. – С. 225–226.
11. Шунина, Г.А. Виртуальный тренажер принятия оперативно-тактических решений с помощью математических дифференциальных моделей / Г.А. Шунина // Шестые Богдановские чтения по обыкновенным дифференциальным уравнениям : материалы Междунар. науч. конф., Минск, 7–10 дек. 2015 г. / Белорус. гос. ун-т. – Ч. 2. – Минск : ИМ НАН Беларуси, 2015. – С. 140–142.
  12. Кожевко, О.Ф. Применение системы виртуальных математических тренажеров для формирования навыков принятия оптимальных решений / О.Ф. Кожевко, Г.А. Шунина // Военное образование : традиции, опыт и современность : материалы XIII междунар. науч.-метод. конф., 21 апр. 2016 г. / Воен. акад. – Минск : ВА РБ. – 2016. – С. 213–215.
  13. Горянова, Е.Г. Способность к принятию оптимальных управленческих решений как базовая составляющая управленческих способностей / Е.Г. Горянова // Вектор науки. ТГУ. – 2013. – № 2 (24). – С. 403–406.

Поступила 21.09.2016

**VIRTUAL LABORATORY EXERCISE OF MILITARY STUDENTS  
AT MILITARY ACADEMY FOR THE ADOPTION OF MILITARY COMMAND DECISIONS  
DURING MILITARY SERVICE AND WARFARE**

**G. SHUNINA, O. KOZHEVKO**

*The work is dedicated to the use of mathematical models as the basis of a virtual software and mathematical techniques of professional mathematical significant knowledge and skills development of military students. As a means of learning higher mathematics students developed, tested and operates a single innovative software and mathematical laboratory practice with different conditions of military applications, corresponding to different military command function. It is a system of seven virtual simulators and mathematical software in the classroom for higher mathematics. Each laboratory work performed cadet ends registration of a written report, which shall contain the personal job description of the stages of its implementation, computer calculations, additional calculations, preparation of the necessary tables and graphs, meaningful analysis of the results and the list of operational-tactical advice and the best military team solutions. The military student does not fulfill all the laboratory work in this specialty, is not allowed for the exam (offset) in mathematics. The paper stated objectives, formulated military-applied problems described mathematical models and set the main tasks for the military students command specialties Combined Arms Faculty, the Faculty of the Internal Troops, Faculty of Missile Troops and Artillery and Aviation Faculty at the Military Academy of the Republic of Belarus on virtual software and mathematical laboratory simulators № 1, № 3 and № 5 on the new curriculum the subject "The Fundamentals of Higher Mathematics". In these simulators military students form their ability to military-tactical thinking, practical skills tactical analysis, learn to predict the development of military operations and make better military command decisions accordingly using a linear developing processes, differential models and probabilistic models in military affairs.*

**Keywords:** *virtual software and mathematical simulator laboratory, virtual laboratory exercises, acceptance of the military command decisions.*