

8. **Симонян С.О., Адамян М.А.** Сопряжённые аналоги метода наименьших квадратов решения линейных однопараметрических систем конечных уравнений // Известия НАН РА и НПУА. Серия ТН. - 2018. - Т. LXXI, №.3. - С. 354-366.
9. **Пухов Г.Е.** Дифференциальные преобразования функций и уравнений. - Киев: Наукова думка, 1984. - 420 с.

М.А. АДАМЯН

ПАКЕТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНЕЧНЫХ УРАВНЕНИЙ

Представляется пакет прикладных программ (ППП), построенный с использованием разработанных аналитических и численно-аналитических декомпозиционных методов с непрямыми и прямыми подходами для решения корректных и некорректных задач линейных однопараметрических систем конечных уравнений. «»

Ключевые слова: линейные однопараметрические системы конечных уравнений, дифференциальные преобразования, численно-аналитические методы с прямым и прямым подходом, пакет прикладных программ.

M.A. ADAMYAN

AN APPLICATION PACKAGE FOR SOLVING LINEAR ONE- PARAMETRIC SYSTEMS OF FINITE EQUATIONS

An application package (AP) is presented, using the developed numerical-analytical decompositional methods with indirect and direct approaches for the solution of correct and incorrect problems of linear one-parametric systems of finite equations.

Keywords: linear one-parametric systems of finite equations, differential transformations, numeric-analytical methods with indirect and direct approach, application package.

УДК 681.782.473:004.354.5

Г.Г. ХАЧАТРЯН

К ВОПРОСУ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ

Рассматриваются вопросы влияния компьютерного тренажерного обучения на эффективность боевой подготовки артиллерийских подразделений и некоторые вопросы проектирования аппаратной части конструкции.

Ключевые слова: боевая подготовка, ствольная артиллерия, компьютерный тренажер, математическая модель, системы автоматизированного проектирования.

Введение. В век информационных технологий компьютерное обучение интересно тем, что, в отличие от традиционных методов обучения, оно обеспечивает большую степень интерактивности и усваиваемости материала за

единицу времени. По данным исследований, усваиваемость может возрасти до 60...90 %.

Современные обучение и тренировка личного состава артиллерийских подразделений немыслимы без применения компьютерных систем обучения (здесь и далее по тексту - тренажеров), при помощи которых с высокой достоверностью можно моделировать боевую обстановку, обучать личный состав строению и особенностям применения моделируемого вооружения, когда в реальности это затруднительно или опасно. Тренажеры предоставляют возможность уменьшения затрат на боевую подготовку и сроков освоения вооружения и военной техники, а также получения навыков работы с ними до начала их эксплуатации, что сокращает риск причинения неисправностей технике и увеличивает ее ресурс.

Несмотря на то, что необходимость тренажерной подготовки общепризнана, она несет потенциальную опасность, связанную с возможностью привития ложных навыков из-за недостаточной адекватности моделей. Примером привития ложного навыка на тренажере, приведшего к авиакатастрофе, является катастрофа American Airlines Flight 587. Как показало расследование катастрофы, пилотов этой авиакомпании обучали на тренажере интенсивно работать рулем направления при попадании в зону турбулентности, что в реальном полете привело к раскачке самолета по рысканию с последующим отделением вертикального оперения от фюзеляжа. При этом подобные действия на тренажере не приводили к выходу самолета за пределы эксплуатационных ограничений [1].

Стоимость зарубежных тренажеров зачастую может достигать до 50% от стоимости вооружения, а сроки окупаемости - длительные. Поэтому представляют актуальность развитие тренажеростроения в военно-промышленном комплексе с целью оснащения боевых подразделений тренажерами отечественного производства, а также пересмотр учебно-методических материалов и программ боевой подготовки артиллерийских подразделений в соответствии с современными требованиями. С этой целью в статье рассмотрены некоторые вопросы, связанные с разработкой автоматизированного компьютерного тренажера для стрельбы прямой наводкой из систем ствольной артиллерии.

Отметим, что широкое применение отечественных компьютерных тренажеров является одной из главных причин повышения уровня боевой подготовки войсковых подразделений ВС РА [2, 3].

Однако используемая в настоящее время методика тренировки личного состава артиллерийских подразделений не соответствует современным требованиям по надежности и эффективности обучения.

Актуальность работы определяется необходимостью поддержания постоянного навыка боевых расчетов, в частности – наводчиков и операторов орудий, а также замены безнадежно устаревшей методики тренировки.

В работе обоснована актуальность проблемы обучения наводчиков противотанковых артиллерийских систем, выполнен анализ существующих тренажеров ствольной артиллерии, установлены необходимость и целесообразность внедрения компьютерного обучения наводчиков, разработана новая методика обучения. Составлен алгоритм, разработано и отлажено программное обеспечение (ПО), обосновывается экономическая эффективность внедрения компьютерного тренажера.

Методы исследования. В работе для проведения теоретических исследований применяются методы теории информационно-измерительных систем, погрешностей измерений, теории массового обслуживания, регрессионного анализа. Регрессионный анализ произведен методом наименьших квадратов в математических пакетах SciDAVis и Advanced Grapher. При разработке устройства и алгоритмов используются методы следующих теорий: надежности, вычислительных систем, имитационного моделирования, схемотехники, систем автоматизированного проектирования (САПР) и программирования. В САПР ANSYS используется метод конечных элементов. Для обработки результатов экспериментов задействованы методы математической статистики и теории вероятностей, а для проверки адекватности модели - результаты натуральных испытаний. В теоретических исследованиях применяются математические пакеты Derive, MathLab и MathCAD.

Проектирование аппаратной части тренажера. Конструкция тренажера должна отвечать современным социальным требованиям, обеспечивать соответствующие условия труда при невысоком уровне затрат физической энергии. Особое внимание необходимо уделять обеспечению техники безопасности в соответствии с правилами, изложенными в руководстве по безопасности [4]. Должны быть решены также вопросы эргономики и эстетики.

Конструируемое устройство в процессе эксплуатации должно обеспечить приемлемый уровень эффективности. Поэтому при проектировании новой машины следует обеспечивать экономическую целесообразность ее использования.

Проектирование выполнено на базе современных технологий с применением: САПР для машиностроения ANSYS, SolidWorks (рис. 1); САПР для радиоэлектронного моделирования Proteus (рис. 2-4); средств разработки из пакета Visual Studio; программ математического моделирования MathLab, MathCAD.

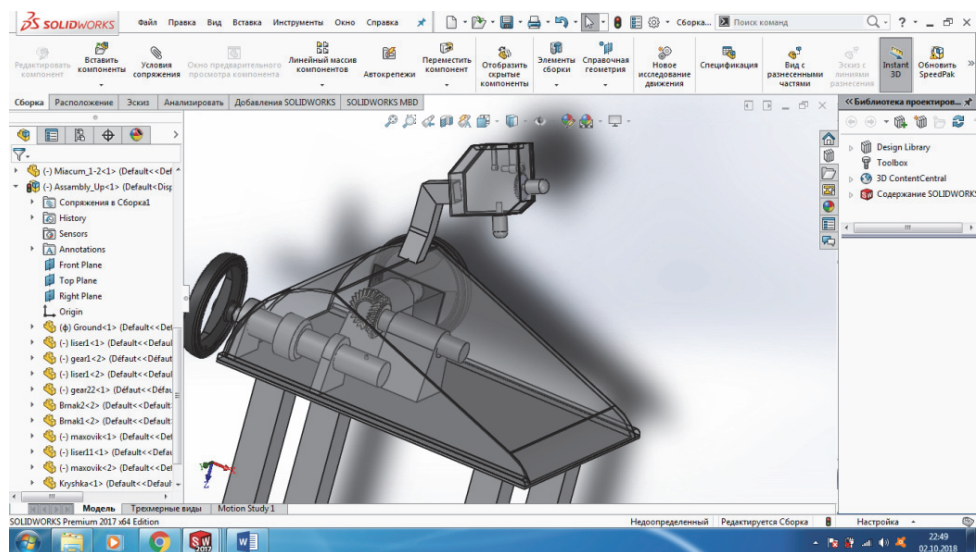


Рис. 1. Аппаратная часть тренажера в САПР SolidWorks

Проектируемое устройство будет эксплуатироваться в полевых условиях и должно удовлетворять следующим критериям:

- низкая потребляемая мощность;
- широкий диапазон рабочих температур;
- малые массогабаритные характеристики,
- возможность работы от автономного источника питания;
- высокая транспортабельность;
- легкость развертывания, работы и свертывания;
- желательная конструкция во влаго- и пылезащищенном исполнении для тренировки личного состава в полевых условиях;
- низкая себестоимость при хорошем соотношении цена/качество;
- простота технического обслуживания и ремонта;
- возможность работы в составе других учебных классов с использованием оборудования и устройств класса (компьютера, цифрового проектора).

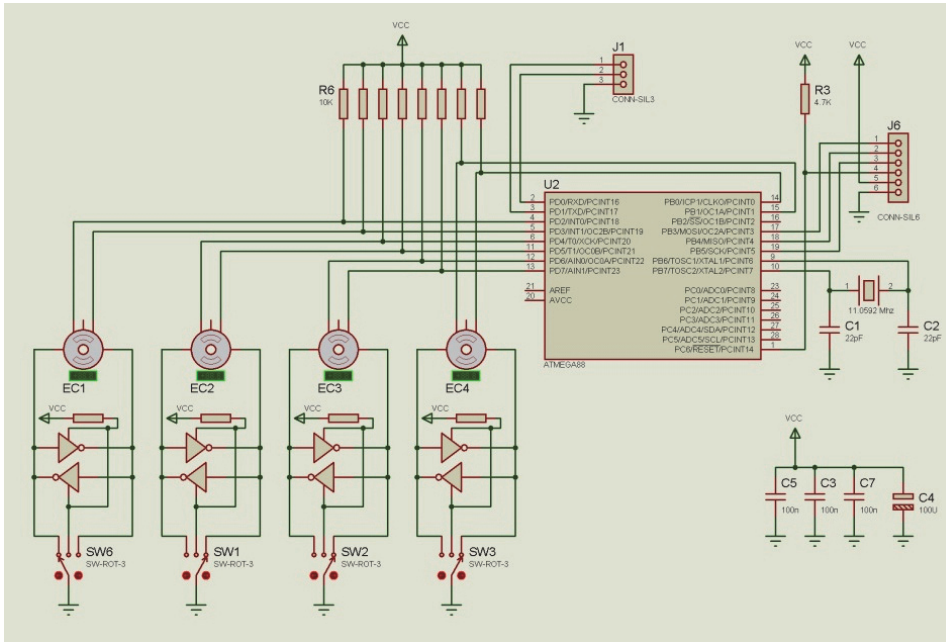


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема микропроцессорного узла с энкодерами и интерфейсом UART, спроектированная в САПР Proteus ISIS

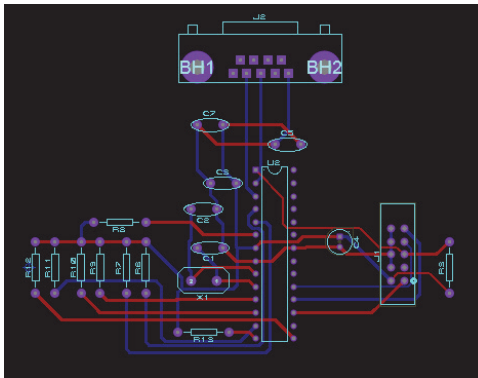


Рис. 3. Рисунок печатной платы микропроцессорного узла после трассировки в САПР Proteus Ares

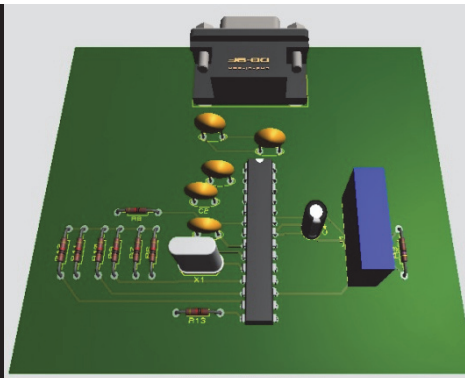


Рис. 4. 3D - визуализация готовой печатной платы микропроцессорного узла в САПР Proteus Ares

Приведем пример использования САПР для проектирования зубчатых передач и последующих расчетов на прочность. Пара зубчатых колес была смоделирована в программе SolidWorks. После чего они были импортированы в среду ANSYS, в основе расчетов которой заложен метод конечных элементов.

В модуле ANSYS Explicitе задачи моделирования напряженно-деформированного состояния решаются по следующему алгоритму:

- 1) моделируется геометрия;
- 2) вводится информация о материале и его механических свойствах;
- 3) моделируется сетка для решения задачи;
- 4) определяются граничные условия;
- 5) решается сама задача.

В качестве материала берется конструкционная углеродистая сталь марки 45, параметры которой приведены в таблице.

Таблица

Принятые значения параметров материала

Наименование физико-механического параметра	Марка материала
	Сталь 45
Массовая плотность, ρ , кг/м ³	7826
Модуль Юнга, E , ГПа	204,0
Коэффициент Пуассона, μ	0,3
Коэффициент линейного расширения, K^{-1}	$1,19 \cdot 10^{-5}$
Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	473

Возникающие в шестернях напряжения представлены на рис. 5. Как видно из рисунка, местами у оснований зубьев имеются узлы напряжений.

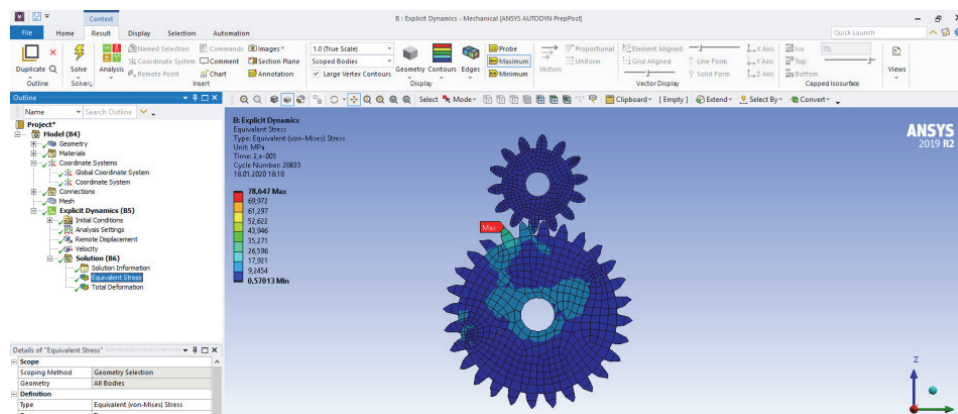


Рис. 5. Напряжения в зубчатой передаче в САПР ANSYS

На рис. 6 приведены возникающие в шестернях деформации.

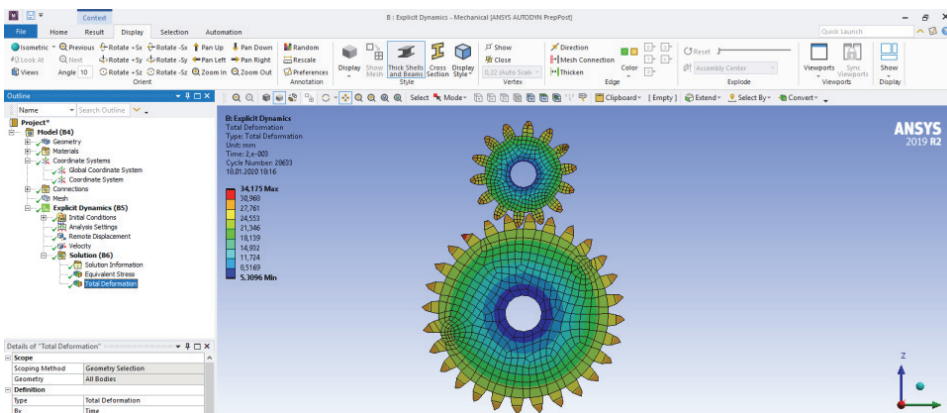


Рис. 6. Деформации от сцепления и вращения в САПР ANSYS

Создание математической модели. Некоторых вышеперечисленных критериев можно достичь, выбрав модель объекта в постановке оптимизационной задачи, вводя в пакет моделирования входные данные, необходимые для расчетов, минимальные и максимальные значения варьируемых параметров, ограничения и целевую функцию оптимизации. С математической точки зрения, задача сводится к нахождению экстремума целевой функции $f(x)$ в пределах допустимой области x_d изменения управляемых параметров x :

$$\text{extr } f(x).$$

$$x \in x_d.$$

x_d может задаваться совокупностью ограничений параметров, т.е.

$$x_d = \{x \in x_n \mid \varphi(x) \geq 0, \psi(x) = 0, \zeta(x) < n\},$$

где $\varphi(x)$, $\psi(x)$ и $\zeta(x)$ - функции ограничений параметров [5].

Величины, характеризующие свойства системы, элементов системы и внешней среды, называются соответственно выходными, внутренними и внешними параметрами.

Обозначив количества выходных, внутренних и внешних параметров тренажера через m , n , l , а векторы этих параметров - соответственно через $Z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$, $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, $Y = (y_1, y_2, \dots, y_l)$, можно записать

$$Z = f(X, Y),$$

т.е. свойства системы зависят от внутренних и внешних параметров, которыми могут быть:

- *выходные параметры* - масса, габаритные размеры, потребляемая мощность;

▪ *внутренние параметры* - скорость считывания и погрешность датчиков, передаточное число редукторов;

▪ *внешние параметры* - усилия и направления вращений маховиков и нажатий рычагов, напряжение источника питания, температура и влажность окружающей среды и др.

Например, величина перемещения оптического прицела ОП-4 пушки в окне ПО определится выражением

$$S(t) = k \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt ,$$

где t_1 - время засечки цели; t_2 - время производства выстрела; k - коэффициент пропорциональности (соотношение скорости вращения подъемно-поворотного механизма к скорости перемещения оптического прицела ОП-4) [6].

Поскольку тренажер представляет собой изделие из последовательно соединенных узлов (отказ одного из них влечет за собой отказ всей системы), то вероятность его безотказной работы определится по формуле

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t),$$

где $P_i(t)$ - вероятность безотказной работы i -го узла [7].

Наработка на отказ устройства без учета случайных факторов определяется в основном самым недолговечным элементом конструкции. Например, в тренажере таковыми являются гибкие тросы, передающие крутящий момент от маховичков к датчикам (гарантийная наработка - не менее 2500 ч). С учетом последнего гарантийная наработка тренажера будет равняться 2,5 года, что больше установленного в техническом задании гарантийного срока эксплуатации (2 года) при сроке службы 10 лет.

Практические результаты

1. Основным практическим результатом работы является разработка аппаратно-программного комплекса тренажера "Панорама" для стрельбы прямой наводкой из всех систем ствольной артиллерии, оснащенных оптическим прицелом ОП-4 и его модификаций.

На основе разработки получен патент на изобретение N2520A PA [8].

2. Разработан датчик перемещения. На основе разработки получен патент на полезную модель N346U PA [9].

Внедрение результатов испытаний. Опытный образец тренажера "Панорама" успешно используется в войсках и показал свою необходимость и результативность в деле тренировки личного состава противотанкового артиллерийского дивизиона, что подтверждается соответствующими актами.

Заключение

1. Применение САПР Solid Works, ANSYS и Proteus с целью проектирования конструкций тренажеров существенно повышает эффективность выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

2. Проведенными экспериментами доказано, что тренажерное обучение личного состава артиллерийской батареи более эффективно (прирост средней оценки составляет более 25%) и экономически выгодно, чем обучение при помощи старой методики на традиционной учебно-материальной базе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авиационный тренажер. http://ru.wikipedia.org/wiki/Авиационный_тренажер.
2. **Хачатуров Ю.Г.** Основные направления развития ракетных войск и артиллерии ВС РА в контексте оборонных реформ с учетом мировых тенденций // Айкаккан Банак. - 2012. - N4(74). - С. 14.
3. **Априамов Э.А.** Опыт применения противотанковых средств на примере Карабахского конфликта // Айкаккан Банак. - 2012. - N4(74). - С. 60.
4. Руководство по обеспечению безопасности воинской службы.–Ереван, 2010.-96 с.
5. **Норенков И.П.** Основы автоматизированного проектирования. –4-е изд., перераб. и доп. –М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 430 с.
6. **Хачатрян Г.Г.** Математическое моделирование и программное обеспечение функционирования тренажера ствольной артиллерии // Вестник ГИУА. Серия "Информационные технологии, электроника, радиотехника" .- 2014. – Вып.17, N2.- С. 22-29:
7. **Иванов А.С.** Конструируем машины. Шаг за шагом. В 2-х частях. – Ч. 1. –М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 328 с.
8. **Гаспарян Р.С., Хачатрян Г.Г.** "Тренажер для стрельбы", сертификат на изобретение N2520A. Агентство интеллектуальной собственности РА, 25.05.2011 г., 7 с. http://www.aipa.am/search_mods/patents/view_item.php?id=2520AAM20100170&language=en
9. **Хачатрян Г.Г.** "Датчик линейного перемещения", сертификат на полезную модель N346U: Агентство интеллектуальной собственности РА 29.01.2014 г., 6 с: http://www.aipa.am/search_mods/patents/view_item.php?id=346UAM20130138U&language=en

Հ.Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՀԱՄԱԿԱՐԳՉԱՅԻՆ ՎԱՐԺԱՍԱՐՔԱՅԻՆ ՈՒՍՈՒՑԱՆՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋ

Դիտարկվում են հրետանային ստորաբաժանումների մարտական պատրաստության արդյունավետության վրա համակարգչային վարժասարքային ուսուցման ազդեցության հարցերը և կոնստրուկցիայի ապարատային մասի նախագծման որոշ հարցեր:

Առանցքային բաներ. մարտական պատրաստություն, փողային հրետանի, համակարգչային վարժասարք, մաթեմատիկական մոդել, ավտոմատացված նախագծման համակարգեր:

H.G. KHACHATRYAN

THE ISSUE OF COMPUTER SIMULATOR TRAINING

The influence of computer simulator training on the effectiveness of combat training of artillery units, and some issues on designing the hardware are considered.

Keywords: combat training, barrel artillery, computer simulator, mathematical model, CAD/CAM/CAE.

ՀՏԴ 622.73, 681.51

Ս.Շ. ԲԱԼԱՍԱՆՅԱՆ, Հ.Մ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԻ ՖԼՈՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾՆԹԱՅԻ ՄՈԴԵԼՆԵՐԻ ՀԱՄԵՄԱՏԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ (Կապան)

Հանքանյութի ֆլոտացման տեխնոլոգիական գործընթացի մոդելավորման վերաբերյալ գրականության վերլուծության արդյունքում ցույց է տրված, որ այդ մոդելների կառուցման ժամանակ, պատահական գործոնների ազդեցությունը հաշվի առնելու անհրաժեշտության հետ կապված, դժվարությունների հաղթահարման արդյունավետ ուղիներից է ֆլոտացման գործընթացի էմպիրիկ մոդելի համակցումը արտաքին միջավայրի նմանակային մոդելի հետ:

Առանցքային բաներ. հանքանյութ, ֆլոտացում, ֆենոմենոլոգիական մոդել, կինետիկ մոդել, գենետիկական ալգորիթմ, նեյրոնային ցանց:

Ներածություն: Հանքանյութի ֆլոտացման տեխնոլոգիական համակարգը բարդ է: Այն բնութագրվում է միմյանց հետ փոխկապված տարրերի մեծ թվով, որոնց գործունեությունը ինքնակարգավորվում է հետադարձ կապերով, միմյանց հետ փոխգործող բազմաթիվ բարդ միկրոգործընթացներով և տարաբնույթ պատահական գործոններով [1]: