

**Рисунок 2. – Смоделированная траектория полета крученого футбольного мяча**

Как видно из представленного рисунка, эффект Магнуса может приводить к существенному отклонению вращающегося тела от первоначального направления движения. Следовательно, он должен приниматься во внимание во всех видах спорта, в которых возможно использование крученых (резаных) ударов мячей, шаров и т. п., при этом траектории движения таких тел могут быть предсказаны с использованием подобных моделей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Прандтль, Л. Эффект Магнуса и ветряной корабль / Л. Прандтль // УФН. – 1925 – Т. 5, № 1–2. – С. 1–27.
2. Алешкевич, В. А. Механика сплошных сред. Лекции / В. А. Алешкевич, Л. Г. Деденко, В. А. Караваев ; под ред. В. А. Алешкевича. – М. : изд-во Физического факультета МГУ, 1998. – 92 с.
3. Локтев, В. И. Механика и техника «сухого листа» / В. И. Локтев, С. М. Агушев // Молодой ученый. – 2013. – № 2 (49). – С. 4–9.

**Г. Л. МУРАВЬЕВ, В. И. ХВЕЩУК, С. В. МУХОВ**

УО БРГТУ (Брест, Беларусь)

#### **ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ОБУЧЕНИЯ**

Широко применяемый инструментарий инженерной практики (для анализа, прогнозирования, синтеза систем) – моделирование, особенно с использованием моделей динамического уровня. Эти модели, применяющие принцип статистических испытаний, включая имитационные модели, отображают систему набором взаимосвязанных случайных процессов, что предполагает владение знаниями и навыками программной имитации случайных объектов с заданными вероятностными характеристиками и способами их оценки. Известны готовые средства (библиотеки языков программирования, инструменты офисных пакетов, систем моделирования и др.). Но есть потребность в эффективных инструментах обучения, специально интегрированных в комплекс на базе единой технологии обучения [1].

Рассматриваемые здесь средства предназначены для компьютерной поддержки типовых функций работы со случайными объектами в ходе обучения, контроля результатов по применению приобретенных навыков и знаний для организации моделирования. Это предусматривает также построение гипотетических моделей по данным функционирования систем; подготовку данных для параметризации моделей; оценку адекватности моделей и т. д. Используемый теоретический аппарат: методы имитационного моделирования дискретных систем [2]; объектно-ориентированный подход для разработки и реализации системы.

Комплекс обеспечивает изучение методов: программного получения квазиравномерных чисел, оценки их качества (независимости, стохастичности и т. д.); генерации случайных величин с заданными законами распределения (аналитическими либо табличными аналогами функции плотности, распределения; интервальными рядами; выборками); генерации случайных процессов; оценки характеристик генерируемых выборок, проверки гипотез и т. д. В основу поддержки изучения указанных процессов и построения соответствующей системы как единого комплекса связанных инструментов положен модульный подход (состав системы упрощенно показан на рисунке 1). Система реализована как оконное приложение с набором дочерних окон (вкладок). Пользователь через элементы управления главного окна определяет тип случайного объекта (квазиравномерные числа, случайные величины и т. д.) и, используя вкладки, задает параметры объектов, генерирует соответствующие выборки и выполняет анализ их характеристик. Возможен анализ выборок, полученных средствами обучаемого и представленных файлами. Обеспечивается сохранение и загрузка данных. Функционирование модулей, получаемые результаты визуализируются (на рисунке 2 иллюстрируется поведение доверительного интервала оценки математического ожидания анализируемой выборки при изменении ее размера).

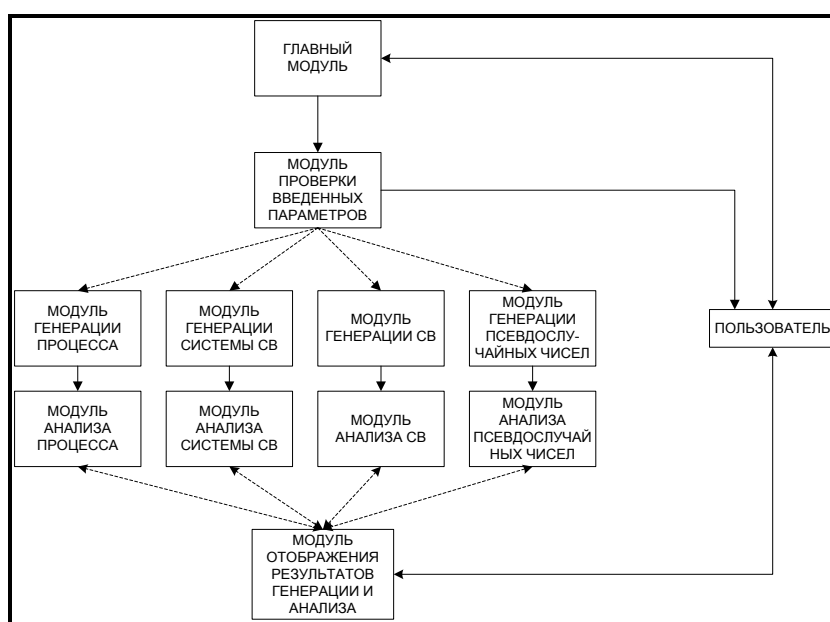


Рисунок 1. – Схема работы системы

Рассмотрена возможность обеспечения многовариантных режимов использования системы – от применения ее как набора автономных, не связанных инструментов для “ручного” использования до автоматической поддержки выбранных сценариев обучения, тестирования, реализуемых в режиме “конструктора” путем коммутации соответствующей технологической цепочки из элементов системы. В том числе, с возможностью подмены готовых (библиотечных) средств аналогичными по функциональности средствами обучаемого с поддержкой заданного интерфейса.

С участием магистрантов БрГТУ Е. В. Слинко, А. А. Скарубо проведено макетирование и тестирование проектных решений, реализованных модулей [3] средствами Microsoft Visual Studio на языке C#. Рассмотрен ряд вариантов системы. Для повышения мобильности рабочий вариант реализован на языке C++ кросс-платформенного инструментария Qt. Это же обеспечило расширяемость возможностей системы путем динамического подключения к ней новых независимо компилируемых модулей.

Основные результаты: методическое обеспечение комплекса (методические указания к выполнению лабораторных работ, электронное пособие по анализу и генерации случайных объектов); программные средства, спроектированные в виде единого комплекса; библиотека готовых методов, классов; опыт апробации комплекса в процессе преподавания соответствующих дисциплин в вузе.

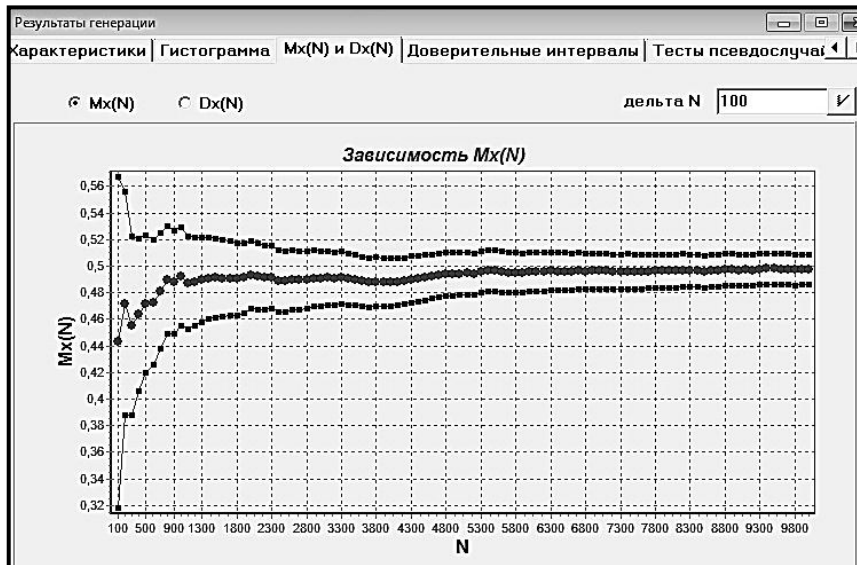


Рисунок 2. – Фрагмент оконного интерфейса

Комплекс позволяет активизировать обучение, внести в обучение элементы исследования за счет более полного охвата учебного материала, применения информационных технологий, автоматизации процессов, повышения визуализации и наглядности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Муравьев, Г. Л. О проблемах обучения моделированию и автоматизации процесса обучения / Г. Л. Муравьев, С. В. Мухов, В. И. Хвещук // Инновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам : материалы X Междунар. научно-практ. конф., Мозырь, 27–30 марта 2018. – С. 46–48.
2. Кельтон, В. Имитационное моделирование. Классика CS / В. Кельтон, А. Лоу. – СПб. : Питер, 2004. – 630 с.
3. Слинко, Е. В. О построении системы средств для целей обучения конструированию динамических моделей / Е. В. Слинко, А. О. Скарубо // Современные проблемы математики и вычислительной техники : материалы 11 РНК молодых ученых и студентов, Брест, БрГТУ, 21–22 нояб. 2019. – С. 62–63.

**Е. М. ОВСИЮК, А. Д. КОРАЛЬКОВ, А. П. САФРОНОВ, Д. С. БЛОЦКАЯ**  
УО МГПУ им. И. П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

#### ЧАСТИЦА СО СПИНОМ 1/2 И ДВУМЯ МАССОВЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ВО ВНЕШНЕМ КУЛОНОВСКОМ ПОЛЕ

В работах [1–2] была развита релятивистская модель для поля со спином 1/2 и двумя массовыми параметрами. Было показано, что в отсутствие внешних полей уравнение для фермиона  $S=1/2$  и массовыми состояниями  $M_1, M_2$  распадается на два несвязанных уравнения Дирака. В присутствии внешних электромагнитных полей возникает сложное уравнение, в котором происходит смешивание двух биспинорных компонент. Во внешнем кулоновском поле система уравнений имеет вид

$$\begin{cases} \left[ \gamma^0 \left( i\partial_t - \frac{\alpha}{r} \right) + i\gamma^3 \partial_r + \frac{1}{r} \Sigma_{\theta\phi} - M_1 + i \frac{\beta_1}{r^2} \gamma^0 \gamma^3 \right] \Psi_1 - i \frac{\alpha_1}{r^2} \gamma^0 \gamma^3 \Psi_2 = 0, \\ \left[ \gamma^0 \left( i\partial_t - \frac{\alpha}{r} \right) + i\gamma^3 \partial_r + \frac{1}{r} \Sigma_{\theta\phi} - M_2 - i \frac{\alpha_2}{r^2} \gamma^0 \gamma^3 \right] \Psi_2 + i \frac{\beta_2}{r^2} \gamma^0 \gamma^3 \Psi_1 = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где выделен зависящий от угловых переменных оператор