

DOI: 10.25629/НС.2024.12.25

УДК: 372.851

ВАК: 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования)

## СТОХАСТИЧЕСКАЯ ЦИФРОВАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ БУДУЩИХ ФИЗИКОВ

Коняева Ю.Ю., Евсева Е.Г.

Донецкий государственный университет

### Аннотация

В статье рассматриваются возможности формирования стохастической цифровой компетентности в процессе обучения теории вероятностей и математической статистике будущих физиков на основе фузионистского подхода. Выделены основные направления цифровизации учебного процесса, решение которых связано с повышением качества стохастической подготовки студентов и формированием у них стохастической цифровой компетентности. Авторами введено понятие стохастической цифровой компетентности будущих физиков. Приведены примеры задач по моделированию вероятностных процессов в физике с использованием виртуальной лаборатории «Математический конструктор», которые могут быть предложены будущим физикам на лабораторных занятиях по теории вероятностей и математической статистике. Отмечается роль цифровых технологий, как средства повышения эффективности освоения будущими физиками способов действий их будущей профессиональной деятельности. Сделаны выводы об использовании виртуальной лаборатории «Математический конструктор» как современной IT-технологии, обладающей такими дидактическими возможностями как наглядность, моделирование и динамика.

### Ключевые слова

стохастическая цифровая компетентность, цифровые технологии, обучение теории вероятностей и математической статистике, студенты физико-технических направлений подготовки

### Введение

Цифровизация системы образования запустила процесс социально-экономической трансформации, который обуславливает массовое внедрение цифровых технологий, предназначенных для обеспечения оперативной связи и доступа к информационным ресурсам в любой отрасли знаний без ограничения по объему и скорости. В связи с возрастающей потребностью страны в инженерно-технических кадрах одной из приоритетных задач высшего технического образования является подготовка высококвалифицированных специалистов физико-технического профиля.

Особое значение в условиях цифровизации образования приобретает подготовка специалистов, владеющих методами стохастического анализа физических процессов и явлений, появляется проблема поиска педагогических инноваций, интенсифицирующих процесс формирования стохастической цифровой компетентности будущих физиков. Решение этой проблемы возможно в процессе обучения будущих физиков дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика» (ТВ и МС) с применением цифровых технологий на основе фузионистского подхода, который рассматривается нами как развитие интегративного подхода в направлении слитного изучения стохастики с физикой [6]. Фузионистская форма изложения ТВ и МС, а затем решение физических задач при изучении теории вероятностей и статистики, позволит на старших курсах обеспечить более качественную подготовку будущих специалистов в области физики.

Проблемы цифровизации процесса обучения математике и цифровой трансформации обучения стохастике рассматриваются в работах таких учёных как В.А. Бульчев [1,2], А.С. Гребёнкина [3], Е.Г. Евсеева [3, 12], Е.М. Егорова [4], В.А. Ермаков [5], М.Е. Королёв [11, 12], К.Г. Лыкова [8], С.А. Малышева [13], А.Ю. Полякова [9], О.В. Приходько [10], Е.И. Скафа [11, 12], И.В. Сликишина [5], О.Н. Троицкая [13], С.В. Щербатых [8] и др. Учёные акцентируют внимание на том, что применение цифровых инструментов позволяет демонстрировать построения математических моделей реальных процессов, использовать вычислительные алгоритмы для симуляции изучаемого явления, однако вопросу формирования стохастической цифровой компетентности студентов высшей технической школы в процессе обучения ТВ и МС уделено недостаточно внимания.

В связи с этим возникает вопрос о необходимости формирования у будущих физиков профессиональной компетентности, структурным компонентом которой является стохастическая цифровая компетентность, на основе овладения студентами методами вероятностно-статистического моделирования физических процессов и явлений средствами цифровых технологий.

Цель исследования – описать возможности использования цифровых технологий, в частности, виртуальной лаборатории «Математический конструктор» в обучении теории вероятностей и математической статистике, позволяющие формировать стохастическую цифровую компетентность будущих физиков. В соответствии с поставленной целью нами применялся комплекс взаимодополняющих методов исследования: анализ научных источников по проблеме цифровизации высшего технического образования, анализ научных статей по проблеме обучения стохастике будущих физиков. В основе исследования лежат теории деятельностного, компетентностного и фузионистского подходов.

## Результаты

В условиях цифровизации образования, практически невозможно, обеспечить высокое качество профессиональной подготовки бакалавров физико-технического профиля без использования цифровых технологий. Связь между цифровыми технологиями и развитием стохастической цифровой компетентности студентов является важным аспектом современного образования. С нашей точки зрения, построение учебного процесса обучения дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика» бакалавров физико-технических направлений подготовки на основе фузионистского подхода необходимо осуществлять с применением цифровых инструментов.

А.А. Zinovieva [15] отмечает, что цифровые технологии предоставляют уникальные возможности для улучшения и укрепления профессиональных компетенций студентов. В основе цифровой компетентности студентов высшей школы, по мнению А.А. Лавриковой, лежат такие способности как создание контента; управление данными; обеспечение цифровой безопасности; навыки выстраивания взаимоотношений на основе сотрудничества в цифровой среде; умение использовать цифровые ресурсы для личных и профессиональных потребностей [7].

Правильно подобранные цифровые технологии позволяют студентам освоить способы действий их будущей профессиональной деятельности, лежащие в основе формирования их стохастической цифровой компетентности. Знание закономерностей протекания реальных физических процессов с учетом их стохастического характера, владение методами построения стохастических моделей задач профессиональной деятельности будущих физиков является необходимым условием подготовки конкурентоспособных на современном рынке труда специалистов.

Использование цифровых технологий на всех этапах изучения студентами дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика» является неотъемлемой частью не только усиления профессиональной направленности стохастической подготовки будущих физиков, но и формирования у них стохастической цифровой компетентности. Под стохастической цифровой компетентностью будущего физика будем понимать компетентность, которая характеризуется знанием, пониманием стохастических понятий и цифровых инструментов для использования их в профессиональной деятельности, владением как математическими, так и

цифровыми компетенциями в области стохастики, определяющими готовность и способность применять средства цифровых технологий по моделированию стохастических процессов и явлений в физике.

Отметим основные направления цифровизации учебного процесса, решение которых связано с повышением качества стохастической подготовки студентов и формированием у них стохастической цифровой компетентности:

- дидактико-технологическое обеспечение в единой цифровой системе;
- совершенствование программ высшего технического образования в контексте современных требований рынков образовательных услуг;
- наполнение содержания учебного процесса по образовательной дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика» физическими задачами, решение которых основывается на использовании различных цифровых инструментов.

В процессе обучения дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика» обучающимся могут быть предложены следующие средства цифровых технологий:

- персональный компьютер, планшеты, смартфоны, интерактивные доски и другие устройства ввода-вывода информации;
- средства для преобразования текстовой, графической и других видов информации в цифровую форму и работы с ней (технология мультимедиа, цифровые образовательные ресурсы, виртуальная реальность, виртуальная лаборатория и моделирующие программы, инструментальные программные средства познавательного характера, инструментарий для создания учебного материала).

Считаем, что изучение дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика» будущими физиками с применением цифровых технологий предоставляет возможности по организации эффективного обучения: мгновенный доступ к учебным приложениям и материалам, также к новым источникам информации, работа с визуальными средствами обучения и электронными тренажерами, технология мобильного обучения, технология виртуальной реальности, реализация индивидуального подхода в обучении.

Студентам физико-технических направлений подготовки, могут быть рекомендованы специализированные интернет-ресурсы, ориентированные на формирование понятий, способов действий изучаемой дисциплины, а также на проведение вероятностно-статистических экспериментов. Формировать стохастическую цифровую компетентность инженеров-физиков в обучении ТВ и МС возможно при работе в виртуальных лабораториях, то есть организация обучения в форме компьютерно-ориентированных лабораторных занятий по реализации стохастического эксперимента. Виртуальная лаборатория, с точки зрения М.Е. Королева и Е.И. Скафы, представляет собой организационно-техническую систему управления процессом обучения будущих инженеров математическому и компьютерному моделированию различных технических и инженерных процессов [6].

В качестве примера рассмотрим один из web-ресурсов по теории вероятностей и математической статистике – виртуальная лаборатория «Математический конструктор» (МК). Так, В.А. Булычевым обосновывается, что виртуальная лаборатория «Математический конструктор» позволяет обеспечить успешное изучение понятий и положений стохастики в средней и высшей школе. Учёный рассматривает возможности применения в обучении метода статистического моделирования, в частности метода Монте-Карло, с использованием различных цифровых инструментов таких, как электронные таблицы, языки программирования, интерактивные математические среды. Автор приходит к выводу, что на этапе разработки математической модели случайного эксперимента «Математический конструктор» имеет перед другими цифровыми инструментами ряд преимуществ [1].

Нами отмечается, что виртуальная лаборатория МК обладает высокой степенью интерактивности большинства моделей, динамическими связями и возможностями проведения статистических экспериментов. В лаборатории, представлены следующие типы задач: вычисление

частоты события, непосредственный подсчет вероятностей, задачи на вычисление числовых характеристик случайных величин, законы распределения случайных величин, вероятность попадания в цель, точечные оценки числовых характеристик случайных величин и т. д. По нашему мнению, работа в виртуальной лаборатории «Математический конструктор» способствует освоению учебных действий, а также усвоению предметных знаний по ТВ и МС будущими физиками.

Виртуальная лаборатория МК содержит инструменты, связанные с моделированием случайных событий и обработкой статистических данных. С их помощью можно описывать условия случайного эксперимента; визуализировать процесс его проведения; автоматически проводить серию независимых экспериментов; следить за изменением случайных величин (в том числе, с построением таблиц, графиков); применять к ним статистические методы обработки с вынесением результатов на графики и диаграммы. Описанные цифровые возможности лаборатории предназначены для дискретных и непрерывных вероятностных моделей. Лаборатория может быть использована при изучении таких разделов физики как «Кинематика», «Колебания и волны», «Законы сохранения», также в ней могут быть реализованы идеи статистической физики и теории погрешностей [14].

Интерес для будущих физиков в виртуальной лаборатории «Математический конструктор» представляют различные интерактивные демонстрации-исследования, тренажеры и лабораторные работы по теории вероятностей и математической статистике. Особенностями заданий, разработанных на основе «Математический конструктор» является расширение возможностей для самообучения и самопроверки, экспериментально-исследовательской деятельности. Нами отмечается, что сами по себе такие задания могут не требовать выделения отдельных часов в учебном плане, их можно давать в качестве самостоятельной работы, что в свою очередь позволяет развивать стохастическую цифровую компетентность обучающихся. Используя лабораторию МК задания можно выполнять на экспериментально-исследовательском, конструктивном и на теоретическом уровнях.

Рассмотрим модели задач по некоторым темам ТВ и МС, решение которых в ходе изучения дисциплины студентами физико-технических направлений подготовки уместно рассмотреть в лаборатории «Математический конструктор», позволяющие формировать стохастическую цифровую компетентность будущих физиков.

*Пример 1.* Тема «Случайная непрерывная случайная величина». Модель знакомит студентов с законом распределения непрерывной случайной величины  $X$ , заданной плотностью распределения вероятностей (рисунок 1).

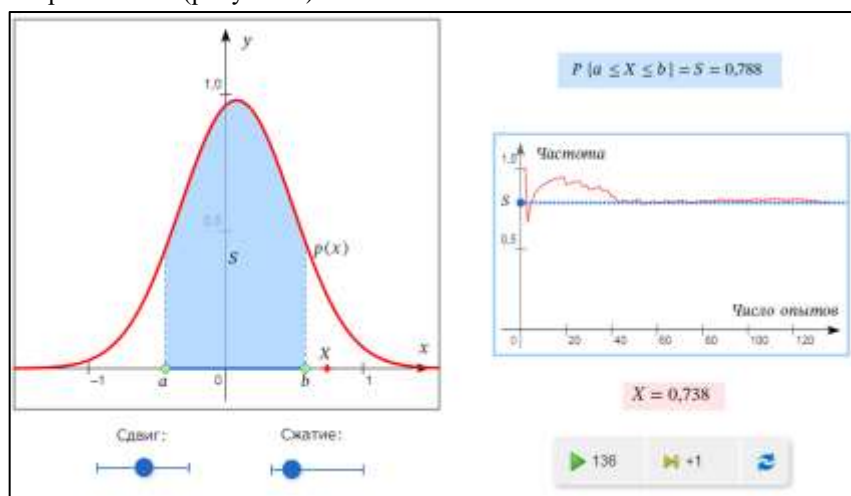


Рисунок 1 – Модель плотности распределения некоторой непрерывной случайной величины в виртуальной лаборатории «Математический конструктор»

Двигая зелёные точки  $a, b$  по оси  $O_x$ , можно вычислять вероятность попадания случайной величины  $X$  в любой промежуток. Плеер случайных испытаний позволяет смоделировать последовательность независимых значений случайной величины  $X$  с заданным законом распределения и построить соответствующую гистограмму частот, сравнив, таким образом, теоретическое распределение со статистическим. В «Математическом конструкторе» будущие физики, используя плотность вероятностей, могут рассмотреть статистическое поведение параметров частиц идеального газа (распределение Максвелла).

*Пример 2.* Тема «Интервальные оценки параметров». В основе многих статистических методов (проверка гипотез, достоверность регрессионной модели и т. д.) лежит построение доверительных интервалов. Установление или проверка зависимости одной величины от другой с последующим использованием этой зависимости для физических выводов и расчетов является целью многих лабораторных работ, выполняемых студентами-физиками. Виртуальная лаборатория позволяет смоделировать большое количество распределений ( $\chi$ -квадрат, распределение Стюдента, распределение Фишера-Снедекора), увидеть, как получаются их основные характеристики.

*Пример 3.* Центральное место в обучении статистике будущих физиков занимает тема «Проверка статистических гипотез». Именно здесь наиболее явно проявляются все основные статистические методы, а полученные результаты находят широкое практическое применение. Любой статистический критерий работает так: если статистика критерия (некоторая функция от выборки) попадает в критическую область, то нулевая гипотеза  $H_0$  отклоняется и принимается альтернативная гипотеза  $H_1$ ; если статистика критерия не попадает в критическую область – то нулевая гипотеза принимается. Виртуальная лаборатория МК позволяет увидеть изменение критической области при изменении фиксированных данных (объём выборки, её числовые характеристики, уровень значимости критерия); сравнить мощность различных критериев, выбрать из них наиболее мощный.

*Пример 4.* Одним из важных приложений теории вероятностей и математической статистики является расчёт надёжности различных технических систем: электрических схем. При изучении темы «Теоремы сложения и умножения вероятностей» будущим физикам может быть предложено найти вероятности безотказной работы электрической схемы при различных способах соединения её элементов (рисунок 2). Рассмотренная задача направлена на освоение студентами межпредметного обобщенного способа действий «Находить вероятность безотказной работы электрической цепи» с применением цифровых технологий.

Так, для расчета показателей надёжности технических систем используют методы имитационного и статистического моделирования. При исследовании задач надёжности имитационное моделирование позволяет связать стохастическую и физическую составляющие по дисциплине ТВ и МС на основе фузионистского подхода и расширить представления обучающихся о вероятности случайных событий, иллюстрируя интегративные связи теории вероятностей и физики.

*Пример 5.* Тема «Линейная регрессионная модель». Линейная регрессия – простой и эффективный метод, используемый для прогнозирования неизвестного ежедневного количества осадков с использованием известных переменных окружающей среды. Студентам-физикам может быть предложено построить линейную регрессионную модель прогнозирования выпадения осадков (рисунок 3).

В основе регрессионной модели лежит метод наименьших квадратов. Двигая точки, образующие регрессию, можно визуально наблюдать за поведением линий регрессии, увидеть, как меняется достоверность модели с изменением регрессии, изучить поведение коэффициентов корреляции и детерминации, проверить гипотезу о наличии корреляционной связи. Модель такого исследования показана на рисунке 3.

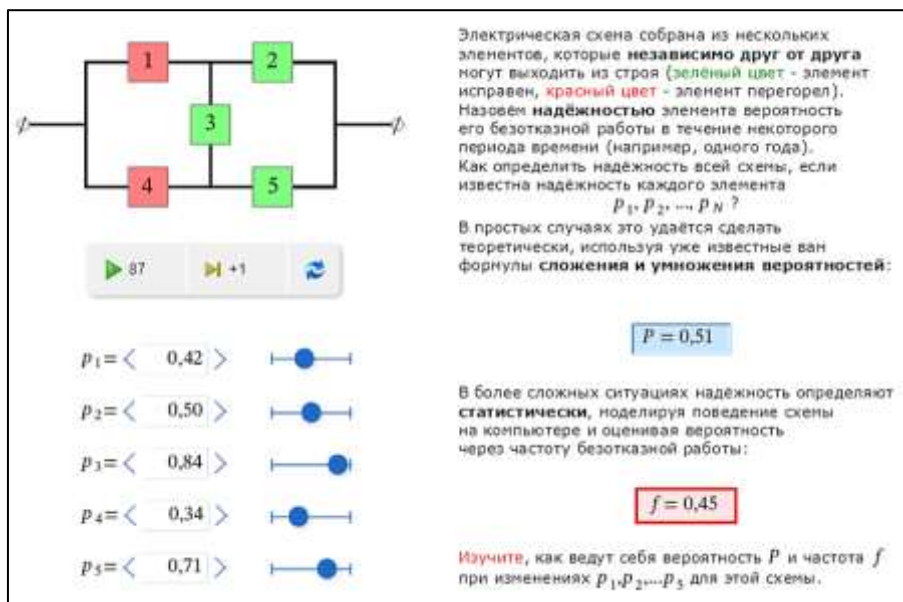


Рисунок 2 – Модель задачи на определение надежности электрической схемы в виртуальной лаборатории «Математический конструктор»

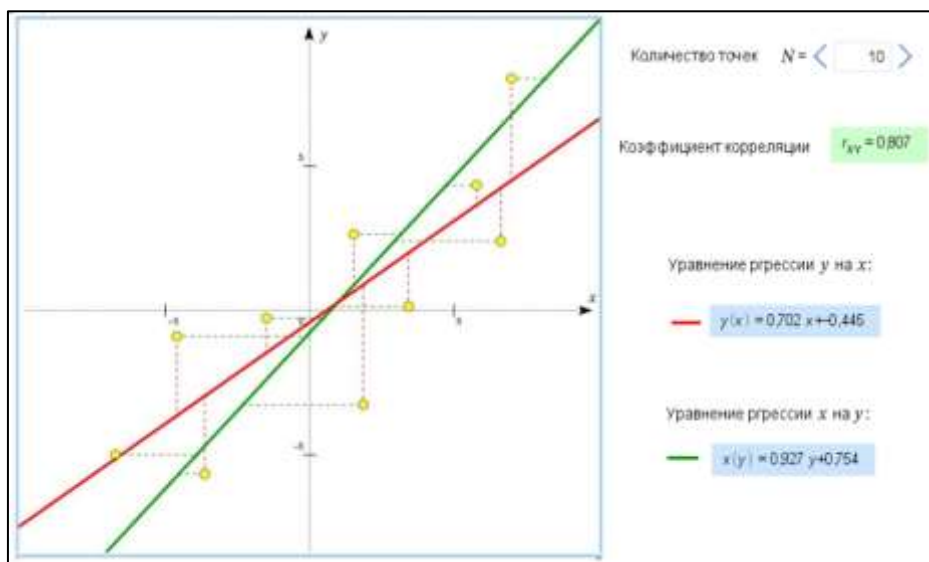


Рисунок 3 – Линейная регрессионная модель в виртуальной лаборатории «Математический конструктор»

Приведённые примеры и опыт работы в МК на занятиях по теории вероятностей и математической статистике позволяют сделать обоснованный вывод об эффективности использования лаборатории при изучении ТВ и МС. Обучение стохастике в виртуальной лаборатории «Математический конструктор» будущих физиков позволяет не только наблюдать и изучать явления и процессы, но и исследовать их. В некоторых программах в ходе занятия обучаемый имеет возможность внести изменения в условия протекания процесса, провести анализ полученной стохастической модели и количественные измерения.

## Выводы

Таким образом, можно заключить, что использование цифровых технологий в обучении теории вероятностей и математической статистике на основе фузионистского подхода позволяет формировать и развивать стохастическую цифровую компетентность студентов физико-технического профиля. В виртуальной лаборатории «Математический конструктор» для будущих физиков предложен широкий спектр функциональных возможностей в области визуализации результатов случайных экспериментов при изучении вероятностно-статистического материала. Использование задач, содержащих интерактивные динамические модели служит опорой при решении задач, способствует развитию пространственного воображения, активизации мыслительной и познавательной деятельности будущих физиков. Применение в обучении будущих физиков цифровых технологий позволяет не только реализовать межпредметные связи ТВ и МС с физикой, но и будет способствовать реализации фузионистского подхода в обучении.

## Библиография

1. Булычев В.А. Использование динамических возможностей среды «1С: Математический конструктор» при изучении основ теории вероятностей и математической статистики // Информатика и образование. – 2018. – № 3 (292). – С. 61–65.
2. Булычев В.А. Статистическое моделирование как средство развития информационном и математическом культуры школьников // Информатика в школе. – 2020. – № 8 (161). – С. 4-11. DOI 10.32517/2221-1993-2020-19-8-4-11.
3. Евсеева Е.Г., Гребёнкина А.С. Формирование математической цифровой компетентности курсантов пожарно-технических специальностей средствами автоматизированных информационных систем // Педагогическая информатика. – 2023. – № 1. – С. 169-179.
4. Егорова Е.М. К вопросу о цифровизации в обучении математических дисциплин // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2020. – Т. 9, № 4 (33). – С. 121-124.
5. Ермаков В.А., Сликашина И.В. Использование цифровых образовательных платформ при разработке лабораторных и практических работ по стохастике // Информационно-коммуникационные технологии в педагогическом образовании. – 2023. – № 5(86). – С. 74-81.
6. Коняева Ю.Ю. Обучение теории вероятностей и математической статистике будущих физиков на основе фузионистского подхода // Дидактика математики: проблемы и исследования: Междунар. сборник научных работ. – 2022. – Вып. 55. – С. 56-65.
7. Лаврикова А.А. Проблемы и перспективы развития цифровых компетенций в системе высшего образования // Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки. – 2022. – С. 98–112. – DOI: 10.24412/2071-6141-2022-4-98-112.
8. Лыкова К.Г., Щербатых С.В. Цифровизация математического образования и её влияние на развитие вероятностного стиля мышления // Материалы Международной научной конференции – Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании. – Красноярск. – 2020. – С. 270-274.
9. Полякова А.Ю. Перспективы и риски цифровой трансформации математического (стохастического) образования // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: материалы VI-ой международной научной конференции (г. Красноярск, 20–23 сентября 2022 г.). – В 3 ч. Ч 2. – Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2022. – С. 285-289.
10. Приходько О.В. Особенности формирования цифровой компетентности студентов вуза // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2020. – Т. 9. – № 1 (30). – С. 235-238.
11. Скафа Е.И., Королёв М.Е. Виртуальная лаборатория как система управления обучением математическому и компьютерному моделированию будущих инженеров // Педагогическая информатика. – 2022. – № 1. – С. 30-40.

12. Скафа, Е.И., Евсеева Е.Г., Королёв М.Е. Цифровой подход к формированию способов действий по математическому моделированию в инженерном // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. – 2023. – Т. 25, № 92. – С. 55-62. – DOI 10.37313/2413-9645-2023-25-92-55-62.

13. Троицкая О.Н., Малышева С.А. Интерактивные образовательных ресурсы и их дидактические возможности при обучении стохастике в вузе // На пути к гражданскому обществу. – 2019. – № 3 (35). – С. 117–120.

14. Ханнанов Н.К., Лыков Ф.В., Белайчук О.А. Цифровая лаборатория «Обработка результатов эксперимента» на основе среды «1С: Математический конструктор» // Новые информационные технологии в образовании : Сборник научных трудов XXII международной научно-практической конференции, Москва, 01-02 февраля 2022 года / Под общей редакцией Д.В. Чистова. Том Часть 2. Москва : ООО «1С-Публишинг», – 2022. – С. 197–201.

15. Zinovieva A.A. Digital educational environment as an aspect of developing professional competencies among bachelor students of non-linguistic specialties // В сборнике: Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации. Сборник материалов XX Международной научно-практической конференции. – Москва, – 2023. – С. 23–30.

### Об авторах

**Коняева Юлия Юрьевна**, аспирант кафедры высшей математики и методики преподавания математики, Донецкий государственный университет, Донецк, Россия, [konyaeva.y@inbox.ru](mailto:konyaeva.y@inbox.ru)

**Евсеева Елена Геннадиевна**, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры высшей математики и методики преподавания математики, Донецкий государственный университет, Донецк, Россия, [e.evseeva.dongu@mail.ru](mailto:e.evseeva.dongu@mail.ru)

## STOCHASTIC DIGITAL COMPETENCE OF FUTURE PHYSICISTS

**Konyaeva Yu.Yu., Evseeva E.G.**

Donetsk State University

### Abstract

The article considers the possibilities of forming stochastic digital competence in the process of teaching probability theory and mathematical statistics to future physicists on the basis of the fusionist approach. The main directions of digitalization of the educational process, the solution of which is associated with improving the quality of stochastic training of students and the formation of stochastic digital competence. The authors introduced the concept of stochastic digital competence of future physicists. Examples of tasks on modeling probabilistic processes in physics using the virtual laboratory “Mathematical Constructor”, which can be offered to future physicists at laboratory classes on probability theory and mathematical statistics, are given. The role of digital technologies as a means of increasing the efficiency of mastering by future physicists of the ways of action of their future professional activity is noted. Conclusions are made about the use of virtual laboratory “Mathematical Constructor” as a modern IT-technology with such didactic possibilities as visibility, modeling and dynamics.

### Keywords

stochastic digital competence, digital technology, teaching probability theory and mathematical statistics, physics and engineering students