

**Стохастическое моделирование  
как средство формирования метакомпетенций курсантов  
в образовательном процессе  
военного авиационного вуза**

**Stochastic modeling as a means of developing cadet's  
metacompetences in the educational process  
of a military aviation university**

**Авторы статьи**

**Лебедев Виктор Владимирович,**  
кандидат технических наук, доцент кафедры авиационного радиоэлектронного оборудования филиала ФГКВУ ВО Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Сызрань, Российская Федерация  
vic078@yandex.ru  
ORCID: 0000-0003-1393-6169

**Щербаков Егор Сергеевич,**  
преподаватель кафедры авиационного радиоэлектронного оборудования филиала ФГКВУ ВО Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Сызрань, Российская Федерация  
avangard4empion@mail.ru  
ORCID: 0000-0001-6775-5473

**Пудовкина Ольга Евгеньевна,**  
кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления Сызранского филиала ФГАУ ВО «Самарский государственный экономический университет», г. Сызрань, Российская Федерация  
olechkasgeu@mail.ru  
ORCID: 0000-0003-2993-7131

**Конфликт интересов**

Конфликт интересов не указан

**Authors of the article**

**Viktor V. Lebedev,**  
Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Aviation Radioelectronic Equipment, Military Educational and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin", Syzran, Russian Federation  
vic078@yandex.ru  
ORCID: 0000-0003-1393-6169

**Egor S. Shcherbakov,**  
Lecturer, Department of Aviation Radioelectronic Equipment, Military Educational and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin", Syzran, Russian Federation  
avangard4empion@mail.ru  
ORCID: 0000-0001-6775-5473

**Olga E. Pudovkina,**  
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Economics and Management, Syzran branch of the Samara State University of Economics, Syzran, Russian Federation  
olechkasgeu@mail.ru  
ORCID: 0000-0003-2993-7131

**Conflict of interest statement**

Conflict of interest is not declared

Поступила в редакцию <i>Received</i>	18.03.26	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	19.04.26
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	19.04.26	Опубликована <i>Published</i>	30.06.26



#### Для цитирования

Лебедев В. В., Щербаков Е. С., Пудовкина О. Е. Стохастическое моделирование как средство формирования метакомпетенций курсантов в образовательном процессе военного авиационного вуза // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2026. – № 06. – С. 409–428. – URL: <https://e-koncept.ru/2026/261164.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11164

#### Аннотация

Актуальность исследования обусловлена возрастающей потребностью в подготовке военных специалистов и необходимостью формирования у них метакомпетенций, соответствующих высоким профессиональным стандартам в условиях геополитической нестабильности. Цель научной статьи заключается в исследовании возможностей и эффективности использования стохастического моделирования как инструмента формирования метакомпетенций у курсантов военного авиационного вуза, позволяющего подготовить высококвалифицированных специалистов, способных успешно действовать в условиях неопределенности и нестабильности обстановки. Проведенная опытно-экспериментальная работа включала использование уравнения Фоккера – Планка для описания динамики освоения метакомпетенций курсантами военного авиационного вуза с учетом случайных факторов. Выполнено компьютерное моделирование поведения обучающихся, которое подтвердило выдвинутые гипотезы и продемонстрировало их надежность. Результаты статистического анализа подтвердили наличие зависимости успеваемости от особенностей образовательного процесса. Итогом исследования стало авторское понимание метакомпетенций курсантов военного вуза, которое представляет собой сложное интегрированное образование, аккумулирующее когнитивно-коммуникативный компонент, развитый посредством применения инновационных образовательных технологий. Обоснована и разработана структурированная модель формирования метакомпетенций будущих военных специалистов, предусматривающая интеграцию взаимосвязанных компонентов, последовательно раскрывающих сущность и механизмы педагогического процесса, позволяющая эффективно интегрировать элементы стохастического моделирования в учебный процесс. Реализован подход к моделированию динамики формирования компетенций в образовательных группах военного авиационного вуза с использованием стохастических методов. Показано, как учет случайных факторов позволяет прогнозировать распределение уровней знаний, выявлять риски отставания и оптимизировать учебные стратегии. Приведены практические рекомендации для педагогов и разработчиков образовательных систем. Теоретическая и практическая значимость заключается в том, что предложенная модель обладает признаками научности, последовательности и целостности, предлагая эффективный инструмент для системного и целенаправленного формирования метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза в условиях современной образовательной парадигмы.

#### Благодарности

Авторы выражают благодарность кандидату технических наук, начальнику кафедры авиационного радиоэлектронного оборудования филиала ФГКВБОУ ВО Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» в городе Сызрани Эдуарду Олеговичу Алексееву за методическую помощь в процессе работы над статьей.

#### For citation

V. V. Lebedev, E. S. Shcherbakov, O. E. Pudovkina, Stochastic modeling as a means of developing cadet's meta-competences in the educational process of a military aviation university // Scientific-methodological electronic journal "Koncept". – 2026. – No. 06. – P. 409–428. – URL: <https://e-koncept.ru/2026/261164.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11164

#### Abstract

The relevance of the study is determined by the growing need for training military specialists and the need to develop their meta-competences that correspond to high professional standards in conditions of geopolitical instability. The aim of this scientific article is to study the potential and effectiveness of using stochastic modeling as a tool for developing meta-competences in cadets of a military aviation university, allowing for the training of highly qualified specialists capable of successfully operating in conditions of uncertainty and instability. The experimental work involved using the Fokker-Planck equation to describe the dynamics of meta-competences acquisition by cadets at a military aviation academy, taking into account random factors. Computer modeling of student behavior confirmed the hypotheses and demonstrated their reliability. The results of the statistical analysis confirmed the dependence of academic performance on the characteristics of the educational process. The study resulted in the idea of the meta-competences of military cadets, which represent a complex, integrated phenomenon that incorporates a cognitive-communicative component, developed through the use of innovative educational technologies. A structured model for building up the meta-competences of preservice military specialists was substantiated and developed. This model involves the integration of interconnected components that consistently reveal the essence and mechanisms of the educational process, providing the effective integration of stochastic modeling elements into the educational process. An approach to modeling the dynamics of competences development in educational groups at a military aviation university using stochastic methods is implemented. It is demonstrated how accounting for random factors allows for predicting the distribution of knowledge levels, identifying the risks of underachievement, and optimizing instructional strategies. Practical recommendations for educators and educational system developers are provided. The theoretical and practical significance of the proposed model lies in its scientific validity, consistency, and integrity, offering an effective tool for the systematic and targeted development of meta-competences in cadets of a military aviation university within the context of the modern educational paradigm.

#### Acknowledgements

The authors express their gratitude to Eduard OI. Alekseev, Candidate of Engineering Sciences, Head of the Department of Aviation Radio-Electronic Equipment at the Military Educational and Scientific Center of the Air Force "Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy" in Syzran, for his methodological assistance in the preparation of this article.

## Ключевые слова

компетенции, стохастическое моделирование, прогнозирование обучения, образовательные траектории, оптимизация учебного процесса

## Key words

competences, stochastic modeling, learning prediction, educational trajectories, educational process optimization

**Введение / Introduction**

Современная геополитическая нестабильность свидетельствует о значимости подготовки военных специалистов, обеспечивающих обороноспособность страны и национальную безопасность [1]. Текущий этап развития вооруженных сил диктует повышенные требования к качеству подготовки будущих кадровых офицеров, особенно в авиационном секторе. Выпускникам авиационных вузов приходится ежедневно выполнять сложные задания в условиях постоянной неопределенности, напряженности ритма работы и серьезных психолого-эмоциональных нагрузок.

Деятельность военного летчика в современной авиации требует наличия широкого набора компетенций, включающих способность к быстрому принятию решений, высокую концентрацию внимания, оперативное восприятие и обработку информации, что напрямую влияет на выполнение поставленных боевых задач. Следовательно, формирование метакомпетенций, необходимых выпускнику для выполнения профессиональных обязанностей, является ключевой задачей образовательного процесса военного авиационного вуза, требующей постоянного совершенствования инновационных методов обучения курсантов.

В своем исследовании М. В. Аргунова подчеркивает противоречие современной образовательной практики, заключающееся в преобладании традиционных методов передачи знаний, игнорирующих необходимость формирования у обучающихся навыков самостоятельного разрешения реальных проблемных ситуаций [2], а будущим военным летчикам исключительно важно овладеть этими навыками, поскольку успех выполнения боевых задач зависит от способности быстро ориентироваться в ситуации, своевременно принимать правильные решения и уверенно действовать в экстремальных ситуациях.

А. И. Акавова и К. З. Кафарова отмечают важность применения разнообразных методов в образовательном процессе в свете меняющегося инновационного ландшафта, что способствует когнитивной активности обучающихся и позволяет развивать критическое мышление [3]. Одним из эффективных инструментов достижения этой цели является стохастическое моделирование, создающее непредсказуемые сценарии, близкие к реальности, что стимулирует у обучающихся желание самостоятельно искать решения в нестандартных обстоятельствах. Именно такая практика развивает ключевые составляющие метакомпетенций.

Реализация метакомпетентностного подхода в системе профессиональной подготовки в высших военных учебных заведениях направлена на формирование целостного мировоззрения будущих военных специалистов путем развития навыков на основе практико-ориентированной направленности образовательного процесса и междисциплинарной интеграции. А. Ю. Петровчук и М. О. Левадняя в своем исследовании отмечают, что внедрение федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения также укрепляет необходимость изучения и развития метакомпетенций обучающихся в образовательном процессе [4].

Проблематика исследования обусловлена отсутствием методологического подхода к формированию метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза с применением стохастического моделирования, реализация которого способна усовершенствовать образовательный процесс и подготовить специалистов, владеющих необходимыми

навыками для решения профессиональных задач в сложной и непредсказуемой среде. Использование стохастического моделирования в образовательном процессе военного авиационного вуза является актуальной задачей, поскольку подготовка офицерского состава должна соответствовать высоким профессиональным стандартам. Тематика исследования научной статьи приобретает особую значимость именно потому, что современный военный специалист обязан уметь оперативно принимать взвешенные решения в условиях ограниченного набора данных и повышенных рисков.

Гипотеза исследования: применение стохастических моделей, основанных на уравнении Фоккера – Планка, позволяет точнее прогнозировать динамику сформированности метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза и оптимизировать процесс их обучения.

Цель научной статьи заключается в исследовании возможностей и эффективности использования стохастического моделирования как инструмента формирования метакомпетенций у курсантов военного авиационного вуза, позволяющего подготовить высококвалифицированных специалистов, способных успешно действовать в условиях неопределенности и нестабильности обстановки.

Задачами исследования являются:

- раскрытие сущности и структуры метакомпетенций, необходимых выпускникам военного авиационного вуза для успешной профессиональной деятельности;
- разработка методологического подхода к формированию метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза;
- определение возможностей и границ применения стохастического моделирования в образовательном процессе военного авиационного вуза;
- опытно-экспериментальная работа по проверке эффективности использования стохастического моделирования для формирования метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза.

## Обзор литературы / Literature review

Л. А. Усольцева и Е. В. Шлякова считают, что специалист военной квалификации, должен быть человеком самостоятельным, умеющим нестандартно мыслить, принимать оптимальные решения и быстро адаптироваться к изменившейся ситуации [5]. По мнению исследователей, процесс обучения военных кадров требует развития навыков принятия решений в условиях неопределенности. Зарубежные авторы Ричард Даглас и Райан Даффи подчеркивают значимость карьерной адаптивности для достижения успехов в профессиональной деятельности. Карьерная адаптивность понимается ими как совокупность личностных качеств и ресурсов, позволяющая человеку эффективно справляться с текущими профессиональными задачами и готовиться к будущим изменениям, обеспечивая устойчивое развитие своей карьеры [6]. Е. В. Лавеч отмечает, что фундаментальной характеристикой квалифицированного специалиста выступает развитое критическое мышление как интегральный показатель когнитивной зрелости и профессиональной осведомленности [7]. Исходя из сказанного, полагаем, что современные военные специалисты обязаны обладать высоким уровнем самостоятельности, способностью оперативно принимать быстрые и точные решения, а также развитыми навыками быстрого приспособления к изменяющимся обстоятельствам. Это гарантирует эффективную реализацию служебных обязанностей и формирует базу для устойчивого карьерного роста.

Современные военные конфликты отличаются динамичностью и быстрым развитием технологий высокоточного вооружения, что подчеркивается в исследовании В. И. Беркус, Я. Д. Смирнова, А. Н. Дахина [8]. Данные обстоятельства обуславливают необходимость непрерывного совершенствования профессиональных компетенций военных специалистов в процессе обучения, что достигается путем активного внедрения современных образовательных технологий. Подобный подход получил научное обоснование в публикации Т. В. Шукиной, согласно которой применение инновационных технологий существенно повышает качество освоения ключевых компетенций [9].

По мнению Е. С. Щербакова, О. Е. Пудовкиной, И. В. Хориной, одной из ключевых проблем современной военной науки является повышение уровня образовательного процесса [10]. Авторы указывают на значимость образовательных реформ, направленных на улучшение качества подготовки. Как отмечается в их исследовании, современное военное образование должно учитывать современные реалии, обеспечивая комплексную подготовку военнослужащих, готовых работать в стремительно меняющихся условиях.

Переход к цифровой экономике обусловлен модернизацией системы образования в контексте глобальных технологических трендов. Как отмечают А. Г. Хентонен, О. В. Диривянкина, внедрение современных информационных средств способствует инновационному развитию образовательного процесса [11]. Российская образовательная наука демонстрирует устойчивое развитие и формирование оригинальных исследовательских подходов, учитывающих специфику российской образовательной системы и национальные приоритеты социально-экономического развития [12]. Современная система образования, сталкиваясь с вызовами быстро меняющегося мира, активно внедряет инновации для адаптации к новым требованиям [13]. Е. В. Сизова подчеркивает важность применения инновационных образовательных подходов для обеспечения высокого качества образования в вузе [14].

Исследования таких зарубежных авторов, как И. М. Кастильо-Мартинес, А. Х. Аргуллес-Круз, О. Э. Пинал-Рамirez, Л. Д. Глассерман-Моралес, М. С. Рамirez-Монтойа, А. Карреон-Херм, подтверждают возросшую тенденцию к внедрению интеллектуальных методик обучения, ориентированных на развитие у студентов университетов комплексного и критического мышления [15]. Такая тенденция коррелирует с современными потребностями подготовки высококвалифицированных специалистов, обладающих гибкими компетенциями и способностью быстро реагировать на разнообразные вызовы внешней среды.

Иностранные исследователи А. Дилекши, Н. Каратай утверждают, что использование активных методов обучения способствует развитию креативного мышления обучающихся. Эти методики усиливают вовлеченность обучающихся в учебный процесс за счет создания интерактивных ситуаций, что стимулирует эффективное усвоение материала [16]. Российские исследователи Н. В. Петренко, В. Л. Лучина, О. Р. Ластовенко дополняют, что применение активных методов обучения и современных технологий обучения в образовательном процессе создает необходимые условия для эффективности формирования компетенций [17].

Полагаем, что одним из эффективных методов, применяемых в обучении курсантов военных авиационных вузов, является стохастическое моделирование. Этот метод создает уникальные условия для развития когнитивных способностей учащихся, позволяя повысить уровень их профессиональных знаний. Использование стохастического моделирования формирует у курсантов навыки анализа сложных ситуаций, принятия обоснованных решений. Данный метод стимулирует формирование у обучающихся метакомпетенций, необходимых для успешного прохождения военной службы в современных условиях.

В настоящее время особое внимание уделяется развитию навыков, которые помогают человеку быстрее и эффективнее воспринимать информацию. Происходит смена парадигмы обучения от привычной и устоявшейся системы передачи знаний «носитель – получатель» к переходу на конечный результат обучения, самообучение, развитие интереса к учебе, что подразумевает под собой и развитие метанавыков и метазнаний [18]. Т. Н. Каменева, В. А. Шевырев, П. Ш. Шихгафизов отмечают, что эффективным инструментом развития метакомпетенций является образовательная траектория, позволяющая определить тактическое и стратегическое целеполагание, сформировать синергетический эффект от синтеза научной и образовательной практики [19]. М. А. Походина подчеркивает важность метакомпетенций для специалистов, отмечая, что их недостаток снижает способность эффективно решать профессиональные задачи и быстро адаптироваться к меняющимся условиям [20]. Однако остаются открытыми вопросы относительно характеристик самих метакомпетенций и особенностей их формирования в рамках военного образования, где особые требования предъявляются к развитию профессиональных качеств выпускников.

Обзор литературных источников выявил дефицит исследований, посвященных разработке и внедрению эффективных методик формирования метакомпетенций курсантов посредством стохастического моделирования в условиях обучения в военном авиационном вузе. Несмотря на растущую потребность в формировании навыков принятия решений в условиях риска, современные образовательные технологии пока не предполагают систематизированных подходов к интеграции данного метода в учебный процесс. Таким образом, возникает проблема необходимости научного обоснования и внедрения методики стохастического моделирования как инструмента формирования метакомпетенций у курсантов, обеспечивающего их подготовленность к действиям в нестабильной среде.

### Методологическая база исследования / Methodological base of the research

В процессе работы над статьей использовалась совокупность теоретико-методологических подходов, которые были применены для достижения поставленных исследовательских задач. Теоретической базой исследования стали научные труды отечественных и зарубежных ученых, обобщенные и проанализированные авторами, что позволило разработать структуру метакомпетенций будущих военных специалистов и предложить методологическую модель их формирования.

Проведенная опытно-экспериментальная работа включала использование уравнения Фоккера – Планка для описания динамики освоения метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза с учетом случайных факторов. Было выполнено компьютерное моделирование поведения обучающихся, которое подтвердило выдвинутые гипотезы и продемонстрировало их надежность. Результаты статистического анализа подтвердили наличие зависимости успеваемости от особенностей образовательного процесса.

Согласно исследованию Е. Д. Платовой, метакомпетентность будущего специалиста включает в себя интегративную и междисциплинарную компетентность, что обеспечивает высокий уровень конкурентоспособности профессионала. Эта компетентность позволяет будущим специалистам успешно адаптироваться к постоянным изменениям внешней среды, формируя необходимые личные качества и профессионально значимые характеристики, требуемые современному специалисту для эффективной профессиональной деятельности [21].

Т. Н. Каменева, В. А. Шевырев считают, что метакомпетенции – это интегративные компетенции, объединяющие когнитивные и коммуникативные способности будущего специалиста [22]. По их мнению, процесс их формирования происходит в рамках проектно-ориентированного обучения и отражает способность обучающегося самостоятельно планировать, анализировать и решать комплексные задачи.

По мнению А. С. Комковой, Е. П. Кобелевой, Е. А. Ступинской, Е. А. Крутько, метакомпетенции есть надпредметные универсальные основы, влияющие на эффективность будущей профессиональной деятельности. Эти компетенции выходят за рамки узких предметных областей и определяют готовность молодых специалистов успешно действовать в различных ситуациях профессионального взаимодействия [23].

### Результаты исследования / Research results

Учитывая представленные взгляды на природу метакомпетенций, сформируем характеристику непосредственно для курсантов военного авиационного вуза, которая должна включать интеграцию не только когнитивных и коммуникативных навыков, но и особых профессиональных черт, характерных именно для военной сферы. Метакомпетенции здесь формируются на пересечении двух важных сфер: специализированной военно-технической подготовки и гуманитарного образования.

На наш взгляд, метакомпетенции курсантов военного авиационного вуза представляют собой сложное интегрированное образование, аккумулирующее когнитивно-коммуникативный компонент, развитый посредством применения инновационных образовательных технологий. Они обеспечивают будущему офицеру возможность свободно ориентироваться в динамично меняющейся среде, оперативно анализировать и находить оптимальные решения сложных ситуаций, а также нести ответственность за принятие профессиональных решений.

Метакомпетенции курсантов военного авиационного вуза представляют собой сложную многокомпонентную структуру, включающую взаимосвязанные между собой элементы (рис. 1).

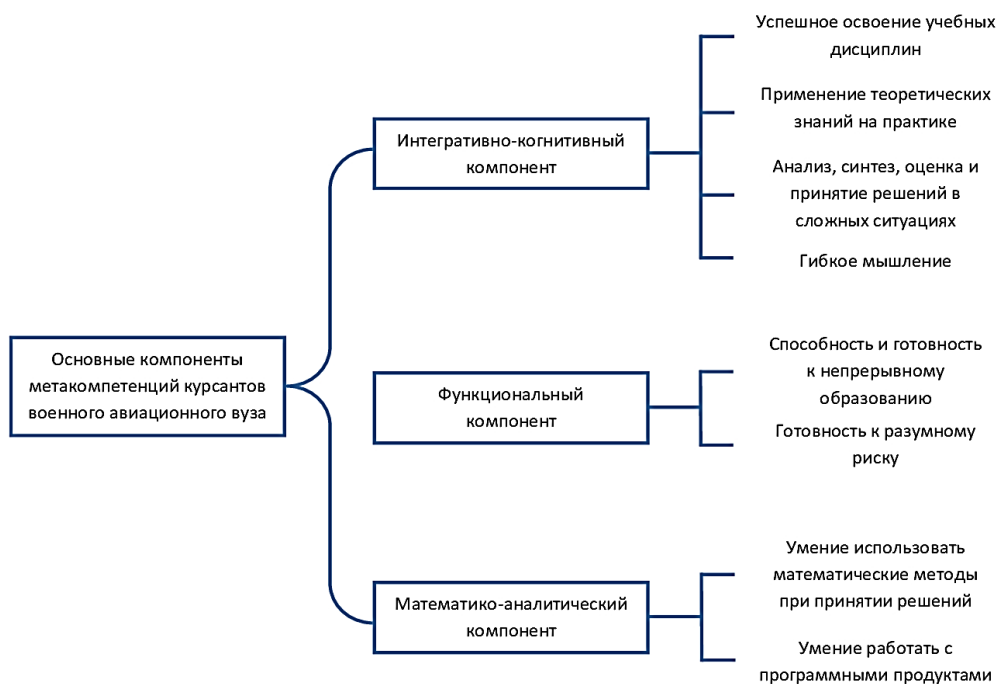


Рис. 1. Компоненты метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза (разработано авторами)

Анализ теоретических источников позволил обосновать и разработать структурированную модель формирования метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза, предусматривающую интеграцию трех взаимосвязанных компонентов структуры, последовательно раскрывающих сущность и механизмы педагогического процесса (см. рис. 2).

Предложенная модель имеет целенаправленную структуру, задающую основную миссию – достижение оптимальной степени формирования метакомпетенций посредством включения стохастического моделирования в образовательный процесс. Эта структура связана с другими составляющими модели и образует целостную концепцию согласованного соответствия педагогических целей и методов их достижения.

Целевая структура определяет основное назначение модели – формирование метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза с использованием возможностей стохастического моделирования. Она служит основой для согласования целей обучения с методическими средствами их достижения. В качестве механизма реализации выступает организация учебно-познавательного процесса на основе применения инновационных образовательных технологий.

Концептуальная структура задает методологические основы модели, опираясь на компетентностный и системно-деятельностный подходы. Она содержит также принципы реализации модели, среди которых: практикоориентированность, активизация познавательной активности, моделирование ситуаций профессиональной деятельности, рефлексивность.

Содержательно-процессуальная структура детально раскрывает этапы формирования метакомпетенций в образовательном процессе, интегрируя в единый цикл дидактико-программные и содержательные компоненты, направленные на постепенную передачу знаний и совершенствование профессиональных навыков.

Результативная структура завершает модель, фиксируя достигнутый уровень сформированности метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза, классифицируемый по трем градациям: базовый, средний и высокий уровни, что позволяет осуществить мониторинг динамики приобретения метакомпетенций.

Данная структура позволяет эффективно интегрировать элементы стохастического моделирования в учебный процесс подготовки курсантов военного авиационного вуза и служит основой для организации опытно-экспериментальной работы, направленной на проверку эффективности модели и уточнение диагностических инструментов.

Современные образовательные системы сталкиваются с необходимостью персонализации обучения при массовом охвате и потребностью в точных прогнозах успеваемости для эффективного распределения ресурсов. Оценка качества военного образования в условиях цифровизации и развития средств искусственного интеллекта требует перехода от интуитивных оценок к строго формализованным моделям динамики формирования профессиональных компетенций.

Подготовка военных летчиков требует высокой точности оценки прогресса, прогнозирования сроков достижения уровней обученности, учета индивидуальных различий курсантов, выявления отстающих на ранних стадиях, оптимизации учебных планов и распределения летных часов и тренажеров. Несколько десятилетий прогнозирования успеваемости остается одной из самых популярных и обсуждаемых исследовательских тем в области интеллектуального анализа данных [24].

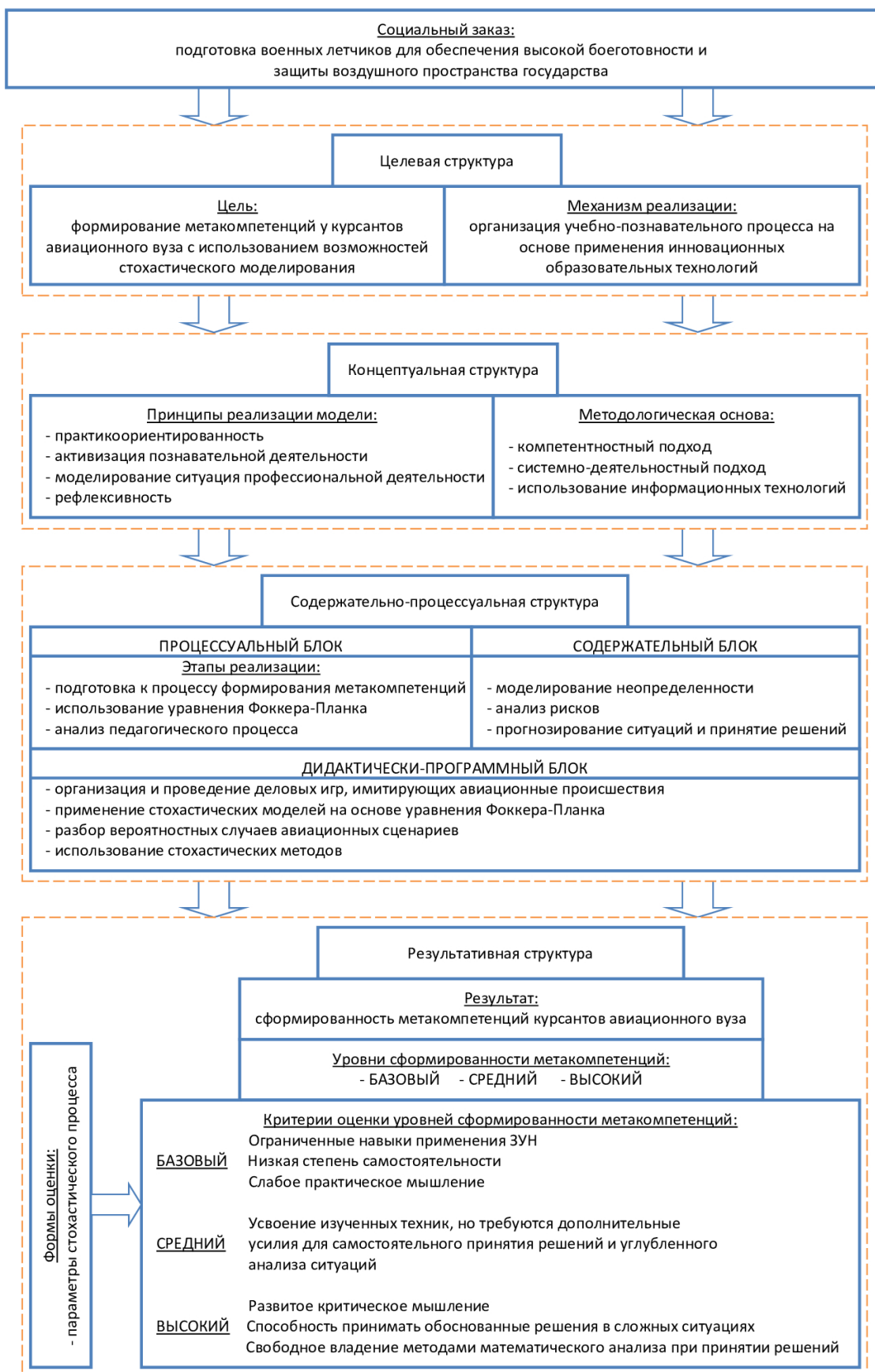


Рис. 2. Модель формирования метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза (разработано авторами)

Традиционные методы оценки компетенций (анкетирование, тестирование, экспертные и балльные оценки, зачеты) имеют ограничения:

- фиксированные «снимки» состояния без прогноза;
- не учитывают стохастичность (случайные факторы) обучения;
- слабо формализуемы для динамического моделирования.

Используемые в педагогике детерминированные модели обучения часто не учитывают индивидуальные различия в скорости усвоения материала, случайные внешние факторы (болезни, стресс, смена мотивации) и нелинейность процесса обучения.

Стохастические методы, основанные на теории вероятности, позволяют преодолеть эти ограничения, моделируя неопределенность как неотъемлемую часть образовательного процесса, что требует обоснования математического аппарата для непрерывного моделирования и прогнозирования динамики формирования компетенций.

С учетом междисциплинарного характера подхода к решению этой задачи можно использовать уравнение Фоккера – Планка, описывающее эволюцию плотности вероятности состояния системы под действием детерминированных и стохастических (случайных) факторов, которое изначально было разработано для описания физических процессов (например, броуновского движения), но успешно применяется в других областях, включая социальные и образовательные системы. Это позволяет использовать методы математической физики для анализа педагогических явлений, что открывает новые возможности для междисциплинарных исследований.

Покажем, что с помощью уравнения Фоккера – Планка можно моделировать динамику и вероятность формирования метакомпетенций среди группы обучающихся, учитывая как детерминированные факторы (интенсивность обучения, методика преподавания), так и стохастические (неопределенность в усвоении материала, внешние факторы, индивидуальные различия).

Уравнение Фоккера – Планка для плотности вероятности  $f(x, t)$  стохастического (случайного) процесса в приложении оценки уровня формирования метакомпетенций курсантов выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial f(x, t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} [u(x, t) f(x, t)] + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} [l(x, t) f(x, t)],$$

где  $x \in [0, 1]$  – уровень владения метакомпетенцией (от 0 – «не владеет» до 1 – «эксперт»);

$t$  – время обучения/ профессионального опыта;

$f(x, t)$  – плотность вероятности нахождения метакомпетенции на уровне  $x$  в момент времени  $t$  (распределение группы обучающихся по уровню компетенции);

$u(x, t)$  – коэффициент дрейфа;

$l(x, t)$  – коэффициент диффузии.

Коэффициент дрейфа  $u(x, t)$  в педагогическом моделировании отражает систематический, детерминированный тренд изменения уровня метакомпетенции  $x$  во времени  $t$ . Это «сила», которая «подталкивает» распределение обучающихся к более высоким (или, реже, к более «низким») уровням владения навыком под действием организованного обучения, на которую влияют скорость усвоения учебного материала при заданных условиях обучения и эффективность педагогической стратегии; также

она определяется такими факторами, как содержание и структура учебной программы, качество преподавания и обратной связи, интенсивность практики/тренировок, мотивационные вмешательства, практика, и другими.

На практике коэффициент дрейфа  $u(x, t)$  может определяться эмпирической оценкой по временным рядам [25] или калибровкой по контрольным срезам [26]. В первом случае собираются данные уровней компетенции  $x_i(t)$  для  $N$  обучающихся в моменты  $t_1, t_2, \dots, t_k$ . Для каждого интервала  $\Delta t = t_{k+1} - t_k$  вычисляются приращения  $\Delta x_i = x_i(t_{k+1}) - x_i(t_k)$  и оценивается условное среднее приращения

$$u(x, t) \approx \left. \frac{\langle \Delta x \rangle}{\Delta t} \right|_{x(t) \approx x}.$$

Если коэффициент дрейфа зависит от времени (например, из-за смены методики), строится  $u(x, t)$  как средняя скорость по всей группе на каждом шаге  $t_k$ .

При калибровке по контрольным срезам [27] проводятся тесты (зачеты) с фиксированным интервалом  $\Delta t$ . Для каждой подгруппы с начальным уровнем  $x$  вычисляется средний прирост  $\Delta \bar{x}$ . Принимается

$$u(x) \approx \Delta \bar{x} / \Delta t.$$

Для учета погрешности измерений можно использовать регрессию ошибок.

При нехватке данных могут использоваться модальные гипотезы [28], отражающие зависимость от текущего уровня вида

$$u(x, t) = \alpha(t)(1 - x),$$

где  $\alpha(t)$  – интенсивность обучения или скорость прироста метакомпетенций при идеальных условиях (в мес<sup>-1</sup>). Данная зависимость отражает замедление роста при приближении к максимуму (эффект насыщения). Она может быть определена на основе экспертных оценок и литературных аналогов. В первом случае проводится опрос преподавателей о типичной скорости освоения навыка/компетенции, т. е. «за семестр средний курсант повышает уровень на 0,3 у. е.», откуда принимается значение  $\alpha \approx 0,3 \text{ у. е. / семестр}$ . Во втором случае могут использоваться данные схожих исследований, например, для формирования профессиональных компетенций в вузах  $\alpha \in \{0.05 \dots 0.2\} \text{ у. е. / нед.}$

В УФП для педагогики коэффициент диффузии  $l(x, t)$  отражает интенсивность случайных отклонений от детерминированного пути освоения компетенции. Он учитывает индивидуальные различия, внешние помехи (стресс, смена задач), случайные инсайты, индивидуальные различия в обучаемости, стресс/усталость, непредвиденные ситуации в полете и «размывает» плотность вероятности  $f(x, t)$  по оси уровня владения навыком  $x$ .

Коэффициент диффузии в уравнение Фоккера – Планка не вводится произвольно – он возникает из микроскопической модели стохастического процесса. Если микроскопическая модель неизвестна,  $l(x, t)$  можно оценить эмпирически по данным обучения (временным рядам)  $\{x_i\}$  из экспериментальных данных [29].

Для этого аналогично собираются временные ряды в виде уровней сформированности компетенции  $x_i(t)$  для  $N$  обучающихся на нескольких контрольных точках  $t_1, t_2, \dots, t_k$ . Для каждого интервала  $\Delta t = t_{k+1} - t_k$  вычисляются приращения  $\Delta x_i = x_i(t_{k+1}) - x_i(t_k)$  и оценивается условная дисперсия приращений:

$$l(x, t) \approx \frac{\langle (\Delta x)^2 \rangle}{2\Delta t} \Big|_{x(t) \approx x}$$

Также можно провести калибровку по тестовым срезам. Проводится серия контрольных тестов/зачетов с интервалом  $\Delta t$ . Для каждой группы с близким начальным уровнем  $x$  вычисляют дисперсию  $\sigma$  итоговых оценок.

В этом случае коэффициент диффузии [30]

$$l(x, t) \approx \frac{\sigma^2(t + \Delta t) - \sigma^2(t)}{2\Delta t}$$

Для гипотетического сценария можно использовать модальное предположение диффузии в виде мультипликативного шума с функцией вида  $l(x, t) = \beta x(1 - x)$ , где  $\beta$  – мера неопределенности (мера разброса индивидуальных траекторий). Если данных недостаточно, коэффициент диффузии задают на основе схожих исследований или консультируются с педагогами-экспертами о типичном «разбросе» результатов при заданной методике обучения. Обычно  $\beta$  может лежать в диапазоне 0,01–0,1 условных ед.<sup>2</sup>/ед. времени) при нормировке  $x$  на  $[0, 1]$ .

В педагогическом моделировании при исследовании динамики освоения метакомпетенции группой обучающихся  $x$  – уровень владения навыком (например, от 0 до 1 или от 0% до 100%);  $t$  – время (недели, семестры и т. п.);  $f(x, t)$  – плотность вероятности того, что случайный обучающийся из группы в момент времени  $t$  имеет уровень  $x$ ;  $f(x, t)dx$  – вероятность того, что уровень компетенции обучающегося лежит в малом интервале  $[x, x + dx]$  в момент  $t$ ; интеграл от  $f(x, t)$  по всему диапазону  $x$  равен 1 (условие нормировки)  $\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f(x, t)dx = 1$  для любого  $t$ .

Используя плотность распределения  $f(x, t)$ , можно определить следующие параметры стохастического процесса формирования компетенции:

1) средний уровень компетенции в момент  $t$ :  $\langle x \rangle(t) = \int x \cdot f(x, t)dx$ ;

2) дисперсию (разброс) уровней в момент  $t$ :  $\sigma^2(t) = \int (x - \langle x \rangle)^2 f(x, t)dx$ ;

3) долю учащихся выше/ниже порога (например, доля с  $x \geq 0,7$ ):

$$P(x \geq 0,7; t) = \int_{0,7}^1 f(x, t)dx.$$

Также можно оценить эволюцию распределения – как меняется форма  $f(x, t)$  со временем (сдвигается вправо, становится шире/острее, появляются «хвосты»).

Аналитическое решение уравнения Фоккера – Планка возможно при сильных ограничениях и допущениях, что снижает ценность и валидность модели. Поэтому

для решения уравнения Фоккера – Планка обычно используют численные схемы (метод конечных разностей), стохастическое моделирование (Монте Карло) или программное обеспечение, например Python (SciPy, NumPy), MATLAB.

Для решения уравнения Фоккера – Планка авторами использовалась явная конечно-разностная схема:

- дискретизация пространства  $x_i = i\Delta x, i = 0, \dots, N$ ;
- дискретизация времени  $t_n = n\Delta t, n = 0, \dots, M$ ;
- производные заменяются разностями.

Аппроксимация:

$$f_i^{n+1} = f_i^n - \frac{\Delta t}{2\Delta x} [u_{i+1}^n f_{i+1}^n - u_{i-1}^n f_{i-1}^n] + \frac{\Delta t}{2(\Delta x)^2} [l_{i+1}^n f_{i+1}^n - 2l_i^n f_i^n + l_{i-1}^n f_{i-1}^n]$$

Рассмотрим применение уравнения Фоккера – Планка в оценке подготовки курсантов авиационного военного вуза.

Проведем калибровку коэффициентов уравнения Фоккера – Планка с опорой на основную образовательную программу:

1) коэффициент дрейфа  $\alpha$  (по этапам):

- теоретическая подготовка (лекции, групповые и практические занятия):

$$\alpha \approx 0.04 \text{ мес}^{-1};$$

2) тренажерная практика (наземная подготовка, симуляторы, тренажеры):

$$\alpha \approx 0.1 \text{ мес}^{-1};$$

3) реальные полеты (вертолеты по типам):  $\alpha \approx 0.25 \text{ мес}^{-1}$ ;

4) диапазон  $\beta \in [0.01; 0.03]$  выше на ранних этапах, снижается с опытом.

В процессе исследования была реализована опытно-экспериментальная работа с учебной группой III курса военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» в составе 25 человек. Эксперимент проводился с условиями расчета, соответствующими курсу пилотирования.

Этапы подготовки: теория (4 мес.,  $\alpha \approx 0.04 \text{ мес}^{-1}$ ); тренажеры (3 мес.,  $\alpha \approx 0.1 \text{ мес}^{-1}$ ); полеты (6 мес.,  $\alpha \approx 0.25 \text{ мес}^{-1}$ ); диффузия  $\beta = 0.02$ .

Начальные условия: гауссово распределение с центром в  $x = 0.1$  (новички), нормировка на 1. Граничные условия: отражающие -  $f(0, t) = f(1, t) = 0$ . Проводится контроль устойчивости схемы  $\Delta t \ll (\Delta x)^2$ . Нормализация  $\sum_i f(i, j) \approx 1$  проводится на каждом шаге.

Пример графика  $f(x, t)$  при коэффициентах  $\alpha \approx 0.25 \text{ мес}^{-1}$ ,  $\beta = 0.02$  приведен на рис. 3.

Разберем динамику распределения метакомпетенций  $f(x, t)$ , построенного для нескольких моментов времени ( $t = 0, 3, 6, 13$  мес.).

1. Начальная стадия ( $t = 0$  мес.)

Что наблюдается: острый пик около  $x \approx 0.1$  (начальное условие – гауссово распределение с малым  $\sigma$ ); почти нулевая плотность при  $x > 0.3$ .

Интерпретация: все курсанты стартуют с низким уровнем компетенции ( $x \approx 0.1$ ); разброс минимален – группа однородна по начальному уровню.

2. Ранняя динамика ( $t = 3$  мес.)

Что наблюдается: пик смещается вправо ( $x \approx 0.2-0.25$ ); распределение становится шире (увеличивается дисперсия); Появляется хвост в области  $x > 0.4$ .

Интерпретация: идет обучение: средний уровень растет за счет дрейфа  $u(x,t) = a(1-x)$ .

Диффузия  $l(x,t) = \beta x(1-x)$  усиливает разброс: курсанты начинают различаться по темпам освоения материала. Первые «быстрые» обучающиеся достигают  $x > 0.4$ .

### 3. Середина процесса ( $t = 6$ мес.)

Что наблюдается: максимум плотности смещен к  $x \approx 0.4$ ; распределение заметно асимметрично: длинный хвост вправо; плотность в области  $x < 0.2$  резко упала.

Интерпретация: дрейф продолжает «подталкивать» курсантов к высоким значениям  $x$ . Диффузия создает значительный разброс: часть курсантов уже близка к  $x \approx 0.6-0.7$ , другие отстают. Группа перестает быть однородной: формируются «сильные» и «слабые» подгруппы.

### 4. Конечное состояние ( $t = 13$ мес.)

Что наблюдается: пик плотности около  $x \approx 0.6-0.65$ ; правый хвост простирается до  $x \approx 0.9$ ; левая часть ( $x < 0.3$ ) почти пуста.

Интерпретация: большинство курсантов достигли уровня  $x > 0.5$ . Около 20–30% (по площади хвоста) преодолели  $x = 0.7$  (норматив). Дисперсия остается высокой: сохраняется неравенство в уровне метакомпетенций.

### 5. Ключевые тенденции (по всем графикам)

Средний уровень  $\langle x \rangle$  монотонно растет от 0.1 до  $\approx 0.6$ . Причина: дрейф  $u(x,t)$  сильнее при малых  $x$  (так как  $1-x \approx 1$ ).

Дисперсия увеличивается со временем. Причина: диффузия  $l(x,t)$  максимальна при  $x \approx 0.5$  (где  $x(1-x)$  достигает пика).

Наблюдается асимметрия распределения (правый хвост длиннее левого). Причина: при  $x \rightarrow 1$  дрейф затухает ( $u \rightarrow 0$ ), но диффузия еще действует, позволяя отдельным курсантам «прорываться» к высоким значениям.

После  $t \approx 6$  мес. сдвиг пика замедляется. Причина: при  $x > 0.5$  дрейф ослабевает ( $u = a(1-x)$  уменьшается).

### 6. Практические выводы

Для методики обучения

Первые 3–6 мес. – период наиболее интенсивного роста метакомпетенций. После 6 мес. требуется индивидуальная работа с отстающими (из-за растущей дисперсии).

Для аттестации

К 13 мес. около 20–30% курсантов превышают норматив  $x = 0.7$ . Для повышения доли успешных необходимо увеличить  $a$  (интенсивность обучения); снизить  $\beta$  (уменьшить неопределенность процесса).

Очевидно, что для модели асимметрия и длинный хвост указывают на нелинейность системы и граничные условия не искажают динамику (плотность у границ мала). Для детального анализа переходных процессов нужны дополнительные срезы (например,  $t = 1, 2, 4$  мес.). При других значениях  $\alpha$  и  $\beta$  динамика изменится. Если стартовое распределение шире ( $\sigma_{\text{init}} > 0.01$ ), рост  $\langle x \rangle$  будет медленнее.

Таким образом, графики (см. рис. 3 и рис. 4) демонстрируют неравномерное, но устойчивое развитие метакомпетенций с формированием «элиты» (правый хвост) и отстающих. Модель позволяет количественно оценить эффективность обучения и спрогнозировать результаты аттестации.

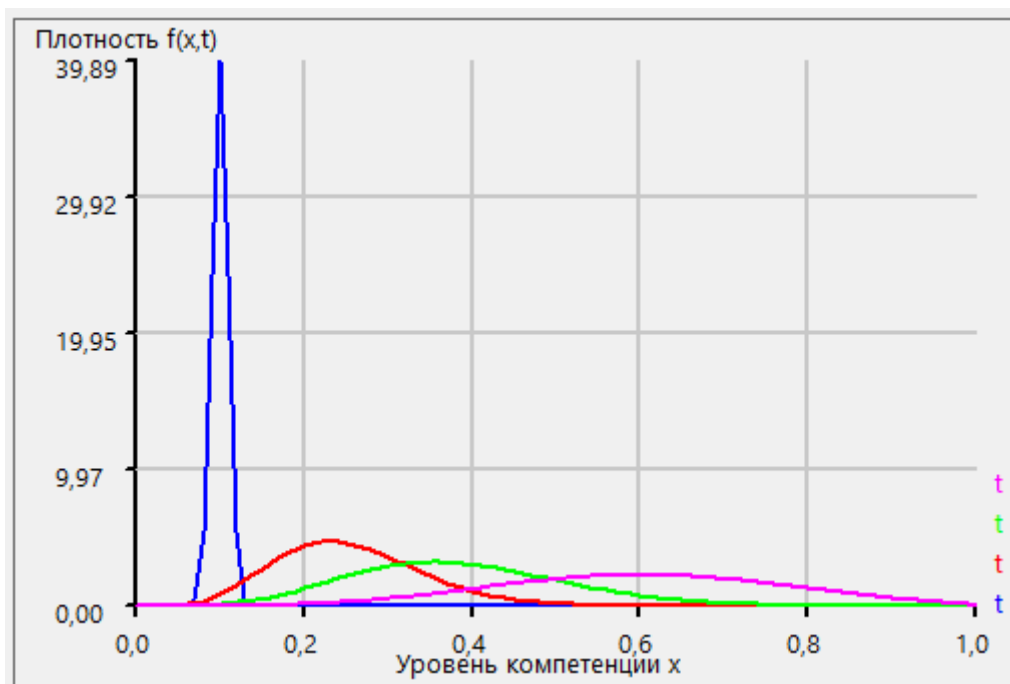


Рис. 3. Кривые плотности вероятности освоения компетенции

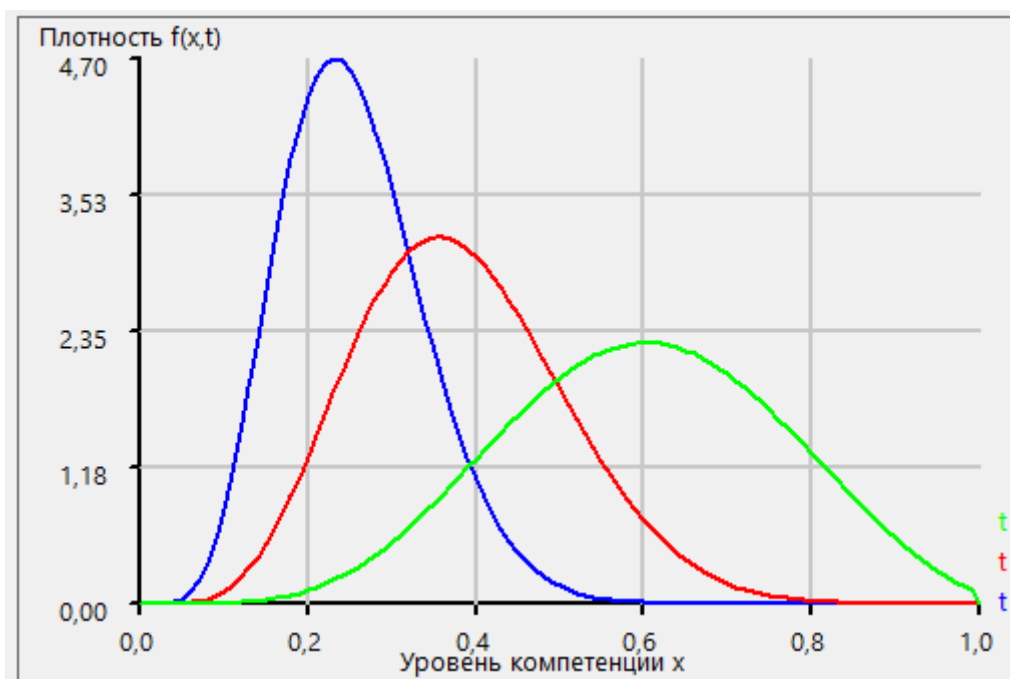


Рис. 4. Кривые плотности вероятности освоения компетенции

Приведем результаты моделирования через 13 мес.

1. Распределение  $f(x,13)$ :

пик:  $x \approx 0.8$  (типичный уровень курсантов);

ширина:  $\sigma \approx 0.12$  (умеренный разброс);

15% курсантов достигли  $x \geq 0.95$  («передовики»);

4% курсантов остались на уровне  $x \leq 0.6$  («отстающие»).

2. Вероятности достижения нормативов:

$P(x \geq 0.7)$  – 92% курсантов (базовый уровень);

$P(x \geq 0.9)$  – 20% курсантов (экспертный уровень).

С помощью рассматриваемой модели можно спрогнозировать сроки выпуска и выявление проблемных зон, провести персонализацию обучения, оптимизировать программу обучения и оценить риски.

При нормативе уровня компетенции  $x = 0.8$  модель показывает при текущих параметрах 13 мес., при увеличении летных часов  $\alpha \rightarrow 0.3$  срок достижения требуемого уровня 11 мес.

Рост диффузии  $l(t)$  на этапе тренажеров сигнализирует о низкой реалистичности симуляторов и недостаточной квалификации инструкторов.

Для курсанта с  $x_i = 0.5$  и низким  $u_i$  можно назначить дополнительные часы тренажеров и прикрепить наставника из числа «передовиков».

Сравнение  $u$  для разных методик (например, VR-тренажеры против классических) позволяет выбрать эффективные.

Если  $P(x < 0.7) > 10\%$ , за 2 мес. до выпуска для снижения риска срыва сроков подготовки курсантов можно ввести интенсивный курс и пересмотреть распределение летных часов.

Исследование динамики метакомпетенций с помощью уравнения Фоккера – Планка способствует развитию теории образовательного моделирования. Это направление позволяет:

- углубленно изучать влияние различных факторов (например, интенсивности обучения, уровня неопределенности) на формирование метакомпетенций;
- разрабатывать новые методы анализа образовательных данных;
- создавать базы для дальнейших исследований в области педагогической диагностики и мониторинга.

Таким образом, модель на основе уравнения Фоккера – Планка – мощный инструмент для повышения качества подготовки курсантов в военном авиационном вузе. Ее внедрение требует сбора данных и вычислительной поддержки, но окупается точностью управления обучением и снижением рисков.

## Заключение / Conclusion

Предложенная модель обладает признаками научности, последовательности и целостности, предлагая эффективный инструмент для системного и целенаправленного формирования метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза в условиях современной образовательной парадигмы.

Формирование метакомпетенций курсантов на основе стохастического моделирования позволит создать виртуальную среду с высоким уровнем вариативности условий и факторов внешней среды. Такое моделирование имитирует реальные жизненные и производственные ситуации, обеспечивая курсантов возможностью приобретения опыта принятия решений в условиях повышенной сложности и неопределенности. Подготовка курсантов с использованием метода стохастического моделирования будет способствовать развитию метакомпетенций, таких как осознанность действий, саморегуляция, быстрое реагирование на изменение обстоятельств.

С помощью уравнения Фоккера – Планка можно оценить, как изменяется распределение уровня метакомпетенций в группе учащихся за определенный период

времени с учетом начальных условий и параметров модели. Изучая коэффициенты дрейфа и диффузии, можно определить, какие детерминированные и стохастические факторы наиболее значимы для формирования метакомпетенций. На основе модели можно разрабатывать стратегии обучения, минимизирующие негативное влияние случайных факторов и усиливающие положительные детерминированные воздействия. Уравнение Фоккера – Планка помогает анализировать вероятность того, что уровень компетенции останется ниже требуемого или превысит ожидаемый.

Перспективными направлениями в этой области можно считать интеграцию с машинным обучением и искусственным интеллектом для автоматизации анализа, расширение модели за счет учета дополнительных факторов (социального взаимодействия, мотивации обучающихся), разработку образовательных модулей для обучения педагогов работе с такими моделями.

### Ссылки на источники / References

1. Щербаков Е. С., Пудовкина О. Е., Симонов А. В. Формирование оперативно-тактической компетенции курсантов военного вуза в процессе обучения на основе применения современных информационных технологий // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2024. – № 06. – С. 151–165. – URL: <https://e-koncept.ru/2024/241088.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2024-11088.
2. Аргунова М. В. Педагогические подходы к современному экологическому образованию // Управление образованием: теория и практика. – 2024. – № 12-1. – С. 134–142.
3. Акавова А. И., Кафарова К. З. Развитие когнитивной активности студентов в педагогических вузах: активные методы обучения как ключ к успеху // Педагогический журнал. – 2025. – Т. 15, № 2А. – С. 276–281.
4. Петровчук А. Ю., Левадная М. О. Метакомпетенции и их значение в современном образовании // Материалы XI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – URL: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018011940>
5. Усольцева Л. А., Шлякова Е. В. Реализация индивидуальных образовательных траекторий в высших учебных заведениях // Наука и военная безопасность. – 2024. – № 3 (38). – С. 109–112.
6. Douglass R. P., Duffy R. D. Calling and career adaptability among undergraduate students // Journal of Vocational Behavior. – 2015. – Vol. 86. – P. 58–65. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001879114001407?via%3Dihub>
7. Лавеч Е. В. Моделирование дидактической концепции профессиональной подготовки специалистов по медиакоммуникациям // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2026. – № 01. – С. 182–199. – URL: <https://e-koncept.ru/2026/261011.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11011.
8. Беркус В. И., Смирнов Я. Д., Дахин А. Н. Профессиональные качества военного специалиста в контексте самоорганизации компетентности // Военно-правовые и гуманитарные науки Сибири. – 2025. – № 3. – С. 80–91. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_83010744\\_39481484.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_83010744_39481484.pdf)
9. Щукина Т. В. Инновационные образовательные технологии в военном вузе: адаптация и разработка современных методик // Научно-методический бюллетень военного университета МО РФ. – 2025. – № 1(23). – С. 11–18. – URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_82763471\\_62658517.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82763471_62658517.pdf)
10. Щербаков Е. С., Пудовкина О. Е., Хорина И. В. Инновационная направленность образовательного процесса как фактор формирования интеллектуального потенциала обучающихся в системе военной подготовки // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2025. – № 01. – С. 105–122. – URL: <https://e-koncept.ru/2025/251008.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11008.
11. Хентонен А. Г., Диривянкина О. В. Формирование цифрового интеллекта у педагогов как фактор повышения качества образования // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2026. – № 01. – С. 257–270. – URL: <https://e-koncept.ru/2026/261015.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11015.
12. Варламова Е. В., Золотова Я. В., Тошпулотов А. А. Экономика образования: инвестиции в человеческий капитал и эффективность педагогических инноваций // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2025. – № 12. – С. 118–143. – URL: <https://ekoncept.ru/2026/261008.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11008.
13. Карачурина Р. Ф. Проблемы и тенденции развития образовательных технологий в сфере высшего образования // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2019. – № 4 (30). – С. 156–163. DOI: 10.17122/2541-8904-4-30-156-163.
14. Сизова Е. В. Реализация метапредметного подхода в высшей школе: от теории к практике // Интернет-журнал «Мир науки». – 2017. – Т. 5, № 6. – URL: <https://mir-nauki.com/PDF/37PDMN617.pdf>

15. Castillo-Martínez I. M., Argüelles-Cruz A. J., Pinal-Ramírez O. E. et al. Towards the development of complex thinking in university students: Mixed methods with ideathon and artificial intelligence // *Computers and Education: Artificial Intelligence*. – 2023. – Vol. 5. – P. 100–186. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X23000656?via%3Dihub>
  16. Dilekçi A., Karatay H. The effects of the 21st century skills curriculum on the development of students' creative thinking skills // *Thinking Skills and Creativity*. – 2023. – № 47. – P. 101–229. DOI: 10.2478/ctra-2025-0010.
  17. Петренко Н. В., Лучин В. Л., Ластовенко О. Р. Использование современных технологий и активных методов обучения при формировании общих компетенций студентов вузов, изучающих математические и естественнонаучные дисциплины // *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*. – 2026. – № 01. – С. 354–367. – URL: <https://e-koncept.ru/2026/261021.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11021.
  18. Петровчук А. Ю., Левадня М. О. Метакомпетенции и их значение в современном образовании.
  19. Каменева Т. Н., Шевырев В. А., Шихгафизов П. Ш. Метакомпетенции как ключевой фактор индивидуальной и командной эффективности // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика, социология, менеджмент*. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 212–223.
  20. Походина М. А. Метакомпетенции как важный фактор в подготовке специалистов // *Тенденции развития науки и образования*. – 2024. – № 115-5. – С. 9–12. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_75252444\\_77904794.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_75252444_77904794.pdf)
  21. Платова Е. Д. Потенциал цифровой образовательной среды ВУЗа в формировании метакомпетентности студентов // *Azimuth of Scientific Research: Pedagogy and Psychology*. – 2024. – Т. 13, № 1(46) e-ISSN: 2712-8474; p-ISSN: 2309-1754.
  22. Каменева Т. Н., Шевырев В. А. Теоретико-методологические основы формирования метакомпетенций в проектно-ориентированном обучении техно-социального пространства вуза // *Вестник университета*. – 2024. – № 5. – С. 43–53.
  23. Комкова А. С., Кобелева Е. П., Ступинская Е. А., Крутько Е. А. Формирование метакомпетенций студентов вуза в процессе научно-исследовательской работы на иностранном языке // *Профессиональное образование в современном мире*. – 2020. – № 10(2). – С. 3718–3725. – URL: <https://doi.org/10.15372/PEMW20200209>
  24. Гафаров Ф. М., Руднева Я. Б., Шарифов У. Ю. Прогностическое моделирование в высшем образовании: определение факторов академической успеваемости // *Высшее образование в России*. – 2023. – Т. 32, № 1. – С. 51–70. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-1-51-70.
  25. Босов А. Д., Орлов Ю. Н. Эмпирическое уравнение Фоккера – Планка для прогнозирования нестационарных временных рядов // *Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша*. – 2013. – № 3. – С. 30. – URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-3>
  26. Gardiner C. W. *Stochastic methods // A handbook for the natural and social sciences 4th ed.* by Publish Springer. – 2009. – № 3. – P. 322.
  27. Gardiner C. W. *Stochastic methods*. – P. 345.
  28. Risken H. *The Fokker-Planck equation // Methods of Solution and Applications*. Springer-Verlag edition, in English. – 2nd ed. – 1996. – P. 178.
  29. Босов А. Д., Орлов Ю. Н. Эмпирическое уравнение Фоккера – Планка для прогнозирования нестационарных временных рядов.
  30. Risken H. *The Fokker-Planck equation // Methods of Solution and Applications*. Springer-Verlag edition, in English. – 2nd ed. – 1996. – P. 192.
- 
1. Shcherbakov, E. S., Pudovkina, O. E., & Simonov, A. V. (2024). "Formirovanie operativno-takticheskoy kompetencii kursantov voennogo vuza v processe obucheniya na osnove primeneniya sovremennyh informacionnyh tekhnologij" [Formation of operational and tactical competence of military school cadets in the process of training on the basis of application of modern information technologies], *Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal "Koncept"*, № 06, pp. 151–165. Available at: <https://e-koncept.ru/2024/241088.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2024-11088 (in Russian).
  2. Argunova, M. V. (2024). "Pedagogicheskie podhody k sovremennomu ekologicheskomu obrazovaniju" [Pedagogical approaches to modern environmental education], *Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika*, № 12-1, pp. 134–142 (in Russian).
  3. Akavova, A. I., & Kafarova, K. Z. (2025). "Razvitie kognitivnoj aktivnosti studentov v pedagogicheskix vuzah: aktivnye metody obucheniya kak klyuch k uspekh" [Developing students' cognitive activity in pedagogical universities: active learning methods as a key to success], *Pedagogicheskij zhurnal*, t. 15, № 2A, pp. 276–281 (in Russian).
  4. Petrovchuk, A. Yu., & Levadnyaya, M. O. "Metakompetencii i ih znachenie v sovremennom obrazovanii" [Meta-competences and their importance in modern education], *Materialy XI Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii "Studencheskij nauchnyj forum"*. Available at: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018011940> (in Russian).

5. Usol'ceva, L. A., & Shlyakova, E. V. (2024). "Realizaciya individual'nyh obrazovatel'nyh traektorij v vysshih uchebnyh zavedeniyah" [Implementation of individual educational trajectories in higher studies], *Nauka i voennaya bezopasnost'*, № 3 (38), pp. 109–112 (in Russian).
6. Douglass, R. P., & Duffy, R. D. (2015). "Calling and career adaptability among undergraduate students", *Journal of Vocational Behavior*, vol. 86, pp. 58–65. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001879114001407?via%3Dihub> (in English).
7. Lavech, E. V. (2026). "Modelirovanie didakticheskoy koncepcii professional'noj podgotovki specialistov po media-kommunikaciyam" [Modeling the didactic concept of professional training for media communication specialists], *Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal "Koncept"*, № 01, pp. 182–199. Available at: <https://e-koncept.ru/2026/261011.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11011 (in Russian).
8. Berkus, V. I., Smirnov, Ya. D., & Dahin, A. N. (2025). "Professional'nye kachestva voennogo specialista v kontekste samoorganizacii kompetentnosti" [Professional qualities of a military specialist in the context of competency self-organization], *Voенно-pravovye i gumanitarnye nauki Sibiri*, № 3, pp. 80–91. Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_83010744\\_39481484.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_83010744_39481484.pdf) (in Russian).
9. Shchukina, T. V. (2025). "Innovacionnye obrazovatel'nye tekhnologii v voennom vuze: adaptaciya i razrabotka sovremennyh metodik" [Innovative educational technologies in a military university: adaptation and development of modern methods], *Nauchno-metodicheskij byulleten' voennogo universiteta MO RF*, № 1(23), pp. 11–18. Available at: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_82763471\\_62658517.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_82763471_62658517.pdf) (in Russian).
10. Shcherbakov, E. S., Pudovkina, O. E., & Horina, I. V. (2025). "Innovacionnaya napravlennost' obrazovatel'nogo processa kak faktor formirovaniya intellektual'nogo potentsiala obuchayushchihsvya v sisteme voennoj podgotovki" [Innovative orientation of educational process as a factor of intellectual potential development among students in the system of military training], *Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal "Koncept"*, № 01, pp. 105–122. Available at: <https://e-koncept.ru/2025/251008.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11008 (in Russian).
11. Hentonen, A. G., & Dirivyankina, O. V. (2026). "Formirovanie cifrovogo intellekta u pedagogov kak faktor povsheniya kachestva obrazovaniya" [Developing digital intelligence in teachers as a factor in improving the quality of education], *Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal "Koncept"*, № 01, pp. 257–270. Available at: <https://e-koncept.ru/2026/261015.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11015 (in Russian).
12. Varlamova, E. V., Zolotova, Ya. V., & Toshpulotov, A. A. (2025). "Ekonomika obrazovaniya: investicii v chelovecheskij kapital i effektivnost' pedagogicheskikh innovacij" [Economics of Education: Investments in Human Capital and the Effectiveness of Pedagogical Innovations], *Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal "Koncept"*, № 12, pp. 118–143. Available at: <https://ekoncept.ru/2026/261008.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11008 (in Russian).
13. Karachurina, R. F. (2019). "Problemy i tendencii razvitiya obrazovatel'nyh tekhnologij v sfere vysshego obrazovaniya" [Problems and trends in the development of educational technologies in higher studies], *Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya: Ekonomika*, № 4 (30), pp. 156–163. DOI: 10.17122/2541-8904-4-30-156-163 (in Russian).
14. Sizova, E. V. (2017). "Realizaciya metapredmetnogo podhoda v vysshej shkole: ot teorii k praktike" [Implementation of a meta-subject approach in higher education: from theory to practice], *Internet-zhurnal "Mir nauki"*, t. 5, № 6. Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/37PDMN617.pdf> (in Russian).
15. Castillo-Martínez, I. M., Argüelles-Cruz, A. J., Pinal-Ramírez, O. E. et al. (2023). "Towards the development of complex thinking in university students: Mixed methods with ideathon and artificial intelligence", *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 5, pp. 100–186. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X23000656?via%3Dihub> (in English).
16. Dilekçi, A., & Karatay, H. (2023). "The effects of the 21st century skills curriculum on the development of students' creative thinking skills", *Thinking Skills and Creativity*, № 47, pp. 101–229. DOI: 10.2478/cetra-2025-0010 (in English).
17. Petrenko, N. V., Luchin, V. L., & Lastovenko, O. R. (2026). "Ispol'zovanie sovremennyh tekhnologij i aktivnyh metodov obucheniya pri formirovanii obshchih kompetencij studentov vuzov, izuchayushchih matematicheskie i estestvennonauchnye discipliny" [The use of modern technologies and active teaching methods for the development of general competences among university students majoring in mathematics and natural sciences], *Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal "Koncept"*, № 01, pp. 354–367. Available at: <https://e-koncept.ru/2026/261021.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11021 (in Russian).
18. Petrovchuk, A. Yu., & Levadnyaya, M. O. Op. cit.
19. Kameneva, T. N., Shevryev, V. A., & Shihgafizov, P. Sh. (2024). "Metakompetencii kak klyuchevoj faktor individual'noj i komandnoj effektivnosti" [Meta-competences as a key factor in individual and team effectiveness], *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika, sociologiya, menedzhment*, t. 14, № 2, pp. 212–223 (in Russian).
20. Pohodina, M. A. (2024). "Metakompetencii kak vazhnyj faktor v podgotovke specialistov" [Meta-competences as an important factor in training specialists], *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*, № 115-5, pp. 9–12. Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_75252444\\_77904794.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_75252444_77904794.pdf) (in Russian).

21. Platova, E. D. (2024). "Potencial cifrovoj obrazovatel'noj sredy VUZa v formirovanii metakompetentnosti studentov" [The potential of the digital educational environment of a university in developing students' meta-competency], *Azimuth of Scientific Research: Pedagogy and Psychology*, t. 13, № 1(46) e-ISSN: 2712-8474; p-ISSN: 2309-1754 (in Russian).
22. Kameneva, T. N., & Shevryev, V. A. (2024). "Teoretiko-metodologicheskie osnovy formirovaniya metakompetencij v proektno-orientirovannom obuchenii tekhnosocial'nogo prostranstva vuza" [Theoretical and methodological foundations for the development of meta-competences in project-based learning in the techno-social space of the university], *Vestnik universiteta*, № 5, pp. 43–53 (in Russian).
23. Komkova, A. S., Kobeleva, E. P., Stupinskaya, E. A., & Krut'ko, E. A. (2020). "Formirovanie metakompetencij studentov vuza v processe nauchno-issledovatel'skoj raboty na inostrannom yazyke" [Development of meta-competences of university students in the process of research work in a foreign language], *Professional'noe obrazovanie v sovremennom mire*, № 10(2), pp. 3718–3725. Available at: <https://doi.org/10.15372/PEMW20200209> (in Russian).
24. Gafarov, F. M., Rudneva, Ya. B., & Sharifov, U. Yu. (2023). "Prognosticheskoe modelirovanie v vysshem obrazovanii: opredelenie faktorov akademicheskoy uspevaemosti" [Predictive Modeling in Higher Studies: Identifying Factors of Academic Performance], *Vysshee obrazovanie v Rossii*, t. 32, № 1, pp. 51–70. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-1-51-70 (in Russian).
25. Bosov, A. D., & Orlov, Yu. N. (2013). "Empiricheskoe uravnenie Fokkera – Planka dlya prognozirovaniya nestacionarnykh vremennykh ryadov" [Empirical Fokker–Planck equation for forecasting non-stationary time series], *Preprinty IPM im. M. V. Keldysha*, № 3, p. 30. Available at: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-3> (in Russian).
26. Gardiner, C. W. (2009). "Stochastic methods", *A handbook for the natural and social sciences 4th ed. by Publish Springer*, № 3, p. 322 (in English).
27. Ibid., p. 345.
28. Risken, H. (1996). "The Fokker-Planck equation", *Methods of Solution and Applications. Springer-Verlag edition*, in English, 2nd ed, p. 178 (in English).
29. Bosov, A. D., & Orlov, Yu. N. (2013). Op. cit.
30. Risken, H. (1996). Op. cit., p. 192.

#### Вклад авторов

В. В. Лебедев – обоснование подхода к моделированию динамики формирования метакомпетенций в образовательных группах военного авиационного вуза с использованием стохастических методов.

Е. С. Щербаков – обзор отечественной и зарубежной литературы и формирование авторского видения категории «метакомпетентность» курсантов военного авиационного вуза.

О. Е. Пудовкина – разработка модели формирования метакомпетенций курсантов военного авиационного вуза и подробная характеристика каждой из составляющих структуры.

#### Contribution of the authors

V. V. Lebedev – substantiation of an approach to modeling the dynamics of developing meta-competences in educational groups of a military aviation university using stochastic methods.

E. S. Shcherbakov – a review of Russian and foreign literature and the formulation of the author's original idea of the category of "meta-competence" of military aviation university cadets.

O. E. Pudovkina – development of a model for the development of meta-competences of cadets of a military aviation university and detailed characteristics of each of the constituent structures.