

УДК 378.016:623.5

DOI: 10.54835/18102883_2026_39_4

БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ КАК ПРИКЛАДНАЯ УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА, ФОРМИРУЮЩАЯ ПРОЕКТНЫЕ НАВЫКИ И СИСТЕМАТИЗИРУЮЩАЯ РАНЕЕ ПОЛУЧЕННЫЕ ЗНАНИЯ

Ветров Вячеслав Васильевич,

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ракетного вооружения,
vvvetr@mail.ru

Шилин Павел Дмитриевич,

кандидат технических наук, доцент профессор кафедры ракетного вооружения,
pvl.shilin@yandex.ru

Тульский государственный университет,
Россия, 300012, г. Тула, пр. Ленина, 92

Аннотация. В статье приводится описание новой учебной дисциплины «Баллистическая эффективность летательных аппаратов», разработанной на основе многолетних исследований по проблеме увеличения дальности полета и нацеленной на получение навыков выбора и обоснования технических решений, обеспечивающих достижение поставленной цели. Дисциплина включает в себя ключевые понятия, показатели и методики оценки баллистической эффективности, а также набор принципов и технических решений, необходимых для достижения высоких летных характеристик. Цель учебной дисциплины – повышение качества образовательного процесса и подготовки высококвалифицированных специалистов оборонно-промышленного комплекса. Показана необходимость введения и показано место предлагаемой дисциплины в системе высшего образования. Целью статьи является обоснование необходимости введения данной дисциплины. Использованы методы системного анализа, педагогического проектирования и экспертной оценки. Показано, что дисциплина обеспечивает формирование проектных навыков и способствует подготовке специалистов, отвечающих современным требованиям оборонно-промышленного комплекса.

Ключевые слова: учебная дисциплина и ее содержание, знания и навыки, баллистическая эффективность, летательный аппарат, принципы, способы, устройства.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-29-20023, <https://rscf.ru/project/24-29-20023/>.

Введение

Современные вызовы в области образования, особенно высшего профессионального, требуют поиска новых подходов к организации учебного процесса. Одним из ключевых направлений является разработка интегрирующих дисциплин, которые способствуют формированию междисциплинарных связей и обеспечивают целостность профессиональной подготовки. Актуальность таких дисциплин обусловлена необходимостью преодоления фрагментарности знаний, усиления проблемно-ориентированного обучения и подготовки специалистов, способных решать комплексные задачи, особенно в высокотехнологичных отраслях, таких как оборонно-промышленный комплекс (ОПК).

Анализ литературных источников показывает, что проблема междисциплинарной интеграции широко обсуждается в педагогической науке. Отмечается, что традиционная предметная система обучения, основанная на изо-

лированном основании дисциплин, не всегда обеспечивает формирование у учащихся целостного понимания взаимосвязей между физикой, математикой, информатикой и инженерными приложениями [1].

Исследователи подчеркивают, что междисциплинарная интеграция является важным фактором обеспечения качества профессионального образования, содействуя формированию общих и профессиональных компетенций обучающихся [2]. В технических дисциплинах интеграция знаний особенно важна для развития профессионального системного мышления, включая способность к многогранному анализу проблем [3]. Кроме того, выделяют роль междисциплинарных связей в реализации образовательных стандартов, подчеркивая их значение для мотивации обучающихся [4].

Междисциплинарная интеграция применяется в образовательном процессе уже во мно-

гих областях. Например, при подготовке специалистов экономического профиля метод математического моделирования служит эффективным средством интеграции математической и профессиональной подготовки, что особенно актуально для решения задач в условиях быстро меняющейся экономической среды [5].

Для сферы ОПК создание интегрирующих дисциплин приобретает особую значимость. Технические специалисты в этой области должны не только владеть узкопрофессиональными знаниями, но и уметь применять их в контексте смежных дисциплин, таких как информационные технологии, аэрогазодинамика, проектирование, управление и т. д. Интердисциплинарность способствует формированию целостного восприятия мира и решению комплексных задач, что соответствует требованиям современных высокотехнологичных производств [6].

Таким образом, разработка специальных интегрирующих дисциплин и усиление межпредметных связей в техническом образовании являются необходимыми условиями подготовки высококвалифицированных специалистов, способных эффективно работать в отраслях ОПК.

Наметившийся в последнее время тренд развития ракетной техники в направлении увеличения дальности полета летательных аппаратов (ЛА) при сохранении габаритно-массовых характеристик [7] стал предпосылкой разработки новой учебной дисциплины «Баллистическая эффективность летательных аппаратов».

В результате системных исследований по проблеме увеличения дальности полета ЛА, проводимых коллективом научной школы (НШ) «Функциональная надежность и баллистическая эффективность образцов ракетной техники» под руководством профессора В.В. Ветрова, сформировался научно-технический задел, на основе которого после систематизации и методической обработки было сформировано содержание учебной дисциплины.

В процессе освоения новых знаний рассматриваются теоретические вопросы обеспечения баллистической (полетной) эффективности ЛА атмосферной зоны, которые характеризуются интенсивным кратковременным разгоном и довольно продолжительным полетом в пассивном энергетическом режи-

ме. В практическом плане формируются навыки выбора и обоснования предпочтительных технических решений в рамках рассматриваемой системной совокупности принципов, способов и устройств, направленных на улучшение баллистических характеристик.

В основу содержания учебной дисциплины положена оригинальная концепция повышения баллистической эффективности указанного типа ЛА, включающая понятийный аппарат, показатели и критерии оценки баллистической эффективности, методики ее достижения, а также системную совокупность основных направлений, принципов, способов и устройств, позволяющих добиться высоких летных качеств ЛА [8]. Кроме этого в рамках учебной дисциплины рассматриваются конкретные примеры повышения баллистической эффективности, сгруппированные в три направления: аэродинамическое [9], аэробаллистическое и энерго-баллистическое [10].

Данная учебная дисциплина включена в образовательные программы по специальностям «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических систем», «Баллистика и гидроаэродинамика».

Место авторского учебного курса в учебных образовательных программах

В настоящее время в образовательных программах высшей школы по указанным специальностям не предусмотрен предлагаемый учебный курс, который должен помогать студенту системно объединить полученные разносторонние знания и перевести их в плоскость практического применения при разработке перспективных образцов ракетной техники нового качественного уровня [11–14].

Вполне естественно, что глубокое осознание рассматриваемого курса должно опираться на знания по устройству и функционированию ЛА [15–18] в области аэрогазодинамики и динамики полета [19–21], по основам конструирования и проектирования ЛА, их узлов и агрегатов. Более детально совокупность необходимых предметных знаний представлена на рис. 1.

Структура учебного курса

Освоение учебного курса «Баллистическая эффективность» предполагает:

- цикл лекций (12 занятий, 24 ч);
- семинарские занятия, организованные в формате проектных сессий (8 занятий,



Рис. 1. Совокупность учебных дисциплин, предшествующих дисциплине «Баллистическая эффективность летательных аппаратов»

Fig. 1. Curriculum structure leading to the discipline «Ballistic Performance of Aircraft»

16 ч), которые посвящены освоению методик оценки баллистической эффективности ЛА и инновационных технических решений; публичная защита курсовой работы (КР) в виде доклада с презентацией;

- выполнение проектной КР по анализу баллистической эффективности образцов иностранной ракетной техники (20 ч);
- самостоятельная работа с источниками информации (интернет, статьи в научных журналах и монографии, патенты) и подготовка отчета (12 ч);
- подготовка к дифференцированному зачету (12 ч).

Общий объем учебной нагрузки студента – 72 часа.

Содержание лекционного курса сгруппировано по указанному числу лекций и поясняется следующим образом:

1. Концепция баллистической эффективности формирует свой понятийный аппарат, определяет место в общем понимании эффективности ЛА, вводит показатели и критерии баллистической эффективности, раскры-

вает их суть и показывает целесообразность применения в конкретных случаях [22].

2. Системная совокупность принципов, способов и устройств, обеспечивающих повышение баллистической эффективности, сформирована по трем ключевым направлениям: аэродинамическому, аэробаллистическому и энерго-баллистическому. В качестве теоретического обоснования такого деления приводится вновь полученная функциональная зависимость достижимой дальности полета ЛА от его конструктивного совершенства, аэродинамического качества, траекторных особенностей полета, стартовой и бортовой энергетики.

3. Конструктивные и функциональные принципы формирования проектных решений, ориентированные на повышение баллистической эффективности, представлены принципом полетной трансформации (см. рис. 2) и принципом интерференции газовых потоков обтекания ЛА и бортовой генерации, который иллюстрируется носовым и кормовым вдувом генераторных газов, а также взаимодействием струи реактивного двигателя с

набегающим потоком. Приводятся примеры устройств, основанных на указанных принципах, и характеризуется их эффективность.

4. Методики оценки баллистической эффективности сравниваемых ЛА и предлагаемых решений модернизации строятся на основе численного моделирования полетного функционирования ЛА с привлечением математических моделей различной степени сложности либо с использованием экспресс-анализа (приближенная оценка) при относительном сравнении усредненных параметров полета.

5. Методы оптимизации технических решений, предлагаемых с целью повышения баллистической эффективности, рассматриваются на основе конкретных примеров: выбора параметров старта ЛА, временной задержки включения ракетного двигателя твёрдого топлива (РДТТ), соотношений масс топлива РДТТ и донного газогенератора (ДГГ), а также объемов камеры дожигания и топливного заряда при их суммарном ограничении.

6. Аэродинамическое направление повышения баллистической эффективности основано на анализе структуры аэродинамического сопротивления рассматриваемого ЛА, возможностей изменения статичной геометрии планера ЛА или его трансформации в полете, а также использования принципа интерференции потоков (носовой вдув или применение ДГГ) для снижения аэродинамического сопротивления.

7. Аэробаллистическое направление увеличения дальности полета рассматривает влияние баллистических параметров, возможности их оптимизации, а также выбор предпочтительных вариантов программного полета, эффективность установки (раскрытия) дополнительного оперения и отделения двигательной установки после окончания ее работы.

8. Бикалиберная компоновка ЛА рассматривается как удачное сочетание аэродинамического направления и конструктивного совершенства ЛА с целью повышения баллистической эффективности. Приводятся примеры такой компоновки современных отечественных и зарубежных образцов ракетной техники, рассматриваются их перспективы развития.

9. Энерго-баллистическое направление рассматривает оптимизацию внутрибаллистических процессов активного старта (выстрела), совершенствование РДТТ и алгорит-

мов его функционирования, рациональное сочетание активного и реактивного старта, а также применение ДГГ. Дается сравнительная оценка эффективности различных бортовых энергетических устройств для различных классов ЛА.

10. Донный газогенератор рассматривается как альтернатива РДТТ или как дополнение к нему. Анализируется эффективность использования ДГГ, методика его проектирования, конструктивные варианты исполнения и рациональность сочетания с РДТТ. Приводятся известные примеры применения.

11. Перспективы применения воздушно-реактивных двигателей (ВРД) с позиций повышения баллистической эффективности ЛА рассматриваются для различных видов ВРД, хотя предпочтение отдается прямоточным воздушно-реактивным двигателям (ПВРД). Оцениваются преимущества и трудности внедрения ПВРД для различных классов ЛА, приводятся возможные варианты конструктивного исполнения комбинированных двигательных установок (РДТТ + ПВРД) и примеры их применения в образцах ракетной техники [23].

12. Комбинированные технические решения, направленные на повышение баллистической эффективности, включают наилучшие из известных решений мирового уровня. Анализируются возможные перспективные технологии совершенствования ЛА по критериям баллистической эффективности.

Преподавание разработанной учебной дисциплины построено на принципах проблемно-ориентированного и проектно-организованного обучения:

- проблемно-ориентированный подход воплощён в ключевой задаче курса – анализе достоверности заявленных тактико-технических характеристик иностранных образцов ракетной техники. С первой лекции студентам ставится профессиональная задача, для решения которой им необходимо объединить знания смежных дисциплин (см. рис. 1);
- проектно-организованный подход реализован через выполнение КР, которая представляет собой мини-проект. Студенты проходят полный цикл проектной деятельности: от сбора информации и постановки задачи до математического моделирования, анализа результатов и защиты своего проекта перед аудиторией.



Рис. 2. Классификация способов и устройств, реализующих принцип полетной трансформации
Fig. 2. Classification of flight transformation techniques and mechanisms

Развитие навыков командной работы является важным элементом курса. На семинарских занятиях часть задач выполняется в малых группах (два-три человека), где студенты совместно анализируют методики, проводят приближённые расчёты и готовят презентации. Курсовая работа, хотя и является индивидуальной, предусматривает открытые обсуждения промежуточных результатов в группе, что моделирует процесс проектного обсуждения в конструкторском бюро и формирует навыки командной работы.

Содержание курсовой работы

Курсовая работа выполняется по следующему плану:

1. Сбор информации по заданному объекту исследования (обычно иностранному комплексу ЛА), включая аэродинамическую и конструктивную схему, описание особенностей.

2. Подготовка исходных данных для моделирования полета на заявленную дальность на

основе известных тактико-технических характеристик (ТТХ), а недостающие определяются самостоятельно с помощью дополнительных расчетов по масштабированию элементов внешнего вида, найденных конструктивных схем и известному описанию конструкции ЛА и его функционирования.

3. Оценка аэродинамических характеристик ЛА в исследуемом диапазоне скоростей и высот полета методами прикладной аэродинамики или CFD-моделирования.

4. Разработка математической модели полёта с учётом возможных траекторий.

5. Проведение численного эксперимента с анализом вариантов старта (углов бросания, режимов работы ДУ) и логики управления. В итоге определяется предпочтительный по дальности вариант, для которого строится траектория максимальной дальности и соответствующий ей профиль скорости.

6. Сравнение результатов с заявленными ТТХ и выводы о достоверности характеристик.

Методика преподавания учебной дисциплины и система оценивания знаний и навыков

Лекционный курс построен на методе двойного конспектирования, то есть перед каждой новой лекцией оглашается ее тема, студент по учебному пособию «Баллистическая эффективность ЛА» предварительно изучает ее самостоятельно, делая краткий конспект, который далее дополняется по ходу лекции. Таким образом, ведется двойной конспект учебного курса. Лекции читаются в режиме презентации, с привлечением результатов НИР указанной ранее научной школы и опыта проектирования проектных организаций.

После первой лекции студентам выдается задание на выполнение курсовой работы, суть которой заключается в анализе достоверности заявленной изготовителем максимальной достижимой дальности полета исследуемого образца при известных его ТТХ.

В итоге за выполнение КР и ее защиту выставляется оценка из 40 баллов. Содержание оценивается максимально в 20 баллов, качество доклада – до 10 баллов, оформление презентации – до 5 баллов и качество текстового файла – до 5 баллов.

За 10 дней до окончания семестра студентом сдается отчет о выполнении самостоятельной работы по анализу источников научно-технической информации по проблеме повышения баллистической эффективности ЛА. Отчет составляется в виде текстового файла в произвольной форме с учетом требований к текстовой научно-технической документации с обязательным формулированием собственных выводов по проделанной работе. Оценивается отчет исходя из возможных 20 баллов.

Завершением курса является дифференцированный зачет или экзамен в форме собеседования по вопросам из заранее выданного студентам их общего списка. При этом на экзамене студент готовит ответы на поставленные вопросы в письменном виде, что и обсуждается при собеседовании с преподавателем. Оценка ответов на экзамене выставляется исходя из 40 баллов. Итоговая оценка определяется суммированием всех баллов, выставленных студенту за перечисленные виды работ.

Для наиболее продвинутых студентов предоставляется возможность применить мето-

дологию баллистической эффективности при разработке частных методик оптимального проектирования узлов, агрегатов и планера ЛА в ходе участия в НИР по научным грантам, и, как следствие, полученные результаты становятся основой дипломной работы.

Дальнейшее углубление знаний происходит в рамках диссертационных исследований, результаты которых способствуют обогащению содержания дисциплины «Баллистическая эффективность летательных аппаратов».

Заключение

Описанная учебная дисциплина нацелена на углубление профессиональных знаний в области ракетной техники и подготовку специалистов высокого уровня посредством инновационных педагогических методов. При этом научное направление, лежащее в основе дисциплины «Баллистическая эффективность летательных аппаратов», вносит значительный вклад в содержательное и методическое совершенствование учебного процесса по проблемно-ориентированным специальностям для ОПК.

Для подтверждения качества наполнения курса и его практической значимости был получен ряд экспертных заключений от представителей смежных кафедр, промышленных партнеров университета, включая предприятия, специализирующиеся на проектировании авиационной техники. В отзывах подчеркивается, что дисциплина адекватно отражает современные тенденции развития техники и формирует у студентов именно те навыки проектного анализа и обоснования решений, которые важны для молодого специалиста на предприятии.

Студенты отмечают, что курс «заставляет думать», «показывает, как теория применяется на практике» и «даёт навыки, отсутствующие в других дисциплинах», что в совокупности свидетельствует об успешном формировании проектного подхода.

В итоге внедрение данной учебной дисциплины обеспечивает проектные бюро в ракетостроительной отрасли высококвалифицированными кадрами, которые уже на начальном этапе своей трудовой деятельности способны участвовать в создании передовых и эффективных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитина Т.В. Практическая реализация междисциплинарного подхода в школьном образовании // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2025. – № 01. – С. 169–181. DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11012. EDN: GMTZYX.
2. Беликов В.А., Романов П.Ю., Филиппов А.М., Хамитов И.С. Межпредметные связи общеобразовательных и специальных дисциплин в обеспечении качества среднего профессионального образования // Мир науки. Педагогика и психология. – 2021. – Т. 9. – № 2. – Порядковый номер: 9. EDN: GLCWSF.
3. Потемкин А.Н., Викулов А.С., Крупнова А.В. Особенности преподавания специальных технических дисциплин в условиях современного высшего профессионального образования // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – № Т 20. – С. 2876–2880. EDN: SJEXTB.
4. Бурмистрова Н.А., Ильина Н.И., Кормильцева Е.А., Шамис В.А., Шмакова А.П. Интеграция учебных дисциплин в экономическом университете // Фундаментальные исследования. – 2022. – № 9. – С. 7–11. DOI: 10.17513/fr.43319. EDN: IOACGM.
5. Попова Н.Е. Роль междисциплинарных связей в реализации образовательных стандартов высшего образования // Вестник педагогических наук. – 2021. – № 1. – С. 97–101. EDN: ISAOYL.
6. Кушина Е.А. Интердисциплинарность как принцип обучения в современном образовательном процессе // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Е. Педагогические науки. – 2013. – № 15. – С. 9–12. EDN: TUUACD.
7. Raza A., Wang H. Range and Accuracy Improvement of Artillery Rocket Using Fixed Canards Trajectory Correction Fuze // Aerospace. – 2022. – Vol. 9. – Issue 1. – Article number: 32. DOI: <https://doi.org/10.3390/aerospace9010032>. EDN: FZNYTT.
8. Ветров В.В., Костяной Е.М., Шилин П.Д. Концептуальное проектирование летательных аппаратов с доминирующим энергопассивным участком траектории, ориентированное на повышение баллистической эффективности // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2025. – № 3. – С. 38–47. EDN: XMQPHT.
9. Kishorkumar Ukirde, Swaraj Pawar, Darshan Rahane, Bhushan Sagar, Tushar Shinde. Aerodynamic Study of Various Fins for Missile Body // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). – 2023. – Vol. 11. – Issue II. – pp. 1240–1252. DOI: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.49235>.
10. Abou-Elela H.A., Ibrahim Ahmed, Mahmoud Osama, Abdel-Hamid O. Effect of base bleed dimensions on the ballistic performance of artillery projectiles // The International Conference on Applied Mechanics and Mechanical Engineering. – 2014. – Vol. 16. – Issue 16. DOI:10.21608/amme.2014.35485.
11. Логиновская Т.Н., Вопилова Л.В. О концепции интеграции знаний естественнонаучных и специальных дисциплин // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 2 (14). – С. 51–55. EDN: WALTQV.
12. Алексашина И.Ю., Киселев Ю.П. Эволюция интегративного подхода в ракурсе тенденций трансформации современного естественнонаучного образования // Международный журнал экспериментального образования. – 2022. – № 6. – С. 5–9. EDN: PZBULZ.
13. Гревцева Г.Я., Циулина М.В., Болодурина Э.А., Банников М.И. Интегративный подход в учебном процессе вуза // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. – С. 262. EDN: ZQNJCJ.
14. Ветров В.В., Дикшев А.И., Костяной Е.М., Шилин П.Д. Баллистическая эффективность летательных аппаратов: учебное пособие для студентов вузов. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2023. – 216 с.
15. Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия. Часть II. Физические основы устройства и функционирования ракетного оружия: учебник для вузов / под ред. В.В. Ветрова, В.П. Строгалева. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. – 784 с.
16. Орлов А.Р. Основы устройства и функционирования снарядов реактивных систем залпового огня. – Тула: ТулГУ, 2002. – 156 с.
17. Основы устройства и функционирования артиллерийских управляемых снарядов. учебное пособие / под общ. ред. А.Г. Шипунова. – Тула: Изд-во Тульского гос. ун-та, 2003. – 162 с.
18. Шулепов А.И., Петровичев М.А., Панков А.А. Основы устройства ракет: электронное учебное пособие. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2012.
19. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика. – М.: Машиностроение, 2005. – 608 с.
20. Голубев А.Г., Епихин А.С., Калугин В.Т., Луценко А.Ю., Москаленко В.О., Столярова Е.Г., Хлупнов А.И., Чернуха П.А. Аэродинамика: учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 607 с.
21. Булат П.В., Дудников С.Ю., Кузнецов П.Н. Основы аэродинамики беспилотных воздушных судов: учебное пособие. – М.: Спутник+, 2021. – 273 с.
22. Костяной Е.М. Повышение баллистической эффективности летательных аппаратов путем оптимизации их конструктивных параметров. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-balisticheskoy-effektivnosti-letatelnyh-apparatov-putem-optimizatsii-ih-konstruktivnyh-parametrov?ysclid=morblld62ml434475183> (дата обращения 25.12.2025).
23. Смирнов В.Г., Никитина И.Е., Розанов Л.А. Основы проектирования активно-реактивных снарядов с прямоточным воздушно-реактивным двигателем на твердом топливе: учебное пособие. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. – 329 с.

Поступила: 13.01.2026

Принята: 20.06.2026

UDC 378.016:623.5

DOI: 10.54835/18102883_2026_39_4

BALLISTIC PERFORMANCE OF AIRCRAFT AS AN APPLIED ACADEMIC DISCIPLINE DEVELOPING DESIGN SKILLS AND SYSTEMATIZING PRIOR KNOWLEDGE

Vyacheslav V. Vetrov,

Dr. Sc., Professor, Professor of the Department of Missile Armament;
vvvetr@mail.ru

Pavel D. Shilin,

Cand. Sc., Associate Professor of the Department of Missile Armament;
pvl.shilin@yandex.ru

Tula State University,

92, Lenin Ave., Tula, 300012, Russian Federation

Abstract. The article describes the new academic discipline “Ballistic Efficiency of Aircraft”, developed on the basis of long-term research on the problem of increasing flight range and aimed at developing skills in selecting and justifying technical solutions that ensure the fulfilment of the stated objective. The discipline covers the key concepts, indicators and methods for evaluating ballistic efficiency, as well as a set of principles and technical solutions necessary to achieve high flight performance. The purpose of the discipline is to improve the quality of the educational process and to train highly qualified specialists for the defence industry. The necessity of introducing the proposed discipline is demonstrated and its place in the higher education system is shown. The aim of the article is to justify the necessity of introducing this discipline. The methods of systems analysis, pedagogical design and expert evaluation are employed. It is shown that the discipline develops design skills and contributes to the training of specialists who meet the modern requirements of the defence industry.

Keywords: academic discipline and its content, knowledge and skills, ballistic efficiency, aircraft, principles, methods, devices.

The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 24-29-20023, <https://rscf.ru/project/24-29-20023/>.

REFERENCES

1. Nikitina T.V. Practical implementation of the interdisciplinary approach in school education. *Koncept*, 2025, no. 01, pp. 169–181. (In Russ.) DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11012. EDN: GMTZYX.
2. Belikov V.A., Romanov P.YU., Filippov A.M., Khamitov I.S. Intersubject relations of general education and special disciplines in ensuring the quality of secondary vocational education. *World of Science. Pedagogy and psychology*, 2021, vol. 9, no. 2, Serial number: 9. (In Russ.) EDN: GLCWSF.
3. Potemkin A.N., Vikulov A.S., Krupnova A.V. Features of teaching special technical disciplines in the context of modern higher professional education. *Koncept*, 2014, no. T 20, pp. 2876–2880. (In Russ.) EDN: SJEXTB.
4. Burmistrova N.A., Ilina N.I., Kormiltseva E.A., Shamis V.A., Shmakova A.P. An integration of the academic disciplines in economic university. *Fundamental research*, 2022, no. 9, pp. 7–11. (In Russ.) DOI: 10.17513/fr.43319. EDN: IOACGM.
5. Popova N.E. The role of interdisciplinary linkages in the implementation of educational standards of higher education. *Bulletin of Pedagogical Sciences*, 2021, no. 1, pp. 97–101. (In Russ.) EDN: ISAOYL.
6. Kushchina E.A. Interdisciplinary as a principle of learning in the modern educational process. *Herald of Polotsk state university. Series E. Pedagogical sciences*, 2013, no. 15, pp. 9–12. (In Russ.) EDN: TUUACD.
7. Raza A., Wang H. Range and Accuracy Improvement of Artillery Rocket Using Fixed Canards Trajectory Correction Fuze. *Aerospace*, 2022, Vol. 9, Issue 1, Article number: 32. DOI: <https://doi.org/10.3390/aerospace9010032>. EDN: FZNYTT.
8. Vetrov V.V., Kostyanov E.M., Shilin P.D. Conceptual design of flying machines with dominant energy – intensive section of trajectory, focused on improving ballistic efficiency. *Scientific bulletin of the military-industrial complex of Russia*, 2025, no. 3, pp. 38–47. (In Russ.) EDN: XMQPHT.
9. Kishorkumar Ukirde, Swaraj Pawar, Darshan Rahane, Bhushan Sagar, Tushar Shinde. Aerodynamic Study of Various Fins for Missile Body. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 2023, Vol. 11, Issue II, pp. 1240–1252. DOI: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.49235>.

10. Abou-Elela H.A., Ibrahim Ahmed, Mahmoud Osama, Abdel-Hamid O. Effect of base bleed dimensions on the ballistic performance of artillery projectiles. *The International Conference on Applied Mechanics and Mechanical Engineering*, 2014, Vol. 16, Issue 16. DOI:10.21608/amme.2014.35485.
11. Loginovskaya T.N., Vopilova L.V. About sciences and special courses knowledge integration concept. *Educational resources and technologies*, 2016, no. 2 (14), pp. 51–55. (In Russ.) EDN: WALTQV.
12. Aleksashina I.Yu., Kiselev Yu.P. The evolution of the integrative approach in the perspective of trends in the transformation of modern natural science education. *International Journal of Experimental Education*, 2022, no. 6, pp. 5–9. (In Russ.) EDN: PZBULZ.
13. Grevzeva G.Y., Tsiulina M.V., Bolodurina E.A., Bannikov M.I. The integrative approach in the teaching and learning process of the higher education institution. *Modern problems of science and education*, 2017, no. 5, pp. 262. (In Russ.) EDN: ZQNJCJ.
14. Vetrov V.V., Dikshev A.I., Kostyanoy E.M., Shilin P.D. *Ballistic Efficiency of Aircraft: A Textbook for University Students*. Tula, Tula State University Press, 2023, 216 p. (In Russ.)
15. *Physical Principles of the Design and Functioning of Small Arms, Cannons, Artillery, and Missile Weapons. Part II. Physical Principles of the Design and Functioning of Missile Weapons: a Textbook for Universities*. Eds. V.V. Vetrov, V.P. Strogalev. Tula, Tula State University Press, 2007. 784 p. (In Russ.)
16. Orlov A.R. *Fundamentals of the Design and Functioning of Projectiles of Multiple Launch Rocket Systems*. Tula, Tula State University Press, 2002. 156 p. (In Russ.)
17. *Fundamentals of the Design and Functioning of Artillery Guided Projectiles: a Textbook*. Ed. by A.G. Shipunov. Tula, Tula State University Press, 2003. 162 p. (In Russ.)
18. Shulepov A.I., Petrovichev M.A., Pankov A.A. *Fundamentals of Missile Design: An Electronic Textbook*. Samara, Samara State Aerospace University named after S.P. Korolev Press, 2012. (In Russ.)
19. Dmitrievsky A.A., Lysenko L.N. *External Ballistics*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2005, 608 p. (In Russ.)
20. Golubev A.G., Epikhin A.S., Kalugin V.T., Lutsenko A.Yu., Moskalenko V.O., Stolyarova E.G., Khlopnov A.I., Chernukha P.A. *Aerodynamics: a textbook for universities*. Moscow, Publishing house of Bauman Moscow State Technical University Press, 2017. 607 p. (In Russ.)
21. Bulat P.V., Dudnikov S.Yu., Kuznetsov P.N. *Fundamentals of aerodynamics of unmanned aerial vehicles: a textbook*. Moscow, Sputnik+ Publ., 2021. 273 p. (In Russ.)
22. Kostyanoy E.M. *Increasing the ballistic efficiency of aircraft by optimizing their design parameters*. (In Russ.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-ballisticheskoy-effektivnosti-letatelnyh-apparatov-putem-optimizatsii-ih-konstruktivnyh-parametrov?ysclid=morbl62ml434475183> (accessed 25 December 2025).
23. Smirnov V.G., Nikitina I.E., Rozanov L.A. *Fundamentals of designing active-reactive projectiles with a ramjet engine on solid fuel: a tutorial*. Moscow, Bauman Moscow State Technical University Press, 2022. 329 p. (In Russ.)

Received: 13.01.2026

Accepted: 20.06.2026