

УДК 378::629.7-057.4
DOI 10.20339/AM.07-26.127

В.И. Бусурин,
доктор техн. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0002-9452-5785>
МАИ (НИУ)
Ю.Г. Следков,
канд. техн. наук, доцент,
директор института № 3
<https://orcid.org/0000-0001-6626-7283>
МАИ (НИУ)
А.В. Румакина,
канд. техн. наук, доцент МАИ (НИУ)
<https://orcid.org/0009-0001-0417-832X>
Н.А. Макаренко*,
канд. техн. наук,
доцент МАИ (НИУ)
<https://orcid.org/0000-0002-6269-1092>
e-mail: n.a.makarenkova@yandex.ru

ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

В рамках перехода на новую модель высшего образования, предполагающую большую ориентированность на формирование практических навыков у студентов и развитие у них компетенций в области перспективных технологий, которые будут актуальны для российской и мировой индустрии в ближайшие десятилетия, важным фактором становится совершенствование программ повышения квалификации для научно-педагогических работников. В настоящей работе предложены подходы по развитию дополнительного профессионального образования в области структур, алгоритмов и информационного обеспечения современных систем управления летательными аппаратами, а также организационно-методические аспекты проектирования новых образовательных программ при подготовке кадров для аэрокосмической отрасли с учетом требований работодателей. Для этого рассматривается модульный подход при составлении учебных планов и формировании междисциплинарных связей, а также индивидуализация образовательных траекторий и применение новых методик обучения по инженерным направлениям. Приводятся особенности разработки программ базового высшего образования и специализированного высшего образования. Рассматривается структура современных систем управления летательными аппаратами, определяемая запросами индустрии и отвечающая инновационным техникам и технологиям. Делаются общие выводы об особенностях подготовки высококвалифицированных инженеров в условиях трансформации высшего образования.

Ключевые слова: повышение квалификации, дополнительное профессиональное образование, трудоустройство выпускников, системы управления летательными аппаратами.

ORGANIZATIONAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF ADDITIONAL PROFESSIONAL EDUCATION IN THE FIELD OF MODERN AIRCRAFT CONTROL SYSTEMS

Vladimir I. Busurin, D.Sc. (Engineering), Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University), <https://orcid.org/0000-0002-9452-5785>
Yuriy G. Sledkov, Cand. Sci. (Engineering), Docent, Director of the Institute No. 3 "Control Systems, Informatics and Electric Power Engineering", Moscow Aviation Institute (National Research University), <https://orcid.org/0000-0001-6626-7283>
Alena V. Rumakina, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Moscow Aviation Institute (National Research University), <https://orcid.org/0009-0001-0417-832X>
Nadezhda A. Makarenkova*, Cand. Sci. (Engineering), Docent, Moscow Aviation Institute (National Research University), <https://orcid.org/0000-0002-6269-1092>, e-mail: n.a.makarenkova@yandex.ru

As part of the transition to a new model of higher education, which involves a greater focus on developing practical skills in students and developing their competencies in the field of promising technologies that will be relevant for Russian and global industry in the coming decades, improving professional development programs for research and teaching staff is becoming an important factor. This paper proposes approaches to developing additional professional education in the field of structures, algorithms, and information support for modern aircraft control systems, as well as organizational and methodological aspects of designing new educational programs for training personnel for the aerospace industry, taking into account employer requirements. To this end, a modular approach to curriculum development and the formation of interdisciplinary links, as well as the individualization of educational trajectories and the application of new teaching methods in engineering fields are considered. Features of the development of basic higher education programs and specialized higher education are discussed. The structure of modern aircraft control systems, determined by industry demands and responding to innovative techniques and technologies, is considered. General conclusions are drawn about the specifics of training highly qualified engineers in the context of the transformation of higher education.

Keywords: educational process, advanced training, additional professional education, graduate employment, aircraft control systems

Введение

Трансформация высшего образования в России позволит создать программы обучения, которые не только будут в полной мере реализовывать передовые управленческие и педагогические практики в высшем образовании, но и помогут в большей степени развить профессиональные компетенции студентов с учетом их индивидуальных качеств и талантов в соответствии со скорректированными запросами потенциальных работодателей. В результате выпускники должны приобрести навыки эффективной индивидуальной работы и работы в качестве члена или лидера команды при решении инновационных инженерных проблем, соответствующих направлению подготовки и учитывающих перспективные техники и технологии, современные методы обработки информации, которые будут актуальны не только сейчас, но и в ближайшие десятилетия [1].

Тесная взаимосвязь высших учебных заведений с ведущими аэрокосмическими предприятиями, привлечение представителей промышленности для проведения лекционных, практических занятий и лабораторных работ для студентов, решение актуальных инженерных задач в рамках курсовых работ, проектов и выпускных квалификационных работ позволит сформировать образовательные программы, отвечающие современному представлению о подготовке высококвалифицированных специалистов в области систем управления летательными аппаратами [2].

Однако остается актуальным вопрос о грамотной подготовке научно-педагогических работников, которые сумеют на должном уровне осуществить трансформацию высшего образования в рамках своих направлений подготовки. Для этого требуется знание не только текущих запросов со стороны индустрии, но также и понимание нововведений при подготовке высококвалифицированных специалистов. Поэтому в рамках данной работы освещаются организационно-методические аспекты дополнительного профессионального образования научно-педагогических работников в области трансформации образовательных процессов на примере обучения современным системам управления летательными аппаратами (ЛА).

Основная часть

Организационно-методические аспекты проектирования новых образовательных программ при подготовке кадров для аэрокосмической отрасли

Переход на новую модель высшего образования включает в себя использование модульной структуры обучения, которая позволит создать на выпуске комплексного ин-

женера, который будет разбираться в полном жизненном цикле изделия, хорошо коммуницировать в коллективе и возглавлять научные группы, генерировать инновационные идеи, оценивать риски и предлагать грамотные инвестиционные предложения [3]. Для этого требуется тесное сотрудничество университета с представителями промышленности, а также поэтапная модернизация учебного плана для студентов с учетом их способностей и склонностей, что может достигаться введением большего числа элективных дисциплин, индивидуализацией образовательных траекторий по направлению обучения с возможностью выбора объекта исследования и типа трудовой деятельности. Определяющим фактором при этом будет являться анализ опросов студентов и выпускников, а также экспертов из числа работодателей от индустрии. При этом также важно стремиться развивать междисциплинарный подход при обучении студентов, когда происходит поэтапное формирование знаний в области систем управления летательными аппаратами. На младших курсах должна закладываться хорошая база по естественно-научным, математическим, гуманитарным и социально-экономическим дисциплинам, которая позволит давать грамотное формирование знаний по профессиональным дисциплинам на более старших курсах и их применение при решении реальных задач [2].

Структура модульного образования при подготовке по инженерным специальностям представлена на рис. 1. Каждый из модулей программы обучения отвечает за формирование определенных профессиональных и личностных качеств у студентов, которые позволят ему стать высококвалифицированным специалистом после окончания университета.

- ♦ Модуль бизнес-мышления формирует компетенции, связанные с экономикой, финансами, управлением в проектной деятельности: расчетом показателей экономической эффективности, оценкой инвестиционных предложений и развитием бизнес-идей.
- ♦ Дисциплины модуля цифровых компетенций дают знания в области информационных технологий, искусственного интеллекта, анализа больших данных.
- ♦ Гуманитарный модуль развивает креативное мышление, коммуникационные навыки, позволяет понять, как формировать профессиональную стратегию и выстраивать работу над сложными техническими проектами.
- ♦ Профессионально-карьерный модуль погружает студентов в полный жизненный цикл изделия, включающий научные исследования, создание математических моделей, проведение экспериментов и анализ полученных данных, применение инновационных технологий, производство и эксплуатацию готового продукта.



Рис. 1. Структура модульного образования при подготовке по инженерным специальностям

- ♦ Проектный модуль подготавливает студента к работе в коллективе, позволяет понять, как грамотно воплотить свою идею в реальный технологический проект.
- ♦ Модуль перспективных технологий формируется исходя из конкретных запросов промышленности и определяет инновационные технические решения актуальных инженерных задач и глобальные тренды в развитии передовых технологий.
- ♦ Модуль специализации позволяет студентам уже во время обучения погрузиться в специфику своей будущей профессии, адаптируясь к работе в коллективе на предприятиях аэрокосмической отрасли.

Анализ содержания учебного плана подготовки по соответствующему направлению и создание портрета выпускника, отвечающего требованиям работодателей, позволяет грамотно сформулировать образовательную программу для поэтапного карьерного и профессионального становления студентов. Практическая и проектная деятельность во время обучения, а также социально-психологическая подготовка играют важную роль в формировании облика будущего инженера.

Программа базового высшего образования (БВО) в области систем управления летательными аппаратами должна быть направлена на подготовку студентов, готовых к проведению теоретических и прикладных исследований в области эффективного управления техническими объектами с использованием современных методов получения и обработки информации, цифровых технологий, искусственного интеллекта. Важным аспектом при составлении учебных планов является внедрение индивидуальных образовательных траекторий, которые будут учитывать личностные качества обучающегося, а также направленность на

актуальные запросы промышленности. Наиболее эффективным методом в этом случае могут считаться опросы, проводимые среди студентов и будущих работодателей, которые позволят создать целостную картину желаемой компетентностной модели выпускника.

Программа специализированного высшего образования (СпецВО) в области систем управления летательными аппаратами нацелена на углубленное изучение вопросов анализа, синтеза, моделирования, оптимизации, совершенствования управления и принятия решений, с целью повышения эффективности функционирования сложных технических систем, обработки информации, целенаправленного воздействия на объекты исследования. Акцент программы делается на теоретические и прикладные исследования и проектирование современных систем и устройств с учетом специфики авиационной и ракетно-космической техники. При этом предполагается возможность выбора как производственного трека, который ориентирован на запросы индустрии, так и исследовательского трека, направленного на продолжение научной работы и педагогической деятельности в университете после выпуска.

Существенную роль в формировании траектории обучения, корректировки ее целей, а также результатов освоения образовательной программы играют представители промышленности, особенно в качестве наставников студентов на практиках или их преподавателей по профильным предметам в вузе. Также важным аспектом можно назвать возможность студентов во время обучения ознакомиться с особенностями организации рабочего процесса непосредственно на предприятиях аэрокосмической отрасли. Непосредственное участие в выполнении рабочих задач помогает приобрести практические навыки, полезные при формировании представления о будущей профессии, а также психологически подготовиться к работе над комплексными проектами в коллективе.

Структура современных систем управления летательными аппаратами

Одним из важных факторов при составлении программы обучения является создание компетентностной модели выпускника, который будет востребован на рынке труда. При этом следует ориентироваться на трудовые функции из соответствующих профессиональных стандартов. Например, выпускники направления по системам управления летательными аппаратами должны уметь [4]:

- ♦ выполнять исследования и эксперименты для решения инновационных технических задач;

- ♦ формировать облик бортовых вычислительных комплексов систем управления силовыми установками летательных аппаратов;
- ♦ программировать микропроцессорные устройства систем контроля и автоматизации;
- ♦ автоматизировать процессы проектирования устройств, средств и комплексов систем управления;
- ♦ проектировать программно-аппаратные средства систем управления;
- ♦ разрабатывать алгоритмы оптимального управления технических систем;
- ♦ проводить вычислительные эксперименты с использованием современных программных средств;
- ♦ формировать многоуровневые иерархические структуры принятия интеллектуальных решений;
- ♦ проектировать системы технического зрения кибернетических объектов;
- ♦ разрабатывать информационное обеспечение систем управления, контроля и диагностики технических объектов.

Определим основные тенденции, которые характеризуют запросы промышленности в области современных систем управления летательными аппаратами и методические особенности составления учебных планов для студентов по соответствующим направлениям подготовки. При этом будем ориентироваться на формирование целостного представления о системах автоматического управления и способах их реализации.

Для управления сложными техническими объектами с требуемой точностью и надежностью, особенно в условиях неопределенности внешней среды, перспективным решением является применение технологий искусственного интеллекта (ИИ), которые могут повысить достоверность информационного выходного сигнала, повысить качество управления и скорость принимаемых решений, исключив возможность возникновения аварийных ситуаций из-за человеческого фактора [5]. Также грамотное использование современных достижений в области компьютерной техники и искусственного интеллекта, новейших средств коммуникации, программного обеспечения и практического опыта позволяет решать задачи по эффективной организации информационного процесса для снижения затрат времени, труда, энергии и материальных ресурсов. Актуальность подобного подхода также подтверждается Указом Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [6], в котором говорится о необходимости перехода к передовым технологиям проектирования, в том числе при разработке современных технических систем и систем управления различного рода объектами.

Также одной из важных задач, запрос на решение которой приходит со стороны высокотехнологичных отраслей промышленности и предполагает применение технологий ИИ, является создание систем технического зрения для подвижных объектов. Подобные системы должны визуально выявлять и распознавать рельеф местности и препятствий, проводить взаимную привязку и интеграцию сенсорной и геопространственной информации, осуществлять синтез изображения на основе комплексирования навигационной информации и информации из баз данных рельефа местности и препятствий, проводить фотограмметрическую обработку данных для создания цифровых моделей местности, получать оценку расстояния от подвижного объекта до выбранной точки, получать оценки траекторного и углового положения подвижного объекта в пространстве, а также формировать сравнительные оценки положения подвижного объекта относительно заданного маршрута, формировать значения управляющих сигналов для своевременной коррекции траекторного и углового движения подвижного объекта [7].

Переход к передовым цифровым и интеллектуальным технологиям в области получения, передачи и обработки информации является одним из приоритетных направлений промышленности на сегодняшний день [6]. Современные системы управления летательными аппаратами, особенно в условиях сложной метеообстановки, включающей влияние внешних возмущающих воздействий, требуют применения преобразователей параметров движения, которые должны обеспечить интеллектуальную обработку комплексированной информации, а также высокую точность измерений, оценку достоверности полученных данных, компенсацию основных и дополнительных погрешностей, помехозащищенность от электромагнитных воздействий, защиту информации, цифровую обработку сигналов [8].

Программно-аппаратная реализация алгоритмов управления, в том числе на микроконтроллерах, а также разработка и исследование принципов построения новых высокоточных микроэлектромеханических преобразователей параметров движения для летательных аппаратов представляются весьма актуальными тематиками в связи с реализацией плана по обеспечению технического суверенитета и импортозамещению. Отдельной тематикой, представляющей интерес для промышленности, является построение систем управления с кабельной связью, обеспечивающей защиту передаваемой информации.

Использование цифрового способа управления имеет существенные динамические свойства, связанные со спецификой аппаратной реализации, обеспечением синхронизации процессов поступления, обработки и вывода информации, ее мультиплексированием для сложных объектов

между многими входами и выходами, что также требует специальных исследований и особенного математического аппарата, учитывающего взаимодействие аналоговой и дискретной частей системы [9].

Таким образом, комплексный инженер должен знать весь жизненный цикл разрабатываемой системы, а значит, уметь пройти весь путь от идеи до конкретной технологической реализации. Основополагающими понятиями при обучении современным системам управления становятся оптимальные алгоритмы и информационное обеспечение. При этом первоначально студенты должны получить базовые понятия о структурном представлении систем автоматического управления и об особенностях моделирования сложных технических объектов и устройств с использованием современных программных продуктов, что позволит им в дальнейшем переходить к решению более сложных инженерных задач [10]. Также у студентов необходимо сформировать компетенции в областях моделирования сложных технических систем, технологий передачи информации по кабельной связи, создания устройств на микроконтроллерах, микроэлектромеханических (МЭМ) системах. Общее структурное представление современных систем управления летательными аппаратами приведено на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что можно условно выделить четыре основных блока:

- ♦ блок математического моделирования, включающий структурное представление и моделирование систем автоматического управления;
- ♦ блок оптимальных алгоритмов управления летательными аппаратами, знакомящий с аналитическим конструированием оптимальных регуляторов и особенностями проектирования цифровых систем управления;

- ♦ блок информационных технологий, знакомящий с технологиями искусственного интеллекта в алгоритмах управления и системами технического зрения для обнаружения объектов;
- ♦ блок программно-аппаратного обеспечения систем управления, включающий особенности построения систем управления с кабельной связью и методиками управления на основе микроконтроллеров и микроэлектромеханических (МЭМ) систем.

Каждый из них позволяет поэтапно познакомиться с жизненным циклом современных систем управления летательными аппаратами с учетом инновационных методик, техник и технологий.

При составлении программы обучения для дополнительного профессионального образования научно-педагогических работников по современным системам управления летательными аппаратами следует учитывать, что в рамках каждого блока необходимо предоставить не только актуальные теоретические сведения по заданной тематике, но и позволить самостоятельно найти решение инновационных практических задач, актуальных для промышленности. Аналогичный подход необходимо реализовывать при составлении учебных планов для студентов, обучающихся на соответствующих направлениях базового высшего образования и специализированного высшего образования.

Заключение

Модульность структуры обучения, грамотный выбор обязательных дисциплин и элективных курсов, развитие междисциплинарных связей и вариативности содержания являются важными ориентирами для научно-педагогических работников, осуществляющих трансформацию высшего образования. Для грамотного формирования профессиональных и личностных качеств будущих инженеров также необходим учет потребностей промышленности, требований работодателей относительно учебного плана и содержания дисциплин, а также способностей и наклонностей студентов. Решение конкретных методических задач в рамках обучения на программах дополнительного образования



Рис. 2. Структурное представление современных систем управления летательными аппаратами

позволит научно-педагогическим работникам более грамотно осуществлять трансформацию образовательных процессов в своих университетах.

Изучение глобальных трендов по системам управления летательными аппаратами и знакомство с современными техниками и технологиями позволит грамотно выстроить учебный процесс студентов по модулям, связанным с перспективными технологиями и профессионально-карьерным

Литература

1. Бусурин В.И., Следков Ю.Г., Макаренкова Н.А., Совершенствование инженерного образования на основе профессиональных стандартов и опыта зарубежных университетов // *Alma Mater (Вестник высшей школы)*, 2024. № 7. С. 37–41. <https://doi.org/10.20339/AM.07-24.037> (дата обращения 25.12.2025).

2. Бусурин В.И., Следков Ю.Г., Макаренкова Н.А., Румакина А.В., Формирование траектории подготовки студентов к профессиональной деятельности в области систем управления летательными аппаратами на междисциплинарной основе с учетом потребностей промышленности // *Alma Mater (Вестник высшей школы)*, 2023. № 6. С. 56–61. <https://doi.org/10.20339/AM.06-23.056> (дата обращения: 11.12.2025).

3. Носатов И., Образование будущего // Журнал «Облако». 2024. № 19. <https://oblako.mai.ru/articles/item.php?ID=178249> (дата обращения: 12.01.2026).

4. Профессиональные стандарты 25.015, 25.030, 25.033, 25.042, 32.001, 40.008, 40.011. URL: <https://classinform.ru/profstandarty.html> (дата обращения: 22.12.2025).

5. Боровская Е.В., Давыдова Н.А. Основы искусственного интеллекта. М.: Лаборатория знаний, 2024. 130 с.

6. Указ Президента РФ от 28 февраля 2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (дата обращения: 29.12.2025).

7. Dmitry Kozorez, Yuri Sledkov, Vladimir Busurin, Pavel Kudryavtsev, Nadezhda Makarenkova & Ting Dong, Providing personnel for enterprises of high-tech industries of the Russian Federation in the field of artificial intelligence // *SHS Web of Conferences, XI International Conference on Aerospace Education and Staffing for High-Tech Enterprises (AESHE 2021)*. 2022. Vol. 137. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202213701011> (дата обращения: 11.01.2026).

8. Распоряжение Правительства РФ от 21.06.2023 № 1630-п «Национальный проект “Беспилотные авиационные системы”» (дата обращения: 19.01.2026).

9. Евдокименков В.Н., Козорез Д.А., Красильщиков М.Н. [и др.]. Оптимизация информационно-управляющих комплексов перспективных авиационных и космических систем / под ред. М.Н. Красильщикова. М.: МАИ, 2024. 363 с.

10. Семенов А.Д., Юрков Н.К. Моделирование систем управления. СПб.: Лань, 2024 328 с.

треком. Следует отметить, что важной составляющей при обучении по программам дополнительного профессионального образования является не только наличие актуальной теоретической базы, но и последующее закрепление полученных знаний через решение конкретных технических задач. Это может достигаться в том числе тесным сотрудничеством с представителями промышленности, например, в рамках стажировок.

References

1. Busurin, V.I., Sledkov, Yu.G., Makarenkova, N.A., Rumakina, A.V. Forming a trajectory for preparing students for professional activities in the field of aircraft control systems in an interdisciplinary basis, taking into account the needs of industry. *Alma Mater (Vestnik vysshey shkoly)*. 2023. No. 6. Pp. 56–61. <https://doi.org/10.20339/AM.06-23.056> (accessed on: 11.12.2025).

2. Busurin, V.I., Sledkov, Yu.G., Makarenkova, N.A. Improving engineering education based on professional standards and the experience of foreign universities. *Alma Mater (Vestnik vysshey shkoly)*. 2024. No. 7. Pp. 37–41. <https://doi.org/10.20339/AM.07-24.037> (accessed on: 25.12.2025).

3. Nosatov, I. Education of the future. *Zhurnal "Oblako"*. 2024. No. 19. <https://oblako.mai.ru/articles/item.php?ID=178249> (accessed on: 12.01.2026).

4. Professional standards 25.015, 25.030, 25.033, 25.042, 32.001, 40.008, 40.011. URL: <https://classinform.ru/profstandarty.html> (accessed on: 22.12.2025).

5. Boroovskaya, E.V., Davydova, N.A. Fundamentals of Artificial Intelligence. Moscow: Knowledge Laboratory, 2024. 130 p.

6. Decree of the President of the Russian Federation of February 28, 2024 No. 145 “On the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation” (accessed on: 29.12.2025).

7. Dmitry Kozorez, Yuri Sledkov, Vladimir Busurin, Pavel Kudryavtsev, Nadezhda Makarenkova and Ting Dong, Providing personnel for enterprises of high-tech industries of the Russian Federation in the field of artificial intelligence. *SHS Web of Conferences, XI International Conference on Aerospace Education and Staffing for High-Tech Enterprises (AESHE 2021)*. 2022. Vol. 137. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202213701011> (accessed on: 11.01.2026).

8. Order of the Government of the Russian Federation of June 21, 2023 No. 1630-p “National Project ‘Unmanned Aircraft Systems’” (accessed on: 19.01.2026).

9. Evdokimenkov, V.N., Kozorez, D.A., Krasilshchikov, M.N. [et al.]. Optimization of Information and Control Complexes of Promising Aviation and Space Systems. M.N. Krasilshchikov (ed). Moscow: MAI Press, 2024. 363 p.

10. Semenov, A.D., Yurkov, N.K. Modeling of Control Systems. St. Petersburg: Publishing House Lan', 2024. 328 pp.