

the development program, in the practice of managing the investment of organizational systems is shown using the example of distributing subsidies for the implementation of the regional agricultural development program in the Department of Agrarian Policy of the Voronezh Region.

*Keywords:* optimization modeling, multi-object organizational system, investment, rebalancing, software package.

Поступила в редакцию/received: 07.10.2024; после рецензирования/revised: 14.10.2024;  
принята/accepted: 22.11.2024

УДК 623.618.5

## ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Г.В. КАЗАКОВ, канд.техн.наук

4-й Центральный научно-исследовательский институт Минобороны России,  
141092, Московская обл., Королев, ул.М.К.Тихонравова, 29, e-mail: kgv.64@mail.ru

© Казаков Г.В., 2025

В статье раскрываются вопросы применения искусственного интеллекта в жизненном цикле автоматизированных систем подготовки данных управления летательными аппаратами. В настоящее время происходит затягивание сроков создания таких систем и сдачи их в эксплуатацию. Причинами этого является недостаточная степень автоматизации процессов проектирования, разработки конструкторской документации, испытаний и сопровождения эксплуатации системы. Предлагаемая универсальная система управления жизненным циклом системы подготовки данных основана на использовании искусственного интеллекта и состоит из совокупности автоматизированных рабочих мест: проектирования системы, программирования, испытаний и сопровождения эксплуатации системы. Проведен расчет времени, затрачиваемого на разработку системы, и показан предполагаемый эффект от применения искусственного интеллекта в этом процессе.

*Ключевые слова:* автоматизированное рабочее место, автоматизированная система подготовки данных, жизненный цикл, летательный аппарат, программирование, проектирование, сопровождение, тестирование

**DOI:10.46573/2658-5030-2025-1-65-76**

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных систем критического приложения, от функционирования которой зависит качественное выполнение задач полета летательными аппаратами (ЛА), является автоматизированная система подготовки данных (АСПД) управления ЛА. Под АСПД управления ЛА будем понимать организационно-техническую систему, предназначенную для подготовки данных управления ЛА, обеспечивающих вывод ЛА на заданный маршрут с требуемой точностью.

Жизненный цикл (ЖЦ) АСПД представляет собой непрерывный процесс, начинающийся с момента принятия решения о необходимости создания (модернизации) системы и завершающийся снятием ее с эксплуатации [1–3]. При этом фазы ЖЦ фиксированы и в общем виде распределены неравномерно (рис.1).

По мнению ряда экспертов, средняя продолжительность ЖЦ любой информационной системы составляет порядка 15 лет. Однако необходимо учитывать и то обстоятельство, что сроки физического и морального старения техники и программного обеспечения системы будут значительно отличаться в зависимости от различных факторов, обусловленных спецификой отрасли, и самой информационной системы [2].

Анализ ЖЦ АСПД показал, что в настоящее время минимальный срок от сдачи системы в эксплуатацию и до принятия решения на ее разработку (модернизацию) составляет от трех до пяти лет. Причинами сокращения продолжительности жизненного цикла АСПД являются:

динамично меняющийся типаж парка ЛА, имеющих различные летные характеристики;

быстрая смена версий операционных систем электронно-вычислительной техники (ЭВТ), что влечет за собой необходимость доработки специального программного обеспечения (СПО) подготовки данных управления ЛА;

внедрение новых бортовых носителей полетной информации и др.

При этом могут изменяться форматы данных, работающий с системой персонал, поддерживающая инфраструктура. Неизменной может остаться только информация, и именно она является связующим звеном, позволяющим говорить о работе с одной и той же информационной системой.

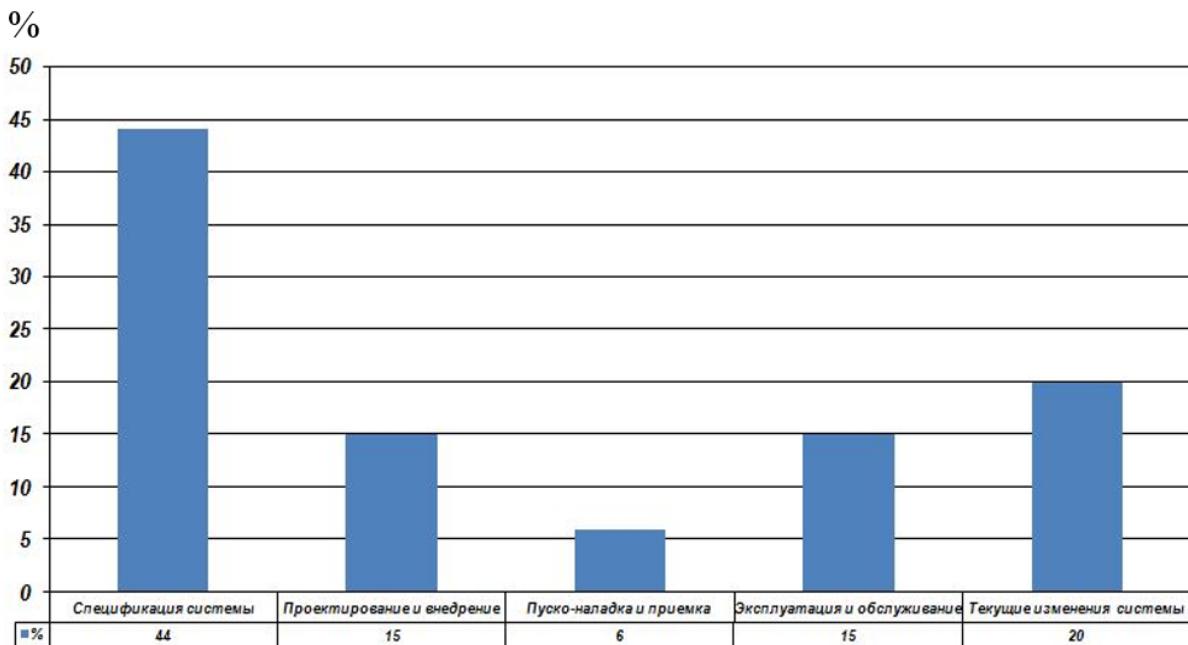


Рис.1. Распределение фаз ЖЦ АСПД

Применительно к АСПД можно выделить следующие основные недостатки существующих подходов к ЖЦ системы:

преобладание узковедомственного и видового подхода к созданию АСПД (отсутствие средств автоматизированного проектирования и подготовки рабочей конструкторской документации (РКД), средств автоматизированного создания и тестирования СПО подготовки данных управления ЛА);

отсутствие у разработчиков подсистем АСПД информации о смежных разработках, что приводит к слабому использованию как существующих унифицированных проектных решений, так и передового опыта создания систем и средств автоматизации;

отсутствие единой нормативно-технической базы и политики сопровождения ЖЦ АСПД;

разработка и сопровождение подсистем АСПД различными разработчиками, использование в их ЖЦ различной технологической базы;

отсутствие отечественной электронной компонентной базы (ЭКБ) для создания системы.

Указанные недостатки приводят к увеличению сроков и стоимости разработки АСПД, ухудшению качества их функционирования. В конечном итоге, в эксплуатацию принимаются АСПД, не в полной мере отвечающие первоначальным тактико-техническим требованиям.

По статистике порядка 1/3 информационных систем прекращают свое существование еще на этапе проектирования из-за несоответствия методов управления проектами, сложности проекта, ограничений по срокам и стоимости и др., вследствие чего роль разработчика системы значительно возрастает на фазах проектирования и внедрения системы, а также при эксплуатации АСПД. В этом процессе выделяются стадии эскизного и технического проектирования, разработки рабочей конструкторской документации испытаний системы.

Цель статьи заключается в разработке предложений по созданию системы управления жизненным циклом автоматизированной системы подготовки данных управления ЛА с целью сокращения сроков создания АСПД при сохранении ее качественных характеристик.

## **ОБЛИК СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Первой и, пожалуй, главной стадией ЖЦ АСПД является эскизное и техническое проектирование системы. На этой стадии, наряду с описанием выполнения общих требований (унификации, стандартизации, каталогизации, стойкости к воздействию внешних факторов и т.д.), решаются вопросы разработки технических и программных средств системы.

В связи со сложившейся геополитической обстановкой многие организации столкнулись с вынужденным импортозамещением: некоторые иностранные решения, применяемые в России, перестали полноценно функционировать, с обновлениями также возникают проблемы. Например, компания VMware приостановила все продажи, поддержки и сервисы в России, отозвала учетные записи пользователей техподдержки, Microsoft объявила о приостановке продаж новых продуктов в России, а SAP сообщила

о приостановке деятельности и продаж на территории нашей страны. В связи с этим тема импортозамещения ЭВТ вышла на первое место.

В марте 2022 года Президентом Российской Федерации был подписан Указ о мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности национальной критической информационной инфраструктуры (КИИ) [4]. Согласно [4], госзаказчикам с 31 марта 2022 года запрещено без согласования с соответствующими ведомствами закупать иностранное программное обеспечение (ПО) для использования на объектах КИИ. Кроме того, с 1 января 2025 года вводится полный запрет на использование зарубежного ПО на значимых объектах критической инфраструктуры.

Под действие Указа [4] попадают практически все субъекты КИИ, которые осуществляют закупки по Федеральному закону от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц». Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации № 1478 заказчики, попадающие под действие Указа Президента РФ № 166, для использования на значимых объектах КИИ могут закупать только такое ПО, информация о котором включена в реестры российского или евразийского ПО.

В этой связи проблемой для разработчика АСПД становится задача закупки необходимой ЭВТ, что существенно затягивает сроки разработки эскизного и технического проектов. Федеральным законом от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» закупки признаются законными, если участник закупки предложил по результатам проведения процедуры подачи предложений о цене контракта или о сумме цен единиц товара, работы, услуги наиболее низкую цену контракта. Однако наименьшая цена, как правило, не является залогом успешного выполнения задачи. Поиск ЭВТ с необходимыми эксплуатационными характеристиками должен носить системный характер через обращение, например, в Минпромторг.

Другой проблемой является разработка монтажных схем программно-аппаратных комплексов подготовки данных управления ЛА из состава АСПД. Такая операция, как правило, выполняется вручную и занимает много времени. Приемлемым выходом в данном случае могут служить системы управления проектами, представителями которых являются:

Visary Project (разработчик – Научно-производственный центр «БизнесАвтоматика»). Система объединяет в себе современный инструментарий для администрирования программ, портфелей проектов и задач. Является полнофункциональным аналогом Oracle Primavera, SAP PPM и MS Project. Поддерживает полный цикл проектного управления, позволяет контролировать ход реализации сложных многоступенчатых проектов, планировать мероприятия, управлять изменениями, работать с идеями, вести дискуссии в рамках проектов и задач, контролировать трудовые и финансовые ресурсы, а также отслеживать риски;

«Компас-3D» (разработчик – «Аскон»). Система автоматизированного трехмерного моделирования и разработки конструкторской документации. Обеспечивает поддержку наиболее распространенных форматов 3D-моделей (STEP, ACIS, IGES, DWG, DXF), что позволяет организовывать обмен данными со смежными организациями и заказчиками, использующими различные CAD/CAM/CAE-системы в работе;

T-Flex CAD(разработчик – «Топ Системы»). Программное решение профессионального уровня, объединяющее в себе параметрические возможности 2D- и 3D-моделирования со средствами создания и оформления чертежей и конструкторской документации. Продукт включает широкие средства автоматизации проектирования, специальные инструменты для работы с большими сборками, поддерживает единую документную структуру, возможность вести коллективную разработку и прочие востребованные в конструкторской среде функции. Обеспечивает прямое чтение и импортирование файлов различных CAD-систем (AutoCAD, Autodesk Inventor, SolidWorks, Siemens NX, Creo и др.), а также экспортование данных в DWG, Parasolid, ACIS, STEP, 3D PDF и прочие востребованные форматы.

Таким образом, первым автоматизированным рабочим местом (АРМ) системы создания АСПД является АРМ проектирования системы. Суть работы АРМ заключается в автоматизированном опросе баз данных ЭКБ Минпромторга, баз данных предприятий разработчиков ЭВТ и в автоматизированном использовании систем управления проектами. Входные данные АРМ-проектирования АСПД – требования тактико-технического задания на создание системы, выходные данные – технический облик АСПД и ее устройств (рис.2).

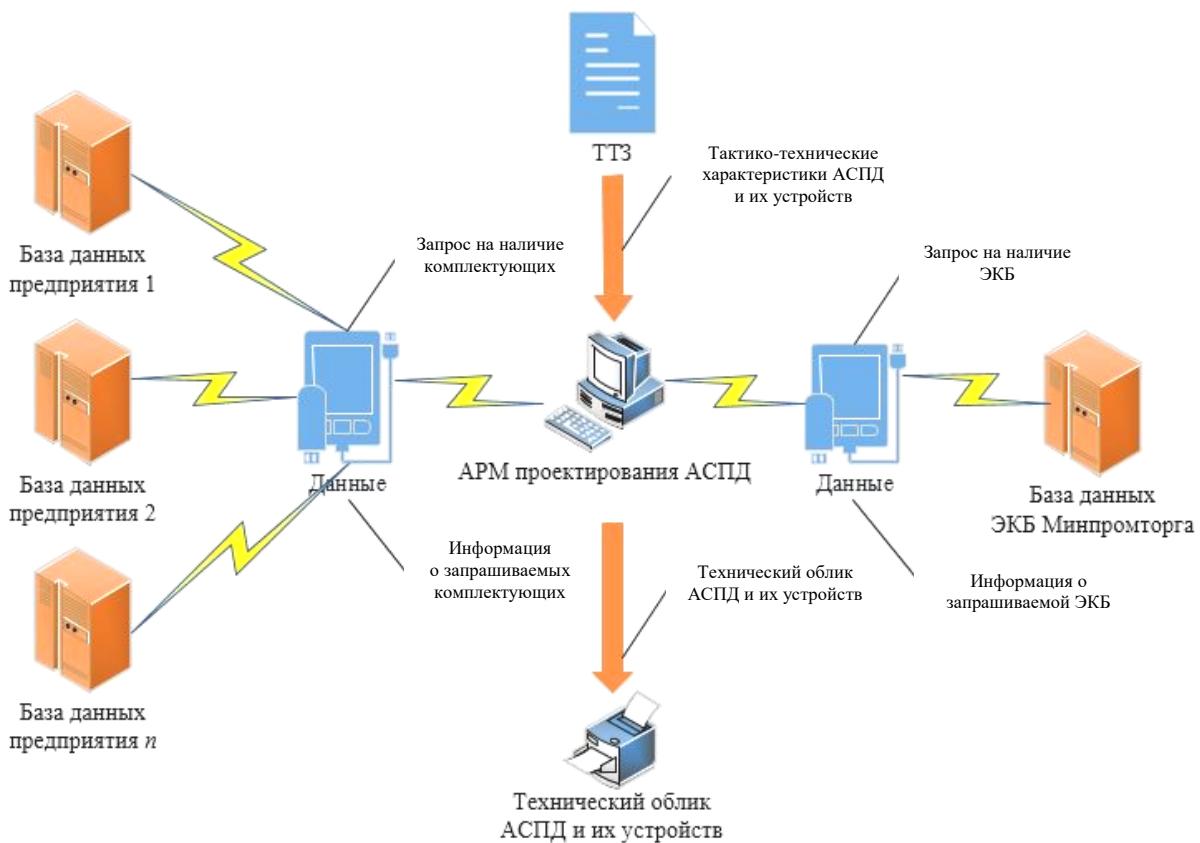


Рис.2. Схема работы АРМ-проектирования АСПД

Задачей выполнения фазы разработки рабочей конструкторской документации является разработка СПО подготовки данных управления ЛА и документации на него. При этом используется метод программирования на языках высокого уровня.

Методами проектирования и разработки ПО АСПД могут являться Low-code(«низкий код») и ChatGPT.

К достоинствам Low-code относятся:

снижение требований к специалистам. Работа с платформой не требует обширных знаний и многолетнего опыта – достаточно владеть базовыми навыками работы с кодом;

ускорение разработки. Работа с кодом нужна только для корректировки и адаптации основных компонентов;

повышение безопасности. Платформы позволяют выполнять задачи разработки собственными силами;

уменьшение затрат. Ускорение разработки наряду с использованием специалистов помогает экономить ресурсы компании;

автоматизация разработки. Некоторые платформы поддерживают технологии роботизированной автоматизации процессов, обеспечивающие автоматизацию процессов на основе использования виртуальных компьютерных программ, а также AI (искусственный интеллект) и ML (машинное обучение).

Примерами систем Low-code являются ELMA365, GreenData, Первая Форма, Directum RX, Knowledge Space, Case Platform, РЕД Платформа и др. Такие системы функционируют в операционных системах Windows, Linux (в отдельных случаях и в MacOS). Отмечаются такие их достоинства, как низкая цена, кроссплатформенность, интеграция с другими сервисами, наличие большого набора готовых модулей и шаблонов, поддержка создания цифровых двойников процессов. Лучшие из рассмотренных, ELMA365, GreenData и Первая Форма, предлагают требуемый функционал и низкие цены и поддерживают разработку Low-code и полноценную работу с кодом. Сервис РЕД Платформа имеет узкоспециализированный функционал.

Наряду с Low-code существуют метод No-code, предполагающий разработку исключительно в графическом интерфейсе без кода. Если работа с платформами Low-code требует определенных навыков программирования, то для использования платформ No-code специальные знания и навыки работы с кодом не нужны. Однако для создания таких систем критического приложения, как АСПД, необходимы высококвалифицированные программисты.

Generative Pretrained Transformer(ChatGPT) – это платформа, которая помогает разработчикам ПО создавать приложения, отвечающие индивидуальным потребностям. Она предоставляет ряд инструментов и возможностей, таких как удобные интерфейсы, комплексная аналитика и алгоритмы машинного обучения.

Достоинства ChatGPT:

предоставление широкого спектра инструментов и возможностей;

настройка приложения в соответствии с конкретными потребностями заказчика;

использование алгоритмов машинного обучения и методов обработки естественного языка;

всесторонняя аналитика, позволяющая отслеживать данные о вовлеченности и активности пользователей в режиме реального времени, что поможет оптимизировать работу приложения и принимать обоснованные решения о его дальнейшем развитии.

Некоторые специалисты считают, что на текущем уровне развития машинного интеллекта создать работающий проект возможно, но очень трудозатратно и сложно. Нужно иметь технические компетенции, чтобы составлять работающие **запросы (инструкции или входные данные), которые отправляются нейросети для выполнения конкретной задачи**. Исследователи считают, что нейросеть не заменит программистов в ближайшем будущем, но станет обязательным инструментом разработки. В перспективе большая часть кода будет писаться без участия человека, тогда как программист будет заниматься лишь отладкой, **поиском, анализом и исправлением ошибок в программном коде или программе**.

Вторым АРМ системы создания АСПД является АРМ программирования. Суть работы АРМ заключается в автоматизированном использовании ChatGPT, автоматизированном опросе баз данных информационно-поисковой системы Федерального института промышленной собственности России (ФИПС), фондов алгоритмов и программ разработчиков СПО. Входные данные АРМ программирования – требования тактико-технического задания на создание системы, выходные данные – программный код и конструкторская документация (рис. 3).

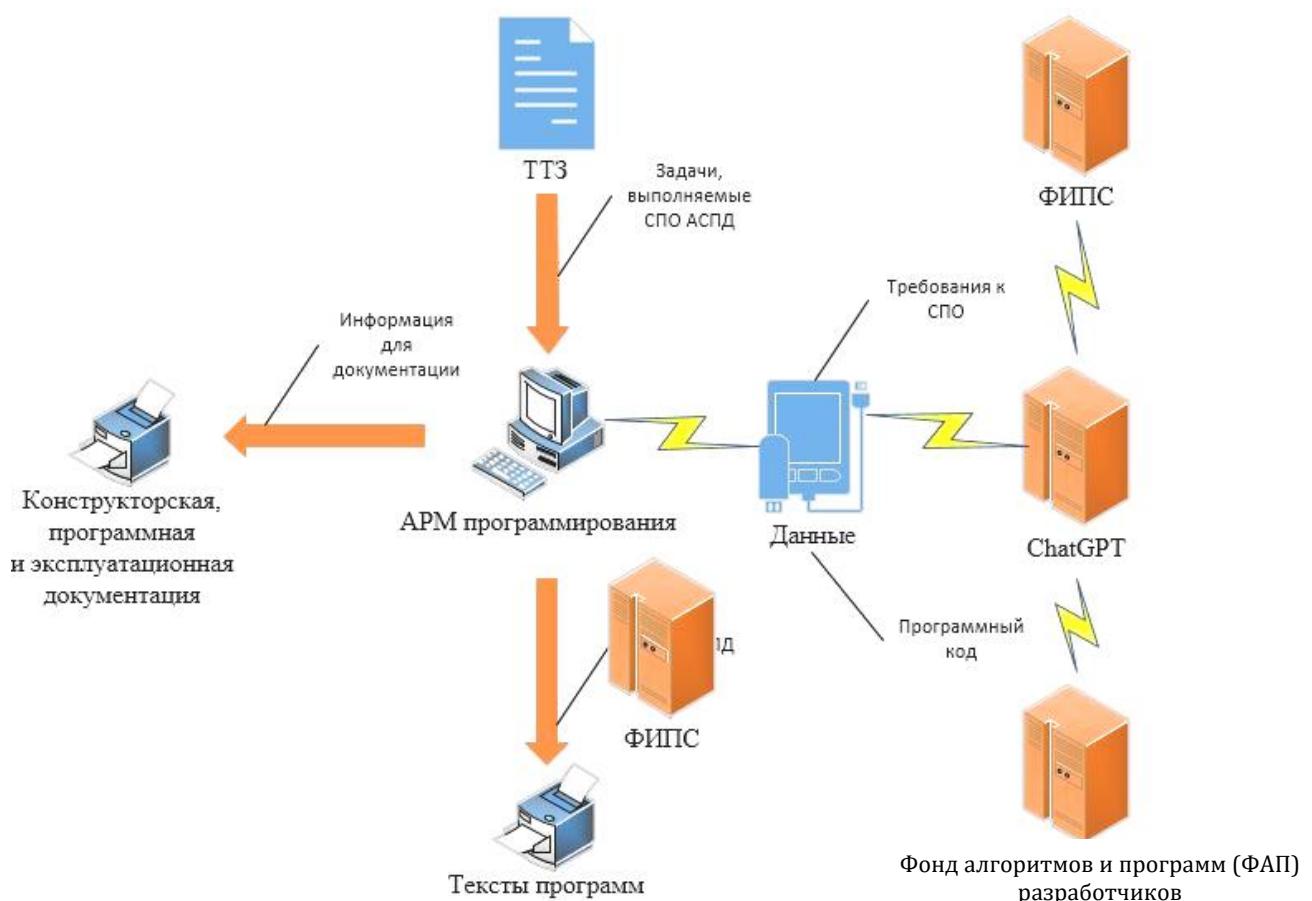


Рис.3. Схема работы АРМ программирования

При комплексных испытаниях компонентов СПО подготовки данных управления ЛА обрабатывается большое количество входной, промежуточной и результирующей информации. Это порой не под силу не только одному специалисту, но и целому коллективу. В данных условиях целесообразно использовать технологии искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект играет жизненно важную роль в тестировании компонентов СПО, делая процесс быстрее, точнее и эффективнее [5, 6] благодаря наличию ряда преимуществ, основными из которых являются следующие [7]:

расширенное тестовое покрытие. Искусственный интеллект можно использовать для более быстрого и эффективного выполнения тестов, что обеспечивает увеличение охвата тестами. Инструменты на базе искусственного интеллекта также могут выявлять новые тестовые случаи, которые могут быть пропущены тестировщиками-людьми;

улучшенная точность тестирования. Искусственный интеллект можно применять для выявления и устранения ложных срабатываний, что уменьшит количество ненужных отчетов об ошибках. Кроме того, искусственный интеллект можно научить выявлять крайние случаи, которые могут быть пропущены людьми-тестировщиками, для повышения общей точности процесса;

более быстрое выполнение теста. Инструменты на базе искусственного интеллекта могут выполнять тесты быстрее и эффективнее, чем тестировщики-люди, позволяя командам разработчиков сосредоточиться на решении других задач;

сокращенное техническое обслуживание тестов. При помощи искусственного интеллекта можно выявлять и исправлять ненадежные тесты, экономя время и усилия, необходимые для обслуживания тестов;

улучшенная приоритизация тестов. Искусственный интеллект можно использовать для приоритизации тестов в зависимости от их влияния на систему, при этом критическая функциональность будет тщательно протестирована в первую очередь;

непрерывное тестирование. Автоматизация процесса тестирования при помощи искусственного интеллекта позволяет проводить непрерывное тестирование на протяжении всего цикла разработки. Это позволяет обнаруживать ошибки на ранних этапах процесса, а значит, снижать общую стоимость устранения проблем;

экономия на издержках. Тестирование с применением устройств на основе искусственного интеллекта может значительно снизить стоимость тестирования, поскольку требуется меньше человеческих ресурсов. Кроме того, искусственный интеллект может помочь выявлять и устранять проблемы на ранних этапах цикла разработки, снижая затраты на исправление ошибок в дальнейшем.

При том, что использование искусственного интеллекта может принести многочисленные преимущества в тестировании СПО, существуют также проблемы, а именно [7]:

отсутствие квалифицированного персонала;

несовместимость инструментов тестирования на основе искусственного интеллекта с устаревшими системами испытаний, что требует значительных инвестиций в новую инфраструктуру и инструменты;

неадекватность или ошибочность начальных данных и, как следствие, неточные результаты испытаний, ложные срабатывания и неучтенные дефекты;

необъективность обучающих данных, что может быть особенно проблематично в случае моделей машинного обучения, используемых при тестировании, где необъективные модели могут привести к неверным результатам тестирования;

отсутствие прозрачности работы системы искусственного интеллекта для пользователей, что может вызвать недоверие к полученным результатам;

высокая стоимость интеграции искусственного интеллекта в процессы тестирования ПО.

Необходимость совершенствования технологии испытаний СПО подготовки данных управления ЛА обусловлена также следующими причинами:

значительными временными затратами на подготовку и согласование всего объема тестовых вариантов (ТВ) между заинтересованными организациями;

использованием ограниченного количества ТВ (порядка одной-двух сотен ТВ);

трудоемкостью ввода и контроля ТВ в требуемой структуре и формате;

высокой долей ручного труда при проведении сравнительного анализа результатов совместных расчетов составных частей СПО подготовки данных управления ЛА (СПО типа  $n$ , где  $n=1, 2, \dots, m$ ), функционирующих в разных операционных системах.

Курс, взятый на автоматизацию совместной отработки испытаний и увеличение объема проверок СПО подготовки данных управления ЛА в современных условиях, возможен в связи с достигнутыми высокими показателями роста производительности и быстродействия ПЭВМ и высоким уровнем развития современных программно-аппаратных технологий обработки информации.

Из изложенного яствует, что выполнение перечисленного объема работ по проведению испытаний компонентов СПО в разумные сроки без участия технологий искусственного интеллекта невыполнима. Средний срок проведения испытаний СПО подготовки данных управления ЛА с использованием существующей технологии, сравнительно облегченной по сравнению с заявленной, составляет порядка двух лет.

Третьим АРМ системы создания АСПД является АРМ тестирования ПО. Суть работы АРМ заключается в автоматизированной генерации ТВ, параллельном выполнении СПО типа  $n$  и автоматическом анализе результатов. Входные данные АРМ-тестирования – допустимые значения параметров, выходные данные – заключение о надежности разработанного СПО подготовки данных управления ЛА (рис.4).

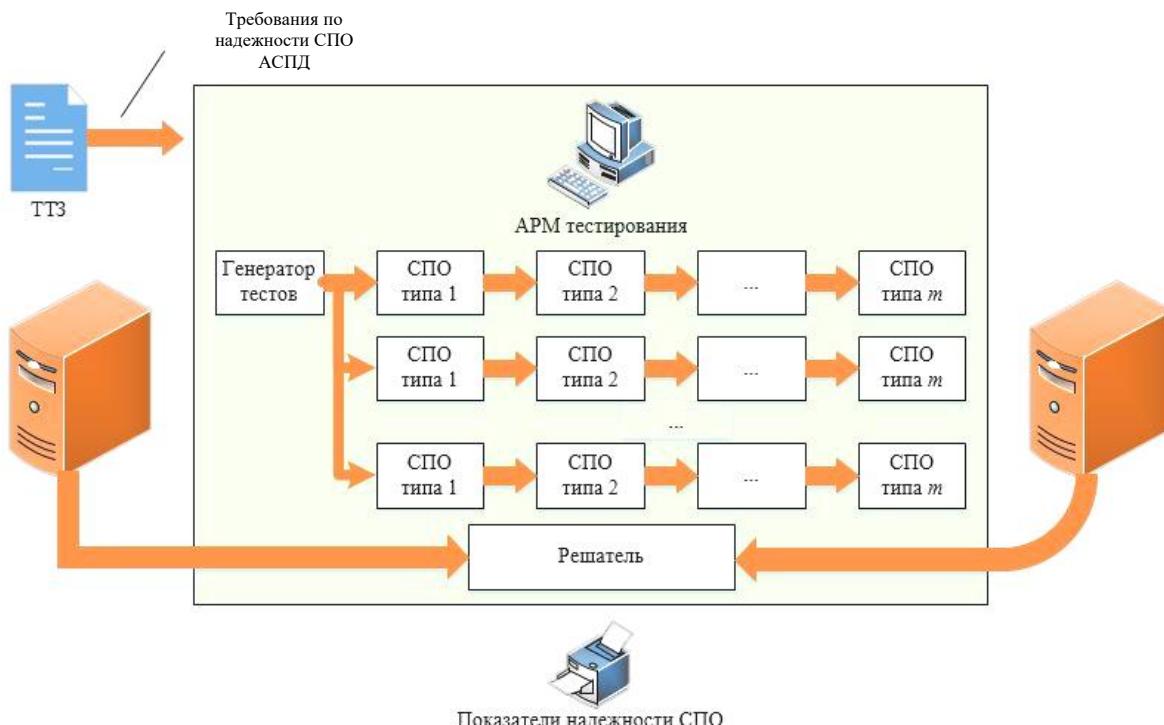


Рис.4. Схема работы АРМ тестирования СПО подготовки данных управления ЛА

Сопровождение эксплуатации АСПД – одна из наиболее трудных задач для разработчика системы. Несмотря на действующие контракты и руководящие документы, информация об отказах оборудования, ошибках в СПО подготовки данных управления ЛА не всегда своевременно доводится до разработчика системы, что влияет на качество функционирования АСПД.

Фактически, следующим элементом системы разработки АСПД становится АРМ сопровождения эксплуатации системы, который объединяет задачи АРМ проектирования АСПД, АРМ программирования и АРМ тестирования СПО подготовки данных управления ЛА. Входные данные АРМ сопровождения – рекламации о неисправностях (ошибках), выходные данные – доработанная ЭВТ и СПО подготовки данных управления ЛА (рис.5).

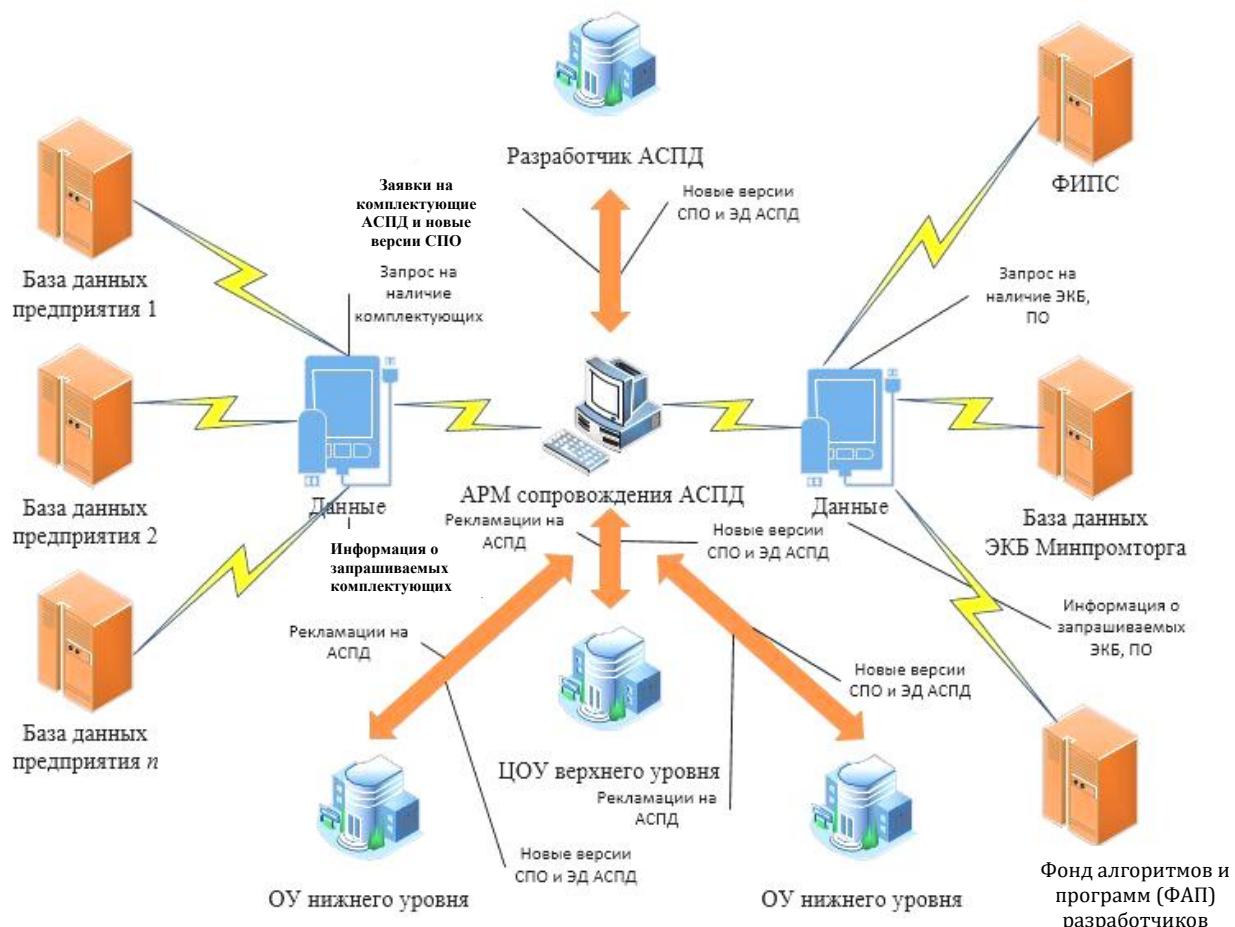


Рис.5. Схема работы АРМ сопровождения эксплуатации АСПД

Таким образом, систему управления ЖЦ АСПД можно представить в виде следующей совокупности (рис.6):

- АРМ проектирования АСПД;
- АРМ программирования;
- АРМ тестирования СПО подготовки данных управления ЛА;
- АРМ сопровождения эксплуатации АСПД.

Для оценки эффективности предложенных решений по созданию системы управления ЖЦ АСПД получены осредненные значения продолжительности разработки АСПД в период с 1995 по 2022 годы. Анализ тех стадий ЖЦ АСПД, где можно получить сокращение времени разработки системы, показал, что в настоящее время существенный прирост достигнутого эффекта может получиться при испытаниях СПО подготовки данных управления ЛА. Общий эффект составит порядка 25 % (рис. 7).

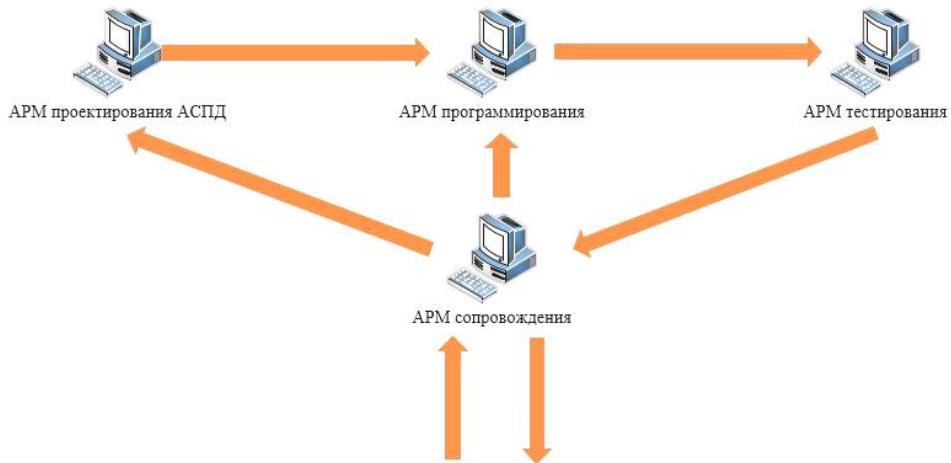


Рис.6. Схема работы системы управления жизненным циклом АСПД

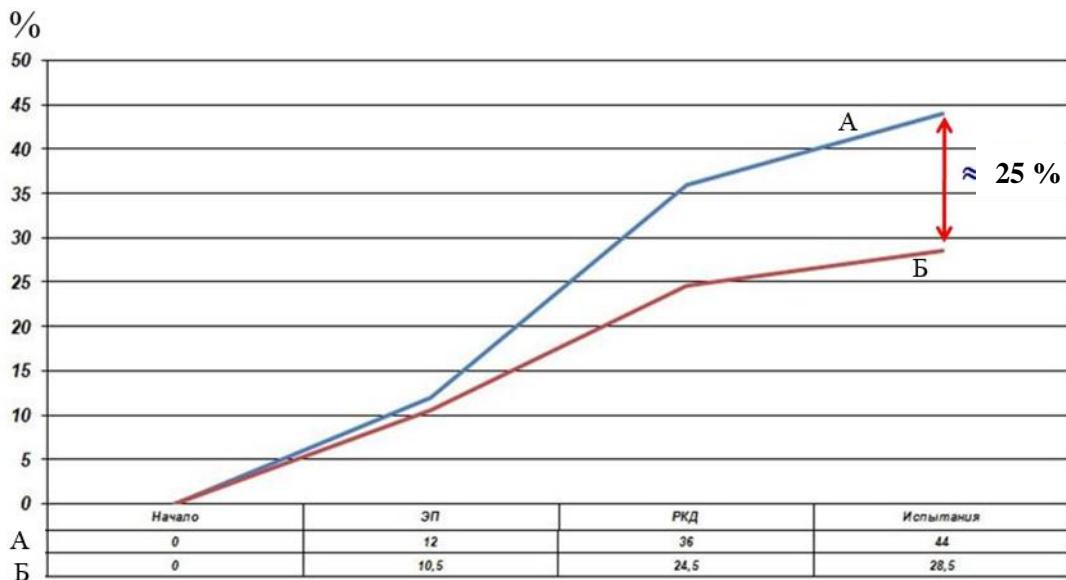


Рис. 7. Оценка эффекта от внедрения системы управления ЖЦ АСПД:  
А – существующий подход, Б – предлагаемый

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье предложена разработка универсальной системы управления жизненным циклом АСПД управления ЛА, основанной на использовании искусственного интеллекта. Система управления ЖЦ АСПД состоит из совокупности АРМ: АРМ проектирования АСПД, АРМ программирования, АРМ испытаний и АРМ сопровождения эксплуатации АСПД. Проведен расчет времени, затрачиваемого на разработку АСПД. Показано, что предполагаемый эффект от применения искусственного интеллекта в этом процессе может составить не менее 25 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 59853-2021. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 16 с.
2. Зараменских Е.П. Управление жизненным циклом информационных систем: монография. Новосибирск: ЦРНС, 2014. 270 с.
3. Вендеров А.М. Проектирование ПО экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика, 2002. 352 с.
4. О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166.URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47688>(дата обращения: 11.11.2024).
5. Ватъян А.С., Гусарова Н.Ф., Добренко Н.В. Системы искусственного интеллекта. СПб.: Университет ИТМО, 2022. 186 с.
6. Остроух А.В. Введение в искусственный интеллект: монография. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2020. 250 с.
7. Бостром Н. Искусственный интеллект. Этапы. Угрозы. Стратегии; пер. с англ. С. Филина. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. 404 с.

**Для цитирования:** Казаков Г.В. Применение искусственного интеллекта в жизненном цикле автоматизированной системы подготовки данных управления летательными аппаратами // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2025. № 1 (25). С. 65–76.

## APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LIFE CYCLE OF AUTOMATED AIRCRAFT CONTROL DATA PREPARATION SYSTEM

G.V. KAZAKOV, Cand. Sc.

4th Central Research Institute of the Ministry of Defense of Russia,  
29, M.K. Tikhonravova str., Korolev, Moscow Region, 141092, e-mail: kgv.64@mail.ru

The article reveals the issues of using artificial intelligence in the life cycle of automated systems for preparing aircraft control data. Currently, there is a delay in creating such systems and putting them into operation. The reasons for this are the insufficient degree of automation of the design processes, development of design documentation, testing and maintenance of the system. The proposed universal life cycle management system for a data preparation system is based on the use of artificial intelligence and consists of a set of automated workplaces: system design, programming, testing and maintenance of the system. The time spent on developing the system is calculated, and the expected effect of using artificial intelligence in this process is shown.

*Keywords:* automated workstation, automated data preparation system, life cycle, aircraft, programming, design, maintenance, testing

Поступила в редакцию/received: 14.11.2024; после рецензирования/revised: 25.11.2024;  
принята/accepted: 27.11.2024