

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ В АВИАЦИИ И АВИАСТРОЕНИИ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ТРЕБОВАНИЯ, МЕХАНИЗМЫ ВНЕДРЕНИЯ

Е.В. Варюхина

НИИЦ Институт им Н.Е. Жуковского
Россия, 140180, Жуковский, ул. Жуковского, 1
E-mail: e.varyukhina@yandex.ru

В.В. Клочков

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, г. Москва, Профсоюзная ул., 65
ФГБУ «НИИЦ Институт им Н.Е. Жуковского»
Россия, 140180, Жуковский, ул. Жуковского, 1
E-mail vlad_klochkov@mail.ru

Ключевые слова: интеллектуальные технологии управления, безопасность полетов, искусственный интеллект, авиация.

Аннотация: В данной работе сделана попытка систематизировать задачи оценки эффективности внедрения технологий искусственного интеллекта в гражданской авиации и авиастроении, формирования требований к ним, а также разработки организационных механизмов стимулирования их внедрения. Такие задачи возникают при управлении исследованиями и разработками в области авиационных интеллектуальных технологий, регулирования их внедрения со стороны государства и других заинтересованных сторон. Также в работе представлены краткие результаты решения этих задач.

1. Введение

Современные информационные технологии предоставляют качественно новые возможности быстрого анализа больших массивов данных и решения задач большой вычислительной сложности, а также анализа слабоструктурированных данных, решения не полностью формализуемых и алгоритмизируемых задач, в т.ч. формулируемых на естественном языке. Эти свойства позволяют называть их интеллектуальными или технологиями искусственного интеллекта, ИИ, хотя сам этот термин неоднозначен.

В то же время безопасность (техногенная и экологическая), экономическая и др. целевая эффективность гражданской авиации, как и любых больших организационно-технических систем, в основном, определяется качеством управления – на всех уровнях, от управления функционированием объектов системы и состоянием ее элементов до стратегического управления конфигурацией самой системы, ее технологическим уровнем, проектных и организационных решений.

В связи с этим с самого появления интеллектуальных информационных технологий активно прорабатывается их применение в авиации и в авиастроении для решения задач управления на всех уровнях. Этим заняты квалифицированные коллективы во всем мире, в ведущих авиационных и технологических державах, и в России. При этом, несмотря на то, что технологии ИИ являются «сквозными» и актуальны в разных отраслях и видах деятельности, авиация обладает сильной спецификой как область их применения, предъявляя специфические требования и ожидая специфических эффектов от внедрения даже универсальных технологий.

2. Уровни управления в авиастроении

В системах управления в авиации и авиастроении существуют 3 уровня управления:

- оперативный;
- тактический;
- стратегический.

В оперативном контуре управления реализуется управление конкретными объектами: движением воздушных судов, функционированием подсистем с учетом требований к безопасности полетов.

В тактическом контуре управления реализуются контроль, мониторинг и прогнозирование состояния объектов авиатранспортной системы (например, отслеживание состояния элементов воздушных судов, ВС, прогнозирование их ремонта, восстановления, утилизации, мониторинг психофизиологического и психоэмоционального состояния членов экипажа и планирование их режима труда и отдыха, переподготовки и даже принятия решения о прекращении работы в авиации).

Решения как в оперативном, так и в тактическом контурах принимаются работниками основных видов деятельности указанных организаций (в т.ч. работниками авиастроительных предприятий, летными экипажами, диспетчерами службы управления воздушным движением, ремонтным персоналом и т.д.) в соответствии с инструкциями, стандартами и т.п. процедурами, установленными для них.

В стратегическом контуре реализуется принятие проектных решений при создании авиационной техники, а также организационных и технологических решений на уровне руководства организаций и государственных органов авиационных властей.

3. Принципы решения задач управления

Опасности – это некоторые факторы, которые существуют в авиационной деятельности независимо от действий авиационного персонала, и, при определенном стечении обстоятельств, могут привести к авиационным событиям таким, как инциденты или авиационные происшествия, то есть к снижению безопасности полетов (БП). Риски безопасности полетов – это совокупность вероятности события и серьезности ущерба при реализации опасностей в авиационные события [1].

Риски принимают неопределенные значения, следовательно, обеспечение требуемого уровня БП реализуется путем назначения в системах управления определенного уровня управляющих параметров, при которых риск находится в заданных пределах.

При заданном составе технологий, составляющих/определяющих интегрированные авиатранспортные системы (ИАТС), повышение требуемого уровня БП достигается путем ужесточения целевого уровня управляющих параметров (на всех уровнях

управления), что приводит к увеличению общей стоимости владения изделиями авиационной техники (АТ) или снижению целевой эффективности АТ и ИАТС в целом.

Внедрение интеллектуальных авиационных технологий (ИАТ) позволяет улучшить баланс между допустимым уровнем показателей безопасности полетов и достижимым при этом уровнем общей стоимости владения АТ или ИАТС

- за счет улучшения функций распределения факторов риска (смещения в более благоприятные стороны – например, с точки зрения общей стоимости владения изделиями АТ или целевой эффективности ИАТС, значений управляющих параметров, таких как наработки изделий АТ. Примером таких технологий являются технологии повышения ситуационной осведомленности экипажей, сокращающие риски неверного распознавания ситуаций и вызванных им ошибок),
- за счет возможности перехода от рассмотрения общих (для всех изделий в парке и других элементов ИАТС, для всех условий эксплуатации) функций распределения факторов риска к индивидуальным – для отдельных изделий, объектов ИАТС, полетов и операций, благодаря переходу к управлению состоянием отдельных элементов ИАТС, отдельными полетами и операциями.

4. Ожидаемые эффекты от внедрения ИАТ

4.1. Стратегический уровень управления

Опасные сочетания обстоятельств существуют независимо от авиационной деятельности и с определенной частотой реализуются в виде инцидентов и АП. Зачастую опасные сочетания выявляются после того как произойдет АП или ряд инцидентов. При внедрении технологии выявления опасных сочетаний появляется возможность производить анализ полетных данных, добровольных сообщений (а не только расследования инцидентов и АП, как было принято до внедрения технологии) и на его основе выявлять опасные сочетания путем анализа больших данных. Таким образом, можно гораздо быстрее, чем при анализе только инцидентов и АП, снизить риски (то есть снизить частоту их появления и/или снизить тяжесть их последствий), что позволит быстрее повысить БП.

4.2. Tактический уровень управления

Как пример технологии индивидуального контроля, мониторинга и прогнозирования состояния объектов рассмотрена технология повышения периодичности и автономности ТОиР АТ [2]. Предлагается переход на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) по фактическому состоянию ВС, в т.ч. с расширением возможностей самостоятельного обслуживания и ремонта ВС экипажем вне специализированной инфраструктуры. Для этого необходимы ВС, изначально спроектированные таким образом, чтобы было возможно самостоятельное проведение определенных видов ремонта или обслуживания экипажем несмотря на менее совершенные характеристики ВС. В то же время подобные подходы применимы и к авиационному персоналу, в т.ч. экипажам ВС, для которых также может быть целесообразным индивидуальный мониторинг и прогнозирование психофизиологического и психоэмоционального состояния, планирование режима их труда и отдыха, переподготовки и т.п.

4.3. Оперативный уровень управления

Как пример технологии автоматического или автоматизированного управления функционированием конкретных объектов ИАТС рассматривается технология (строго

говоря, группа технологий) интеллектуальной автоматизации управления движением воздушных судов («виртуальный второй пилот», «виртуальный пилот»). Она позволяет снизить нагрузку на экипаж, сократив его требуемую численность, квалификацию без ущерба для БП (или даже с ее повышением), или перейти к беспилотным ВС.

5. Формирование требований к ИАТ

Ставится задача максимизации показателей целевой эффективности ИАТС при заданном уровне безопасности полетов. Управляющими параметрами в данной задаче будут характеристики трех последовательных блоков контура управления: информационного обеспечения, анализа и принятия решения, исполнения. Необходимо формировать требования одновременно к характеристикам всех блоков контура управления.

Характеристиками информационного обеспечения будут: состав вектора измерений, точность и частота измерения параметров (строго говоря, связанные между собой), характеристики структуры информационной системы (то есть откуда получаем информацию, куда передаем, где и сколько храним). Характеристиками блока анализа и принятия решений будут быстродействие и качество решения задач (в примере технологии выявления опасных сочетаний путем анализа больших массивов данных, можно считать, что качество решения задачи анализа определяется минимальным количеством точек в пространстве обстоятельств событий, с заданной достоверностью определяемых как кластер, характерный для опасного сочетания обстоятельств). Характеристиками блока исполнения будут точность и быстродействие исполнения решений.

6. Проблемы внедрения

Несмотря на положительные ожидаемые эффекты на уровне ИАТС в целом, внедрение всех описанных групп интеллектуальных технологий, на всех трех уровнях управления сталкивается с проблемами, связанными с активным характером агентов в организационно-технических системах.

6.1) Стратегический уровень и технологии выявления скрытых угроз.

Проблема внедрения технологии:

- нежелание персонала и организаций в целом делиться в добровольных сообщениях информацией, которая потенциально может быть использована против них (возможны не только административные, но и «рыночные» (например, репутационные) потери);
- возможное противодействие со стороны персонала программно-аппаратным средствам сбора информации и пр.
- нормативные ограничения сбора и обработки личной информации.

Решение:

Одним из механизмов стимулирования предоставления информации является снятие ответственности за инциденты и поощрение добровольного предоставления информации при определенных условиях [3]. При этом важно применять и механизмы, стимулирующие соблюдение правил, направленных на обеспечение БП (т.е. наказание за их несоблюдение). Таким образом, до определенного момента, когда ВС нового типа только начали использоваться, и в причинах авиационных событий значительную часть занимают именно конструктивно-производственные недостатки (то есть системные причины), а не нарушений персонала, рационально снимать ответственность за

добровольное раскрытие информации об авиационном событии. Если учитывать эффект обучения при производстве ВС, то эффект усилится. Затем, по мере того как доля конструктивно-производственных недостатков (КПН) в инцидентах и АП снижается разумно использовать механизм, повышающий дисциплину, что позволит снижать количество нарушений.

6.2) **Тактический уровень и технологии индивидуального мониторинга и управления состоянием объектов**

Проблема внедрения технологии:

Увеличение затрат со стороны производителя на изменение конструкции АТ для перехода к эксплуатации по состоянию как единовременных, так и на каждую единицу продукции. Увеличение затрат эксплуатирующих организаций на приобретение новых изделий и их ТОиР может привести к сокращению спроса на продукцию авиастроительных и ремонтных предприятий, как в натуральном выражении, так и в стоимостном.

В случае, когда объектом мониторинга является состояние авиационного персонала, его характеристик как операторов, возможно противодействие сбору, накоплению и обобщению такой информации (тем более что в данном случае она является уже не обезличенной, а именно персонализированной) со стороны авиационного персонала. Противодействие возможно и с использованием правовых механизмов защиты персональных данных и т.п.

Решение:

Увеличение стоимости АТ во взаимовыгодном диапазоне как для производителя, так и для эксплуатанта. Продажа летных часов, которые включают в себя ТОиР.

6.3) **Оперативный уровень – управление движением и функционированием объектов**

Проблема 1 внедрения технологии:

Эксплуатирующие организации и потенциальные потребители авиационных работ и услуг могут не в полной мере получать выгоды от внедрения беспилотных или высокоавтоматизированных ВС, внедряя их лишь локально, в рамках традиционных бизнес-моделей применения авиации, нередко даже в фиксированных объемах, характерных для ВС прежних поколений, с более высокой стоимостью эксплуатации.

Решение:

Максимального экономического эффекта позволяет достичь формирование оптимальных интегрированных авиационных систем (ИАС) с беспилотными или высокоавтоматизированными ВС, в которых по глобальному экономическому критерию оптимизируется как парк ВС и стратегия его применения, так и «ответные» бизнес-процессы потребителя авиационных работ и услуг. Таким образом, действенным механизмом распространения технологий автоматизации управления и повышения эффективности бизнес-процессов в различных отраслях является формирование целостных ИАС силами организаций-разработчиков и производителей АТ, в интересах потенциальных потребителей авиационных работ и услуг.

Проблема 2 внедрения технологии

При современном уровне развития АТ, широкомасштабное внедрение беспилотных авиационных систем (БАС) несет высокие риски для БП. Так как каждое АП так или иначе ведет к убыткам и репутационному ущербу для непосредственных участников авиационной деятельности (производителей и эксплуатантов АТ, и пр.) и третьих лиц, данное обстоятельство становится существенным сдерживающим фактором развития отрасли БАС. Участники авиационной деятельности, в стремлении сократить собственные потери, придерживаются выжидательной стратегии вместо активного внедрения инноваций.

Решение 2

Актуальна выработка организационного механизма, который способствовал бы ускорению развития соответствующих отраслей применения БАС. В качестве подобного механизма может быть предложено добровольное принятие ответственности за БП на начальном этапе внедрения высокоавтоматизированных ВС их разработчиком и производителем. Суть механизма заключается в том, что снижение потерь для эксплуатантов и третьих лиц способствует ускоренному росту численности парка БАС и, в конечном счете, ускоренному снижению количества АП в отрасли вследствие более быстрого накопления необходимого опыта, устранения конструктивно-производственных недостатков (КПН) и причин эксплуатационных ошибок.

7. Заключение

В России в краткосрочной перспективе (до 2030 г.) наиболее актуально внедрение ИАТ стратегического и тактического управления, с учетом таких факторов как малочисленные парки ВС, новые типы АТ, не доработанные до малой частоты инцидентов из-за КПН, старые ВС, высокая роль человеческого фактора. При этом группа ИАТ оперативного управления, направленная на автоматизацию управления ВС, более актуальна на долгосрочном горизонте планирования, при реализации планов массового распространения беспилотных авиационных систем и авиации общего назначения.

Список литературы

1. Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. Управление безопасностью полетов. ИКАО, 2013. 44 с.
2. Касаткин А.А. Методы моделирования и оптимизации уровня автономности технического обслуживания и ремонта парка авиационной техники гражданского назначения // Управление большими системами: сборник трудов. 2023. № 104. С. 5-35.
3. Варюхина Е.В., Клочков В.В. Влияние ответственности персонала за возникновение предпосылок к летным происшествиям на безопасность полетов // Управление большими системами. 2023. № 42. С. 173-194.