

РАЗРАБОТКА СОСТАВА И СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТОВ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТНИКОВ АВИАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Варюхина Е.В.

*Национальный исследовательский центр «Институт им. Н.Е. Жуковского»
Россия, г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1
e.varyukhina@yandex.ru*

Клочков В.В.

*Национальный исследовательский центр «Институт им. Н.Е. Жуковского»
Россия, г. Жуковский, ул. Жуковского, д. 1
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва ул. Профсоюзная д.65
vlad_klochkov@mail.ru*

Аннотация: В работе обоснованы, в т.ч. на основе результатов математического моделирования, состав и структура систем управления безопасностью полетов (для основных участников жизненного цикла авиационной техники) и управления процессами жизненного цикла авиационной техники.

Ключевые слова: система управления, структура, блок-схема, безопасность полетов, жизненный цикл, авиационная техника.

Введение

С учетом прогнозируемого роста объема воздушных перевозок, все более актуальным становится вопрос обеспечения/повышения уровня безопасности полетов (БП). Для этого необходимо выявлять опасности (как существующие, так и потенциальные), которые могут возникнуть в процессе эксплуатации, разработки, производства и пр. областях и эффективно управлять факторами риска для безопасности полетов. На сегодняшний день управление безопасностью полетов на уровне организаций происходит по большей части только на основании выявления и анализа опасностей, уже реализованных в виде событий таких как авиационные происшествия (АП) и инциденты. Для более эффективного управления необходимо заниматься также прогнозным выявлением потенциальных опасностей, реализация которых возможна при внедрении перспективных технологий, методов производства и т.п. Для этого необходимо создавать модели влияния этих технологий, методов производства и пр. на безопасность полетов. Для того, чтобы системно взглянуть на авиационную систему с точки зрения безопасности, необходимо поставить задачу описания системы управления безопасностью полетов (СУБП) со всеми ее элементами, взаимодействиями и обратными связями. Предлагается выработать схематическое представление того, что должна представлять собой система обеспечения безопасности полетов для разработчиков и производителей авиационной техники.

Авиационная техника (АТ) характеризуется длительным жизненным циклом (ЖЦ). Это касается как жизненного цикла отдельных типов АТ (и отдельных стадий ЖЦ), так и периода эксплуатации отдельных экземпляров воздушных судов, авиационных двигателей и других изделий АТ. Например, создание самолета или авиадвигателя (т.е., предпроизводственные стадии ЖЦ) длится до 5..10 лет. Но наиболее протяженными являются последующие стадии жизненного цикла изделий (ЖЦИ). Так, серийное производство первого широкофюзеляжного пассажирского самолета – Боинг-747 – продолжается с 1970 года по настоящее время, а полный вывод из эксплуатации основного стратегического бомбардировщика ВВС США – В-52 – намечен лишь на 2040-е гг., притом, что последний экземпляр наиболее современной модификации В-52Н был построен в 1962 году. Т.е., эксплуатация отдельных экземпляров длится уже около 50 лет¹, и планируется продолжать ее почти до 80 лет. Можно привести не менее впечатляющие примеры и из отечественной практики. Если рассматривать жизненный цикл типа летательных аппаратов, рекордсменом можно считать отечественный самолет Ан-2, совершивший первый полет в 1947 году. Таким образом, его массовая коммерческая эксплуатация (как и серийное производство его модификаций в КНР) длится уже свыше 70 лет. Авиация из всех видов техники уступает в длительности ЖЦИ только судостроению. Столь длительные ЖЦИ требуют как специфического сопровождения на всех стадиях и этапах, так и

¹ Разумеется, за указанный период самолеты Боинг-747 и В-52 неоднократно подвергались модернизации и модификации.

целенаправленного системного управления процессами ЖЦИ. Здесь предлагается качественно обосновать состав и структуру системы управления ЖЦ АТ.

1 Система управления безопасностью полетов для производителей и разработчиков

Политика и цели в области обеспечения безопасности полетов создают систему координат для СУБП разработчиков и производителей. Политика разработчика/производителя в области обеспечения безопасности полетов представляет собой изложение принципов, процедур и методов СУБП, используемых для достижения желаемых целей обеспечения безопасности полетов. Высшее руководство организации должно разрабатывать измеримые и достижимые цели обеспечения безопасности полетов, которые должны быть реализованы в масштабах всей организации. Политику СУБП определяют международные, национальные стандарты в области БП, передовая практика в управлении БП при разработке/производстве, нормативно-правовые требования, государственная программа по безопасности полетов (ГосПБП), организационная структура предприятия.

Существуют опасные факторы, которые являются состоянием или предметом, обладающими потенциальной возможностью нанести травмы персоналу, причинить ущерб оборудованию или конструкциям, вызвать уничтожение материалов или понизить способность осуществлять предписанную функцию во время эксплуатации [1]. То есть это условия, которые могли бы вызвать или содействовать небезопасной эксплуатации воздушного судна или авиационного оборудования, связанного с безопасностью полетов, продукции и услуг. То есть опасные факторы существуют сами по себе, но влияют на безопасность полетов в процессе разработки и производства, причем их последствия могут проявляться во время эксплуатации.

Опасные факторы могут выявляться реактивными, или реагирующими методами (то есть такими, которые предусматривают анализ результатов или событий, имевших место в прошлом, опасные факторы в данном случае выявляются в процессе расследования происшествий, связанных с безопасностью полетов) путем анализа систем обязательного и добровольного представления данных об инцидентах и авиационных происшествиях эксплуатантов своих воздушных судов. Также, для повышения безопасности полетов, организации стоит использовать информацию об инцидентах и авиационных происшествиях, произошедших с воздушными судами других разработчиков/производителей, для этого можно использовать, например, государственную базу данных по инцидентам и авиационным происшествиям (например, [2], [3], [4]). Например, в России порядок осуществления сбора и анализа данных о факторах опасности и риска, хранения этих данных и обмена ими регламентируется Постановлением Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2014 г. № 1215 [5].

Для проактивного выявления опасных факторов (то есть такого, которое предусматривает анализ существующих или реально возникающих ситуаций, являющихся предметом профессиональной деятельности подразделений, занимающихся обеспечением безопасности, включая проверки, экспертизы, отчеты сотрудников и связанные с ними процедуры анализа и оценки, такой подход означает активный поиск опасных факторов в существующих процессах) можно использовать полетные данные воздушного судна своей разработки или производства из систем сбора полетных данных, которые появляются в процессе эксплуатации, и данных, которые появляются на этапе разработки/производства, такие как проверки на предприятии, добровольные сообщения об опасностях на предприятии, результаты испытаний.

Далее проводится анализ вероятности, серьезности (то есть, в итоге, риска), допустимости выявленных опасных факторов для принятия решения о том, стоит ли принимать меры по устранению, снижению, принятию остаточного риска или отмене соответствующей деятельности в зависимости от ситуации.

Принятие мер по устранению, снижению, принятию остаточного риска или отмене деятельности в зависимости от ситуации должно стать обратной связью в процессе обеспечения приемлемого уровня безопасности полетов, целью которого является определение, функционирует ли СУБП в соответствии с ожиданиями.

Для прогнозного выявления опасных факторов (то есть такого, которое предусматривает сбор данных с целью выявления возможных негативных результатов или событий в будущем, анализ системных процессов и среды и позволяет выявлять потенциальные опасные факторы в будущем и предпринимать меры по их уменьшению) разработчик/производитель должен проводить научно-исследовательскую работу (НИР) по выявлению будущих потенциальных опасностей путем изучения прогнозов развития технологий и НИР по смежным темам. Например, необходимо проводить исследования по прогнозному выявлению опасных факторов для технологии, которую хотят использовать в дальнейшем (но ее пока не используют в эксплуатации, возможно, она пока на этапе испытаний), опасных факторов, которые могут проявиться в будущем.

Структура системы управления безопасностью полетов производителей и разработчиков представлена на рис. 1.

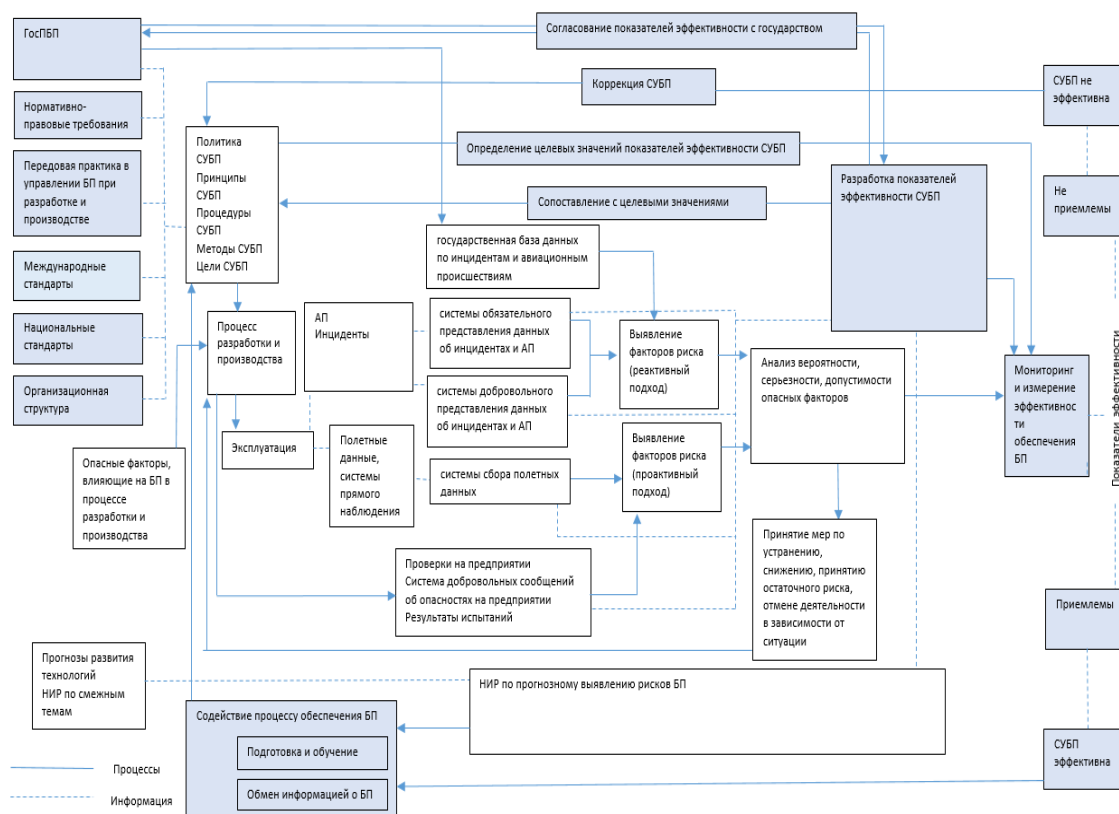


Рис. 1. Схема системы управления безопасностью полетов для производителей и разработчиков авиационной техники

Далее на основании информации из государственной базы данных, систем обязательного и добровольного представления данных об авиационных происшествиях и инцидентах, системы сбора полетных данных, системы добровольных сообщений об опасностях на предприятии, на основании результатов проверок на предприятии и испытаний необходимо разработать показатели эффективности СУБП и определить их целевые значения (которые будут определять приемлемый уровень обеспечения безопасности полетов), сопоставляя с целями СУБП. Это необходимо для оценки эффективности СУБП. Если значение показателей эффективности СУБП не удовлетворяет целевым условиям, то система не эффективна. Тогда производится коррекция СУБП путем внесения изменений в политику управления БП. Если же СУБП эффективна, тогда производится обмен информацией о БП и подготовка и обучение сотрудников организации. Это, в свою очередь, повлияет на политику СУБП.

2 Структура системы управления безопасностью полетов эксплуатантов

Политика и цели в области обеспечения безопасности полетов создают систему координат для СУБП эксплуатанта аналогично СУБП разработчиков и производителей. Политика эксплуатанта в области обеспечения безопасности полетов представляет собой изложение принципов, процедур и методов СУБП, используемых для достижения желаемых целей обеспечения безопасности полетов. Политика устанавливает обязательства высшего руководства внедрить и постоянно совершенствовать принципы безопасности полетов во всех аспектах своей деятельности. Высшее руководство разрабатывает измеримые и достижимые цели обеспечения безопасности полетов, которые должны быть реализованы в масштабах всей организации. Политику СУБП определяют международные, национальные стандарты в области БП, передовая практика в управлении БП в эксплуатации, нормативно-правовые требования, государственная программа по безопасности полетов (ГосПБП), организационная структура предприятия.

Аналогично опасным факторам в разработке и производстве, опасные факторы в эксплуатации существуют сами по себе, но влияют на безопасность полетов в процессе эксплуатации (в процессе разработки и производства на безопасность полетов могут влиять другие опасные факторы). Это может быть боковой ветер, невнимательность, усталость персонала, птицы на аэродроме и пр.

Для выявления опасных факторов реактивными, или реагирующими, методами организация может использовать системы обязательного представления данных об инцидентах и АП и системы добровольного представления данных об инцидентах и АП. Также, для повышения безопасности полетов, организации стоит использовать информацию об инцидентах и АП, произошедших в других организациях, для этого можно использовать, например, государственную базу данных по инцидентам и авиационным происшествиям.

Для проактивного выявления опасных факторов можно использовать полетные данные из систем сбора полетных данных, исследования в области БП (как выполненные самим эксплуатантом, так и из внешних источников), результаты проверок, результаты внутренних расследований в области БП, добровольные сообщения об опасных факторах.

Как и в случае СУБП разработчиков и производителей далее проводится анализ вероятности, серьезности (то есть, в итоге, риска), допустимости выявленных опасных факторов для принятия решения о том, стоит ли принимать меры по устранению, снижению, принятию остаточного риска или отмене соответствующей деятельности в зависимости от ситуации.

Для прогнозного выявления еще не существующих опасностей эксплуатант может проводить НИР по выявлению будущих потенциальных опасностей путем изучения прогнозов развития технологий и НИР по смежным темам.

Структура системы управления безопасностью полетов эксплуатантов представлена на рисунке 2.

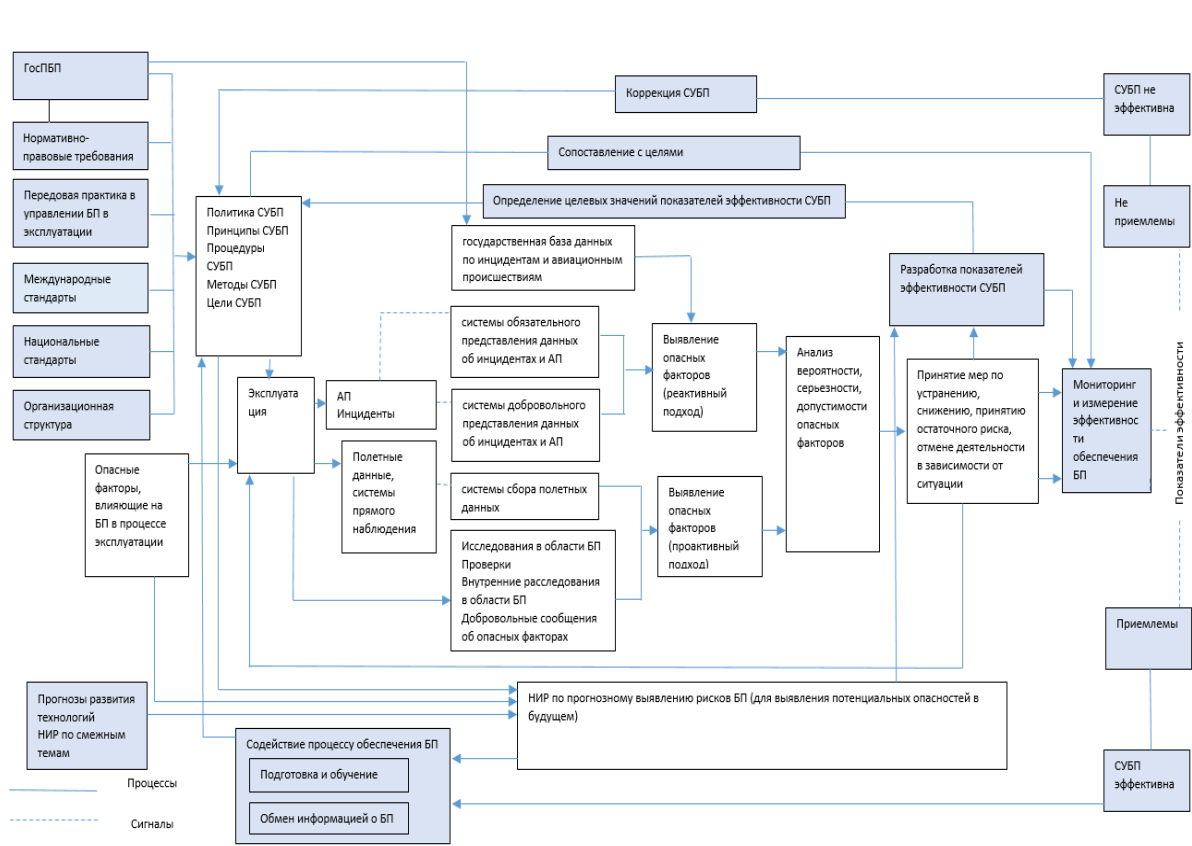


Рис. 2. Структура системы управления безопасностью полетов эксплуатантов

Далее необходимо разработать показатели эффективности СУБП и определить их целевые значения, сопоставляя с целями СУБП. Это необходимо для оценки эффективности СУБП. Если система не эффективна, то производится коррекция СУБП путем внесения изменений в политику управления БП. Если же СУБП эффективна, тогда производится обмен информацией о БП и подготовка и обучение сотрудников организации. Это, в свою очередь, повлияет на политику СУБП.

3 Структура системы управления безопасностью полетов государства

ГосПБП – это система управления, предназначенная для государственного регулирования и администрирования вопросов обеспечения безопасности полетов.

Задачами ГосПБП являются [1]:

- обеспечение наличия в государстве минимально требуемой нормативной базы;

- обеспечение гармонизации государственных регламентирующих и административных структур в части, касающейся выполнения ими функций по управлению факторами риска для безопасности полетов;
- обеспечение мониторинга и оценки общих показателей эффективности обеспечения безопасности полетов в государстве;
- координация и постоянное улучшение функций государства в области управления безопасностью полетов;
- поддержка эффективной реализации ГосПБП и взаимодействия с СУБП поставщиков обслуживания.

Государственная политика и цели в области безопасности полетов дают руководству и персоналу четко сформулированные методики, инструкции, регламенты, средства административного контроля, документы и процедуры исправления недостатков, поддерживающие инициативы ведомства гражданской авиации государства и иных государственных организаций в области управления безопасностью полетов. Это позволяет государству играть руководящую роль в области обеспечения безопасности полетов в становящейся все более сложной и непрерывно изменяющейся системе воздушного транспорта [1]. На государственную политику оказывают влияние передовая практика в области деятельности управления БП, национальные и международные стандарты, законодательная база.

В части государственной политики происходит

- разработка/корректировка/гармонизация законодательной базы по БП;
- определение и документальное оформление требований и сфер ответственности/отчетности по созданию и ведению ГосПБП (в соответствии с целями по БП);
- определение процесса независимого расследования АП и инцидентов;
- правоприменительная политика;
- определение целей.

В свою очередь данный блок влияет на государственное управление факторами риска для безопасности полетов, что включает в себя:

- разработку требований, положений и принципов реализации СУБП поставщиков обслуживания для эффективного выявления опасных факторов и управления ими;
- согласование показателей эффективности обеспечения БП и их целевых и пороговых значений для поставщиков обслуживания.

Также необходимой частью государственного управления факторами риска для безопасности полетов является прогнозное выявление опасных факторов, что должно представлять собой анализ прогнозов и смежных НИР по перспективным технологиям.

Далее происходит государственное обеспечение БП, которое осуществляется через контроль и надзор за поставщиками обслуживания.

Так же важными аспектами обеспечения БП является разработка механизмов сбора, анализа, обмена данными по происшествиям, инцидентам, опасным факторам (для обязательных и добровольных систем) и выявление опасных факторов, оценка рисков организаций и организация надзора за наиболее проблемными или требующими внимания секторами на основе данных по безопасности полетов.

Далее производится государственное содействие обеспечению безопасности полетов, которое состоит из

- внутреннего обучения, предоставления и распространения информации о БП;
- внешнего обучения, предоставления и распространения информации о БП.

Данные блоки корректируют политику ГосПБП, национальные стандарты и законодательную базу.

Структура системы управления безопасностью полетов государства представлена на рисунке 3.

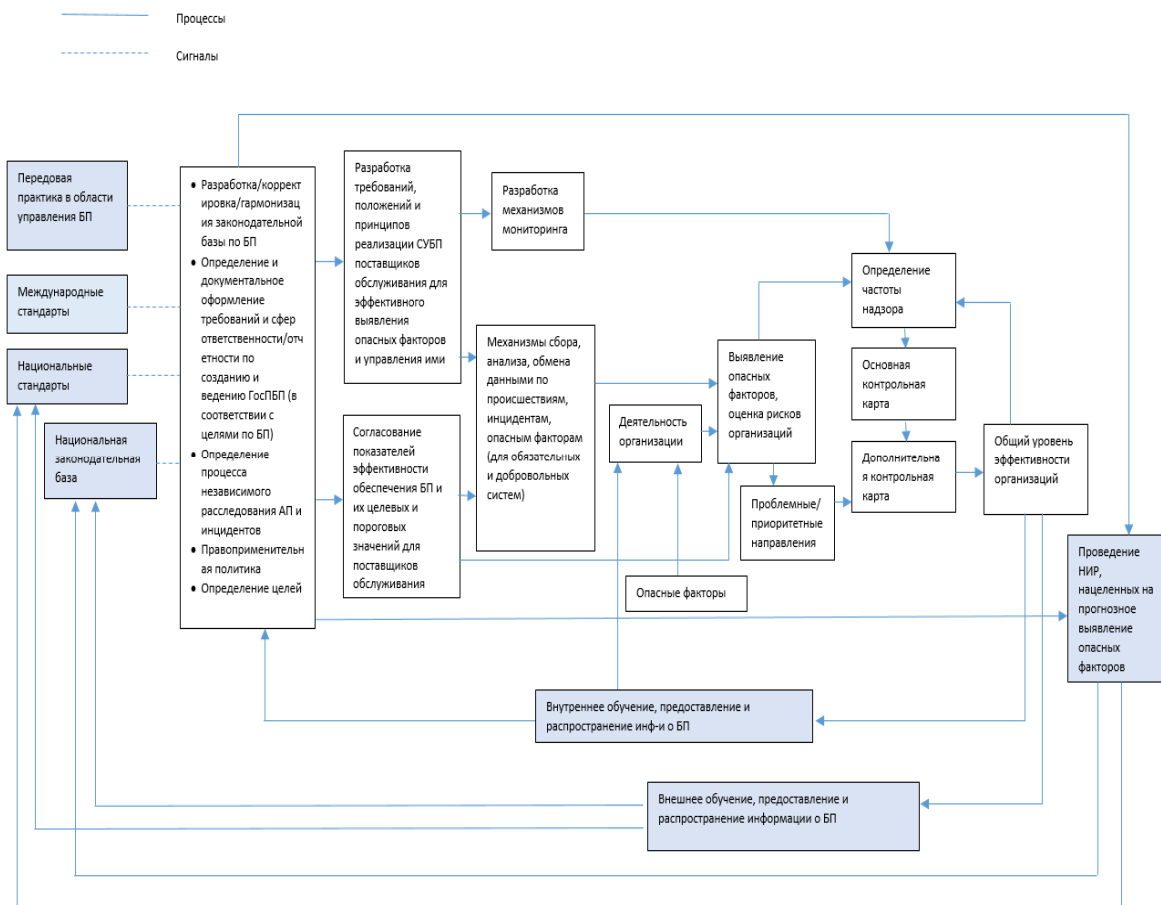


Рис. 3 Структура системы управления безопасностью полетов государства

4 Состав и структура организационно-технической системы управления жизненным циклом авиационной техники

Отраслевые особенности ЖЦИ авиастроения диктуют необходимость специфических мер по поддержанию

- как летной годности и, по возможности, эффективности конкретных изделий в эксплуатации (поскольку на протяжении десятков лет эксплуатации отдельного экземпляра могут происходить изменения в технологиях, приводящие к моральному устареванию имеющихся изделий, и для компенсации этих изменений возможна их модернизация в эксплуатации),
- так и эффективности разработанных типов АТ для всех участников их ЖЦ, поскольку, во-первых, в начале стадий производства и эксплуатации неизбежны конструктивно-производственные недостатки, которые необходимо корректировать, и, во-вторых, на протяжении этих длительных стадий имеет место совершенствование технологий, ответом на которое может быть модернизация типов АТ (совершенствование их конструкции с последующим выпуском уже модернизированных изделий).

Итак, в числе основных процессов управления жизненным циклом АТ –

- поддержание летной годности (ПЛГ) парка АТ в эксплуатации;
- модернизация АТ в производстве (для вновь выпускаемых изделий) и в эксплуатации (для уже эксплуатируемых);
- конструкторское сопровождение изделий АТ на стадиях производства и эксплуатации.

Кроме того, необходимо и научное сопровождение ЖЦ АТ. Современная концепция опережающего создания научно-технического задела (НТЗ) – до принятия решений о создании конкретных образцов АТ – строго говоря, выводит процесс прикладных НИР и создания НТЗ из ЖЦ конкретных образцов АТ. Этот процесс должен идти непрерывно, и необязательно заканчивается созданием конкретного образца АТ (в силу неопределенности результатов прикладных НИР). Кроме того, созданный в прикладных исследованиях НТЗ вполне может использоваться для разработки нескольких образцов АТ – как разных классов, так и непосредственно конкурирующих. Такая организация создания НТЗ более эффективна, чем прикладные НИР в обеспечение создания конкретного образца, и с точки зрения ожидаемых затрат, и с точки зрения рисков. Таким образом,

жизненные циклы технологий и технических концепций АТ «ветвятся», если продолжать их в рамках ЖЦ образцов АТ. И установить однозначное соответствие между ЖЦ технологий и технических концепций, с одной стороны, и ЖЦ конкретных образцов АТ – с другой стороны, не представляется возможным при современной организации прикладных НИР. Тем не менее, необходимо научное сопровождение ЖЦ всех конкретных типов АТ

- в разработке (для контроля готовности НТЗ для принятия решений о создании образцов АТ, для контроля полноты и корректности использования созданного НТЗ при разработке конкретных образцов АТ, а также для научного решения непредвиденно возникающих проблем – неизбежных, в силу сложности АТ, авиационных систем (АС) и интегрированных авиационных систем (ИАС) в целом, даже несмотря на снижение рисков благодаря опережающему созданию НТЗ),
- в производстве и в эксплуатации (поскольку только на этих стадиях определяются фактические, а не прогнозные внешние условия эксплуатации АТ в составе реальных АС и ИАС, реальная эффективность созданных продуктовых и производственных технологий, уточняются требования к АТ в составе реальных АС и ИАС).

В свою очередь, ПЛГ парка АТ в эксплуатации включает в себя, прежде всего,

- техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) парка АТ, поскольку создание полностью необслуживаемых, неремонтируемых изделий, рассчитанных на интенсивную эксплуатацию на протяжении десятков лет и десятков тысяч л.ч., или практически невозможно, или слишком дорого и экономически неэффективно (тем более что на практике неизбежны и эксплуатационные повреждения АТ – как боевые, для АТ В и СН, так и по иным причинам, характерным для АТ любого назначения);
- логистическую поддержку, или материально-техническое обеспечение (МТО) эксплуатации парка АТ, включающая в себя поставку и хранение необходимых запчастей, сменных изделий, узлов, агрегатов и т.п.

Таким образом, необходима система (подсистема) ПЛГ, включающая в себя инфраструктуру технического обслуживания и ремонта (ТОиР) АТ, логистическую инфраструктуру, в т.ч. склады запасных частей и расходных материалов, запасы сменных изделий (авиадвигателей, агрегатов и узлов), используемых в периоды ремонта штатных изделий, а также управляющие подсистемы, которые обеспечивают планирование ПЛГ парка АТ (со стороны каждого конкретного эксплуатанта, или со стороны разработчиков и производителей АТ).

В современных экономических условиях и на современном этапе технологического развития авиастроения ПЛГ в большей степени реализуется разработчиками и производителями АТ, а не ее эксплуатантами. Этому способствуют такие факторы как

- сильный положительный эффект масштаба в сфере ПЛГ (т.е. с ростом численности однотипного обслуживаемого парка удельные затраты на одно воздушное судно или единицу налета существенно сокращаются);
- возрастающая сложность и надежность современной АТ, что, с одной стороны, увеличивает порог входа на рынок услуг по ПЛГ, уровень потребных инвестиций, а с другой – снижает загрузку соответствующих мощностей для малочисленных парков (причем, порог «малочисленности» сдвигается в сторону десятков единиц АТ);
- большая стабильность потоков работ и выручки от ПЛГ по сравнению с поставками новой АТ, что позволяет разработчикам и производителям АТ снижать рыночные риски в нестабильных условиях за счет диверсификации бизнеса в сфере послепродажного обслуживания своей продукции.

В то же время, наряду с производителями АТ, в сфере послепродажного обслуживания (особенно с ростом численности парка АТ данного типа) могут успешно работать и независимые поставщики услуг. Также крупные эксплуатирующие организации могут создавать соответствующие подразделения (как правило, оказывая услуги ПЛГ и выполняя ТОиР парка АТ других эксплуатантов).

Мониторинг технического состояния парка АТ в эксплуатации позволяет организовать эффективную систему интегрированной логистической поддержки (ИЛП) эксплуатации парка АТ, что, в свою очередь, позволяет значительно сократить потребные запасы запасных частей, сменных узлов и агрегатов, простой АТ и, в конечном счете, затраты и потери, связанные с ПЛГ парка АТ в эксплуатации.

С помощью математической модели получены количественные оценки эффективности ИЛП парка АТ в зависимости от параметров надежности данного типа АТ и условий эксплуатации парка [6].

Необходимы обратные информационные связи между

- парками АТ в эксплуатации (в части мониторинга их состава, конфигурации, режимов эксплуатации и технического состояния), с одной стороны,
- и разработчиками, производителями АТ (для своевременного устранения конструктивно-производственных недостатков, модернизации образцов АТ и парков АТ в эксплуатации), а также научными организациями (для уточнения информации об реальных условиях эксплуатации АТ и ее реальных характеристиках, в т.ч. в интересах создания опережающего НТЗ для будущих поколений АТ и формирования требований к перспективной АТ) – с другой стороны.

С помощью математических моделей получены количественные оценки влияния

- оперативности учета конструктивно-производственных недостатков АТ на производственно-экономические результаты авиастроительных проектов и программ на протяжении всего жизненного цикла образцов АТ;
- оперативности модернизации АТ в эксплуатации на емкости рынков модернизации АТ данного типа.

Заключение

1. Обоснованы состав и структура систем управления безопасностью полетов на уровне

- разработчиков и производителей АТ;
- эксплуатантов АТ;
- государства (ГосСУБП).

2. На основании полученных оценок и анализа реального опыта обоснован вывод о необходимости централизованного управления процессами жизненного цикла образцов АТ со стороны организаций авиационной промышленности, разработчиков и производителей АТ. В составе организационно-технической подсистемы управления жизненным циклом авиационной техники необходимы, в свою очередь, подсистемы более низких уровней, в т.ч.:

- подсистема поддержания летной годности (ПЛГ) парков АТ в эксплуатации;
- подсистема мониторинга состава, конфигурации, режимов эксплуатации и технического состояния парка АТ в эксплуатации, в т.ч. в режиме реального времени;
- подсистема подготовки, обучения, информационной поддержки эксплуатационного, ремонтного и др. авиационного персонала;
- подсистема управления ЖЦ образцов АТ (централизованно контролируемая их разработчиками и производителями);
- подсистема научно-технического сопровождения ЖЦ АТ со стороны научных организаций.

Литература

1. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). Издание третье. – М.: Международная организация гражданской авиации, 2013. – 300с.
2. Руководство по информационному обеспечению автоматизированной системы обеспечения безопасности полётов ВС ГА РФ (АСОБП). – М.: ООО «Аэронавигационное консалтинговое агентство», 2002. – 192с.
3. *Благоразумов А.К., Глухов Г.Е., Куртичев И.Г.* Разработка системы информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности. Научный вестник МГТУ ГА. 2015 (218). – С. 67-70.
4. Руководство пользователя Архива материалов расследований инцидентов и производственных происшествий Росавиации (АМРИПП Росавиации). М.: Росавиация, 2017. – Электронное издание. <https://favt.gov.ru/public/materials/0up/flysafety2017.pdf>
5. Правительство Российской Федерации. Постановление от 18 ноября 2014 г № 1215 О порядке разработки и применения систем управления безопасностью полетов воздушных судов, а также сбора и анализа данных о факторах опасности и риска, создающих угрозу безопасности полетов гражданских воздушных судов, хранения этих данных и обмена ими.
6. *Клочков В.В.* CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты: монография. – М.: изд-во Московского гос. ун-та леса, 2008. – 121с.