

На правах рукописи

Зрячев Сергей Александрович

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДИКИ ОРГАНИЗАЦИИ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ С
УЧЕТОМ СОГЛАСОВАННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

2.5.22. Управление качеством продукции.
Стандартизация. Организация производства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ульяновск - 2022

Работа выполнена в научно-исследовательском технологическом институте им. С.П. Капицы федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный университет».

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент **Ларин Сергей Николаевич**.

Официальные оппоненты:

Галкин Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», профессор кафедры «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов»;

Иващенко Антон Владимирович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, директор Передовой медицинской инженерной школы.

Ведущая организация:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань.

Защита состоится 5 октября 2022 года в 12:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.379.05, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», по адресу: 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» https://ssau.ru/files/resources/dis_protection/Zryachev_S_A_Razrabotka_modelej_i_metodiki.pdf.

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.379.05

Ерисов Я. А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современные возможности технического прогресса позволили в достаточной степени автоматизировать проектирование и производство в самолетостроении. Зарубежные и отечественные авиастроительные компании смогли добиться существенного прогресса в подготовке производства авиационной техники (АТ). Элементы автоматизации внедряются еще на стадии проектирования АТ.

С другой стороны, проблема автоматизации процессов поддержания летной годности (ПЛГ) и технического обслуживания и ремонта (ТОиР) АТ распространена глобально. В мире прогнозируется существенный рост производства АТ, а значит возрастет количество выполняемых работ ТОиР АТ.

Для повышения конкурентоспособности АТ российского производства на мировом рынке необходимы не только превосходство характеристик, но и полная автоматизация процессов ТОиР АТ для минимизации затрат на подготовку и проведение работ ТОиР как эксплуатантами АТ, так и операторами ТОиР АТ, а также для повышения качества ТОиР за счет анализа информации, возникающей в ходе процессов ТОиР АТ.

Степень разработанности темы. Организационные системы как часть организации производства были глубоко изучены такими учеными как Хаймович И.Н., Гришанов Г.М., Коптев А.Н. Морозов В.В., Кириченко А.С., Багриновский К.А., Волкович В.Л., Засканов В.Г., Croves T., Rander R. и другими.

Общие теоретические положения об автоматизации ТОиР АТ представлены в работах Andreas W., Thomas B., Roland M., Rodrigues V., Lavorato L. и др. Разработка и внедрение CALS технологий в ТОиР АТ подробно рассмотрены Ключковым В.В. и Братухиным А. Г. Информационная поддержка и сопровождение жизненного цикла (ЖЦ) АТ были изучены Бакаевым В.В.

Теоретические аспекты систем поддержки принятия решений (СППР) были изучены David A., Graham P. и Roger A.

Работа направлена на решение актуальных задач в области ТОиР АТ таких, как повышение качества планирования и выполнения работ, снижение затрат на все типы операций по ТОиР АТ.

Цель работы — повышение результативности взаимодействия организационных структур обслуживающего производства и производственных процессов за счет внедрения системы автоматизированного взаимодействия участников ПЛГ и ТОиР АТ.

Основные задачи исследования:

1. Провести анализ современных стандартов, регулирующих процессы ПЛГ и ТОиР АТ;
2. Провести анализ существующих организационных структур участников ПЛГ и ТОиР АТ;
3. Разработать модель согласованного взаимодействия в организационной системе ТОиР АТ;
4. Разработать модели принятия проектных решений руководителя и сотрудников отдела эксплуатации АТ (ЭАТ);

5. Провести расчет данных моделей на конкретном предприятии;
6. Разработать методику формирования базы знаний (БЗ) ПЛГ и ТОиР АТ;
7. На основе БЗ построить алгоритмы работы СППР ПЛГ и ТОиР АТ.

Область исследования соответствует п. 16 «Моделирование и оптимизация организационных структур и производственных процессов, вспомогательных и обслуживающих производств. Экспертные системы в организации производственных процессов» и п. 21 «Развитие теоретических основ и практических приложений организационно-технологической надежности производственных процессов. Оценка уровня надежности, адаптивности и устойчивости производства.» паспорта специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Объектом исследования является организация технического обслуживания и ремонта авиационной техники.

Предметом исследования являются механизмы и процессы взаимодействия в организации ТОиР АТ.

Научная новизна заключается в разработке структурного подхода к взаимодействию участников ПЛГ и ТОиР АТ, а также оптимизации выполнения задач ПЛГ и ТОиР АТ. Основные научные результаты, определяющие новизну проведенного исследования, состоят в следующем:

1. Разработана модель согласованного взаимодействия участников ТОиР АТ;
2. Разработана модель принятия проектных решений в области ТОиР АТ;
3. Разработана методика формирования БЗ ПЛГ и ТОиР АТ, необходимая для сбора, обработки, формализации знаний, формируемых в организационных структурах и задействованных в ПЛГ и ТОиР АТ;
4. Сформированы алгоритмы работы СППР ПЛГ и ТОиР АТ, позволяющие единовременно обрабатывать дефекты, возникающие в ходе эксплуатации и ТОиР АТ, а также единовременно формировать решения по устранению дефектов.

Практическая значимость исследования заключается в том, что полученные теоретические результаты позволяют:

1. Устранить противоречия, возникающие при взаимодействии участников процессов ТОиР АТ;
2. Формировать оптимальную стратегию проведения работ ТОиР АТ за счет использования БЗ и СППР ПЛГ и ТОиР АТ;
3. Формировать эффективные способы устранения дефектов в ходе оперативного обслуживания АТ за счет анализа эффективности выполнения работ единой распределенной организационной структурой ПЛГ и ТОиР АТ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Модель согласованного взаимодействия участников ТОиР АТ отличающаяся от существующих наличием новых обратных связей между производителем АТ и эксплуатантом АТ, а также между эксплуатантом АТ и оператором ТОиР АТ;
2. Модели принятия проектных решений в системе эксплуатации АТ, отличающиеся от существующих подходов к организации ТОиР АТ наличием целевых функций участников ТОиР АТ, их сотрудников и целевой функции руководителя эксплуатанта АТ, а также наличием ограничений на стимулирующие выплаты в данных целевых функциях;

3. Методика формирования базы знаний ПЛГ и ТОиР АТ, отличающаяся своевременным поступлением информации;

4. Алгоритмы работы информационной системы автоматизации ТОиР АТ, отличающиеся единовременностью передачи информации между участниками ТОиР АТ.

Апробация работы. Основные результаты диссертации были апробированы на научно-технических конференциях: XLIV Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения – 2018» г. Москва, XLV Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения – 2019» г. Москва, Всероссийская научная конференция по организации производства «Восьмые Чарновские чтения – 2019» г. Москва, 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2019» г. Москва, Международная молодёжная научная конференция «Гражданская авиация: XXI век» г. Ульяновск, 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2020» г. Москва. Было получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2021613564 «Интеллектуальное формирование технологических карт технического обслуживания и ремонта авиационной техники».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 3 работы в изданиях, входящих в перечень ВАК России, 2 работы в изданиях, индексируемых базой данных Scopus.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 132 наименований и включает 125 рисунков и 3 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, цели и задачи работы, показана краткая характеристика разделов диссертации и приведены основные результаты работ.

В первой главе произведен анализ текущих подходов к решению проблем организации производства и организационных систем. Рассмотрены существующие стандарты регулирующие процессы ПЛГ и ТОиР АТ в России и за рубежом. Рассмотрены существующие методы взаимодействия участников ПЛГ и ТОиР АТ, подходы к дальнейшему развитию ПЛГ и ТОиР АТ и средства автоматизации ТОиР АТ. Были выявлены противоречия, возникающие в ходе взаимодействия участников ТОиР АТ.

Противоречия между участниками возникают в связи с разницей в подходах к ПЛГ и ТОиР АТ, а также из-за разницы в целях работы предприятий.

Рассмотрим противоречия возникающие между участниками системы ТОиР АТ (рисунок 1).

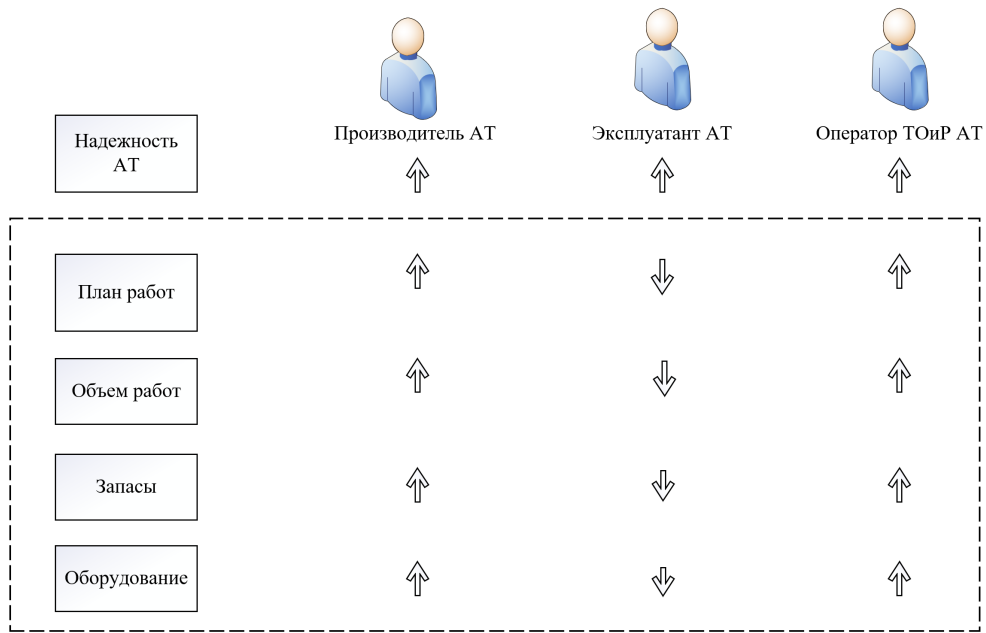


Рисунок 1 – Противоречия между участниками системы ТОиР АТ

План работ. Производители АТ и операторы ТОиР АТ заинтересованы в максимизации частоты выполнения работ ТОиР АТ, так как от количества и частоты выполняемых работ ТОиР АТ зависит их прибыль. В свою очередь ЭАТ старается минимизировать частоту выполнения работ ТОиР АТ в пределах, установленных эксплуатационной документацией (ЭД), при этом выдерживая потребный уровень надежности АТ.

Объем работ. Производители АТ и операторы ТОиР АТ заинтересованы в максимизации объемов работ выполняемых для ПЛГ АТ. Количество АТ и объем работ, выполняемых на данных АТ, прямо влияет на прибыль данных организаций. ЭАТ старается минимизировать объем выполняемых работ в пределах, устанавливаемых эксплуатационной документацией (ЭД) и законодательством в сфере ПЛГ и ТОиР АТ, с учетом выдерживания потребного уровня надежности флота АТ.

Запасы. Производитель АТ и оператор ТОиР АТ заинтересованы в максимизации запасов. Благодаря максимизации запасов производитель АТ увеличивает количество продаваемой продукции в виде деталей, агрегатов и узлов АТ. Оператор ТОиР АТ заинтересован в максимизации запасов запасных частей с целью уменьшения затрат времени и ресурсов на поиск необходимых компонентов при проведении работ ТОиР АТ. ЭАТ старается минимизировать складские запасы, такие как излишние запасы, которые прямо не влияют на безопасность полетов и общую надежность флота, но оказывают существенное влияние в виде затрат на хранение и обслуживания данных запасов.

Оборудование. Производитель АТ и операторы ТОиР АТ заинтересованы в максимизации объемов поставляемого оборудования. Производитель АТ таким образом повышает количество выпускаемой продукции. Оператор ТОиР АТ снижает затраты времени и ресурсов на поиск и доставку оборудования необходимого для проведения работ ТОиР АТ. ЭАТ старается минимизировать затраты на оборудование с учетом потребного уровня надежности флота АТ.

В ходе выполнения работ по ПЛГ и ТОиР АТ на предприятии «Волга-Днепр» было выявлено, что существует зависимость между надежностью АТ и надежностью информации. От своевременности, прозрачности, актуальности и качества информации зависит скорость и качество устранения дефектов, что влияет на техническую пунктуальность АТ, на основе чего рассчитывается надежность флота АТ.

При рассмотрении надежности информации было выявлено, что для каждого участника существуют противоречия между поступающей и передаваемой информацией (рисунок 2).

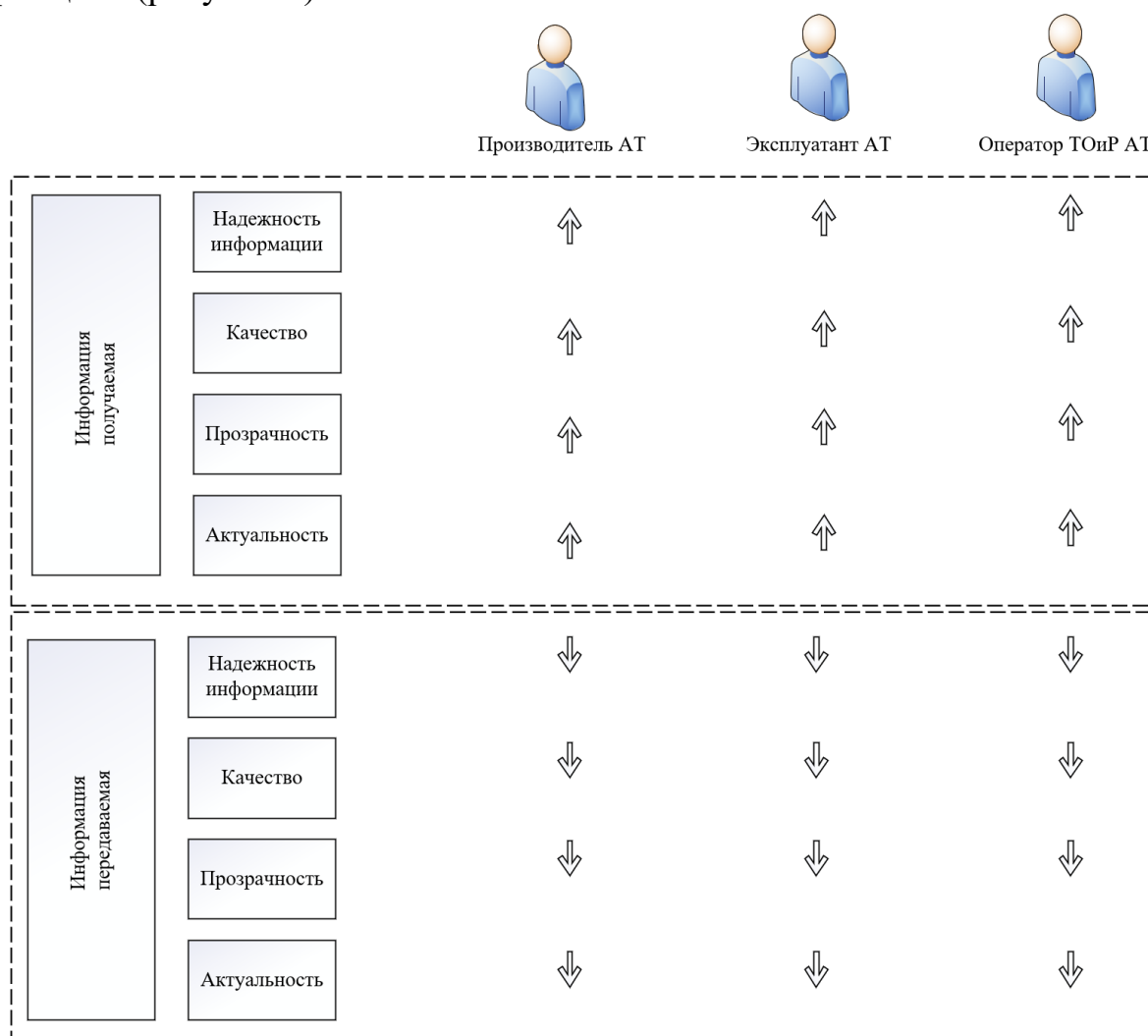


Рисунок 2 – Противоречия между участниками ТОиР АТ в надежности информации

Подходы при взаимодействии участников ТОиР и подходы к проведению ПЛГ и ТОиР АТ являются несовершенными по следующим причинам:

1. Существуют фундаментальные противоречия в подходах участников ТОиР АТ;
2. Каждый участник не заинтересован в затрате ресурсов на глубокий анализ и обработку формируемой им информации, но заинтересован, чтобы информация, поступающая от других участников, была максимально качественной;
3. Обмен информацией производится с задержками по маршруту: производитель АТ- эксплуатант АТ- оператор ТОиР АТ;

4. Центр сбора информации предоставляет производитель АТ, информация собирается не мгновенно, а с задержкой, зависящей от периода отчетности организаций, что существенно влияет на анализ эффективности проведения ПЛГ и ТОиР АТ;

5. Сбор информации непрозрачен;

6. Нет единой организационной структуры, ответственной за повсеместный анализ эффективности выполняемых работ ТОиР АТ и планирования работ ТОиР всего флота АТ, в режиме реального времени;

7. Нет единой БЗ ПЛГ и ТОиР АТ, операторы АТ и операторы ТОиР АТ формируют собственные БЗ на основе их собственного опыта, а также общих данных и отчетов из центра сбора информации производителя АТ.

В главе 2 произведена формализация задач диссертационного исследования. Представлены математические модели согласованного взаимодействия ресурсами.

Для нахождения оптимального финансирования разработана математическая модель метода согласованного управления ресурсами. Рассмотрим матричную структуру взаимодействия (рисунок 3).

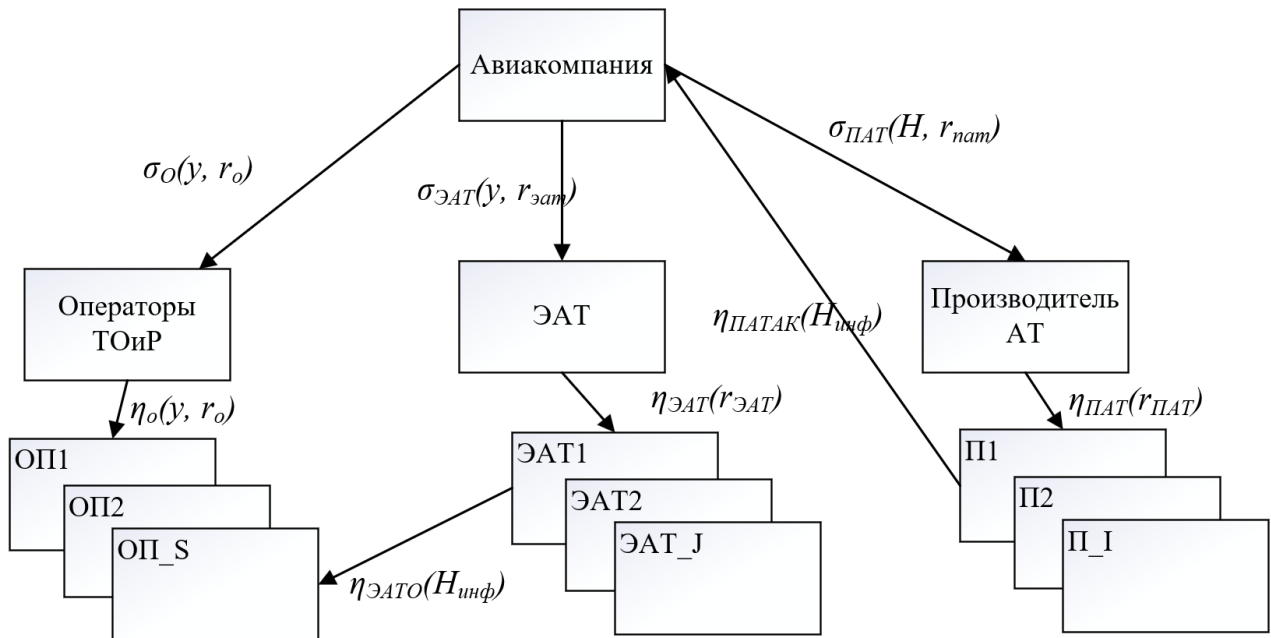


Рисунок 3 – Матричная структура взаимодействия в авиакомпании

Целевые функции участников организационной системы, представленной на рисунке 3, имеют вид:

$$\Phi_{AK}(\sigma_{ПАТ}(H, r_{ПАТ}), \sigma_{ЭАТ}(y, r_{ЭАТ}), \sigma_o(y, r_o), r_{ПАТ}, r_{ЭАТ}, r_o) \quad (1)$$

$$= D(H, y) - \sigma_{ПАТ}(H, r_{ПАТ}) - \sigma_{ЭАТ}(y, r_{ЭАТ}) - \sigma_o(y, r_o),$$

$$\Phi_{ПАТ}(\sigma_{ПАТ}(H, r_{ПАТ}), \eta_{ПАТ}(H, r_{ПАТ}), H, r_{ПАТ}) =$$

$$= \sigma_{ПАТ}(H, r_{ПАТ}) - \sum_{i=1}^m \eta_{ПАТ}^i(H, r_{ПАТ}^i) - C_{ПАТ}(r_{ПАТ}), \quad (2)$$

$$\Phi_{ЭАТ}(\sigma_{ЭАТ}(y, r_{ЭАТ}), \eta_{ЭАТ}(r_{ЭАТ}), y, r_{ЭАТ}) =$$

$$= \sigma_{ЭАТ}(y, r_{ЭАТ}) - \sum_{j=1}^n \eta_{ЭАТ}^j(r_{ЭАТ}^j) - C_{ЭАТ}(r_{ЭАТ}), \quad (3)$$

$$\Phi_o(\sigma_o(y, r_o), \eta_o(y, r_o), y, r_o) = \sigma_o(y, r_o) - \sum_{s=1}^S \eta_o^s(r_o^s) - C_o(r_o), \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
& f^i_{ПАТ}(\eta^i_{ПАТ}(r^i_{ПАТ}), \eta^i_{ПАТАК}(H_{инф}), H_{инф}, r^i_{ПАТ}) = \\
& = \eta^i_{ПАТ}(r^i_{ПАТ}) + \eta^i_{ПАТАК}(H_{инф}) - C^i_{ПАТ}(H_{инф}, r^i_{ПАТ}), \quad (5) \\
& \quad \quad \quad i \in I,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& f^j_{ЭАТ}(\eta^j_{ЭАТ}(r^j_{ПАТ}), \eta^j_{ЭАТО}(y, H_{инф}), y, H_{инф}, r^j_{ЭАТ}) = \\
& = \eta^j_{ЭАТ}(r^j_{ЭАТ}) + \eta^j_{ЭАТО}(y, H_{инф}) - C^j_{ЭАТ}(r^j_{ЭАТ}), j \in J, \quad (6)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& f^{sl}_O(\eta^s_O(y, r^s_O), y, r^{sl}_O) = \\
& = \eta^s_O(y, r^s_O) - C^{sl}_O(r^{sl}_O), s \in S, \quad (7)
\end{aligned}$$

где $D(H, y)$ – функция дохода организационной системы;

$\sigma_{ПАТ}(H, r_{ПАТ}), \sigma_{ЭАТ}(y, r_{ЭАТ}), \sigma_O(y, r_O)$ – бюджетные ресурсы, выделяемые производителю авиационной техники (ПАТ), отделу эксплуатации авиационной техники (ЭАТ) и операторам технического обслуживания и ремонта (О) со стороны руководителя организационной системы - авиакомпания (РОС);

$\eta_{ПАТ}(H, r_{ПАТ}), \eta_{ЭАТ}(r_{ЭАТ}), \eta_O(y, r_O)$, – функции стимулирования подразделений ПАТ, ЭАТ, О;

$\eta^i_{ПАТАК}(H_{инф})$ – функция стимулирования i -го ЭАТ со стороны ПАТ через авиакомпанию;

$\eta^j_{ЭАТО}(y, H_{инф})$ – функция стимулирования j -го О со стороны ЭАТ;

$\eta^s_O(y, r^s_O)$ – функция стимулирования сотрудников s -го О;

$C_{ПАТ}(r_{ПАТ}), C_{ЭАТ}(r_{ЭАТ}), C_O(r_O)$ – функции затрат ПАТ, ЭАТ, О;

$C^{sl}_O(r^{sl}_O)$ – функции затрат s -го сотрудника l -го подразделения;

H – положительный эффект: надежность АТ;

$H_{инф}$ – надежность информации;

y – количество АТ;

$r_{ПАТ}, r_{ЭАТ}, r_O$ – квалификация, соответственно, специалистов подразделений ПАТ, ЭАТ, О.

Предположим, что каждый из сотрудников подразделений ПАТ, ЭАТ, О выбирает решение в соответствии с принципом рационального поведения. Это означает, что каждый сотрудник при известных функциях стимулирования со стороны функциональных и производственных подразделений стремится своим выбором максимизировать свою целевую функцию: сотрудник подразделения ПАТ – целевую функцию (5), сотрудник подразделения ЭАТ – (6), сотрудник подразделения О – (7).

В общем виде задача решается с участием представителей из каждого подразделения. Для разработки системы ограничения введём упрощения. Модель задачи принятия решений руководителем ЭАТ:

$$\begin{aligned}
& \Phi_{ЭАТ}(\sigma_{ЭАТ}(y, r_{ЭАТ}), \eta_{ЭАТ}(r_{ЭАТ}), y, r_{ЭАТ}) = \\
& = \sigma_{ЭАТ}(y, r_{ЭАТ}) - \sum_{j=1}^n \eta^j_{ЭАТ}(r^j_{ЭАТ}) - \\
& \quad \quad \quad - C_{ЭАТ}(r_{ЭАТ}) \xrightarrow{y, r_{ЭАТ}} \max, \quad (8)
\end{aligned}$$

$$\sigma_{ЭАТ}(y, r_{ЭАТ}) = \beta_{ЭАТ} y^2 / 2r_{ЭАТ} + b_{ЭАТ} r_{ЭАТ}, \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n \eta^j_{ЭАТ}(r^j_{ЭАТ}) = \sum_{j=1}^J \beta_{ЭАТj} (r^j_{ЭАТ} - r^j_{ЭАТ0}), \quad (10)$$

$$\sigma_{\text{ЭАТ}}(y, r_{\text{ЭАТ}}) \geq \sum_{j=1}^n \eta_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j) + C_{\text{ЭАТ}}(r_{\text{ЭАТ}}), \quad (11)$$

$$r_{\text{ЭАТ}}^j \in R_{\text{ЭАТ}j},$$

$$j \in J.$$

Модель задачи принятия решений сотрудником отдела ЭАТ

$$f_{\text{ЭАТ}}^j(\eta_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ПАТ}}^j), \eta_{\text{ЭАТО}}^j(H_{\text{инф}}), y, H_{\text{инф}}, r_{\text{ЭАТ}}^j) =$$

$$= \eta_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j) + \eta_{\text{ЭАТО}}^j(H_{\text{инф}}) -$$

$$C_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j) \xrightarrow{y, H_{\text{инф}}, r_{\text{ЭАТ}}^j} \max, \quad (12)$$

$$\eta_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j) = \beta_{\text{ЭАТ}}^j y^2 / 2r_{\text{ЭАТ}}^j + b_{\text{ЭАТ}}^j r_{\text{ЭАТ}}^j, \quad (13)$$

$$\eta_{\text{ЭАТО}}^j(H_{\text{инф}}) = b_{\text{ЭАТОП}}^j (H_{\text{инф}}^j - H_{\text{0инф}}^j), \quad (14)$$

$$C_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j) = C_{\text{ЭАТО}}^j - b_{\text{ЭАТО}}^j (r_{\text{ЭАТ}}^j - r_{\text{ЭАТО}}^j), \quad (15)$$

$$\eta_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j) + \eta_{\text{ЭАТО}}^j(H_{\text{инф}}) \geq C_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j), \quad (16)$$

$$r_{\text{ЭАТ}}^j \in R_{\text{ЭАТ}j}, j \in J,$$

где $\beta_{\text{ЭАТ}}^j$ – коэффициент правильно принимаемых решений j -м специалистом ЭАТ;

$r_{\text{ЭАТ}}^j$ – уровень квалификации j -го специалиста ЭАТ;

$b_{\text{ЭАТ}}^j$ – коэффициент уровня квалификации j -го специалиста ЭАТ согласно сетке уровня квалификации;

$C_{\text{ЭАТ}}^j(r_{\text{ЭАТ}}^j)$ – затраты в качестве стимулирования на повышение квалификации j -го специалиста ЭАТ для работы с создаваемой информационной системой (ИС) с уточнением дефектов и своевременно получаемой информацией.

Для правильного расчёта по представленным формулам необходимо ввести значения исходных данных специалиста ЭАТ (таблица 1), которые связаны с уровнем квалификации каждого участника организационно-технической системы (ОТС).

Таблица 1 – Исходные данные для расчета математической модели принятия решений сотрудниками ЭАТ на предприятии «Волга – Днепр»

Обозначения	Числовое значение
$\beta_{\text{ЭАТ}}^j$	0,7
$r_{\text{ЭАТ}}^j$	0,2
$r_{\text{ЭАТО}}^j$	0,1
$b_{\text{ЭАТ}}^j$	0,3
$b_{\text{ЭАТО}}^j$	0,3
$b_{\text{ЭАТОП}}^j$	0,8
$\Delta H_{\text{инф}}$	0,2

Таблица 2 – Данные полученных в ходе расчетов на предприятии «Волга-Днепр»

	Бюджетные средства от РОС, $\eta^j_{\text{ЭАТ}}$	Согласование с сотрудниками другого подразделения, $\eta^j_{\text{ЭАТО}}$	Затраты на организацию работы в собственном подразделении, $C^j_{\text{ЭАТ}}$	Выгода сотрудников, $f^j_{\text{ЭАТ}}$
ЭАТ	0,0852	0,16	0,07	0,1752

Таким образом была сформирована матричная иерархическая структура управления, в которой учитывается взаимодействие между РОС и руководителями подразделения в системе ТОиР и ПЛГ АТ. Разработанные математические модели позволили устранить противоречия, возникающие при взаимодействии участников процессов ПЛГ и ТОиР АТ, что в дальнейшем позволяет перейти к моделированию непосредственно потоков данных и взаимодействию участников с целью повышения надежности АТ с учетом взаимодействия всех участников без возникновения противоречий.

В третьей главе рассматриваются вопросы создания методики формирования единой базы знаний ПЛГ и ТОиР АТ.

Рассмотрим принцип работы единой организационной структуры анализа ПЛГ и ТОиР АТ, которая будет взаимодействовать с созданной БЗ ПЛГ и ТОиР АТ. Между всеми организациями, организационные структуры которых задействованы в ПЛГ и ТОиР АТ (опытное-конструкторское бюро (ОКБ), ПАТ, О и ЭАТ), формируется виртуальная организационная структура анализа ПЛГ и ТОиР АТ. Каждая организация выделяет одного или нескольких специалистов, ведущих взаимодействие с подобными специалистами из других организаций. Данный специалист не обязательно является экспертом, его основной обязанностью является быть связующим звеном между экспертами предприятия, на котором он работает, с экспертами других предприятий через взаимодействие с подобными специалистами. Таким образом, достигается возможность анализа информации по всему флоту АТ одновременно всеми организационными структурами, задействованными в ПЛГ и ТОиР данного типа АТ, а также принятие общих решений путем взаимодействия через виртуальную организационную структуру.

Для взаимодействия организационных структур через предложенную виртуальную организационную структуру анализа ПЛГ и ТОиР АТ необходимы база данных (БД) и БЗ типа АТ.

Рассмотрим формирование единой БЗ (рисунок 4). Организационные структуры РОС, ЭАТ и О одновременно загружают в БД информацию, возникающую в ходе эксплуатации (замечания летной службы и объективного контроля), информацию по ПЛГ (изменения в ЭД, планирование и изменение программы ТОиР, решения по устранению дефектов, отчеты и нотификации надежности. Организационные структуры О загружают в БД информацию, такую как отчетность по проведенным работам и запросы на создание решений по устранению дефектов.

Автоматизированно загружается информация, поступающая от систем мониторинга АТ. Так как доступом к информации обладают и другие ЭАТ, и О, вся информация, загружаемая в БД, частично анонимизируется, удаляются данные по номерам и маршрутам рейсов, а также коды ЭАТ и О. Через специалистов распределенной организационной структуры эксперты, ответственные за ПЛГ и ТОиР АТ, получают необходимую информацию и производят ее совместный анализ.

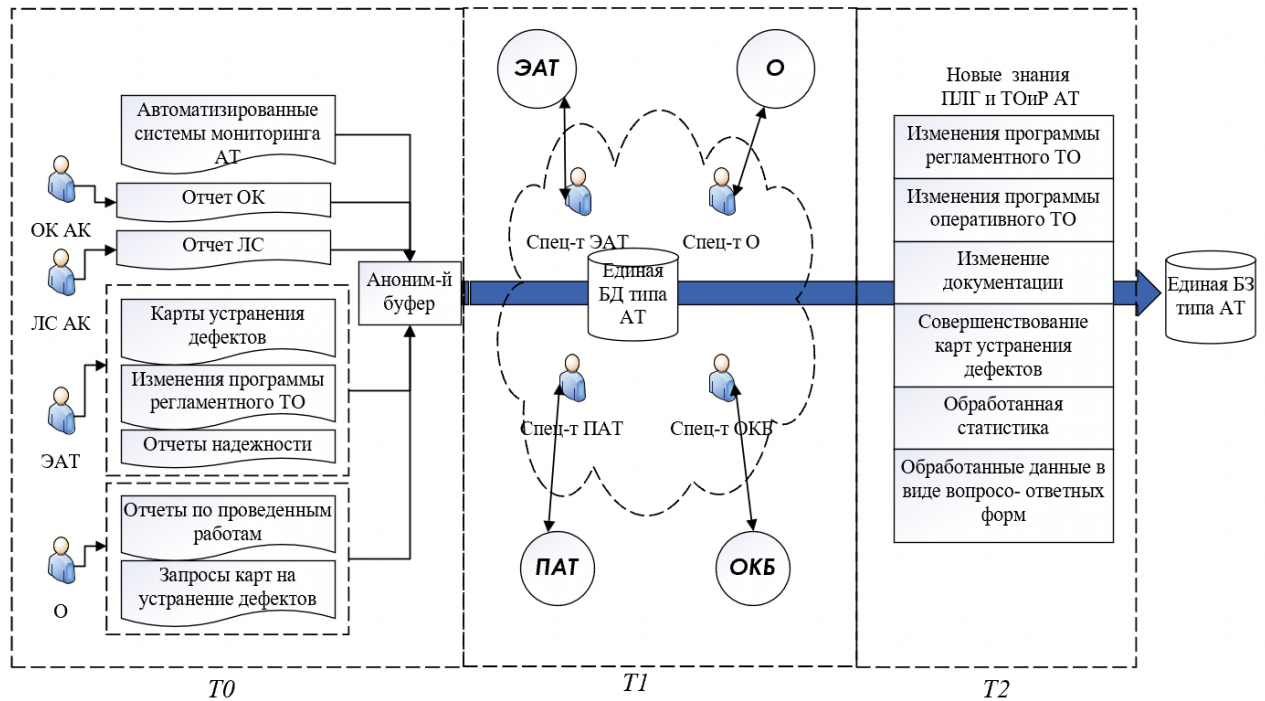


Рисунок 4 – Формирование БЗ типа АТ

В случае необходимости непосредственного взаимодействия между экспертами возможно взаимодействие между экспертами и документацией без привлечения специалиста распределенной организационной структуры. Единовременно производя анализ поступающей информации, эксперты формируют готовый экспертный анализ и решения, которые в последующем используются для автоматизации устранения дефектов, возникающих в ходе проведения работ по ПЛГ и ТОиР АТ. Анализ изменений производится всеми участниками, в случае появления бюллетеней промышленности и директив летной годности ЭАТ и О будут готовы к внедрению изменений. Формируется обработанный опыт по ПЛГ в виде вопросо-ответных форм, на основании которых в дальнейшем работает семантический поиск СППР ПЛГ и ТОиР АТ. Вся информация загружается в БЗ и используется в СППР ПЛГ и ТОиР АТ. Таким образом информация, формируемая в ходе эксплуатации и ТОиР АТ единовременно отправляется и обрабатывается. На основе данной информации единовременно формируются новые знания в области ПЛГ и ТОиР АТ, что позволяет сократить затраты времени на ожидание информации для последующего анализа и формирования решений по устранению дефектов.

В четвертой главе производится проектирование СППР ПЛГ и ТОиР АТ, а также проектирование программного продукта автоматизации ПЛГ ТОиР АТ и

анализ экономического эффекта от внедрения созданного в рамках диссертационного исследования программного комплекса «Интеллектуальное формирование технологических карт технического обслуживания и ремонта авиационной техники».

На основе созданной единой БЗ АТ формируется СППР ПЛГ и ТОиР АТ. Рассмотрим алгоритм работы с СППР ПЛГ и ТОиР АТ с точки зрения ЭАТ и организационных структур О (рисунок 5) (рисунок 6).

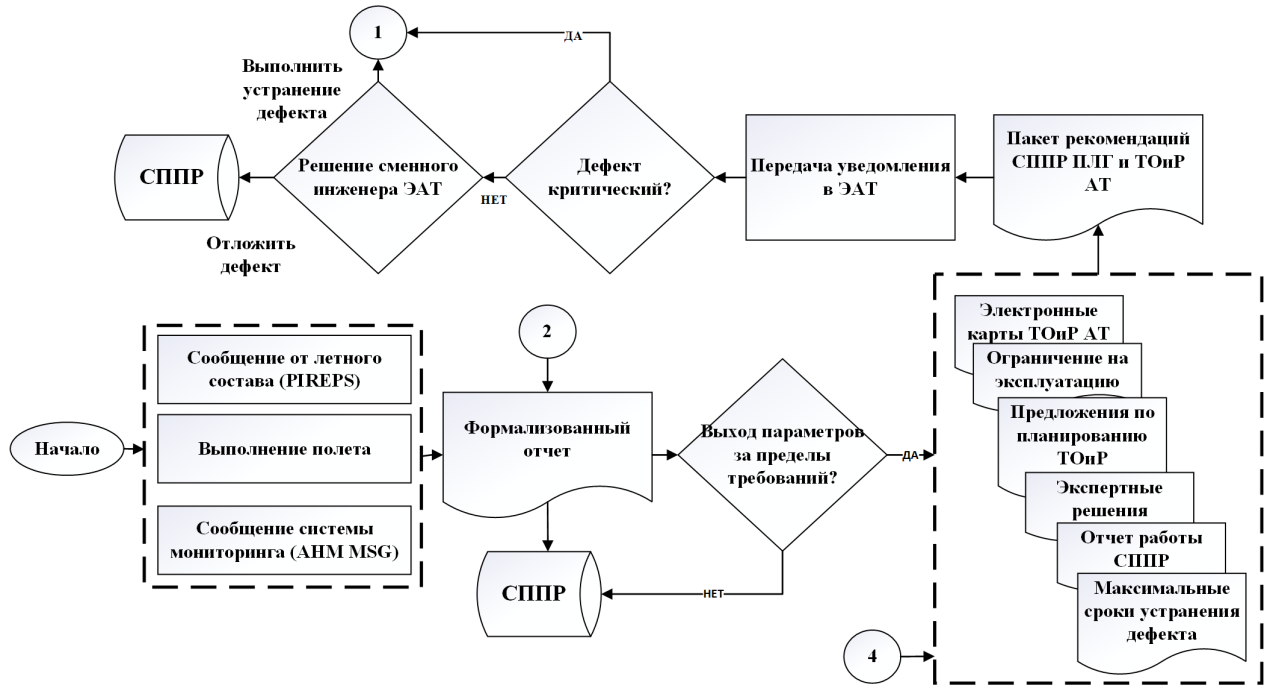


Рисунок 5 – Фрагмент алгоритма работы СППР ПЛГ и ТОиР АТ

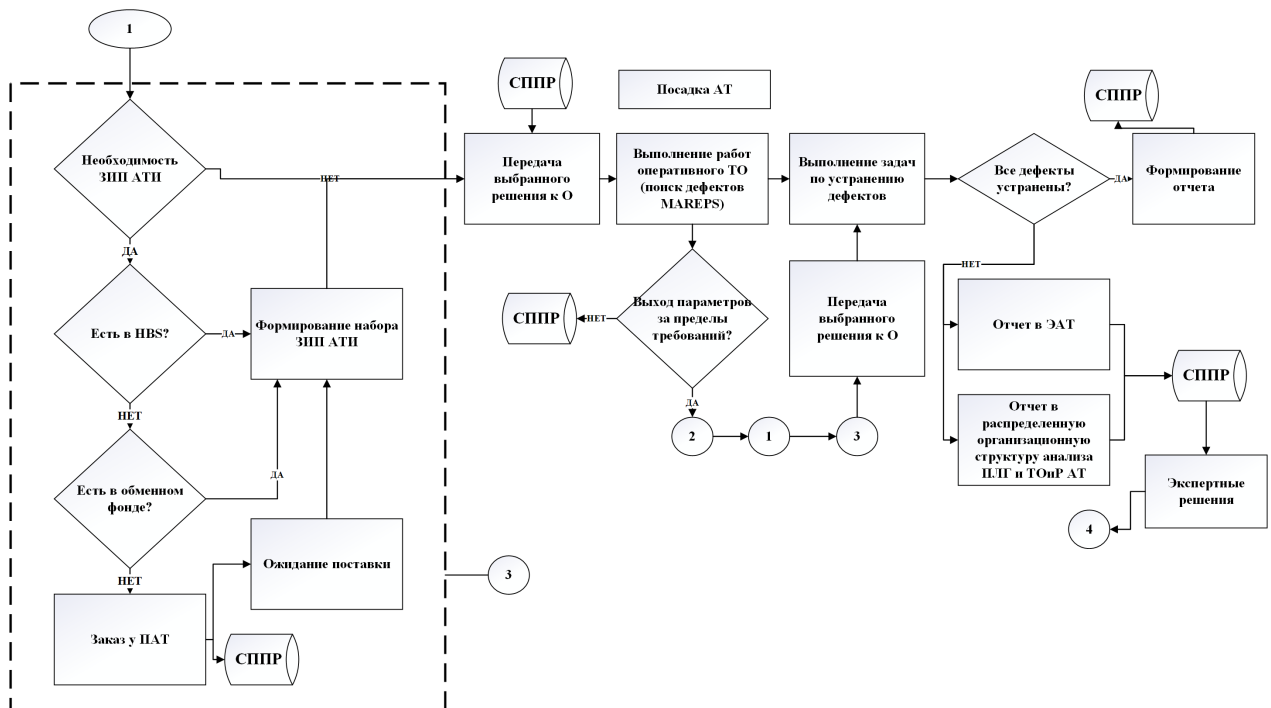


Рисунок 6 – Фрагмент алгоритма работы СППР ПЛГ и ТОиР АТ

В данном диссертационном исследовании рассматривается формирование части интерфейсных решений СППР ПЛГ и ТОиР АТ в виде отдельных модулей анализа ПЛГ флота АТ и автоматизации формирования карт ТОиР.

Основой модуля является классификатор дефектов, возникающих на флоте АТ. Классификатор основан на списках сообщений бортовых систем контроля. Отличием от данного списка является автоматизированное вычленение текста дефекта из записи в бортовом журнале, с дальнейшей формализацией на основе словаря, формируемого группой надежности ЭАТ, а также создание взаимосвязи между дефектами выявляемыми пилотами (PIREPS) и наземным обслуживающим персоналом (MAREPS). Группирование дефектов позволяет производить анализ результативности устранения не каждого отдельного дефекта, а всех связанных дефектов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработано математическое представление организационно-технической системы ТОиР АТ, обеспечивающее системный подход к анализу противоречий, возникающих между участниками ТОиР АТ, и позволяющее устранить существующие противоречия. Внедрение данных моделей позволило согласовать взаимодействие при обработке дефектов между ЭАТ и О, что позволило повысить надежность информации на 10%;

2. Разработана методика формирования базы знаний поддержания летной годности и технического обслуживания и ремонта авиационной техники, необходимая для сбора, обработки, формализации знаний, формируемых в организационных структурах, которые задействованы в поддержании летной годности и ТОиР АТ. Использование базы знаний позволило поэтапно и своевременно формировать новые знания одновременно всеми участниками задействованными в ТОиР АТ. Удалось сократить затраты времени на поступление информации всем участникам с целью дальнейшего анализа с 1 часа для оператора ТОиР АТ, 2 часов для эксплуатанта АТ и 4 часа для производителя АТ до 10 минут для всех участников за счет единовременности сбора информации и автоматизации обработки информации;

3. Сформированы алгоритмы построения информационной системы поддержки принятия решений поддержания летной годности и ТОиР АТ, позволяющие создавать единую систему поддержки принятия решений для всех организационных структур, ответственных за поддержание летной годности и техническое обслуживание и ремонт авиационной техники, а также для единой распределенной организационной структуры поддержания летной годности и технического обслуживания и ремонта авиационной техники;

4. Внедрение единой информационной системы позволило сократить затраты времени на подготовку к взаимодействию участников, задействованных в поддержании летной годности и ТОиР АТ на 15%, что позволило перераспределить временные ресурсы с учетом повышения непосредственного взаимодействия эксплуатанта АТ и оператора ТОиР АТ с целью устранения дефектов, возникающих на флоте АТ.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Зрячев, С.А. Состояние теории и практики технического обслуживания и ремонта авиационных компонентов [Текст] / С.А. Зрячев, С.Н. Ларин // Научно-технический вестник Поволжья. - 2018. - № 8. - С. 14-17.

2. Зрячев, С.А. Формирование моделей послепродажного обслуживания авиационной техники с целью автоматизации процессов технического обслуживания и ремонта авиационной техники [Текст] / С.А. Зрячев, С.Н. Ларин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2020. - Т. 22, № 5 (97). - С. 54-59. DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-5-54-59.

3. Зрячев, С.А. Разработка базы знаний послепродажного обслуживания авиационной техники [Текст] / С.А. Зрячев, С.Н. Ларин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2020. - Т. 22, № 5 (97). - С. 48-53. DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-5-48-53

В журналах, индексируемых в базе данных Scopus:

4. Zryachev S. Creation of a joint group and a decision support system to improve the after-sales support of civil aircraft [Текст] / Zryachev S., Larin S. // Journal of Physics: Conference Series. -2021. -Т. 1925, №1. DOI:10.1088/1742-6596/1925/1/012029

5. Zryachev, S. Creating a Decision Support System for After-Sales Support of Aircraft / S. Zryachev, S. Larin // Proceedings of the 7th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2021) : ICIE: International Conference on Industrial Engineering, Sochi, 17–21 мая 2021 года. – Челябинск: Springer, 2022. – P. 308-314. DOI 10.1007/978-3-030-85230-6_36

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ:

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021613564 Российская Федерация. Интеллектуальное формирование технологических карт технического обслуживания и ремонта авиационной техники : № 2021610395 : заявл. 11.01.2021 : опубл. 11.03.2021 / С. А. Зрячев, С. Н. Ларин.

В других изданиях:

7. Зрячев, С.А. Распределение стимулирования при согласовании интересов в системе технического обслуживания и ремонта авиационной техники [Текст] / С.А. Зрячев // Вестник Международного института рынка. - 2022. - №1. - С.156-161.

8. Зрячев, С.А. Состояние теории и практики принятия решений при синтезе и анализе авиастроительных производственных систем [Текст] / С.А. Зрячев // Гагаринские чтения - 2018. Сборник тезисов докладов XLIV Международной молодежной научной конференции. - М.: МАИ, 2018. - С. 94-95.

9. Зрячев, С.А. К вопросу о совершенствовании процесса послепродажного обслуживания авиационной техники [Текст] / С.А. Зрячев // Гагаринские чтения - 2019. Сборник тезисов докладов XLV Международной молодежной научной конференции. – М.: МАИ, 2019. - С. 102.

10. Зрячев, С.А. К вопросу о текущем положении технического обслуживания и ремонта авиационной техники [Текст] / С.А. Зрячев, С.Н. Ларин // Восьмые Чарновские чтения. Сборник трудов VIII Всероссийской научной конференции по организации производства. Форум современное предприятие и будущее России. Москва, 7-8 декабря 2018 г. – М.: НОЦ «Контроллинг и управленческие инновации» МГТУ им. Н.Э. Баумана; Высшая школа инженерного бизнеса, 2019. - С. 163-169.

11. Зрячев, С.А. Review of modern means of flight data analysis from aircraft manufacturers [Текст] / С.А. Зрячев, С.Н. Ларин // 18th International Conference "Aviation and Cosmonautics - 2019" Abstracts. Тезисы. - М.: МАИ, 2019. - С. 401-402.

12. Зрячев, С.А. Обзор современных средств анализа полётной информации от производителей авиационной техники [Текст] / С.А. Зрячев, С.Н. Ларин // 18-я Международная конференция "Авиация и космонавтика - 2019". Тезисы. - М.: МАИ, 2019. - С. 89-90.

13. Зрячев, С.А. Обзор функций программного обеспечения послепродажного обслуживания авиационной техники [Текст] / С.А. Зрячев, С.Н. Ларин // Гражданская авиация: XXI век: сборник материалов XI Международной молодежной научной конференции (18—19 апреля 2019г.). – Ульяновск: УИ ГА, 2019. С.127.

14. Зрячев, С.А. Разработка системы поддержки принятия решений послепродажного обслуживания авиационной техники [Текст] / С.А. Зрячев, С.Н. Ларин // 19-я Международная конференция "Авиация и космонавтика - 2020". Тезисы. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2020. С. 344.

15. Зрячев, С. А. Создание системы поддержки принятия решений для послепродажного обслуживания авиационной техники / С. А. Зрячев, С. Н. Ларин // Пром-Инжиниринг : труды VII всероссийской научно-технической конференции, 17–21 мая 2021 года. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. – С. 276-281.