

УДК 629.735.017.83

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПОДДЕРЖАНИЯ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

А.А. ИЦКОВИЧ, И.А. ФАЙНБУРГ, А.Р. АЛЕКСАНИН

В статье рассмотрены методологические аспекты программного управления процессами поддержания летной годности (ПЛГ) воздушных судов (ВС), решения задач формирования и корректировки гибких программ ПЛГ ВС с учетом реальных условий эксплуатации и технического состояния парка ВС эксплуатационного авиапредприятия (ЭАП).

Ключевые слова: воздушные суда, процессы поддержания летной годности, программное управление, базовая программа ПЛГ ВС для ожидаемых условий эксплуатации, гибкая программа ПЛГ ВС для реальных условий эксплуатации ЭАП, формирование и корректировка.

Минимально необходимые стандарты летной годности ВС содержатся в Приложении 8 к Конвенции о международной гражданской авиации (ГА). Требования указанного стандарта конкретизируются в «Руководстве по летной годности» Doc 9760 AN/967 ICAO.

Пункт 83 части I Приложения 8 к Конвенции о международной ГА возлагает на эксплуатанта обязательство обеспечить наличие утвержденной государством регистрации программы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) для использования в качестве руководящего документа персоналом служб технической эксплуатации и обеспечения полетов в соответствии с данной программой ТОиР. Программа ТОиР ВС должна содержать следующие материалы: работы по ТОиР и периодичность их выполнения с учетом предполагаемого использования ВС, программу сохранения целостности конструкции, процедуры изменения методов эксплуатации, описание процедур контроля состояния и программы контроля надежности систем, агрегатов и силовых установок ВС.

В мировой практике наблюдается тенденция отказа от капитального ремонта при эксплуатации ВС. Для самолетов российского производства, имеющих сертификат типа, программы ТОиР также не предусматривают капитального ремонта. В последние годы эта тенденция начала распространяться на самолеты, не имеющие сертификата типа и находящиеся на завершающем этапе эксплуатации. По парку этих самолетов накоплен опыт длительной эксплуатации в условиях поэтапного продления их ресурсов и сроков службы и выполнения капитальных ремонтов. В мировой практике при достижении самолетами срока службы более 14 лет их относят к «стареющему» парку ВС. Для таких типов самолетов начинают действовать созданные разработчиком и одобренные авиационной администрацией программы эксплуатации «стареющего» парка ВС (aging aircraft program). Их выполнение является обязательным для эксплуатантов, а целесообразность дальнейшей эксплуатации парка ВС является экономической составляющей такой программы.

В соответствии с рекомендациями ИКАО (Приложение 8 к Конвенции о международной ГА) государство разработчик должно создавать программу сохранения целостности конструкции для обеспечения летной годности ВС. В Руководстве по ПЛГ ИКАО (Doc 9760) содержатся рекомендации по содержанию программы сохранения целостности конструкции, которая должна включать: дополнительные проверки, мероприятия по предотвращению коррозии, доработки конструкции. Анализ целостности конструкции должен подтверждаться результатами испытаний и эксплуатации с оценкой эксплуатационных спектров нагрузок и их распределения в конструкции. Режимы контроля должны учитывать разброс в сроках до образования трещин и в скорости их распространения. Устанавливаются срок первой проверки, периодичность проверок и, если необходимо, сроки замен.

Учитывая, что большинство самолетов, составляющих основу парка ВС России, имеют средний срок службы более 15 лет, аналогичный подход к «стареющим» самолетам действует и в России. В нормативных документах МАК (АП25-571, МОС25-571) предусмотрено, что обеспечение безопасности конструкции ВС по условиям прочности при длительной эксплуатации закладывается на основе принципов допустимости повреждения, безопасного повреждения и безопасного ресурса (срока службы).

Управляемым процессом ПЛГ ВС является любая деятельность по ПЛГ, использующая ресурсы и управляемая для обеспечения способности превращать входящие элементы в выходящие (рис. 1). Деятельность по ПЛГ ВС охватывает комплекс мер, посредством которых обеспечивается соответствие всех ВС действующим требованиям лётной годности и их поддержание в состоянии, необходимом для безопасной эксплуатации на протяжении эксплуатационного срока службы (поправка 102 ИКАО к Приложению 8 к Конвенции о международной ГА). Совокупность взаимосвязанных управляемых процессов ПЛГ ВС образует последовательную во времени смену состояний процесса ПЛГ в соответствии с принятой стратегией.

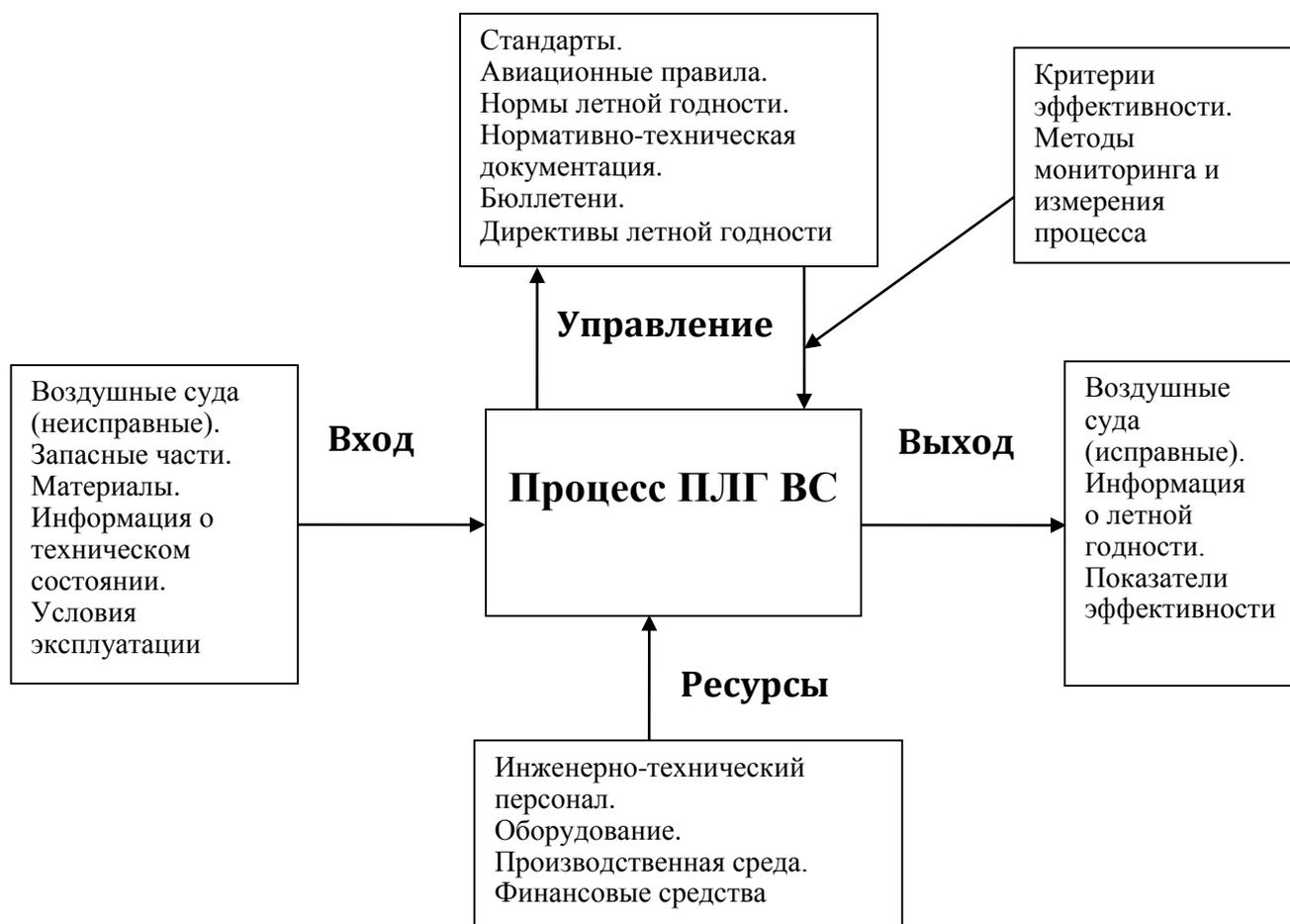


Рис. 1. Управляемый процесс ПЛГ ВС

Управление процессами ПЛГ ВС - выработка и осуществление целенаправленных управляющих воздействий на процессы (объекты) ПЛГ ВС, ориентированных на сохранение соответствия ВС действующим требованиям к лётной годности.

В опубликованных работах [1; 2] рассмотрены виды программного управления процессами ПЛГ ВС, основанные на наиболее эффективных стратегиях и режимах ПЛГ ВС, назначаемых с

учетом принципов проектирования, конструктивно-эксплуатационных свойств объектов и условий эксплуатации ВС, и показано место программы ПЛГ ВС в программе эксплуатации ВС.

Программное управление процессами ПЛГ ВС - управление процессами ПЛГ ВС по заранее заданной программе. Программное управление процессами ПЛГ ВС реализуется по разомкнутой и замкнутой схемам. К разомкнутой схеме управления может быть отнесена традиционная стратегия ПЛГ ВС по наработке (до выработки ресурса), основанная на выполнении профилактических работ фиксированного объема через заранее заданные интервалы календарного времени или наработки. При замкнутой схеме управления (с обратной связью) реализуются стратегии ПЛГ ВС по состоянию с контролем параметров (до предотказового состояния) и с контролем уровня надежности (до безопасного отказа).

Программа ПЛГ ВС представляет собой совокупность программ: сохранения целостности конструкции, доработок и директив летной годности; управления режимами ПЛГ и установления ресурсов и сроков службы АТ; сертификации экземпляра ВС и организаций по ТООиР; мониторинга летной годности и оценки эффективности процессов ПЛГ ВС, обеспечивающих соответствие всех ВС действующим требованиям летной годности и их поддержание в состоянии, необходимом для безопасной эксплуатации на протяжении эксплуатационного срока службы.

Управляемый процесс ПЛГ ВС имеет иерархическую структуру (табл. 1).

Таблица 1

Иерархическая структура процесса ПЛГ ВС

Уровни управления U_i , состояния парка ВС S_j					Состояния процесса ПЛГ ВС		
U_0	U_1	U_2	U_3	S_j	Обозначение	Наименование состояний ВС	
$U_0 = \{S_0\}$	$U_1 = \{S_0 \cup S_1\}$	$U_2 = \{S_0 \cup S_1 \cup S_2\}$	$U_3 = \{S_0 \cup S_1 \cup S_2 \cup S_3\}$	S_0	К-рейс	П	В полете
						ЕР	Обеспечение вылета в рейсе
ВР	Восстановление повреждений в рейсе						
МР	Простои по метео и другим запретам в рейсе						
S_1	Г			В резерве			
	А			Исправные, не используемые			
	М			Простои по метео и другим запретам			
	Е			Обеспечение вылета			
S_2	ТО			Техническое обслуживание			
	З			Отсутствие запасных частей			
	Дв	Отсутствие двигателей					
	Д	Доработки по бюллетеням					
	Ж	Рекламации промышленности					
	В	Восстановление повреждений					
	Пр	Продление ресурсов и сроков службы					
	Э	Сертификация экземпляра ВС					
S_3	Л	Расследование происшествий					
	МЛГ	Мониторинг летной годности					
	ОР	Ожидание ремонта					
	РК	Ремонт капитальный					
	ЖР	Рекламации ремонтным заводам					
	С	Списание ВС					

Уровни управления: рейс U_0 , оперативный цикл U_1 , периодический цикл U_2 , ремонтный цикл U_3 . Состояния парка ВС: исправные в рейсе S_0 , исправные в ЭАП S_1 , неисправные в ЭАП S_2 , неисправные в авиаремонтном предприятии S_3 . Состояния парка ВС соответствуют форме № 34 государственной статистической отчетности по распределению календарного фонда времени парка ВС и дополнительным состояниям, введенным авторами (выделены курсивом в табл. 1) [3].

Программа ПЛГ ВС является составной частью программы эксплуатации ВС, структура которой определяется с учетом требований нормативных документов ИКАО, МАК, Российской Федерации и обобщения международного и отечественного опыта эксплуатации ВС и результатов исследований в области эксплуатации и ПЛГ ВС [2].

Повышение эффективности программы ПЛГ ВС требует приведения в соответствие (адаптации) программы к условиям эксплуатации конкретных эксплуатационных авиапредприятий (ЭАП). Решение этой проблемы связано с переходом от статических (жестких) к динамическим (гибким) формам управления процессами ПЛГ ВС. При этом возрастает роль текущей (апостериорной) информации об изменении условий эксплуатации и технического состояния парка ВС ЭАП в системе управления процессами ПЛГ ВС. Для оценки эффективности программы ПЛГ ВС используется система показателей эффективности процессов ПЛГ ВС, включающая показатели безотказности авиационной техники и безопасности полетов, регулярности полетов, интенсивности использования ВС и экономичности процессов ПЛГ ВС [3 - 6].

Применение в производственной деятельности ЭАП современных информационных технологий, методов моделирования, мониторинга и оптимизации процессов ПЛГ ВС дает возможность для индивидуализации программ ПЛГ ВС в зависимости от численности парка ВС, его технического состояния, конструктивно-эксплуатационных свойств ВС, реальных условий эксплуатации и уровня развития производственной базы ЭАП.

Использование этих возможностей позволяет адаптировать базовую программу, созданную разработчиком ВС для ожидаемых условий эксплуатации, к реальным условиям эксплуатации ЭАП, превратив ее в гибкую программу ПЛГ ВС. Базовая (жесткая) программа ПЛГ ВС создается на основе априорной информации о ВС предшествующих поколений (априорный анализ и синтез процессов ПЛГ ВС). Базовую программу ПЛГ ВС можно разделить на общую (сертифицированную) и дифференцированную (не сертифицированную) части (рис. 2). Общая часть включает минимально-необходимый перечень работ по ТОиР, характерных для всего парка ВС и предназначенных для обеспечения безопасности полетов. Дифференцированная часть содержит переменную часть работ, характерных для широкого спектра условий эксплуатации ЭАП.

Гибкая программа ПЛГ ВС создается на основе базовой программы ПЛГ ВС с использованием апостериорной информации (апостериорный анализ и синтез процессов ПЛГ ВС). В состав гибкой программы ПЛГ ВС входят групповая и индивидуальная части, отражающие потребности парка ВС конкретного ЭАП и индивидуальные потребности конкретного экземпляра ВС в ТОиР в реальных условиях эксплуатации.

Формирование гибкой программы ПЛГ ВС базируется на принципах системного анализа: целенаправленности, комплексности, многовариантности, динамичности и гибкости.

Целенаправленность программы ПЛГ ВС обеспечивается определением главной цели программы, ее последующей дифференциацией в виде иерархической системы целей подпрограмм, выбора показателей эффективности в точном соответствии с установленными целями. Главной целью программы ПЛГ ВС является поддержание и восстановление исправности и работоспособности ВС, его функциональных систем и элементов для обеспечения безопасности и регулярности полетов, интенсивности использования ВС при минимальных трудовых и материальных затратах на ПЛГ ВС.

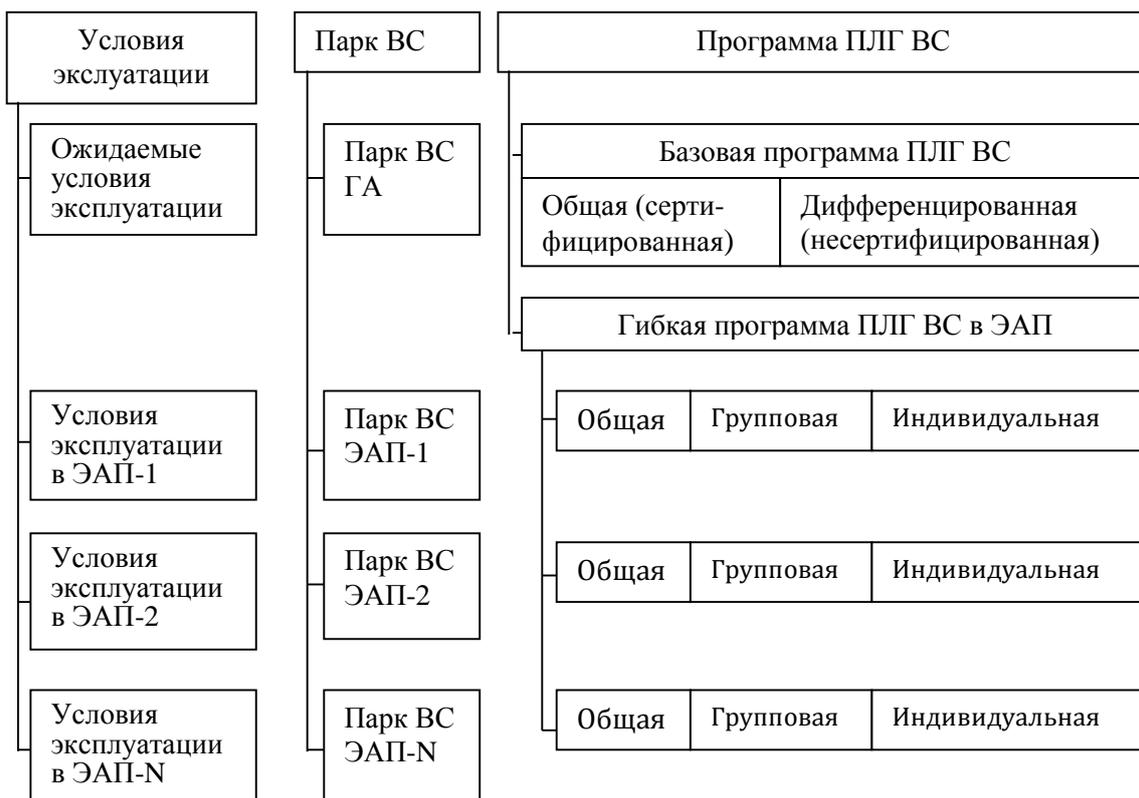


Рис. 2. Связь базовой и гибкой программ ПЛГ ВС

Многоцелевой характер программы ПЛГ ВС определяет возможность двух видов постановки задач оптимизации: многокритериальной и условной однокритериальной оптимизации. При многокритериальной постановке задачи в качестве критериев оптимизации применяются показатели безопасности полетов, регулярности отправок, интенсивности использования, затрат времени, труда и средств на ПЛГ ВС. При однокритериальной постановке задачи критерий оптимизации выбирается из числа показателей эффективности программы, остальные показатели эффективности могут использоваться в качестве ограничений [7].

Комплексность подхода к оптимизации программ ПЛГ ВС заключается в построении программы ПЛГ ВС на основе рационального сочетания различных стратегий и режимов ПЛГ ВС функциональных систем и их элементов, обеспечивающих экстремальное значение целевой функции в соответствии с принятым критерием оптимизации и ограничениями.

Многовариантность проработки программ осуществляется путем формирования совокупности альтернативных вариантов программ ПЛГ функциональных систем на основе количественной оценки конструктивно-эксплуатационных свойств элементов.

Оптимизация программы ПЛГ ВС осуществляется с учетом динамического характера процесса ПЛГ ВС: изменение численности парка ВС, межремонтных ресурсов, технического состояния ВС (старение объекта) в процессе эксплуатации в течение всего жизненного цикла.

Гибкость программа ПЛГ ВС осуществляется на основе апостериорного анализа и синтеза процессов ПЛГ ВС.

При формировании гибкой программы в качестве управляющих воздействий используются стратегии и режимы ПЛГ ВС, методы организации ТОиР, конструктивно-эксплуатационные свойства авиационной техники, параметры условий эксплуатации, автоматизация и механизация технологических процессов.

Программное управление процессами ПЛГ ВС (рис. 3) содержит два контура [1]:

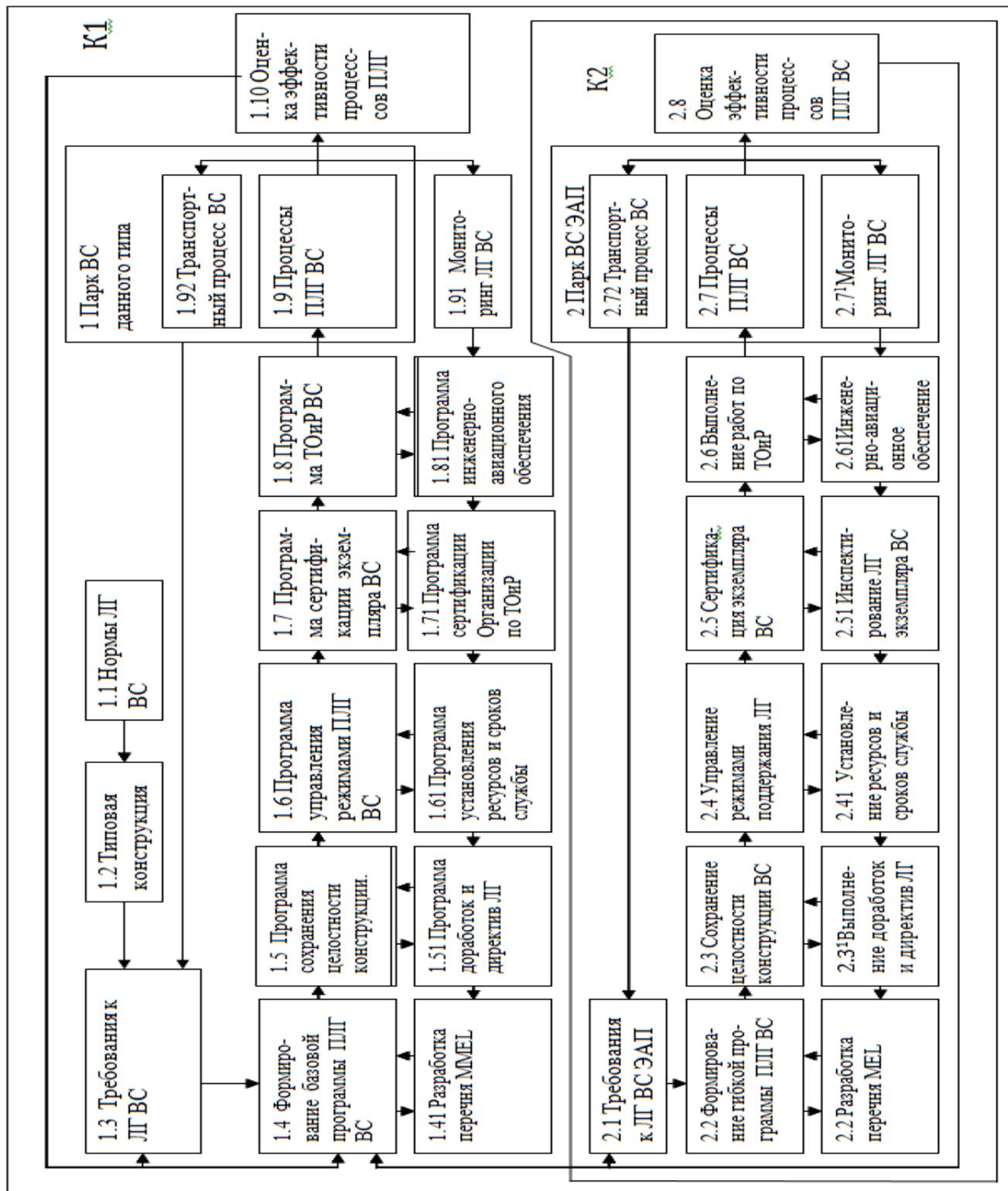


Рис. 3. Схема программного управления процессами ПЛГ ВС

Контур К1 предназначен для формирования базовой программы ПЛГ ВС (блок 1.4), перечня минимального оборудования MMEL (блок 1.41), а также разработки совокупности подпрограмм: сохранения целостности конструкции (блок 1.5), доработок и директив ЛГ (блок 1.51), управления режимами ПЛГ (блок 1.6) и установления ресурсов и сроков службы (блок 1.61), сертификации экземпляра ВС (блок 1.7) и сертификации Организации по ТОиР (блок 1.71), ТОиР ВС (блок 1.8) и инженерно-авиационного обеспечения (блок 1.81). При использовании

рассмотренных программ в процессе ПЛГ ВС осуществляется мониторинг летной годности (блок 1.9¹) и оценка эффективности процессов ПЛГ ВС (блок 1.10), обеспечивающие обратную связь для корректировки базовой программы.

Контур К2 предназначен для формирования гибкой программы ПЛГ ВС и перечня минимального оборудования MEL авиапредприятия (блок 2.2¹) на основе базовой программы ПЛГ ВС (блок 1.4) и перечня минимального оборудования MMEL (блок 1.4¹), с учетом требований транспортного процесса парка ВС ЭАП (блок 2.7^{II}) и предусматривает реализацию гибкой программы ПЛГ ВС, в том числе сохранение целостности конструкции (блок 2.3) и выполнение доработок и директив летной годности (блок 2.3¹), сертификацию экземпляра ВС (блок 2.5), инспектирование летной годности экземпляра ВС (блок 2.5¹), выполнение работ по ТОиР (блок 2.6) и инженерно-авиационному обеспечению (блок 2.6¹), ПЛГ парка ВС ЭАП (блок 2.7), мониторинг летной годности парка ВС ЭАП (блок 2.7¹), оценку эффективности процессов ПЛГ ВС (блок 2.8) и инженерно-авиационного обеспечения (блок 2.8¹).

Обобщение опыта применения эффективных программ ПЛГ ВС и оценка их эффективности приведены в работах [2, 6].

Таким образом, методологические основы программного управления позволяют на этапе эксплуатации дифференцированно для разных ЭАП решать задачи создания и корректировки гибких (групповых и индивидуальных) программ ПЛГ ВС.

На этапе проектирования на основе априорной информации обеспечивается формирование базовой программы ПЛГ ВС для ожидаемых условий эксплуатации с использованием основных положений по разработке требований к плановому техническому обслуживанию, содержащихся в документе MSG-3 (Maintenance Steering Group – 3).

На этапе эксплуатации по мере накопления апостериорной информации о техническом состоянии парка ВС и реальных условиях эксплуатации в ЭАП на основе базовой программы с использованием современных информационных технологий [8] производится формирование и корректировка гибкой программы ПЛГ ВС ЭАП. Обобщение опыта эксплуатации парка ВС в разных ЭАП позволяет осуществить корректировку базовой программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Файнбург И.А. Программное управление процессами поддержания летной годности воздушных судов в центрах технического обслуживания и ремонта авиационной техники // Современные научно-технические программы транспорта. Сб. науч. тр. IV междунар. научно-технич. конф. 11-13 октября 2007 г. Ульяновск: УВАУ ГА, 2007. С. 184 - 186.

2. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Обобщения опыта применения эффективных программ поддержания летной годности воздушных судов в центрах технического обслуживания и ремонта авиационной техники // Научный Вестник МГТУ ГА. 2011. № 173. С. 7 - 9.

3. Файнбург И.А. Оценка и нормирование показателей эффективности процесса поддержания летной годности воздушных судов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2011. № 123. С. 25 - 32.

4. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Показатели эффективности процессов поддержания летной годности воздушных судов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2012. № 178. С. 21 - 26.

5. Ицкович А.А., Чинючин Ю.М., Смирнов Н.Н., Файнбург И.А. Оценка эффективности программ поддержания летной годности ВС в центрах технического обслуживания и ремонта авиационной техники // Научный Вестник МГТУ ГА. 2013. № 197. С. 5 - 10.

6. Шапкин В.С., Ицкович А.А., Семин А.В., Файнбург И.А. Анализ эффективных программ поддержания летной годности самолета Ту-154М в центре технического обслуживания и ремонта на основе прогрессивных технологий // Научный Вестник МГТУ ГА. 2008. № 130. С. 7 - 9.

7. Ицкович А.А., Файнбург И.А. Логистические аспекты оптимизации программ поддержания летной годности воздушных судов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 205. С. 16 - 21.

8. Алексанян А.Р., Ицкович А.А., Файнбург И.А. Интегрированная логистическая поддержка формирования процедур поддержания летной годности воздушных судов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 205. С. 22 - 27.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF SOFTWARE PROCESSES MANAGEMENT OF THE AIRWORTHINESS OF AIRCRAFT

Itskovich A.A., Faynburg I.A., Aleksanyan A.R.

The article considers methodological aspects of software processes management of the airworthiness of the aircraft, solving problems of the formation and correction of flexible programs of the airworthiness of the aircrafts taking into account the actual operating conditions and the technical condition of the airline fleet.

Keywords: aircraft, processes of the airworthiness maintenance, the program management, basic program for airworthiness of aircraft for the expected operating conditions, flexible programs of the airworthiness of the aircraft for the actual operating conditions of the airline fleet, formation and correction.

REFERENCES

- 1. Fajnburg I.A.** Programmnoe upravlenie protsessami podderzhaniya letnoj godnosti vozdushnykh sudov v tsestrakh tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta aviatsionnoj tekhniki. *Sovremennye nauchno-tekhnicheskie programmy transporta. Sb. nauch. tr. IV mezhdunar. nauch.-tekhnich. konf. 11-13 oktjabrja 2007 g.* Ul'janovsk: UVAU GA, 2007. Pp. 184-186. (In Russian).
- 2. Itskovich A.A., Fajnburg I.A.** Obobshheniya opyta primeneniya effektivnykh programm podderzhaniya letnoj godnosti vozdushnykh sudov v tsestrakh tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta aviacionnoj tekhniki. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA.* 2011. № 173. Pp. 7 - 9. (In Russian).
- 3. Fajnburg I.A.** Otsenka i normirovanie pokazatelej effektivnosti protsessov podderzhaniya letnoj godnosti vozdushnykh sudov. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA.* 2011. № 123. Pp. 25 - 32. (In Russian).
- 4. Itskovich A.A., Fajnburg I.A.** Pokazateli effektivnosti protsessov podderzhaniya letnoj godnosti vozdushnykh sudov. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA.* 2012. № 178. Pp. 21 - 26. (In Russian).
- 5. Itskovich A.A., Chinyuchin Yu.M., Smirnov N.N., Fajnburg I.A.** Otsenka effektivnosti programm podderzhaniya letnoj godnosti VS v tsestrakh tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta aviatsionnoj tekhniki. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA.* 2013. № 197. Pp. 5 - 10. (In Russian).
- 6. Shapkin V.S., Itskovich A.A., Semin A.V., Fajnburg I.A.** Analiz effektivnykh programm podderzhaniya letnoj godnosti samoleta Tu-154M v tsestre tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta na osnove progressivnykh tekhnologij. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA.* 2008. №130. Pp. 7 - 9. (In Russian).
- 7. Itskovich A.A., Fajnburg I.A.** Logisticheskie aspekty optimizatsii programm podderzhaniya letnoj godnosti vozdushnykh sudov. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA.* 2014. № 205. Pp. 16 - 21. (In Russian).
- 8. Aleksanjan A.R., Itskovich A.A., Fajnburg I.A.** Integrirovannaja logisticheskaja podderzhka formirovaniya protsedur podderzhaniya letnoj godnosti vozdushnykh sudov. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA.* 2014. № 205. Pp. 22 - 27. (In Russian).

Сведения об авторах

Ицкович Александр Абрамович, 1934 г.р., окончил УАИ (1957), профессор, доктор технических наук, профессор кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей МГТУ ГА, автор более 280 научных работ, область научных интересов - эксплуатационная надежность и эффективность эксплуатации авиационной техники, управление процессами поддержания летной годности летательных аппаратов, интегрированная логистическая поддержка.

Файнбург Инна Александровна, окончила МИИВТ (1989), доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей МГТУ ГА, автор более 60 научных работ, область научных интересов - управление процессами технической эксплуатации и поддержания летной годности летательных аппаратов, интегрированная логистическая поддержка.

Алексян Армен Размикевич, 1976 г.р., окончил МАИ (2007), кандидат технических наук, специалист департамента послепродажного обслуживания гражданской АТ ОАО «Объединённая авиастроительная корпорация (ОАК)», автор 19 научных работ, область научных интересов – поддержание лётной годности воздушных судов.