

УДК 338.2.65.290-2

Е.А. ДРУЖИНИН, О.К. ПОГУДИНА, С.А. ЯШИН

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СТАДИЙ И ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РАЗРАБОТКИ СВЕРХЛЕГКИХ И ЛЕГКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Предложена модель последовательного перехода состояний летательного аппарата от первоначальной идеи до утвержденной типовой конструкции. Проведена системная увязка этих состояний со стадиями, этапами и перечнями работ для упорядочивания взаимодействия разработчика и контролирующих органов в процессе разработки и последующей сертификации данного вида техники.

регулярные схемы сети процессов, сверхлегкие и легкие летательные аппараты, характеристики элементов продукта

Введение

В последнее время в мире наблюдается устойчивая тенденция роста количества разработок и численности сверхлегких и легких летательных аппаратов (ЛА). Эти процессы имеют место и в Украине. Появилось много авиафирм, которые разрабатывают и изготавливают сверхлегкие и легкие ЛА. Вследствие работы этих фирм в Украине появилось много ЛА разного качества и низкой степени испытанности и доведенности. Владельцы таких ЛА используют их не только для клубных полетов, но делают настойчивые попытки их коммерческого использования в областях авиационно-химических работ, аэрофотосъемки, прогулочном катании пассажиров. Но низкий уровень качества таких ЛА и слабый уровень их летной доведенности отрицательно влияют на состояние безопасности полетов, что приводит к высокому уровню аварийности. Актуальной задачей является улучшение качества работ малых авиафирм. Одним из основных путей решения этой задачи является проведение системного анализа стадий, этапов и работ жизненного цикла разработки и производства такой техники, а также разработка механизмов взаимодействия разработчика и контролирующих органов на основных стадиях жизненного цикла, в первую очередь – разработки.

1. Логико-алгоритмические модели описания сети процессов разработки ЛА

Язык регулярных схем сети процессов (РССП), предложенный в работе [1], позволяет описывать в форме символьной строки модели комплекса работ любой сложности. Рассмотрим базис языка РССП:

$$\text{Basis}^{\text{РССП}} = \langle Y, X, \text{Res}, \text{Ev}, R, T \rangle, \quad (1)$$

где Y – алгебра работ; X – алгебра условий; Res – алгебра результатов; Ev – алгебра событий; R – алгебра ресурсов; T – системное время.

Алгебра работ представлена в виде:

$$Y = \left\langle Y_i, e, \emptyset, \dot{Y}, \hat{Y}, \check{Y}, \overset{*}{Y}, \overset{\times}{Y} \right\rangle, \quad (2)$$

где Y_i – одна либо комплекс работ, e – тождественная работа, \emptyset – пустая работа, \dot{Y} – последовательное выполнения работ; \hat{Y} – параллельное выполнение работ без условий разветвления; \check{Y} – параллельное выполнение комплекса работ с выбором одного из них в зависимости от условия x_k ; $\overset{*}{Y}$ – итеративные процессы (возвратный переход в модели работ проекта), осуществляемый на определенном условии; $\overset{\times}{Y}$ – событийно-иницируемый процесс. Данные операции служат для отображения

логических связей между работами проекта.

Согласно [2], работы по подтверждению соответствия должны быть спланированы как составная часть работ по созданию ЛА. Для этого необходимо разработать алгоритм объединения работ, выполняемых разными организациями, при условии равенства входных условий, необходимых для начала работ контроля и результатов работ, полученных после разработки промежуточных моделей ЛА. В работе [3] промежуточные результаты комплекса работ по разработке и производства авиационной техники представлены как состояния. Определены 15 состояний, в которые трансформируется ЛА в процессе создания:

- 1) состояние потребности;
- 2) формулировка общей задачи потребности в изделии;
- 3) системная функциональная модель, описывающая полезную функцию, связи и отношения с внешним миром;
- 4) технический замысел;
- 5) техническое задание;
- 6) техническое предложение;
- 7) заявка на выдачу сертификата типа;
- 8) эскизный проект;
- 9) макет;
- 10) технический проект;
- 11) рабочая конструкторская документация опытного образца;
- 12) опытный образец;
- 13) экземпляр опытного образца, переданный на испытания;
- 14) типовая конструкция;
- 15) сертифицированная типовая конструкция.

Формализация состояний ЛА с помощью элементов языка РССП осуществляется элементами алгебры результатов Res_j . Каждый результат работ проекта характеризуется вектором количественных и качественных показателей (ТТХ) и требований к их значениям (ТТТ). Соотношений между ТТТ и

ТТХ и определяет степень достижения результата. Для определения степени соответствия результата требованиям должны быть определены критерии соответствия ТТХ каждому из уровней: NR – нормальный результат; EM – элементарное рассогласование; SM – вторичное рассогласование; GM – головное рассогласование. В данной работе результаты рассматриваются в качестве логических условий при построении алгоритмических моделей для контроля качества промежуточных результатов и принятия решений о возможности продолжения работ.

При выполнении работ по разработке ЛА необходимо определить контрольные точки в виде: полученных характеристик состояния ЛА (Res_{Y_i} , Res_{Y_j}) и входных характеристик (x_{Y_j} , x_{Y_k}), необходимых для начала работ по контролю. Но в таком случае необходимо обосновать целесообразность внесения данных в модель представления проектов, например, последовательность выполнения работ при контроле результатов можно представить в виде:

$$\begin{aligned} & \{ Y_i \}_{Res_{Y_i}} \cdot \{ Y_j \}_{x_{Y_j}}^{Res_{Y_j}} \Leftrightarrow Y_i \cdot Y_j, \\ & (\{ Y_i \}_{Res_{Y_i}} \wedge \{ Y_j \}_{Res_{Y_j}}) \cdot \\ & \cdot \{ Y_k \}_{x_{Y_k}}^{Res_{Y_k}} \Leftrightarrow (Y_i \wedge Y_j) \cdot Y_k. \end{aligned}$$

В случае объединения сетевых графиков в один мультипроект, точки возможного объединения работ разных проектов необходимо обозначить как точки контроля результата работы и входного контроля.

Таким образом, в данной работе объединение первичных сетевых графиков заключается в соединении между собой выходных работ поставщиков и входных работ потребителей результатов.

Необходимо это для того, чтобы объединить первичные сетевые графики, описывающие процессы проектирования и сертификации, в сводный сетевой график, который отображает процесс всей разработки в целом. Объединение работ происхо-

дит по следующему алгоритму:

I шаг. Строится РССП - выражение первичных сетевых графиков.

II шаг. Выбирается первое РССП – выражение в качестве текущего. В текущем выражении осуществляется поиск условий итеративных процессов 2-го и 3-го рода, найденные условия фиксируются.

III шаг. Выбирается следующее РССП – выражение, где зафиксированное условие шага 2 сравнивается с условиями итеративных процессов 1-го рода. В случае, если равенство найдено, последовательность работ преобразуется:

$$\left. \begin{array}{l}
 \left. \begin{array}{l}
 \text{Res}_{Y^1_i} \\
 \{ Y^1_1 \cdot Y^1_2 \cdot \dots \cdot Y^1_i \} \cdot Y^1_j \cdot Y^1_{n-1} \cdot Y^1_n \\
 \text{Res}_{Y^1_i}
 \end{array} \right\} \\
 Y^2_1 \cdot Y^2_2 \cdot \dots \cdot Y^2_i \cdot \left\{ Y^2_j \cdot Y^2_{m-1} \cdot Y^2_m \right\} \\
 \text{Res}_{Y^2_j}
 \end{array} \right\} \Leftrightarrow \text{Res}_{Y^1_i = Y^2_j} \\
 \Leftrightarrow ((Y^1_1 \cdot Y^1_2 \cdot \dots \cdot Y^1_i) \wedge (Y^2_1 \cdot Y^2_2 \cdot \dots \cdot Y^2_i)) \cdot \\
 \cdot ((Y^1_j \cdot Y^1_{n-1} \cdot Y^1_n) \wedge (Y^2_j \cdot Y^2_{m-1} \cdot Y^2_m)).$$

IV шаг. Повторять шаги 1 – 3 до тех пор, пока не будут рассмотрены все РССП – выражения и условия итеративных процессов.

2. Пример сети процессов разработки летательного аппарата

Создание ЛА, как правило, представляют собой мультипроекты, т.е. проекты, состоящие из нескольких технологически независимых проектов, объединенных общей целью. В таких проектах существует несколько видов взаимосвязи работ, среди которых следует выделить рекомендательные взаимосвязи, которые отражают предпочтительность завершения одних этапов до начала других. Например, работы по составлению сертификационного базиса можно проводить после того, как ЛА готов. Но при этом возникают потери времени и других ресурсов проекта. Рассмотрим пример реализации проекта разработки ЛА (рис. 1). В данном примере сделано предположение о том, что при проведении работ по контролю сразу после работ по проектированию, количество доработок, связанных с повышением качества изделий сокращается.

Одной из особенностей ранних этапов проектирования, является сопоставление выбранных вариантов ЛА по их пригодности и чувствительности к

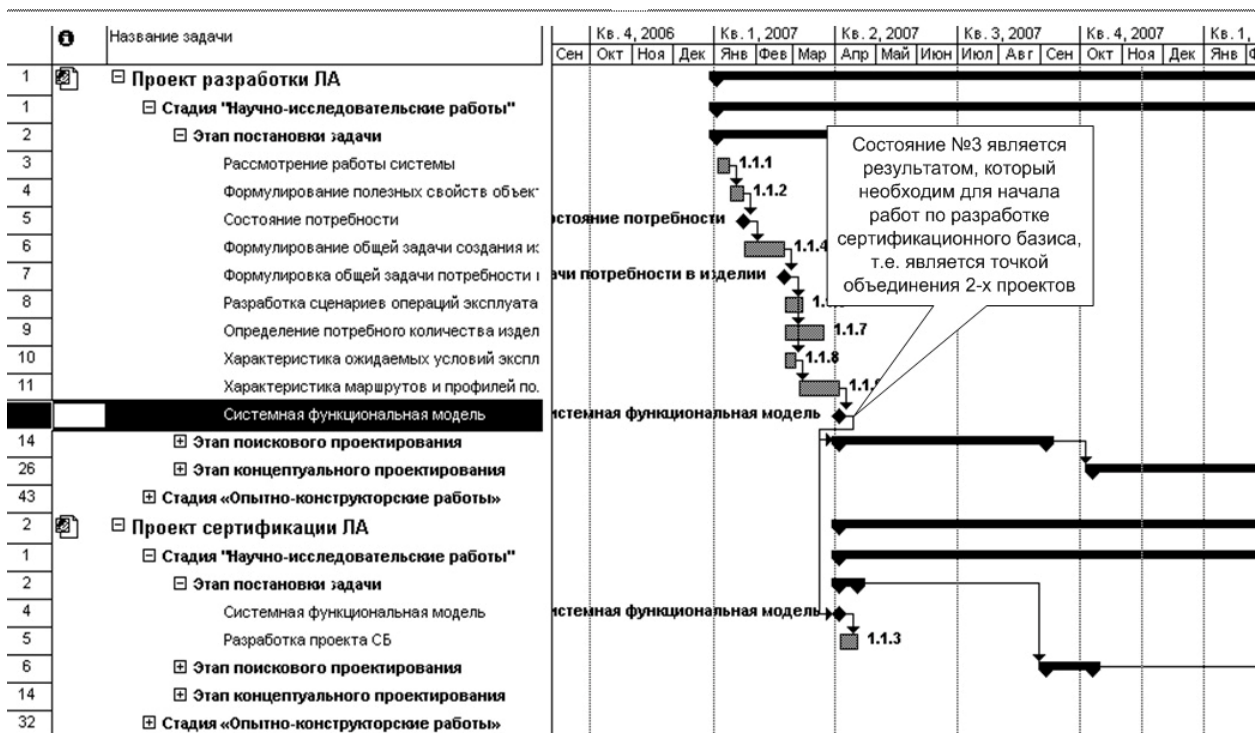


Рис. 1. Пример сети процессов разработки летательного аппарата

доработкам в ходе детального проектирования. Эта особенность предполагает применение критериев технического риска [4] при обосновании сроков проекта разработки ЛА. Другой особенностью проектов разработки ЛА является необходимость большого числа дополнительных и доводочных работ. Для учета этой особенности при расчете сроков выполнения проектов использую альтернативные сети [1]. Обоснование алгоритма объединения двух проектов реализовано с использованием модели процессов разработки ЛА в виде альтернативной сети с возвратами. В качестве вероятности перехода на следующий либо возврата на предыдущие этапы получено значение технического риска промежуточного состояния ЛА. Результаты расчета (рис. 2) подтвердили предположение о необходимости контроля промежуточных состояний ЛА в ходе проектирования (вариант 1). В случае рассмотрения последовательной реализации проектов разработки и сертификации сроки создания ЛА увеличатся (вариант 2).

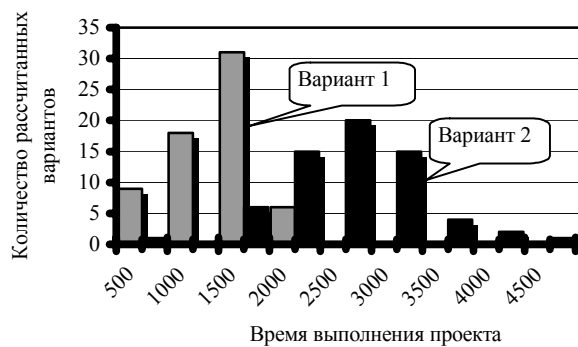


Рис. 2. Результаты расчета двух вариантов мультипроекта создания ЛА

Выводы

В данной работе предлагается алгоритмическая модель процессов разработки и контроля летательных аппаратов, данная модель была формализована с использованием языка РССП, что позволило описать в форме символьной строки модели комплексов работ, при этом выделить работы, выполняемые организациями-разработчиками и сертификацион-

ными центрами. Обосновано сокращение сроков реализации проекта создания сложной техники. Для этого рассмотрен алгоритм минимизации времени выполнения проекта путем объединения работ по проектированию и сертификации в единый мультипроект создания сложной техники и обоснование порядка выполнения работ по контролю результатов проекта, не дожидаясь окончания проекта разработки ЛА. Приведена последовательность перехода состояний летательного аппарата от первоначальной идеи до утвержденной типовой конструкции. Рассмотрена системная увязка этих состояний со стадиями, этапами и перечнями работ, обязательных к выполнению при разработке легкой и сверхлегкой авиационной техники.

Литература

1. Дружинин Е.А., Яшина О.С. Анализ возможностей применения регулярных алгоритмических языков для моделирования плана проекта // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2005. – Вип. 6 (6). – С. 52-56.
2. Проектирование самолетов: Учебник для вузов / Под ред. С.М. Егера. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
3. Розробка проекту нормативно-технічного документа "Порядок розробки надлегкої та легкої авіаційної техніки": Звіт про НДР (проміжний) / Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т". – № ДР 0107U007932, Інв. №0202U006484. – Х., 2007. – 64 с.
4. Живетин В.Б. Технический риск. – М.: ГРАФ, 2001. – 446 с.

Поступила в редакцию 7.12.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.А. Демидов, Харьковский университет Воздушных Сил им. Ивана Кожедуба, Харьков.