

Задача снижения вероятности развития аварийных комбинаций событий в беспилотных авиационных системах

А.А. Косицын¹, А.С. Богомолов^{1*}, В.А. Кушников¹

¹Саратовский научный центр Российской академии наук, Саратов, Россия

*AlexBogomolov@ya.ru

Аннотация. В статье представлен подход к снижению вероятности развития аварий, вызванных сочетаниями относительно неопасных по отдельности событий различного происхождения при эксплуатации гражданских беспилотных авиационных систем. Обосновывается актуальность заявленной проблемы, используются открытые официальные документы, регламентирующие область применения гражданских беспилотных авиационных систем. Проводится системный анализ основных групп технических и эксплуатационных нарушений, приводящих к критическим режимам работы. В данной работе предлагается новая вариация постановки задачи управления предупреждением аварийных комбинаций событий, формулируется общий подход к решению этой задачи на различных интервалах времени управления. Для решения задачи используются модели логико-вероятностного анализа безопасности. Процессы развития аварийных комбинаций событий предлагается моделировать с использованием деревьев отказов, учитывающих как события, связанные с технической и программной природой возникновения, так и события внешней среды и события, связанные с человеческим фактором. Выбираемая глубина декомпозиции при построении деревьев предполагается довольно большой для того, чтобы можно было предложить конкретный набор достаточно простых и лаконичных действий по парированию или предупреждению отдельных событий, составляющих потенциальные аварийные комбинации. Минимальные сечения рассматриваемых деревьев представляют состав аварийных комбинаций событий, а пути успешного функционирования дают варианты предупреждения рассматриваемых аварий. При этом под предупреждением аварии понимается предотвращение хотя бы одного события, входящего в ее рассматриваемый сценарий. Использование путей успешного функционирования позволяет определять управляющие воздействия для предупреждения заданного множества аварий. Согласно предлагаемому алгоритму для этого выбирается множество событий, пересекающее минимальные сечения в их дополнении до рассматриваемых аварий. Рассматривается пример применения результатов работы.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, беспилотная авиационная система, дерево отказов, аварийная комбинация событий, авария, логико-вероятностный анализ безопасности

Для цитирования: Косицын А.А., Богомолов А.С., Кушников В.А. Задача снижения вероятности развития аварийных комбинаций событий в беспилотных авиационных системах // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 4. С. 18–34. DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-4-18-34

The task of reducing the probability of developing combinations of emergency events in unmanned aerial vehicles

A. Kositzyn¹, A. Bogomolov^{1*}, V. Kushnikov¹

¹Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

*AlexBogomolov@ya.ru

Abstract. The article presents an approach to reducing the likelihood of accidents caused by combinations of individually relatively harmless events of various origins during the operation of civil unmanned aircraft systems. The relevance of the stated problem is considered, as well as an overview of the available official documents regulating the field of application of unmanned aircraft systems. These systems are considered from the point of view of the control object, the main groups of technical violations leading to undesirable behavior are listed. In this work, we propose a new variation of the formulation of the control problem of preventing emergency combinations of events, and formulate a general approach to solving this problem at various control time intervals. Considering that accidents are caused by certain, individually non-dangerous basic events that occurred in a certain sequence, it is necessary to establish links between them and identify possible combinations. A logical-probabilistic safety analysis is used to depict the relationship between accidents and events. It is proposed to model the processes of development of emergency combinations of events using failure trees that take into account the events of the system and the external environment. The minimum tree sections represent emergency combinations of events, and the ways of successful functioning provide options for preventing the accidents under consideration. The selected depth of event decomposition in the construction of a set of basic events is assumed to be large enough so that a specific set of fairly simple and concise actions can be proposed to fend off individual events and reduce the probability of an accident to acceptable values. A generalized algorithm of actions is proposed to prevent the development of emergency combinations of events. An example of the application of the results of work in the periods of preparation for flights is considered.

Keywords: unmanned aerial vehicle, unmanned aerial system, failure tree, emergency combination of events, accident, logical-probabilistic security analysis

For citation: Kositzyn A., Bogomolov A., Kushnikov V. The task of reducing the probability of developing combinations of emergency events in unmanned aerial vehicles. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2024, vol.19, no.4, pp.18-34 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-4-18-34

Введение

В конце 2022 года Президент Российской Федерации поручил Правительству РФ разработать и запустить национальный проект по развитию беспилотных авиационных систем (БАС) [1]. Использование БАС в настоящее время является мировым трендом, и активное внедрение таких систем – необходимое условие обеспе-

чения конкурентоспособности государства. Сегодня БАС гражданского назначения [2] широко применяются в сельском хозяйстве, промышленности, транспортировке грузов, геодезии, при ликвидации чрезвычайных ситуаций и при решении других задач [3, 4].

С учетом роста числа и стоимости используемых БАС становится особенно важным обеспечить их безаварийную работу [5]. Поскольку БАС функционируют в системе