

И.Е. Селезнева**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ
АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ
И МЕХАНИЗМЫ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ**

Эксплуатирующие организации и потенциальные потребители авиационных работ и услуг могут не в полной мере получать выгоды от внедрения безэкипажных или высокоавтоматизированных ВС, внедряя их лишь локально, в рамках традиционных бизнес-моделей применения авиации, нередко даже в фиксированных объемах, характерных для ВС прежних поколений, с более высокой стоимостью эксплуатации. Целью работы является определение границ области формирования интегрированных авиационных систем (ИАС) как эффективного механизма внедрения технологий автоматизации управления воздушными судами, когда внедрение беспилотных или высокоавтоматизированных ВС будет эффективно при формировании ИАС. На основе модели оптимального патрулирования рассчитаны численности ВС без формирования ИАС и при формировании ИАС. Определены значения эксплуатационных затрат и значения штрафов и потерь от аварийных ситуаций при формировании ИАС с беспилотными и (или) высокоавтоматизированными ВС и без формирования ИАС с беспилотными и (или) высокоавтоматизированными ВС и с пилотируемыми ВС. Определена зависимость области эффективности формирования ИАС от исследуемых параметров. Проведены параметрические расчеты для характерных значений параметров. Показано, что максимального экономического эффекта позволяет достичь формирование оптимальных ИАС с безэкипажными или высокоавтоматизированными ВС, в которых по глобальному экономическому критерию оптимизируется как парк ВС и стратегия его применения, так и «ответные» бизнес-процессы потребителя авиационных работ и услуг. Определены границы значений затрат на внедрение технологий автоматизации в зависимости от длины патрулируемой сети, когда внедрение беспилотных или высокоавтоматизированных ВС будет эффективно только при формировании ИАС, и без формирования ИАС и когда внедрение беспилотных или высокоавтоматизированных ВС будет неэффективно, эффективно будет оставить пилотируемые ВС. Таким образом, действенным механизмом распространения технологий автоматизации управления и повышения эффективности бизнес-процессов в различных отраслях является формирование целостных ИАС силами организаций-разработчиков и производителей АТ, в интересах потенциальных потребителей авиационных работ и услуг.

Интегрированные авиационные системы; высокоавтоматизированные ВС; беспилотные ВС; численность парка ВС; длина патрулируемой трассы.

I.E. Selezneva**ECONOMIC BARRIERS TO THE INTRODUCTION OF AIRCRAFT
CONTROL AUTOMATION TECHNOLOGIES AND MECHANISMS
TO OVERCOME THEM**

Operating organizations and potential consumers of aviation works and services may not fully benefit from the introduction of non-emergency or highly automated aircrafts, introducing them only locally, within the framework of traditional business models of aviation application, often even in fixed volumes characteristic of aircraft of previous generations, with a higher cost of operation. The aim of the work is to define the boundaries of the field of formation of integrated aviation systems (IAS) as an effective mechanism for the introduction of aircrafts control automation technologies, when the introduction of unmanned or highly automated aircrafts will be effective in the formation of IAS. Based on the optimal patrol model, the numbers of aircraft fleet without the formation of the IAS and with the formation of the IAS are calculated. The values of operating costs and the values of fines and losses from emergencies with the formation of IAS with unmanned and (or) highly automated aircrafts and without the formation of IAS with unmanned

and (or) highly automated aircrafts and with manned aircrafts are determined. The dependence of the IAS formation efficiency area on the studied parameters is determined. Parametric calculations have been performed for the characteristic values of the parameters. It is shown that the maximum economic effect can be achieved by the formation of optimal IAS with unmanned or highly automated aircraft, in which, according to the global economic criterion, both the aircraft fleet and its application strategy and the "response" business processes of the consumer of aviation works and services are optimized. The boundaries of the cost values for the introduction of automation technologies are determined depending on the length of the patrolled highway, when the introduction of unmanned or highly automated aircraft will be effective only when forming an IAS, and without the formation of an IAS, and when the introduction of unmanned or highly automated aircraft will be ineffective, manned aircraft will be effective. Thus, an effective mechanism for the dissemination of control automation technologies and improving the efficiency of business processes in various industries is the formation of IAS by aviation equipment development organizations and manufacturers, in the interests of potential consumers of aviation works and services.

Integrated aviation systems; highly automated aircraft; unmanned aircraft; the number of aircraft fleet; the length of the patrolled highway.

Введение. Внедрение технологий автоматизации управления, с одной стороны, сокращает эксплуатационные затраты ВС (уменьшаются затраты на содержание экипажа и «неснижаемый остаток» массы ВС, причем, особенно существенно – при малых полезных нагрузках, и сопряженные с ним составляющие затрат (подробнее см. работы [1–4, 9, 13])), но с другой стороны высоки постоянные затраты на проведение НИР, ОКР для разработки и внедрения данных технологий (подробнее о других рисках и аспектах внедрения высокоавтоматизированных ВС см. работы [14–20]). Необходимо определить условия, когда внедрение технологий автоматизации управления будет экономически эффективно, т.е. сокращение эксплуатационных затрат в паре ВС покрывает дополнительные постоянные затраты на их разработку и внедрение.

В свою очередь внедрение высокоавтоматизированных и (или) беспилотных ВС возможно как локально, в рамках традиционных бизнес-моделей применения авиации, в фиксированных объемах, характерных для ВС прежних поколений, с более высокой стоимостью эксплуатации; так и в рамках формирования оптимальных ИАС (подробнее см. работы [5–7, 10–12]) с безэкипажными или высокоавтоматизированными ВС, в которых по глобальному экономическому критерию оптимизируется как авиационная составляющая, так и «ответная часть» отрасли-потребителя. Причем, при внедрении автоматизированных ВС с более низким уровнем эксплуатационных затрат возможна субоптимизация ИАС для более полного использования этих преимуществ.

Опишем условие эффективности формирования ИАС:

Если

♦ выигрыш от внедрения высокоавтоматизированных (в т.ч. беспилотных) ВС в рамках интегрированных авиационных систем, ИАС, т.е. посредством совместной оптимизации авиационной составляющей и «ответной части» отрасли-потребителя, покрывает дополнительные постоянные затраты на внедрение новых технологий,

♦ а при внедрении беспилотных ВС (БВС) (далее в тексте под БВС понимаются как БВС, так и высокоавтоматизированные ВС) без формирования оптимальной ИАС суммарные (с учетом новых постоянных затрат) затраты и потери не сократятся по сравнению с нынешним состоянием (или даже возрастут), то именно формирование ИАС является эффективным механизмом внедрения технологий автоматизации управления функционированием изделий АТ и выполнением миссий.

Не ограничивая общности рассмотрим распространенный и практически важный пример формирования ИАС для обнаружения и локализации чрезвычайных ситуаций, ЧС. Это могут быть аварии на технических объектах (например,

утечки на трубопроводах), лесные пожары и т.п. ситуации. Причем, новые высокоавтоматизированные ВС (в т.ч. беспилотные) могут использоваться как для обнаружения ЧС, так и для их локализации.

Условия эффективности формирования ИАС как механизма внедрения технологий автоматизации управления функционированием изделий АТ и выполнением миссий можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} C_{\text{эксн}}^{\text{ПВС}} + C_{\text{штраф}}^{\text{ПВС}} - (C_{\text{эксн}}^{\text{ИАС}} + C_{\text{штраф}}^{\text{ИАС}}) > \Delta C^{\text{БВС}}; \\ \Delta C^{\text{БВС}} + C_{\text{эксн}}^{\text{БВС}} + C_{\text{штраф}}^{\text{БВС}} > C_{\text{эксн}}^{\text{ПВС}} + C_{\text{штраф}}^{\text{ПВС}}. \end{cases}$$

где $C_{\text{эксн}}^{\text{ПВС}}$ – затраты на эксплуатацию пилотируемых ВС (ПВС),

$C_{\text{штраф}}^{\text{ПВС}}$ – потери (штрафы), связанные с ЧС, при эксплуатации ПВС,

$C_{\text{эксн}}^{\text{ИАС}}$ – затраты на эксплуатацию БВС в рамках оптимальной ИАС, сформированной с учетом их возможностей,

$C_{\text{штраф}}^{\text{ИАС}}$ – потери (штрафы), связанные с ЧС, при эксплуатации БВС в рамках оптимальной ИАС,

$\Delta C^{\text{БВС}}$ – дополнительные постоянные затраты на внедрение БВС,

$C_{\text{эксн}}^{\text{БВС}}$ – затраты на эксплуатацию парка БВС без формирования оптимальной ИАС (т.е. они просто заменяют ПВС без изменения объемов выполняемых авиационных работ),

$C_{\text{штраф}}^{\text{БВС}}$ – потери (штрафы), связанные с ЧС, при эксплуатации БВС без формирования оптимальной ИАС. $C_{\text{штраф}}^{\text{БВС}} = C_{\text{штраф}}^{\text{ПВС}}$, поскольку объемы авиационных работ останутся такими же, как и для пилотируемых ВС.

Таким образом формирование ИАС будет эффективным механизмом внедрения технологий автоматизации управления, если дополнительные постоянные затраты на внедрение БВС будут принимать значения в следующем интервале:

$$C_{\text{эксн}}^{\text{ПВС}} - C_{\text{эксн}}^{\text{БВС}} < \Delta C^{\text{БВС}} < (C_{\text{эксн}}^{\text{ПВС}} + C_{\text{штраф}}^{\text{ПВС}}) - (C_{\text{эксн}}^{\text{ИАС}} + C_{\text{штраф}}^{\text{ИАС}}).$$

Модели затрат на эксплуатацию парка ВС. Затраты на эксплуатацию парка БВС без формирования оптимальной ИАС можно оценить по следующей формуле:

$$C_{\text{эксн}}^{\text{БВС}} = FC + N_B \cdot \eta_B \cdot c_{\text{лч}_B},$$

где FC – годовые постоянные затраты на создание и поддержание необходимой наземной инфраструктуры для организации патрулирования; N_B – количество БВС; η_B – среднегодовой налет БВС; $c_{\text{лч}_B}$ – стоимость летного часа БВС.

А затраты на эксплуатацию ПВС:

$$C_{\text{эксн}}^{\text{ПВС}} = FC + N_{\text{П}} \cdot \eta_{\text{П}} \cdot c_{\text{лч}_\text{П}},$$

где $N_{\text{П}}$ – количество ПВС, $\eta_{\text{П}}$ – среднегодовой налет ПВС, $c_{\text{лч}_\text{П}}$ – стоимость летного часа ПВС.

Причем без формирования оптимальной ИАС БВС заменяют ПВС без изменения объемов выполняемых авиационных работ, т.е. $N_B = N_{\text{П}} = N$ и $\eta_B = \eta_{\text{П}} = \eta$. И экономия затрат при внедрении БВС достигается за счет сниже-

ния стоимости летного часа: $c_{лчБ} < c_{лчП}$. При формировании оптимальной ИАС увеличится качество обслуживания, т.е. объем авиационных работ, объем полетов. Таким образом $N_{ИАС} > N_B$ и /или $\eta_{ИАС} > \eta_B$, где $N_{ИАС}$ – количество БВС при формировании оптимальной ИАС, $\eta_{ИАС}$ – среднегодовой налет БВС при формировании оптимальной ИАС. Предположим, что при формировании оптимальной ИАС увеличится именно количество БВС, а частота полетов БВС не изменится: $\eta_{ИАС} = \eta_B = \eta_{П} = \eta$, $N_{ИАС} > N_B = N$.

Затраты на эксплуатацию БВС в рамках оптимальной ИАС, сформированной с учетом их возможностей можно оценить по следующей формуле:

$$C_{эксп}^{ИАС} = FC + N_{ИАС} \cdot \eta_{ИАС} \cdot c_{лчБ}.$$

Тогда условие эффективности формирования ИАС как механизма внедрения технологий автоматизации управления функционированием изделий АТ и выполнением миссий можно представить в следующем виде:

$$N \cdot \eta \cdot (c_{лчП} - c_{лчБ}) < \Delta C^{БВС} < (N \cdot \eta \cdot c_{лчП} + C_{штраф}^{ПВС}) - (N_{ИАС} \cdot \eta \cdot c_{лчБ} + C_{штраф}^{ИАС}),$$

Причем $N_{ИАС} > N_B = N$, $c_{лчБ} < c_{лчП}$ и $C_{штраф}^{БВС} > C_{штраф}^{ИАС}$.

Сумму потерь из-за аварийных ситуаций без формирования оптимальной ИАС можно выразить следующей формулой, см. [4]:

$$C_{штраф}^{ПВС} = C_{штраф}^{БВС} = L \cdot \omega \cdot z \cdot (365 \cdot 12 \cdot \frac{L}{N \cdot \eta \cdot v} + \bar{t}_{устр}),$$

где L – длина патрулируемой трассы, км, ω – интенсивность возникновения аварийных ситуаций, $(год \cdot км)^{-1}$, z – ущерб, ден.ед., в расчете на одну аварию в час, v – средняя скорость полета в режиме патрулирования, км./ч., и $\bar{t}_{устр}$ – средняя длительность устранения аварии, час.

Оптимальную численность ПВС и БВС без формирования ИАС можно определить, исходя из условия минимума суммарных эксплуатационных затрат $\frac{\partial(C_{эксп}^{ПВС} + C_{штраф}^{ПВС})}{\partial N} = 0$, по следующей формуле, см. [8]:

$$N^{opt} = \frac{L}{\eta} \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z}{c_{лчП} \cdot v}}.$$

Сумму потерь из-за аварийных ситуаций при формировании оптимальной ИАС:

$$C_{штраф}^{ИАС} = L \cdot \omega \cdot z \cdot (365 \cdot 12 \cdot \frac{L}{N_{ИАС} \cdot \eta \cdot v} + \bar{t}_{устр}).$$

Оптимальную численность БВС при формировании ИАС можно определить, исходя из условия $\frac{\partial(C_{эксп}^{ИАС} + C_{штраф}^{ИАС})}{\partial N_{ИАС}} = 0$, по следующей формуле:

$$N_{ИАС}^{opt} = \frac{L}{\eta} \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z}{c_{лчБ} \cdot v}}.$$

И можно определить эксплуатационные затраты и штрафы при оптимальных численностях ВС.

В рамках рассматриваемой модели величина затрат на внедрение технологий автоматизации управления ΔC^{BBC} рассматривается как постоянная, не зависящая от масштабов рынков, численности парка ВС.

Анализ влияния параметров на границы области эффективности формирования ИАС. Определим влияние параметров на ширину рассматриваемой области – где формирование ИАС является эффективным механизмом внедрения технологий автоматизации управления функционированием изделий АТ и выполнением миссий:

$$N \cdot \eta \cdot (c_{лчП} - c_{лчБ}) < \Delta C^{BBC} < (N \cdot \eta \cdot c_{лчП} + C_{итраф}^{ПВС}) - (N_{ИАС} \cdot \eta \cdot c_{лчБ} + C_{итраф}^{ИАС});$$

$$(N_{ИАС} - N) \cdot \eta \cdot c_{лчБ} < N_{ИАС} \cdot \eta \cdot c_{лчБ} - N \cdot \eta \cdot c_{лчП} + \Delta C^{BBC} < C_{итраф}^{ПВС} - C_{итраф}^{ИАС}.$$

Подставим оптимальные значения количества ВС при формировании оптимальной ИАС $N_{ИАС}$ и без ее формирования N и значения потерь из-за аварийных ситуаций без формирования оптимальной ИАС $C_{итраф}^{ПВС}$ и при формировании оптимальной ИАС $C_{итраф}^{ИАС}$:

$$\frac{L}{\eta} \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z}{v}} \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{c_{лчБ}}} - \sqrt{\frac{1}{c_{лчП}}} \right) \cdot \eta \cdot c_{лчБ} < \eta \cdot \left(\frac{L}{\eta} \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z}{c_{лчБ} \cdot v}} \cdot c_{лчБ} - \right.$$

$$\left. \frac{L}{\eta} \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z}{c_{лчП} \cdot v}} \cdot c_{лчП} \right) + \Delta C^{BBC} < \frac{L^2 \cdot \omega \cdot z \cdot 365 \cdot 12}{N \cdot \eta \cdot v} - \frac{L^2 \cdot \omega \cdot z \cdot 365 \cdot 12}{N_{ИАС} \cdot \eta \cdot v};$$

$$L \cdot \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z}{v}} \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{c_{лчБ}}} - \sqrt{\frac{1}{c_{лчП}}} \right) \cdot c_{лчБ} <$$

$$< L \cdot \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z \cdot c_{лчБ}}{v}} - L \cdot \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z \cdot c_{лчП}}{v}} + \Delta C^{BBC} <$$

$$< \frac{L^2 \cdot \omega \cdot z \cdot 365 \cdot 12}{\eta \cdot v} \cdot \left(\frac{1}{N} - \frac{1}{N_{ИАС}} \right);$$

также подставляем значения $N_{ИАС}$ и N :

$$L \cdot \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z}{v}} \cdot (\sqrt{c_{лчП}} - \sqrt{c_{лчБ}}) \cdot \sqrt{\frac{c_{лчБ}}{c_{лчП}}} <$$

$$< L \cdot \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z}{v}} \cdot (\sqrt{c_{лчБ}} - \sqrt{c_{лчП}}) + \Delta C^{BBC} <$$

$$< L \cdot \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z}{4 \cdot v}} \cdot (\sqrt{c_{лчП}} - \sqrt{c_{лчБ}});$$

$$(\sqrt{c_{лчП}} - \sqrt{c_{лчБ}}) \cdot \sqrt{\frac{c_{лчБ}}{c_{лчП}}} <$$

$$< (\sqrt{c_{лчБ}} - \sqrt{c_{лчП}}) + \frac{\Delta C^{BBC}}{L} \cdot \sqrt{\frac{v}{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z}} <$$

$$< \frac{1}{2} \cdot (\sqrt{c_{лчП}} - \sqrt{c_{лчБ}});$$

$$\sqrt{\frac{c_{лчБ}}{c_{лчП}}} < \frac{\Delta C^{BBC}}{L} \cdot \sqrt{\frac{v}{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z \cdot (\sqrt{c_{лчП}} - \sqrt{c_{лчБ}})}} - 1 < \frac{1}{2};$$

$$\sqrt{\frac{c_{лчБ}}{c_{лчП}}} + 1 < \frac{\Delta C^{BBC}}{L} \cdot \sqrt{\frac{v}{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z \cdot (\sqrt{c_{лчП}} - \sqrt{c_{лчБ}})}} < \frac{3}{2};$$

$$\left(\sqrt{\frac{c_{лчБ}}{c_{лчП}}} + 1\right) \cdot L \cdot \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z \cdot (\sqrt{c_{лчП}} - \sqrt{c_{лчБ}})}{v}} < \Delta C^{БВС} < \\ < \frac{3}{2} L \cdot \sqrt{\frac{365 \cdot 24 \cdot \omega \cdot z \cdot (\sqrt{c_{лчП}} - \sqrt{c_{лчБ}})}{v}}.$$

Таким образом, область эффективности формирования ИАС расширяется при снижении стоимости летного часа беспилотника $c_{лчБ}$. Причем чем сильнее выполняется неравенство $\sqrt{\frac{c_{лчБ}}{c_{лчП}}} < \frac{1}{2}$, т.е. $\sqrt{c_{лчБ}} < \frac{\sqrt{c_{лчП}}}{2}$, тем шире область эффективности формирования ИАС.

Параметрические расчеты границы области формирования ИАС как эффективного механизма внедрения технологий автоматизации управления функционированием изделий АТ и выполнением миссий. Экономия затрат при внедрении беспилотных или высокоавтоматизированных ВС оценивается в сравнении с вертолетом «Ансат» как примером относительно массового и легкого пилотируемого вертолета. Используются следующие значения параметров. Пусть среднегодовой налет вертолета $\eta = 3000$ л.ч./г.; стоимость летного часа вертолета Ансат $c_{лчП} = 0,000095$ млрд.руб./ч., стоимость летного часа БВС принимает два различных значения: $c_{лчБ} = 0,00000095$ млрд.руб./ч.; $0,0000095$ млрд.руб./ч., $\omega = \frac{0,004}{2 \text{ км}}$,

$z = 0,0004$ млрд.руб./авар.ч., $v = 50$ км./ч., $t_{устр} = 12$ ч. Длина патрулируемой сети варьируется от 1 000 км. до 150 000 км.

Рассчитаны оптимальные значения количества ВС при формировании оптимальной ИАС и без ее формирования. Определены значения потерь из-за аварийных ситуаций и эксплуатационные затраты в случаях при внедрении высокоавтоматизированных технологий при формировании оптимальной ИАС и без ее формирования, и без внедрения высокоавтоматизированных технологий.

На графиках (рис. 1, 2) представлены границы (рассчитанные по моделям оптимального патрулирования) затрат на внедрение БВС или высокоавтоматизированных технологий, при которых внедрение таких технологий будет выгодно только при формировании оптимальной ИАС.

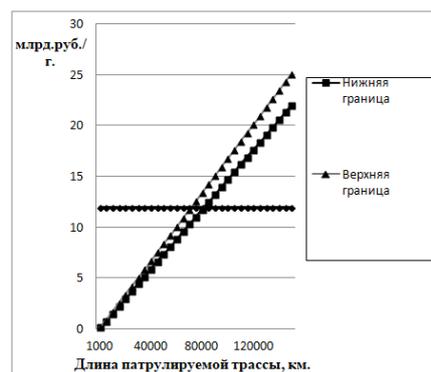


Рис. 1. Границы области формирования ИАС как эффективного механизма внедрения технологий автоматизации управления функционированием изделий АТ и выполнением миссий в зависимости от длины патрулируемой сети

$$c_{лчБ} = 0,0000095 \text{ млрд.руб./ч.}$$

На рис. 1 значения границ затрат рассчитаны в предположении, что стоимость летного часа высокоавтоматизированного ВС уменьшится в 10 раз по сравнению с пилотируемым ВС и примет значение $c_{лч_в} = 0,00000095 \text{ млрд.руб./ч.}$

На рис. 2 значения границ затрат рассчитаны в предположении, что стоимость летного часа высокоавтоматизированного ВС уменьшится в 100 раз по сравнению с пилотируемым ВС и примет значение $c_{лч_в} = 0,00000095 \text{ млрд.руб./ч.}$

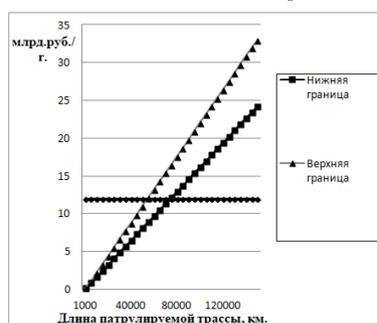


Рис. 2. Границы области формирования ИАС как эффективного механизма внедрения технологий автоматизации управления функционированием изделий АТ и выполнением миссий в зависимости от длины патрулируемой сети

$$c_{лч_в} = 0,00000095 \text{ млрд.руб./ч.}$$

Графики построены в зависимости от длины сети патрулирования, где внедряется технология, области ее применения. Постоянные затраты на графиках отображаются в виде «палочки». При очень малых масштабах применения технологии, внедрять новые технологии невыгодно даже при формировании оптимальной ИАС. По мере увеличения масштабов применения новой технологии (при движении по горизонтальной оси вправо) ее внедрение сначала будет эффективно только при формировании оптимальной ИАС, а затем и без ее формирования путем простой замены старых технологий на новые.

Заключение. Экономические барьеры и механизмы их преодоления изучены на примере внедрения беспилотных или высокоавтоматизированных ВС в сфере патрулирования магистральных трубопроводов. Определены границы значений затрат на внедрение технологий автоматизации в зависимости от длины патрулируемой сети, при которых формирование ИАС является эффективным механизмом внедрения технологий автоматизации управления функционированием изделий АТ и выполнением миссий (внедрение беспилотных или высокоавтоматизированных ВС будет эффективно только при формировании ИАС). Если значения затрат на внедрение технологий автоматизации меньше вычисленных значений нижней границы, то внедрение беспилотных или высокоавтоматизированных ВС будет эффективно и без формирования ИАС. Если же значения затрат на внедрение технологий автоматизации больше вычисленных значений верхней границы, то само внедрение беспилотных или высокоавтоматизированных ВС с или без формирования ИАС будет неэффективно, эффективно будет оставить ПВС.

При малых масштабах распространения технологии (характерных на начальных этапах внедрения новых технологий и формирования новых рынков) внедрять новые технологии невыгодно даже при формировании оптимальной ИАС, фактор постоянных затрат на внедрение технологий автоматизации управления будет наиболее значимым – от его величины зависит минимально-необходимый масштаб распространения технологии, при котором внедрение данной технологии станет эффек-

тивно с экономической точки зрения, причем чем выше уровень постоянных затрат на внедрение новых технологий тем шире должен быть масштаб распространения технологии. При увеличении масштабов и численности парка ВС, вначале, использование указанных технологий будет эффективно только при формировании оптимальных ИАС, а затем, по мере увеличения масштабов использования технологий, и без формирования оптимальных ИАС потребители авиационных работ и услуг будут иметь естественную экономическую заинтересованность в использовании технологий автоматизации управления. Однако при малочисленных парках именно формирование оптимальной ИАС может стать действенным организационным механизмом эффективного и взаимовыгодного внедрения таких технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Варюхина Е.В., Клочков В.В.* Интеллектуальные авиационные технологии обеспечения безопасности полетов и приемлемой общей стоимости владения авиационной техникой // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: Сб. тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию отечественной гражданской авиации. – М.: МГТУ ГА, 2023. – С. 441-443.
2. *Гласов В.В., Зыбин Е.Ю., Косьянчук В.В.* Непараметрический метод функциональной реконфигурации системы управления воздушного судна при отказах исполнительных подсистем // Сб. тезисов докладов IV Всероссийской научно-технической конференции «Моделирование авиационных систем». – М.: ГосНИИ АС, 2020. – С. 210-211.
3. *Дутов А.В., Гласов В.В., Шакунов А.В., Косьянчук В.В., Зыбин Е.Ю., Леликов М.А.* Основные цели, задачи, этапы и технологии интеллектуализации комплексов бортового оборудования перспективных воздушных судов гражданской авиации // Техника воздушного флота. – 2023. – № 1. – С. 26-35.
4. *Егер С.М., Лисейцев Н.К., Самойлович О.С.* Основы автоматизированного проектирования самолетов. – М.: Машиностроение, 1986. – 232 с.
5. *Егошин С.Ф., Клочков В.В.* Задачи развития санитарной авиации и совершенствования пространственной организации здравоохранения в России // Россия: Тенденции и перспективы развития. Ежегодник. – М., 2020. – С. 628-637.
6. *Егошин С.Ф., Клочков В.В.* Интегрированная авиационная система обеспечения общественной безопасности // Вестник Воронежского института МВД России. – 2021. – № 2. – С. 46-56.
7. *Желтов С.Ю., Кислицын Ю.Д., Самойлов Д.В., Хохлов С.В.* Современные подходы в моделировании авиационных систем // Сб. тезисов докладов IV Всероссийской научно-технической конференции «Моделирование авиационных систем». – М.: ГосНИИ АС, 2020. – 5 с.
8. *Клочков В.В., Никитова А.К.* Методы прогнозирования спроса на беспилотные летательные аппараты и работы по воздушному патрулированию // Проблемы прогнозирования. – 2007. – № 6. – С. 144-151.
9. *Клочков В.В., Рождественская С.М., Фридлянд А.А.* Обоснование приоритетных направлений развития авиационной техники для местных воздушных линий // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2018. – № 20 (331). – С. 93-102.
10. *Клочков В.В., Топоров Н.Б., Егошин С.Ф.* Интегрированные авиационные системы // Управление большими системами: Сб. трудов. – 2021. – № 90. – С. 94-120.
11. *Платонова А.В.* Формирование инновационно-ориентированной интегрированной среды в авиастроении // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: экономика и менеджмент. – 2021. – Т. 13, № 3. – С. 132-138.
12. *Селезнева И.Е., Клочков В.В., Егошин С.Ф.* Математическая модель межотраслевой координации стратегий развития (на примере здравоохранения и авиастроения) // Управление большими системами: Сб. трудов. – 2022. – Вып. 99. – С. 57-80.
13. *Тихонов А.И.* Организационно-экономические механизмы выбора стратегии развития предприятия авиационной промышленности // Вестник академии знаний. – 2020. – № 37 (2). – С. 325-330.
14. *Anania E.C., Rice S., Pierce M., Winter S.R., Capps ...Milner M.N.* Public support for police drone missions depends on political affiliation and neighborhood demographics // Technology in Society. – 2019. – No. 57. – P. 95-103.

15. *Boucher P.* You wouldn't have your granny using them: Drawing boundaries between acceptable and unacceptable applications of civil drones // *Science and Engineering Ethics*. – 2015. – 22 (5). – P. 1391-1418. – Retrieved from <https://link-springercom.ezproxy.libproxy.db.erau.edu/article/10.1007%2Fs11948-015-9720-7>.
16. *Brown J.P.* The Effect of Automation on Human Factors in Aviation // *The Journal of Instrumentation, Automation and Systems*. – 2016. – Vol. 3, No. 2. – P. 31-46.
17. *Cameron E.D.* Unmanned aircraft systems: Factors that affect the acceptance of unmanned aircraft usage within the united states national airspace system. University of North Dakota, 2014. – Retrieved from <http://ezproxy.libproxy.db.erau.edu/>
18. *Clothier R.A., Greer D.A., Greer D.G., Mehta A.M.* Risk perception and the public acceptance of drones // *Risk Analysis Journal*. – 2015. – <https://doiorg.ezproxy.libproxy.db.erau.edu/10.1111/risa.12330>.
19. *Kharoufah H., Murray J., Baxter G., Wild G.* A review of human factors causations in commercial air transport accidents and incidents: From to 2000–2016 // *Progress in Aerospace Sciences*. – 2018. – Vol. 99. – P. 1-13.
20. *Read G., O'Brien A., Stanton N.A., Salmon P.M.* What is going on? Contributory factors to automation-related aviation incidents and accidents // *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. – 2020. – Vol. 64. Issue 1. – P. 1697-1701.

REFERENCES

1. *Varyukhina E.V., Klochkov V.V.* Intellektual'nye aviatsionnye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti poletov i priemloy obshchey stoimosti vladeniya aviatsionnoy tekhnikoy [Intelligent aviation technologies to ensure flight safety and an acceptable total cost of ownership of aviation equipment], *Grazhdanskaya aviatsiya na sovremennom etape razvitiya nauki, tekhniki i obshchestva: Sb. tezisev dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchenoy 100-letiyu otechestvennoy grazhdanskoy aviatsii* [Civil aviation at the current stage of development of science, technology and society: Sat. abstracts of reports of the International Scientific and Technical Conference dedicated to the 100th anniversary of domestic civil aviation]. Moscow: MGTU GA, 2023, pp. 441-443.
2. *Glasov V.V., Zybin E.Yu., Kos'yanchuk V.V.* Neparаметрический метод функциональной реконфигурации системы управления воздушного судна при отказе исполнительного подсистемы [Nonparametric method of functional reconfiguration of an aircraft control system in the event of failures of the executive subsystem], *Sb. tezisev dokladov IV Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Modelirovanie aviatsionnykh sistem»* [Collection of abstracts of reports of the IV All-Russian Scientific and Technical Conference “Modeling of Aviation Systems”]. Moscow: GosNII AS, 2020, pp. 210-211.
3. *Dutov A.V., Glasov V.V., Shakun A.V., Kos'yanchuk V.V., Zybin E.Yu., Lelikov M.A.* Osnovnye tseli, zadachi, etapy i tekhnologii intellektualizatsii kompleksov bortovogo oborudovaniya perspektivnykh vozдушnykh sudov grazhdanskoy aviatsii [Main goals, objectives, stages and technologies for intellectualization of on-board equipment complexes of promising civil aviation aircraft], *Tekhnika vozдушnogo flota* [Air fleet technology], 2023, No. 1, pp. 26-35.
4. *Eger S.M., Liseyev N.K., Samoylovich O.S.* Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya samoletov [Fundamentals of computer-aided aircraft design]. Moscow: Mashinostroenie, 1986, 232 p.
5. *Egoshin S.F., Klochkov V.V.* Zadachi razvitiya sanitarnoy aviatsii i sovershenstvovaniya prostranstvennoy organizatsii zdravookhraneniya v Rossii [Tasks of developing sanitary aviation and improving the spatial organization of healthcare in Russia], *Rossiya: Tendentsii i perspektivy razvitiya. Ezhegodnik* [Russia: Trends and development prospects. Yearbook]. Moscow, 2020, pp. 628-637.
6. *Egoshin S.F., Klochkov V.V.* Integrirovannaya aviatsionnaya sistema obespecheniya obshchestvennoy bezopasnosti [Integrated aviation system for ensuring public safety], *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii* [Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia], 2021, No. 2, pp. 46-56.
7. *Zheltoy S.Yu., Kislitsyn Yu.D., Samoylov D.V., Khokhlov S.V.* Sovremennye podkhody v modelirovanii aviatsionnykh sistem [Modern approaches to modeling aviation systems], *Sb. tezisev dokladov IV Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Modelirovanie aviatsionnykh sistem»* [Collection of abstracts of the IV All-Russian Scientific and Technical Conference “Modeling of Aviation Systems”]. Moscow: GosNII AS, 2020, 5 p.

8. Klochkov V.V., Nikitova A.K. Metody prognozirovaniya sprosa na bespilotnye letatel'nye apparaty i raboty po vozdushnomu patrulirovaniyu [Methods for forecasting demand for unmanned aerial vehicles and air patrol work], *Problemy prognozirovaniya* [Forecasting problems], 2007, No. 6, pp. 144-151.
9. Klochkov V.V., Rozhdestvenskaya S.M., Fridlyand A.A. Obosnovanie prioritetnykh napravleniy razvitiya aviatsionnoy tekhniki dlya mestnykh vozdushnykh liniy [Justification of priority directions for the development of aviation technology for local air lines], *Nauchnyy vestnik GosNII GA* [Scientific Bulletin of the State Research Institute of Civil Aviation], 2018, No. 20 (331), pp. 93-102.
10. Klochkov V.V., Toporov N.B., Egoshin S.F. Integrirovannye aviatsionnye sistemy [Integrated aviation systems], *Upravlenie bol'shimi sistemami: Sb. trudov* [Management of large systems: Collection of works], 2021, No. 90, pp. 94-120.
11. Platonova A.V. Formirovanie innovatsionno-orientirovannoy integrirovannoy sredy v aviastroenii [Formation of an innovation-oriented integrated environment in the aircraft industry], *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: ekonomika i menedzhment* [Bulletin of the South Ural State University. Series: economics and management], 2021, Vol. 13, No. 3, pp. 132-138.
12. Selezneva I.E., Klochkov V.V., Egoshin S.F. Matematicheskaya model' mezhotraslevooy koordinatsii strategiy razvitiya (na primere zdravookhraneniya i aviastroeniya) [Mathematical model of intersectoral coordination of development strategies (using the example of healthcare and aircraft manufacturing)], *Upravlenie bol'shimi sistemami: Sb. trudov* [Management of large systems: Collection of works], 2022, Issue 99, pp. 57-80.
13. Tikhonov A.I. Organizatsionno-ekonomicheskie mekhanizmy vybora strategii razvitiya predpriyatiya aviatsionnoy promyshlennosti [Organizational and economic mechanisms for choosing a development strategy for an aviation industry enterprise], *Vestnik akademii znaniy* [Bulletin of the Academy of Knowledge], 2020, No. 37 (2), pp. 325-330.
14. Anania .C., Rice S., i erce M., Winter S.R., Capps ...Milner M.N. Public support for police drone missions depends on political affiliation and neighborhood demographics, *Technology in Society*, 2019, No. 57, pp. 95-103.
15. Boucher P. You wouldn't have your granny using them: Drawing boundaries between acceptable and unacceptable applications of civil drones, *Science and Engineering Ethics*, 2015, 22 (5), pp. 1391-1418. Retrieved from <https://link-springercom.ezproxy.libproxy.db.erau.edu/article/10.1007%2Fs11948-015-9720-7>.
16. Brown J.P. The Effect of Automation on Human Factors in Aviation, *The Journal of Instrumentation, Automation and Systems*, 2016, Vol. 3, No. 2, pp. 31-46.
17. Cameron E.D. Unmanned aircraft systems: Factors that affect the acceptance of unmanned aircraft usage within the united states national airspace system. University of North Dakota, 2014. Retrieved from <http://ezproxy.libproxy.db.erau.edu/>.
18. Clothier R.A., Greer D.A., Greer D.G., Mehta A.M. Risk perception and the public acceptance of drones, *Risk Analysis Journal*, 2015. Available at: <https://doiorg.ezproxy.libproxy.db.erau.edu/10.1111/risa.12330>.
19. Kharoufah H., Murray J., Baxter G., Wild G. A review of human factors causations in commercial air transport accidents and incidents: From to 2000–2016, *Progress in Aerospace Sciences*, 2018, Vol. 99, pp. 1-13.
20. Read G., O'Brien A., Stanton N.A., Salmon P.M. What is going on? Contributory factors to automation-related aviation incidents and accidents, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2020, Vol. 64. Issue 1, pp. 1697-1701.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. Н.Б. Топоров.

Селезнева Ирина Евгеньевна – Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; e-mail: ir.seleznewa2016@yandex.ru; г. Москва, Россия; тел.: +79689183969; к.э.н.; с.н.с.

Selezneva Irina Evgen'evna – V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the RAS; e-mail: ir.seleznewa2016@yandex.ru; Moscow, Russia; phone: +79689183969; cand. of ec. sc.; senior reseach fellow.