

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОЙ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ ПРИЕМА КВС

Бутов А. А., Савинов Ю. Г., Санников И. А., Егоров А. Г.

ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», Ульяновск, Россия (432017, Российская Федерация, город Ульяновск, улица Льва Толстого, дом 42), e-mail: al.g.egorov@gmail.com

В статье приведена модель оценивания и прогнозирования влияния распределения пилотов по возрастам в авиакомпании (АК) на вероятность авиационных событий (АС). А также модель политики приема пилотов руководством АК, обеспечивающую минимальную вероятность АС в долгосрочной перспективе. Учитывая, что в АК практически во всех АС по фактору «Человек» (инциденты и предвестники) ответственность лежит на старшем командире воздушного судна (КВС), модельные расчеты проведены для КВС. По статистическим данным одной авиакомпании были оценены неизвестные значения параметров модели и проведен модельный расчет. На основании полученных значений параметров оптимальной кадровой политики делается вывод о возрастном составе КВС, обеспечивающем минимальную вероятность АС.

Ключевые слова: авиационное происшествие, возраст, оценка вероятности, кадровая политика приема.

OPTIMAL HR RECEPTION OF COMMANDERS OF THE AIRCRAFT POLICY MODEL

Butov A. A., Savinov Y. G., Sannikov I. A., Egorov A. G.

Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia (432970, Ulyanovsk, street L. Tolstoy, 42), e-mail: al.g.egorov@gmail.com

The article describes the model assessment of prediction of influence of age distribution of pilots in the airline on the probability of accidents. Also it gives a model of pilots reception policy by company management which provides minimum probability of accidents in long-term perspective. Because of the fact that in airlines virtually in all human factor aviation events (incidents and precursors), the responsibility is entirely on the commander of the aircraft, the model calculations for the commander of the aircraft are performed. Unknown values of model parameters were estimated on the basis of some airline company statistics and model calculation was fulfilled. On the basis of result values of optimal parameters of HR policy the authors have drawn a conclusion about the age lineup of aircraft commanders which provides minimum accident probability.

Key words: aviation accident, age, estimation of probability, pilots reception policy.

Введение

При планировании воздушных перелетов большое внимание уделяется безопасности полетов. Статистические исследования показали, что на безопасность полетов в значительной мере оказывает влияние возраст КВС [4, 5]. Следовательно, с целью повышения безопасности полетов руководству авиакомпании необходимо учитывать возраст КВС при управлении штатом сотрудников. При этом возникает задача нахождения достаточно сложного компромисса: набор молодых пилотов обеспечивает увеличение числа пилотов среднего возраста с минимальной аварийностью по истечению некоторого времени их работы, но ведет к увеличению аварийности из-за роста числа малоопытных КВС. Задачей является нахождение оптимальных параметров кадровой политики АК, обеспечивающих снижение аварийности по фактору «человек» [3]. Решается эта задача методами имитационного стохастического моделирования, включающими в себя

формальное построение математической модели, ее алгоритмизацию, нахождения оптимальных параметров кадровой политики (являющейся, по–существу, управлением в системе) методами стохастического имитационного моделирования.

Стохастическая имитационная модель политики приема и ухода КВС

Построим формальную математическую модель политики в терминах точечных процессов. Пусть в момент времени $t > 0$ число людей в АК в возрасте до $x > 0$ включительно равно $N_t(x)$ (время будем считать непрерывным). Запишем балансовое соотношение, основываясь на том, что в каждый момент времени t количество вновь пришедших людей в возрастном диапазоне $[x; x + dx)$ равно $A_t(x + dx) - A_t(x)$ (т.е. $A_t(x)$ – число людей поступивших в структуру до момента t при условии, что их возраст не превышал x на момент прихода). Число ушедших из структуры $D_t(x)$ к моменту времени t в возрастном диапазоне $[x; x + dx)$ равно $D_t(x + dx) - D_t(x)$. Тогда имеет место следующее балансовое соотношение:

$$N_t(x) = A_t(x) - D_t(x) \quad (1)$$

где $D_0(x) = 0$ для любого $x > 0$.

Процессы $A_t(x)$ и $D_t(x)$ являются семимартингальными с компенсаторами

$$\hat{A}_t(x) = \iint_E \alpha_s(y) ds dy \quad (2)$$

$$\hat{D}_t(x) = \iint_E d_s(y) ds dy \quad (3)$$

(основные определения и термины для описания семимартингалов см. в [2]), соответственно E – область определения.

Обозначим x_{min} , x_{max} – минимальный и максимальный допустимые возраста КВС; t_c – время, начиная с которого сотрудники начнут достигать максимально допустимого возраста. Область определения E функций $\alpha_t(x)$ и $d_t(x)$ представлена на рисунке 1.

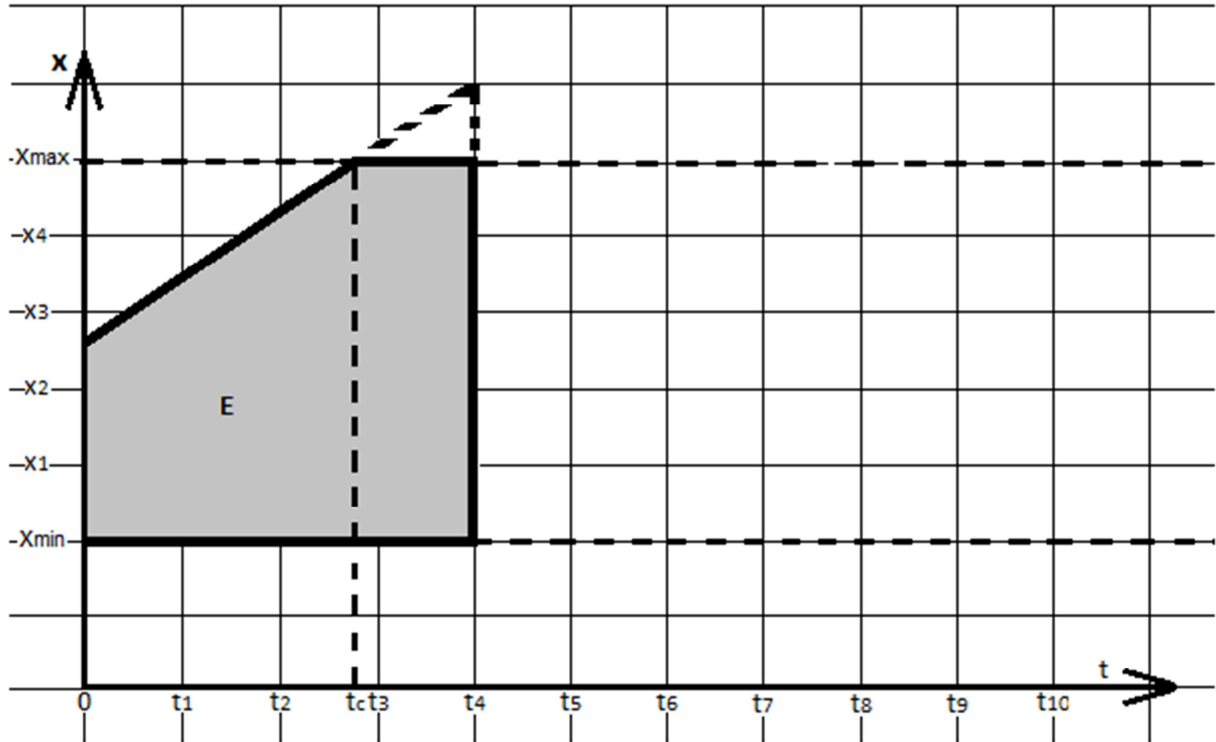


Рисунок 1. Область определения функций $\alpha_t(x)$, $d_t(x)$, по оси абсцисс представлено время, по оси ординат возраст КВС

С учетом области определения уравнения (2) и (3) перепишутся в виде

$$\hat{A}_t(x) = \int_{t_n}^{t_c} \int_{x_{min}}^{x_{min}+(t-s)} \alpha_s(y) dy ds + \int_{t_c}^t \int_{x_{min}}^{x_{max}} \alpha_s(y) dy ds \quad (2^*)$$

$$\hat{D}_t(x) = \int_{t_n}^{t_c} \int_{x_{min}}^{x_{min}+(t-s)} d_s(y) dy ds + \int_{t_c}^t \int_{x_{min}}^{x_{max}} d_s(y) dy ds \quad (3^*)$$

$$t_c = \begin{cases} t - (x_{max} - x), & t \geq x_{max} - x \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (4)$$

Обозначим необходимое количество КВС для управления всеми ВС, обеспечивающих полную загрузку ВС без простоев ВС через N_{max} . Введем также понятия политики приема компании и политики ухода (естественного и увольнения), выражающихся в предпочтении одной возрастной категории КВС над другой. Для этого разобьем интервал $[x_{min}, x_{max})$ на n непересекающихся интервалов: $[x_{i-1}, x_i)$, $i \in [1, n]$.

Обозначим политику, в соответствии с которой принимаются новые сотрудники за

$$\Lambda(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i I(x \in [x_{i-1}, x_i))$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1, 0 \leq \lambda_i \leq \lambda_{max} \leq 1, i \in [1, n] \quad (5)$$

где λ_{max} – максимальное значение весового коэффициента.

И уходя как

$$M(x) = \sum_{i=1}^n \mu_i I(x \in [x_{i-1}, x_i])$$

$$\sum_{i=1}^n \mu_i = 1, 0 \leq \mu_i \leq 1, i \in [1, n_2] \quad (6)$$

Тогда $\alpha_t(x)$ и $d_t(x)$ будут равны

$$\alpha_t(x) = V_1(N_{max} - N_t(x_{max}))^+ \cdot (\sum_{i=1}^n \lambda_i I(x \in [x_{i-1}, x_i])) \quad (7)$$

$$d_t(x) = V_2 N_t(x_{max}) \cdot (\sum_{i=1}^n \mu_i I(x \in [x_{i-1}, x_i])) \cdot$$

$$\cdot I((A(x) - A(x-)) - (D(x) - D(x-)) > 0), \quad (8)$$

где V_1 – скорость, с которой восполняют нехватку КВС; V_2 – скорость ухода (увольнения) КВС; здесь и далее под $f(x-)$ будет пониматься $f(x-) = \lim_{\varepsilon > 0, \varepsilon \rightarrow 0} f(x - \varepsilon)$.

Целью данной работы является нахождение оптимальных параметров $\Lambda(x)$ и $M(x)$ кадровой политики АК, обеспечивающих снижение аварийности по фактору «человек».

Стохастическая имитационная модель изменения вероятности АП в зависимости от возраста

В работе [1] было подробно изложено, как получить оценки вероятностей АП $\hat{p}^{AP}(i)$, $i \in [1, n]$ на основе статистики взятой из [4].

Количество человек в каждой возрастной группе на момент времени t будет

$$Q_t(i) = N_t(x_i -) - N_t(x_{i-1}), i \in [1, n] \quad (9)$$

Разделив каждое из значений (9) на их сумму

$$J = \sum_{i=1}^n Q_t(i), \quad (10)$$

получим вероятность того, что возраст КВС принадлежит i -ой возрастной группе

$$p_t^i(x) = P\{x \in [x_{i-1}, x_i]\} = Q_t(i)/J, i \in [1, n] \quad (11)$$

Таким образом, по известным $\hat{p}^{АП}(i) = P\{АП|x \in [x_{i-1}, x_i]\}$, $i \in [1, n]$ – эмпирическим вероятностям возникновения АП при условии, что возраст КВС на момент АП принадлежал i -ой возрастной группе

$$p_t = \sum_{i=1}^n p_t^i(x) \cdot \hat{p}^{АП}(i) \quad (12)$$

Поскольку максимальное количество КВС ограничено значением N_{max} и процесс $N_t(x)$ является точечным, то начиная с некоторого момента t_S распределение вероятностей $Q_t(i)$, $i \in [1, n]$ будет иметь стационарное распределение. Поэтому в формуле (12) будем полагать, что $t \geq t_S$.

Кроме того, в качестве вероятностей p_t будем брать усредненное значение, построенное по L траекториям процесса $N_t(x)$.

$$\bar{p}_t = \frac{\sum_{k=1}^L p_t(x)}{L} \quad (13)$$

Безусловная вероятность наступления АП в формуле (13) зависит от политики приема КВС λ_i , $i \in [1, n]$ и политики ухода μ_i , $i \in [1, n]$, см. формулу (6). Необходимо оценить весовые коэффициенты $\hat{\lambda}_1^{min}, \dots, \hat{\lambda}_n^{min}$, при которых значение вероятности (13) было бы минимальным. Т. е.

$$\bar{p}_t^{min}(\hat{\lambda}_1^{min}, \dots, \hat{\lambda}_n^{min}) = \min_{\lambda_1, \dots, \lambda_n} \bar{p}_t(\lambda_1, \dots, \lambda_n) \quad (14)$$

При этом полагается, что параметры μ_1, \dots, μ_n будут неуправляемые. В качестве них в имитационной компьютерной модели используются их оценки $\hat{\mu}_1, \dots, \hat{\mu}_n$, полученные из статистики некоторой авиакомпании.

Расчет оптимальных весовых коэффициентов кадровой политики приема

В соответствии со статистикой, приведенной в таблице 2, все КВС поделены на 8 возрастных групп ($n = 8$, $x_{min} = 25$ в предположении, что не бывает КВС в возрасте меньше 25 лет, $x_{max} = 65$). Имеется статистика ухода (увольнения) КВС некоторой авиакомпании в процентном соотношении, сгруппированная по возрастным группам (рисунок 2).

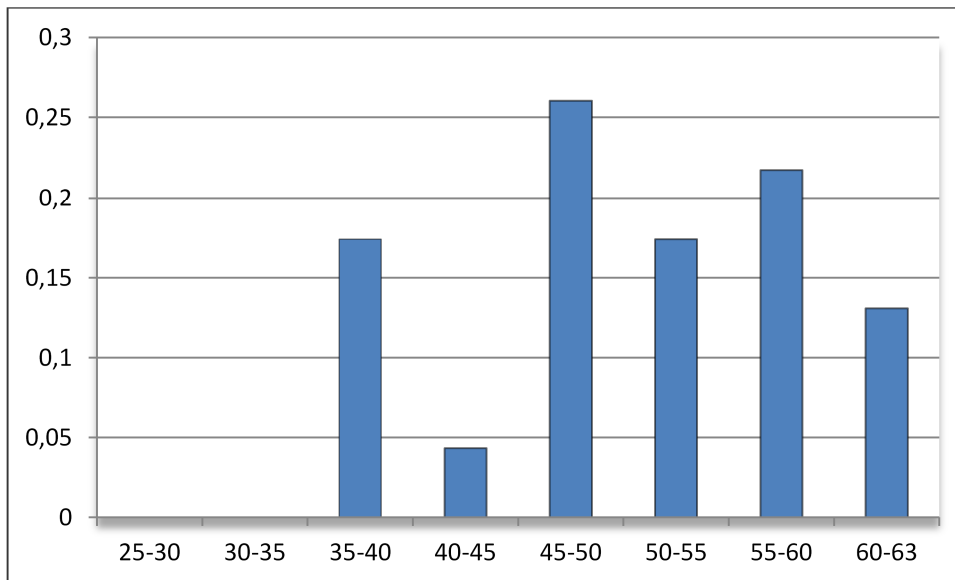


Рисунок 2. Статистика ухода (увольнения) КВС некоторой авиакомпании в период с 2005 по декабрь 2012 года

Имеющиеся процентные соотношения были приняты в качестве весовых коэффициентов политики ухода $\mu_i, i \in [1, n]$ формулы (6).

Проведено имитационное моделирование и построены оценки весовых коэффициентов $\hat{\lambda}_1^{min}, \dots, \hat{\lambda}_n^{min}$. Начальное значение процесса $A_0(x) = 0$ для любого $x > 0$. Из статистических данных одной авиакомпании были выбраны параметры N_{max}, V_1 и V_2 см формулы (7) и (8). Численность состава КВС составляет 23 человека ($N_{max} = 23$), причем в среднем уходит (увольняется) 3 – 4 человека в год, таким образом, параметр V_2 был выбран равным 1,143. Если количество свободных (неустроенных) пилотов, готовых устроиться, меньше потребностей авиакомпании, то $V_1 < 1$, иначе, если количество свободных (неустроенных) пилотов достаточное для нужд авиакомпании и компания испытывает острую нехватку в КВС, тогда параметр $V_1 > 1$. В данном исследовании ограничений на КВС нет, и компания не испытывает острой нехватки в КВС, поэтому V_1 принят равным 1. Момент времени t_s , начиная с которого процесс $N_t(x)$ становится стационарным, равен 7300.

Значения коэффициентов оптимальной политики, при которых оценка вероятности АП минимальна, зависят от λ_{max} , поэтому моделирование производилось для нескольких значений λ_{max} равных 0.15, 0.2 и 0.3 (таблица 1).

Как видно из таблицы 1 минимальное значение, оценка вероятности АП достигала с параметрами близкими или равными $\hat{\lambda}_1^{min} = \lambda_{max}, \dots, \hat{\lambda}_{r-1}^{min} = \lambda_{max}, \hat{\lambda}_r^{min} = 1 - (r - 1) * \lambda_{max}, \hat{\lambda}_{r+1}^{min} = 0, \dots, \hat{\lambda}_n^{min} = 0$. Т. е. при приеме в штат более молодых КВС.

Таблица 1. Зависимость коэффициентов оптимальной политики и минимальной оценки вероятности АП от λ_{max} .

| λ_{max} | $\hat{\lambda}_1^{min}, \dots, \hat{\lambda}_n^{min}$ | $\bar{p}_t^{min}(\hat{\lambda}_1^{min}, \dots, \hat{\lambda}_n^{min})$ |
|-----------------|--|--|
| 0.15 | $\hat{\lambda}_1^{min} = 0.15, \hat{\lambda}_2^{min} = 0.15, \hat{\lambda}_3^{min} = 0.15,$ $\hat{\lambda}_4^{min} = 0.15, \hat{\lambda}_5^{min} = 0.15, \hat{\lambda}_6^{min} = 0.15,$ $\hat{\lambda}_7^{min} = 0.10, \hat{\lambda}_8^{min} = 0.$ | $7.33 \cdot 10^{-6}$ |
| 0.2 | $\hat{\lambda}_1^{min} = 0.16, \hat{\lambda}_2^{min} = 0.20, \hat{\lambda}_3^{min} = 0.20,$ $\hat{\lambda}_4^{min} = 0.20, \hat{\lambda}_5^{min} = 0.20, \hat{\lambda}_6^{min} = 0.04,$ $\hat{\lambda}_7^{min} = 0, \hat{\lambda}_8^{min} = 0.$ | $6.73 \cdot 10^{-6}$ |
| 0.3 | $\hat{\lambda}_1^{min} = 0.16, \hat{\lambda}_2^{min} = 0.30, \hat{\lambda}_3^{min} = 0.30,$ $\hat{\lambda}_4^{min} = 0.30, \hat{\lambda}_5^{min} = 0.04, \hat{\lambda}_6^{min} = 0,$ $\hat{\lambda}_7^{min} = 0, \hat{\lambda}_8^{min} = 0.$ | $6.03 \cdot 10^{-6}$ |

Заключение

Результаты, представленные в работе, показывают, что при заданном распределении ухода (увольнения и выхода на пенсию) КВС (см. рисунок 4), кадровой службе при приеме на работу следует отдавать предпочтение специалистам в возрасте от минимального x_{min} до $x_{min} + [1/\lambda_{max}]$, где $[x]$ – округление в большую сторону. В этом случае вероятность возникновения АП по фактору «человек» в долгосрочной перспективе окажется наименьшей.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009–2013, а также при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках постановления правительства РФ № 218.

Список литературы

1. Бутов А. А., Савинов Ю. Г., Санников И. А., Модель влияния возраста пилотов на вероятность авиационного происшествия // Научный вестник МГТУ ГА (в печати).
2. Липцер Р. Ш., Ширяев А. Н., Статистика случайных процессов. М.: Наука, 1974. 696 с.
3. Руководство по информационному обеспечению автоматизированной системы обеспечения безопасности полетов воздушных судов гражданской авиации Российской Федерации (АСОБП). М.: Аэронавигационное консалтинговое агентство, 2002.
4. Pilot Age and Accident Rates Report 3: An Analysis of Professional Air Transport Pilot Accident Rates by Age // Dana Broach, Kurt M. Joseph, David J. Schroeder. – Civil Aeromedical Institute Human Resources Research Division Federal Aviation Administration Oklahoma City, OK 73125 For OAM research task AAM-00-A-HRR-520 Revised June 27, 2003.
5. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations 1959-2010 / Seattle. – 2011, 27 p. // URL: <http://www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf> (дата обращения 15.01.12).

Рецензенты:

Кемер Александр Робертович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск.

Мищенко Сергей Петрович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск.