

УДК 338.2: 629.7

10.17213/2075-2067-2020-1-47-52

## УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ САМОЛЕТОВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОДХОД

© 2020 г. А. Б. Манвелидзе

*Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»*

*В статье рассмотрен подход к управлению проектированием летательных аппаратов как человеко-ориентированных технических систем, основной целью создания которых является обеспечение безопасности эксплуатации и экологического благополучия. Раскрыты цели и задачи данного подхода, особенностью которого является наращивание человеческого капитала в авиационной промышленности и гражданской авиации, а также обеспечение коммерческой эффективности летательных аппаратов.*

*Ключевые слова: проектирование летательных аппаратов; человеко-ориентированные технические системы; экономическое управление надежностью; безопасность; актуарные расчеты; модель Байеса.*

*The article considers an approach to managing the design of aircraft as human-oriented technical systems, the main purpose of which is to ensure the safety of operation and environmental well-being. The goals and objectives of this approach, which is characterized by increasing human capital in the aviation industry and civil aviation, as well as ensuring the commercial efficiency of aircraft, are disclosed.*

*Key words: aircraft design; human-oriented technical systems; economic reliability management; safety; actuarial calculations; Bayes model.*

Как было показано в работе [1], авиационная отрасль, объединяющая процессы проектирования, производства и эксплуатации летательных аппаратов, представляет одну из инновационных отраслей народного хозяйства России, цели которой формируются специфически с учетом социально-значимых целей ее функционирования. Очевидно, что важнейшим условием функционирования отрасли является обеспечение безопасности и экологического благополучия создаваемой техники. С точки зрения автора решение данной задачи возможно на основе концепции человеко-ориентированных технических систем, которой следует руководствоваться при проектировании самолетов. Это означает, что основной целью создания летательных аппаратов является обеспечение безопасности

эксплуатации и экологического благополучия. Второй целью этого процесса является наращивание человеческого капитала в авиационной промышленности и гражданской авиации. В качестве третьей цели целесообразно рассматривать обеспечение коммерческой эффективности летательных аппаратов.

С учетом отмеченного о процессе проектирования, производства и эксплуатации летательных аппаратов можно говорить как о человеко-ориентированном инновационном процессе, в основе которого, в отличие от подхода к формированию инновационного процесса на основе коммерческих целей и критериев, лежат социо-экологические цели и критерии, выражающиеся в приоритетности обеспечения безопасности функционирования производственных систем и объ-

ектов, на основе которой обосновываются их стоимостные параметры и впоследствии формируется их конструктивный облик. При этом одним из критериев достижения цели человеко-ориентированного инновационного процесса является приращение человеческого капитала в результате его осуществления. Данный подход позволяет гармонизировать социальные и экономические стороны инновационной деятельности.

В контексте настоящего исследования представляет интерес известная работа [2], где производственные действия, связанные с человеческим фактором, рассматриваются с учетом их специфики в условиях управления жизненным циклом продукта (PLM) и управления проектами (PM). Эта специфика заключается в том, что проектируемая техническая система или изделие оценивается по возможности с точки зрения снижения вероятности негативного воздействия на человека (как в физическом, так и в социально-психологическом плане), а результаты ее деятельности в стоимостном выражении определяются с использованием страховых (актуарных) моделей, традиционно применяемых для расчета параметров процессов страхования, связанного с компенсацией экономического ущерба. При этом процесс страхования рассматривается в качестве альтернативы применения проектируемой системы/изделия.

В этом случае предполагается, что экономический результат его функционирования аналогичен формированию и расходованию специального страхового фонда, предназначенного для компенсации ущерба от прекращения функционирования проектируемой системы и для финансирования работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (страховых случаев), причиной которых стало прекращение функционирования рассматриваемого объекта/системы.

Аналогом страхового тарифа (тарифа страховых взносов) здесь выступает экономически обоснованный размер затрат на функционирование проектируемого объекта/системы. При этом предполагается, что каждый год (в течение всего срока службы) текущие (эксплуатационные) расходы на содержание и обеспечение его работоспособности составляют сумму, равную совокупным страхо-

вым платежам, которые должны быть внесены, чтобы компенсировать ущерб, связанный с внезапным прекращением функционирования проектируемого объекта.

В процессе расчетов по актуарной методике вычисляются следующие страховые параметры, необходимые для определения обоснованных эксплуатационных расходов: частота страховых событий, коэффициент кумуляции риска, коэффициент убыточности, условная тяжесть риска, средняя страховая сумма, убыточность страховой суммы, норма убыточности, тяжесть ущерба, частота ущерба.

Далее отметим, что с учетом того, что при оценке результатов деятельности проектируемых объектов или систем по степени снижения рисков процессы функционирования создаваемого изделия/системы описываются с помощью актуарных моделей страхования, необходимо установить соответствие страховых и конструктивных (инженерно-экономических) параметров. Такое соответствие представлено ниже в таблице 1.

В рассматриваемом случае актуарные расчеты осуществляются на основе следующих особенностей и допущений [3]:

- возможные события (страховые случаи), подвергаемые оценке, носят вероятностный характер;

- расчет издержек на оказание услуг (выполнение работ) проектируемым объектом производится в отношении всей страховой совокупности, которая рассматривается при обосновании условий эксплуатации проектируемого объекта;

- полное или частичное погашение ущерба, причиненного в результате страхового случая, требует уточнения размера этого ущерба с учетом его распределения во времени и в пространстве (в зависимости от местонахождения или будущего местонахождения проектируемых объектов, уточнение проводится на основе актуарных нормативов);

- в анализируемой при актуарных расчетах страховой совокупности выделяются группы риска, различающиеся между собой по характеру возможного ущерба.

Теоретической основой всех актуарных методик является теория вероятностей, так как страховые финансовые параметры зависят главным образом от вероятности возникно-

вения страховых случаев из-за прекращения функционирования проектируемого объекта.

Выше были перечислены показатели, которые необходимы для обоснования расходов на содержание проектируемого объекта. Формулы для расчета важнейших из них приведены ниже.

Частота страховых событий  $Ч_c$  равна числу страховых событий (кризисных ситуаций), вероятных за срок службы изделия/системы:

$$Ч_c = L / n,$$

где  $Ч_c$  — частота страховых событий;  $L$  — число страховых случаев;  $n$  — плановый срок службы изделия/системы.

Коэффициент кумуляции риска  $K_k$  рассчитывается как отношение числа пострадав-

ших субъектов в результате страховых событий к числу этих страховых событий:

$$K_k = m / L,$$

где  $K_k$  — коэффициент кумуляции риска;  $m$  — число субъектов, пострадавших в результате кризисной ситуации (страхового случая).

Минимальное значение, которое может принимать коэффициент кумуляции риска, равно единице. В контексте нашего исследования коэффициент кумуляции риска должен дифференцироваться с учетом иерархичности расчетов.

Аналогичный подход применяется и при расчете коэффициента убыточности  $K_y$ :

$$K_y = B / C,$$

Таблица 1

**Соответствие страховых и конструктивных параметров при проектировании человеко-ориентированных инновационных процессов и изделий/систем**

Обозначение параметра	Содержание параметра	
	Для условий страхования	Для условий конструирования
$P$	Сумма собранных страховых взносов	Суммарные затраты на функцию «Обеспечивать безопасность»
$B$	Сумма выплаченного страхового возмещения	Сумма затрат, связанных с ликвидацией последствий одной аварии
$C$	Общая страховая сумма застрахованных объектов	Сумма затрат, связанных с ликвидацией последствий аварий по всем объектам при допустимой вероятности по Байесу
$C_m$	Страховая сумма, приходящаяся на одного страхователя	Сумма затрат, связанных с ликвидацией последствий аварий по одному объекту при допустимой вероятности по Байесу ( $C_m = C / m$ )
$m$	Число пострадавших объектов в результате страхового случая	Число аварий, влекущих экономико-правовые последствия, вероятность которых исключается за счет затрат на обеспечение безопасности
$L$	Число страховых событий	Число неблагоприятных факторов, способных привести к аварии
$n$	Число объектов страхования	Число машин (объектов) в партии, находящихся в эксплуатации
$K_t$	Сумма страхового фонда, необходимая для выплаты страхового возмещения к концу $t$ года	Сумма капитальных вложений в работы по повышению безопасности объектов



**Рис. 1.** Алгоритм расчета стоимостных характеристик изделий, проектируемых в рамках человеко-ориентированного инновационного процесса

где  $B$  — сумма выплачиваемого страхового возмещения, руб.;  $C$  — общая страховая сумма застрахованных объектов, руб.

Величина коэффициента убыточности может быть меньше или равна единице. В нашем случае коэффициент убыточности представляет собой долю затрат на преодоление последствий страховых случаев за рассматриваемый период (срок службы изделия/системы) к максимальной сумме затрат по условиям формирования страхового фонда.

Коэффициент выплат (норма убыточности)  $H_y$ , равен процентному отношению суммы выплачиваемого страхового возмещения к общей сумме собранных страховых взносов:

$$H_y = \frac{B}{P} \cdot 100\%,$$

где  $H_y$  — коэффициент выплат (норма убыточности), %;  $P$  — сумма собранных страховых взносов, руб.

В нашем случае расчет выплат может выполняться исходя из того, что величина  $P$  равна величине эксплуатационных расходов на содержание проектируемого объекта за расчетный период (срок службы), а  $B$  — значению затрат на преодоление кризисных ситуаций. В качестве  $C$  рассматривается величина, равная совокупным затратам на преодоление кризисной ситуации и определенная из предположения, что страхователю будет компенсирована также некоторая часть от недополученного дохода.

Очевидно, что осуществление расчетов по вышеприведенным формулам возможно лишь при наличии репрезентативных статистических данных о страховых случаях, связанных с функционированием систем/объектов, аналогичных проектируемым.

Практически важными представляются случаи, когда при оценке вероятности страховых случаев (прогнозировании уровня опасности), связанных с функционированием проектируемых объектов, статистические данные не могут быть использованы ввиду отсутствия репрезентативной статистической информации о соответствующих страховых случаях, вероятных при функционировании объектов, родственных проектируемым. В этой ситуации могут быть применены методы теории решений, дополненные методиками на основе формулы Байеса [4].

Применение формулы Байеса предполагает следование нижеописанному порядку. Формируется определенное суждение (гипотеза  $H_1$ ) и экспертно оценивается вероятность истинности этой гипотезы  $P(H_1)$ . После этого выбирается некоторое событие  $A$ , связанное по вероятности с ранее высказанной гипотезой  $H_1$ . В том случае, если эта гипотеза  $H_1$  верна, то вероятность свершения события  $A$  составляет  $P(A/H_1)$ . При этом полная вероятность свершения этого события  $A$  составляет  $P(A)$ . Здесь также важно отметить тот факт, что при этом несущественно: истинна или ложна гипотеза  $H_1$ .

В случае, если событие  $A$  наступает (информация о нем становится доступной), то ранее рассчитанная вероятность истинности гипотезы  $H_1$  уточняется путем расчета по формуле:

$$P(H_1/A) = (P(A/H_1) \cdot P(H_1)) / P(A),$$

где  $P(H_1/A)$  — апостериорная вероятность гипотезы  $H_1$  после уточнения;  $P(H_1)$  — первоначальная, априорная вероятность гипотезы  $H_1$ .

В том случае, если затем поступит новая информация (предположим, что это будет информация о свершении некоторого события  $B$ , которое также связано вероятностью  $P(B/H_1)$ ), то вероятность истинности гипотезы  $P(H)$  с учетом вновь поступившей информации определяется как:

$$P(H/A \text{ и } B) = \\ = (P(H_1/A) \cdot P(B/H_1) \cdot P(H_1)) / P(AB),$$

где  $P(AB)$  — полная вероятность наступления сразу двух событий  $A$  и  $B$ .

При проектировании новых изделий/систем, по которым нет статистических данных об аварийных ситуациях, возникающих при их функционировании, информация для расчетов по вышеприведенным формулам формируется в результате экспертных оценок, а вероятность безаварийной эксплуатации проектируемого объекта/системы  $P(H_1)$  может быть рассчитана следующим образом:

$$P(H_1) = (1 - K),$$

где  $H_1$  — гипотеза о безаварийной эксплуатации проектируемого объекта в течение всего

его жизненного цикла;  $K$  — оценка вероятности аварии, полученная экспертным путем.

Вероятность аварийной работы в этом случае определяется по формуле:

$$P(H_2) = K,$$

где  $H_2$  — предположение об аварийной ситуации во время эксплуатации.

В результате может быть получена стоимостная характеристика эксплуатации проектируемого объекта и ответ на вопрос: превышает ли прибыль, получаемая в процессе эксплуатации объекта (рассчитанная с учетом вероятности безаварийной работы), затраты, необходимые для ликвидации последствий аварий (рассчитанные с учетом их вероятности).

Алгоритм расчета стоимостных характеристик изделий, проектируемых в рамках человеко-ориентированного инновационного процесса, представлен на рис. 1.

На основе целесообразных затрат на функцию обеспечения безопасной работы с использованием метода стоимостного проектирования [5] может быть рассчитана сумма расходов на эксплуатацию создаваемой машины и обоснована ее цена. Эти параметры после согласования с заказчиком становятся основополагающими при разработке конструкции летательного аппарата.

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что предложенный подход к проектированию летательных аппаратов, как человеко-ориентированным техническим системам, может составить основу алгоритмического обеспечения систем поддержки принятия решений в задачах автоматизации проектирования летательных аппаратов.

### Литература

1. Манвелидзе А.Б. Отраслевой подход к управлению инновациями в современных условиях: пример авиационной отрасли // Друкеровский вестник. — 2019. — №4. — С. 45–51.
2. Tomotoshi I., Shinya U., Tatsuya S. Toward Human-oriented Industries // Hitachi review. — 2009. — Vol. 58. — P. 174–179.
3. Trowbridge C.-L. Fundamental concepts of actuarial science. — Washington D. C.: AERF, 1989. — 79 p.
4. Kahneman D. Thinking, Fast and Slow, Farrar, Straus and Giroux. // New York Review of Books, 2011. — Vol. 22. — Pp. 40–44.
5. Sharma A., Belokar R. M. Achieving Success through Value Engineering: A Case Study // Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2012, October 24–26, San Francisco, USA. — 2012. — Vol II. — P. 36–39.

Поступила в редакцию

25 декабря 2019 г.



**Манвелидзе Андрей Борисович** — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры «Финансовый менеджмент» Московского государственного технологического университета «СТАНКИН».

**Manvelidze Andrey Borisovich** — Candidate of economic Sciences, Docent, Docent of the Department of Financial management of Moscow State University of Technology «STANKIN».

127055, г. Москва, Вадковский пер., 1  
1 Vadkovsky ln., 127055, Moscow, Russia  
Тел.: +7 (499) 972-95-05; e-mail: manvelidze.a.b@mail.com