

АПОСТЕРИОРНАЯ ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО И ГРУППОВОГО ЭКСПЕРТНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА АВИАЦИОННЫХ СОБЫТИЙ В АВИАКОМПАНИИ

д. т. н., проф. *А. Г. Гузий*, ВВИА им. Н.Е. Жуковского, ООО «Волга-Днепр-Москва»,
А. А. Симак, ВВИА им. Н.Е. Жуковского

Представлены результаты апостериорной оценки достоверности индивидуального и группового экспертного прогнозирования уровня безопасности полетов (БП) в авиакомпаниях «Волга-Днепр» на 2005 год – по 14-ти показателям и на 2006 год – по 18-ти показателям уровня БП типа «количество инцидентов» с распределением их по причинным факторам.

Управление уровнем безопасности полетов (БП), на каком бы иерархическом уровне и по какой бы из схем ни выполнялось, как процесс управления сложными динамическими эргатическими системами, к которым относится авиационно-транспортная система (АТС), должно предусматривать, в качестве обязательной, процедуру количественного оценивания управляемых параметров, отражающих некоторые свойства системы или характеризующих текущее, а по возможности – предстоящее (прогнозируемое) ее состояние. Согласно установившейся международной практике, уровень БП принято оценивать апостериори по количеству авиационных событий, имевших место в оцениваемом временном интервале. Поскольку авиационные происшествия (АП), слава Богу, - события крайне редкие, то оцениванию (с обязательным расследованием и анализом) подлежат не только АП, но и другие авиационные события, в том числе инциденты и даже предвестники инцидентов [1].

Целесообразность оценивания уровня БП по количеству инцидентов подтверждена обоснованными, хоть и не бесспорными, выводами о сверхвысокой коррелированности:

- количества АП и количества инцидентов;
- количества катастроф и количества АП без жертв [2].

В любом случае, апостериорная оценка показателей уровня БП выполняется по некоторой (случайной, но не репрезентативной) выборке совокупности авиационных событий за анализируемый период эксплуатации, поэтому не является отражением истинного состояния АТС за прошедший период, тем более, текущего или перспективного состояния динамической системы, поскольку факт динамичности ни коим образом не рассматривается. Необходимо учитывать, что высокая динамичность состояния АТС обуславливается не только стохастическим влиянием отдельных и совокупных факторов риска АП из групп факторов «Экипаж», «Воздушное судно» (ВС), «Среда», но еще и проводимыми накануне и в течение прогнозируемого периода мероприятиями по предотвращению АП, эффективность которых априори пока ни кем не оценивается.

Для априорного оценивания показателей текущего уровня БП и прогнозирования предстоящего уровня, наряду со статистическими методами, как показывает опыт, достаточно эффективными оказываются экспертные исследования, как основные методы качественного и количественного оценивания состояния сложных динамических эргатических систем при отсутствии описания закономерностей динамики этих систем в виде аналитических зависимостей [3]. В условиях децентрализации авиации, при эксплуатации новой авиационной техники или ограниченного количества малосерийных типов ВС в авиакомпании (учреждении, ведомстве), когда не накоплен достаточный объем статистических данных или нет возможности использовать статистические методы, экспертные методы остаются едва ли не единственно доступными. Естественно, для эксплуатанта экспертные методы имеют свои недостатки, в том числе:

- необходимость привлечения в качестве экспертов целой группы специалистов в области БП, желательно равновысокой компетентности, с возможностью оптимизации количественного и качественного состава группы как накануне, так и в процессе проводимых исследований [4];

- потребность в специалисте-аналитике, подготовленном методически к периодическому проведению экспертных исследований;

- потребность в адаптированном к условиям компании (учреждения, ведомства) методическом и математическом обеспечении экспертных исследований в планируемой области.

Но наиболее серьезным препятствием для практического использования экспертных методов исследований эксплуатантом являются сомнения в достоверности (надежности и точности) группового, а тем более индивидуального экспертного прогнозирования количественных показателей уровня БП. Тем не менее, как показывает практика, в процессе летной работы процедуре принятия решения по вопросам БП обычно предшествуют процедуры экспертного оценивания той или иной ситуации (состояния АТС, ее компонентов или отдельных элементов). Поскольку такое оценивание носит индивидуальный характер, ему свойственна субъективность, т.е. зависимость оценки от личных качеств отдельных специалистов.

Использование экспертов в качестве источников информации основывается на гипотезе о наличии у них опыта и знаний в конкретной области (гипотетических представлений о состоянии АТС, об условиях ее безопасного функционирования) и априорных оценок значимости принимаемых и планируемых решений, как результата мобилизации их профессионального опыта, логического мышления и интуиции (неосознанного мышления). Сущность экспертных методов оценивания заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы БП с формированием суждений (альтернативных ситуаций, целей, решений и т.п.), количественной оценкой суждений и последующей формальной обработкой результатов.

Очевидно, что мнение группы экспертов надежнее, чем мнение отдельного эксперта, поскольку при достаточном обеспечении информацией коллективные методы оценки состояний основываются на использовании принципа «хорошего измерителя», т.е. эксперт - источник достоверной информации, а групповое мнение экспертов приближается к истине по мере увеличения количества оценок (измерений, наблюдений), благодаря возможности минимизации случайных ошибок при синтезе и оценке альтернатив [5]. Групповая оценка может считаться достаточно надежной при условии достаточной согласованности ответов экспертов.

Экспертные методы исследования уровня БП были использованы в авиакомпании (АК) «Волга-Днепр» в 2005 году (адаптированное методическое обеспечение) и в 2006 году (усовершенствованное методическое и математическое обеспечение) - при прогнозировании количества инцидентов:

- по типам эксплуатируемых ВС (Ан-124-100, Boeing 747-200, Ил-76 и Як-40);
- по группам причинных факторов («ВС», «Двигатель», «Экипаж», «Среда»);
- отдельно по чартерным и регулярным перевозкам.

Привлекались внутренние эксперты (12 - 15 специалистов-руководителей) условно равной компетенции, т.е. без предварительной оценки индивидуального уровня их компетентности и без ранжирования, на добровольных началах, без какого-либо стимулирования (вознаграждения).

На 2005 г. прогнозирование уровня БП выполнялось по 14-ти количественным показателям без промежуточной коррекции. По окончании года:

- совпадений факта с групповой оценкой математического ожидания (МО) прогноза – 4 (29% общего количества прогнозируемых параметров);
- совпадений в пределах оценки СКО (1σ) – 7 (50%);
- совпадений в пределах $1\sigma - 2\sigma$ – остальные 3 (21%).

Из десяти прогнозируемых показателей уровня БП, фактические значения которых

не совпали с оценкой МО прогноза, девять показателей (90%) оказались ниже оценки МО прогноза, т.е. фактическое количество инцидентов меньше, чем по прогнозу [3]. Причиной явно выраженной однонаправленности такого смещения, хоть и незначительного (в пределах $2\bar{\sigma}$), может быть изменение состояния АТС в сторону повышения уровня БП как в результате изменившихся условий эксплуатации, так и в результате проведения целенаправленных мероприятий по повышению уровня БП, выработанных в АК в начале или в течение года, в том числе с учетом результатов прогнозирования.

Анализ достоверности индивидуальных оценок прогнозирования количественных показателей БП проводился на материале 2006 года - по коэффициенту совпадения $K_{i_{совп.кол}}$, первоначально разработанному с учетом полученных результатов рассеивания совокупности групповых оценок экспертного прогнозирования на 2005 год относительно фактических показателей уровня БП за год летной эксплуатации (в пределах $2\bar{\sigma}$) [4]. Однако, как и следовало ожидать, отдельные индивидуальные оценки некоторых показателей БП оказались за пределами не только $2\bar{\sigma}$, но и $3\bar{\sigma}$. Кроме того, некоторые эксперты использовали свое право воздержаться от оценивания тех показателей БП, по которым не считали себя достаточно компетентными (главным образом, это касалось ВС иностранного производства). Поэтому рабочая формула коэффициента совпадения претерпела изменения:

$$K_{i_{совп.кол}} = \frac{3m_{МО} + 2m(\bar{\sigma}) + m(2\bar{\sigma}) + 0,5m(3\bar{\sigma}) - 0,5m(\geq 3\bar{\sigma}) - 0,5m_{-}}{3m_{\Sigma}}$$

где $m_{МО}$ - количество дискретных количественных показателей уровня БП, по которым индивидуальная оценка, данная экспертом, совпадает с действительным (фактическим) значением показателя БП (т.е. с математическим ожиданием МО);

$m(\bar{\sigma})$ - количество показателей, по которым индивидуальная оценка находится в пределах одного СКО оценок в группе;

$m(2\bar{\sigma})$ - количество показателей, по которым индивидуальная оценка находится в пределах двух СКО ($1\bar{\sigma} - 2\bar{\sigma}$);

$m(3\bar{\sigma})$ - количество показателей, по которым индивидуальная оценка находится в пределах трех СКО ($2\bar{\sigma} - 3\bar{\sigma}$);

$m(\geq 3\bar{\sigma})$ - количество показателей, по которым индивидуальная оценка находится за пределами трех СКО;

m_{-} - количество показателей, по которым экспертом не дана оценка;

m_{Σ} - общее количество оцениваемых количественных показателей.

Экспертное прогнозирование количественных показателей БП в авиакомпании «Волга Днепр» на 2006 год выполнялось по 18-ти показателям (количество инцидентов) 12-ю активными (без исключения оценок) экспертами. По результатам летной работы в первом полугодии производилась промежуточная коррекция прогнозных оценок по новой статистике [6]. Эффективность коррекции максимально проявилась по тем показателям уровня БП, прогнозирование которых было выполнено с большим СКО (рис. 1, 2), особенно при двумодальном распределении индивидуальных оценок (рис. 1).

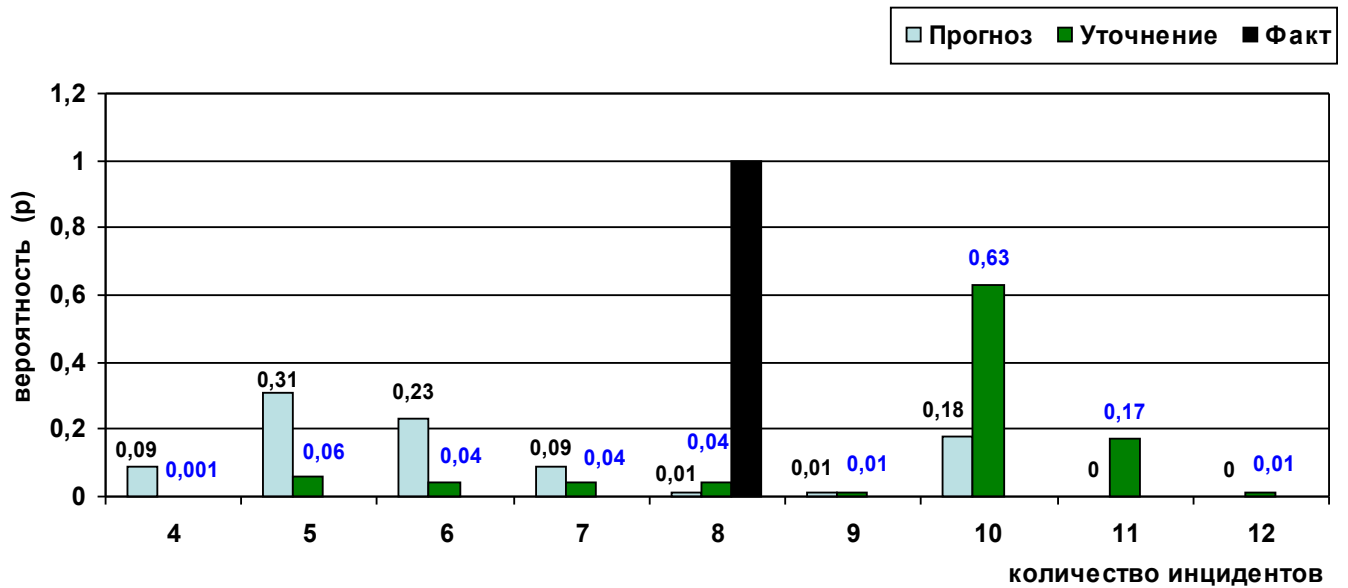


Рисунок 1. Распределение вероятностей по количеству инцидентов группы факторов "Машина", самолет Ан-124-100

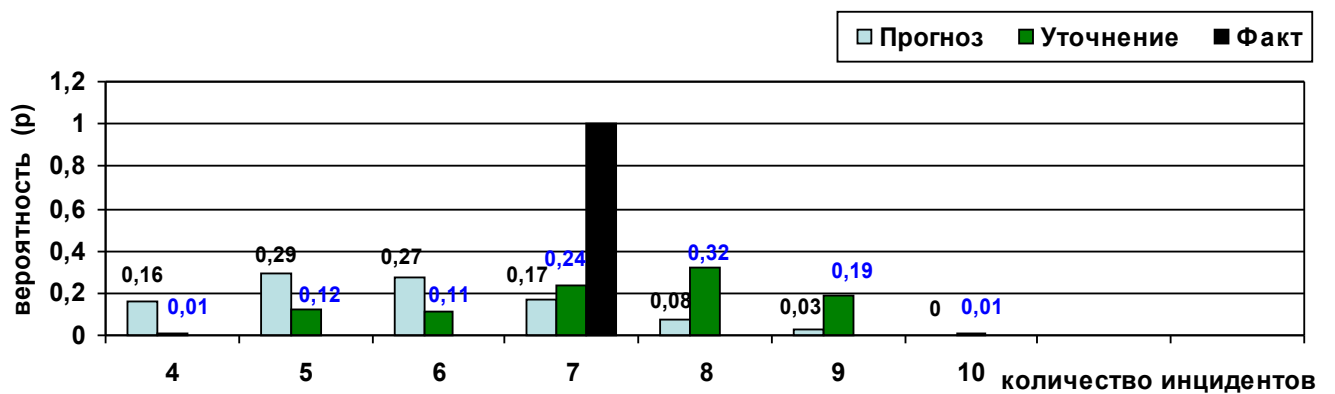


Рисунок 2. Распределение вероятностей по количеству инцидентов группы факторов "Машина"- "двигатель", самолет Ан-124-100

Очевидна целесообразность квартальной коррекции (проверки) прогноза - для уменьшения СКО оценок, уточнения оценки МО, выявления динамики состояния АТС и своевременной выработки целенаправленных (относительно причинных факторов) воздействий по управлению уровнем БП.

По окончании 2006 года без учета промежуточной коррекции:

- совпадений факта с оценкой математического ожидания (МО) прогноза – 8 (44,4% показателей уровня БП) (рис. 3, 4, 5, 6, 7, 8);

- совпадений в пределах одной оценки СКО ($\bar{\sigma}$) – 1 (5,6%);

- совпадений в пределах $1\bar{\sigma} - 2\bar{\sigma}$ – 8 (44,4%).

Результаты индивидуального и группового оценивания сведены в таблицу.

Анализом совпадений индивидуальных оценок по совокупности (18-ти) прогнозируемых показателей выявляются эксперты, значительно отличающиеся:

- повышенной достоверностью прогноза $K_{i_{совп.кол}} = 0,530 - 0,566$ (№№ 1, 3, 6, 9);

- приемлемой достоверностью $K_{i_{совп.кол}} = 0,46 - 0,51$ (№№ 2, 5, 6, 7, 11);

- низкой достоверностью $K_{i_{совп.кол}} = 0,38$ (№ 4) и $K_{i_{совп.кол}} = 0,23$ (№ 10) – кандидаты на вывод из активного состава группы экспертов.

Как и ожидалось при многократных наблюдениях, значение коэффициента сходимости групповых оценок значительно выше максимального значения коэффициента сходимости индивидуальных оценок: 0,62 против 0,565. Более того, 94,44...% групповых оценок находятся в доверительном интервале $2\bar{\sigma}$.

																									Таблица	
№№	Ч	Ч	М	Дв	Ср	М	Дв	Ср	М	Дв	Ср	М	Дв	Ср	Ср	Пт	Ср	Пт	m_{MO}	$m(\bar{\sigma})$	$m(2\bar{\sigma})$	$m(3\bar{\sigma})$	$m(\geq 3\bar{\sigma})$	m_{-}	$K_{i_{совп.кол}}$	
экспертов	ЧГП	РГП	Ан	Ан	Ан	В	В	В	Ил	Ил	Ил	Як	Як	Як	ЧГП	ЧГП	РГП	РГП								
1	2	1	5	2	3	2	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	6	2	7	1	2	0	0,53	
2	1	1	6	1	5	3	2	1	1			3	1	2	1	0	1	1	3	2	6	2	2	2	0,48	
3	1	1	6	2	4	2	1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	1	0	6	2	8	1	1	0	0,556	
4	3	1	12	2	10	3	2	1	-	-	-	2	0	2	3	2	1	0	3	2	7	0	3	3	0,38	
5	2	1	10	4	6	2	2	0	-	-	-	2	0	2	5	2	1	1	5	1	5	4	0	3	0,50	
6	1	1	6	2	4	2	1	1	1	0	1	2	1	1	2	1	1	0	5	2	8	2	1	0	0,51	
7	2	3	5	3	2	6	2	4	2	2	0	2	1	1	2	1	2	1	5	1	8	2	2	0	0,46	
8	2	2	5	3	2	2	2	0	1	0	1	2	0	2	-	-	-	-	6	1	2	1	4	4	0,44	
9	2	1	4	1	3	1	1	0	1	0	1	2	1	1	1	1	1	0	7	1	7	2	1	0	0,565	
10	-	1	-	-	-	6	3	3	-	-	-	-	-	-	--	-	3	0	3	0	2	2	1	12	0,23	
11	2	1	5	2	3	1	0	1	-	-	-	5	-	-	1	0	1	0	3	2	7	1	0	5	0,46	
12	2	1	8	4	4	3	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	5	1	10	2	0	0	0,54	
Гр.																										
оценка	2	1	5	5	3	2	2	0-1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	0	8	1	8	0	1	0	0,62	
СКО	0.6	0.6	2.9	2.8	1.4	1.8	0.9	1.1	1	0.8	0.8	1	0.6	0.6												

Ч - «человек»; М - «машина»; Дв - «двигатель»; Ср - «среда», в том числе столкновения с птицами, метеоусловия, и т.п.;

Пт - столкновения с птицами; ЧГП, РГП - соответственно чартерные и регулярные грузовые перевозки;

Ан, В, Ил, Як - соответственно Ан-124-100, Boeing747-200, Ил-76, Як-40;

Гр.оценка - групповая оценка количества инцидентов в году по прогнозу;

СКО - оценка среднеквадратического отклонения индивидуальных оценок в группе ($\bar{\sigma}$);

Факт. - фактическое количество инцидентов по итогам года.

Выводы

1. Экспертные оценки текущего и перспективного уровня БП в масштабе отдельно взятой авиакомпании являются достаточно достоверными на начальной стадии массовой эксплуатации многосерийных ВС и на всех этапах жизненного цикла ВС малой серии.

2. Группы экспертов в области БП с оптимизируемым количественным и качественным составом целесообразно привлекать к идентификации, прогнозированию и количественному оцениванию «нестандартных» но возможных, ранее не исследованных ситуаций (состояний АТС) и процессов, влияющих на БП.

3. По мере накопления информации о результатах экспертного прогнозирования и выявления существенных различий в индивидуальных оценках возможно выполнение процедуры ранжирования экспертов с вычислением индивидуальных весовых коэффициентов и введением их в алгоритм определения групповых оценок.

4. Численность экспертной группы - не менее 15 экспертов с обязательной избыточностью не менее 30%. Периодичность выполнения ротации экспертов определяется с учетом располагаемого количества экспертов и проводимых экспертиз, но не реже одного раза в год.

5. Вычисленные индивидуальные значения коэффициентов совпадения объективно отражают компетентность и профессиональный уровень каждого эксперта и могут быть использованы в работе руководством авиакомпании и службой персонала.

6. Целесообразно, используя положения теории измерений, провести исследования по оптимизации процедур идентификации и количественного оценивания вероятности проявления и степени влияния факторов риска АП и факторов, предотвращающих развитие АП, по критерию достоверности - с целью научно обоснованного определения границы (условий) перехода от экспертных методов исследования - к математико-статистическим (в зависимости от объема располагаемых статистических данных) [7].

7. На внутриведомственном (корпоративном) уровне целесообразна автоматизация обработки экспертных данных с накоплением и длительным хранением материалов и полученных результатов [8].

8. Экспертные методы исследований в области БП могут использоваться как методический и математический инструмент для перехода к так называемой «априорной интервенции» [9]: выявляя и оценивая априори факторы риска АП в предстоящих полетах, и принимая предупредительные меры (синтез и активация факторов предотвращения авиационных событий), предотвращать АП [10].

9. Потенциал сформированной группы экспертов целесообразно использовать при априорно количественном оценивании эффективности разрабатываемых на отраслевом и корпоративном уровнях мероприятий по предупреждению и предотвращению АП, используя показатель «снижение суммарного риска АП/стоимость» [11].

10. Экспертные методы прогнозирования уровня БП могут использоваться страховщиками для количественного оценивания страховых рисков и обоснования дифференцированного подхода к авиакомпаниям при формировании тарифов страховых сборов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 06-08-01518.

Литература

1. *Гузий А. Г., Малевинский Ю. А.* Концепция предотвращения авиационных происшествий и управление уровнем безопасности полетов.// Труды общества независимых расследователей авиационных происшествий (Выпуск 16). – М.: Полиграф, 2004. - С. 160 - 168.

2. *Осташкевич В. А.* Общий подход к количественной оценке безопасности полетов.// Проблемы безопасности полетов. Информационный сборник. Вып. 9, 2006. - М.: ВИНТИ, 2006. – С. 10 - 14.

3. *Гузий А. Г., Чуйко А. А.* Методологический подход к экспертному

прогнозированию уровня безопасности полетов.// Проблемы безопасности полетов. Информационный сборник. Вып. 10, 2006. - М.: ВИНТИ, 2006. – С. 3 – 15.

4. *Гузий А. Г.* Формирование и оптимизация состава группы экспертов в области безопасности полетов и предотвращения авиационных происшествий.// Проблемы безопасности полетов. Информационный сб. Вып. 11, 2006. - М.: ВИНТИ, 2006. – С. 8 -18.

5. *Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г.* Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980.

6. *Гузий А. Г.* Методика промежуточной коррекции прогнозных оценок вероятностных показателей уровня безопасности полетов.// Проблемы безопасности полетов. Информационный сборник. Вып. 12, 2006. - М.: ВИНТИ, 2006. – С. 3 - 8.

7. *Чуйко А. А.* Метрологический подход к экспертному прогнозированию уровня безопасности полетов./ Всероссийская научно-техническая конференция «VIII Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского». Материалы. Часть 2. – М.: ВВИА, 2007. – С. 65.

8. *Гузий А. Г., Гаязов М. И.* Автоматизация процедур оценивания и прогнозирования показателей уровня полетной безопасности авиационно-транспортной системы./ Там же. – С. 61.

9. *J. McCarthy* Моделирование риска с помощью системы оценки полетного эксплуатационного риска (FORAS)/ Обзор итогов работы 52-го совместного семинара по безопасности полетов Всемирного фонда безопасности (FSF), Международной федерации летной годности (IFA) и Международной ассоциации воздушного транспорта (IATA). (Бразилия, Рио де Жанейро 8 - 11 ноября 1999 г.). – М.: Некоммерческое партнерство «Безопасность полетов», 2000 г.

10. *Гузий А. Г., Онуфриенко В. В.* Методология активного управления уровнем безопасности предстоящих полетов в авиакомпании./ Труды общества независимых исследователей авиационных происшествий (Выпуск №17). – М., 2005. С. 160 - 168.

11. *Гузий А. Г., Шаров В. Д.* Методологический подход к априорной оценке эффективности мероприятий по предотвращению авиационных происшествий.// Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. Научный информационный сб. № 6, 2006. – М.: ВИНТИ, 2006. - С. 76-79.

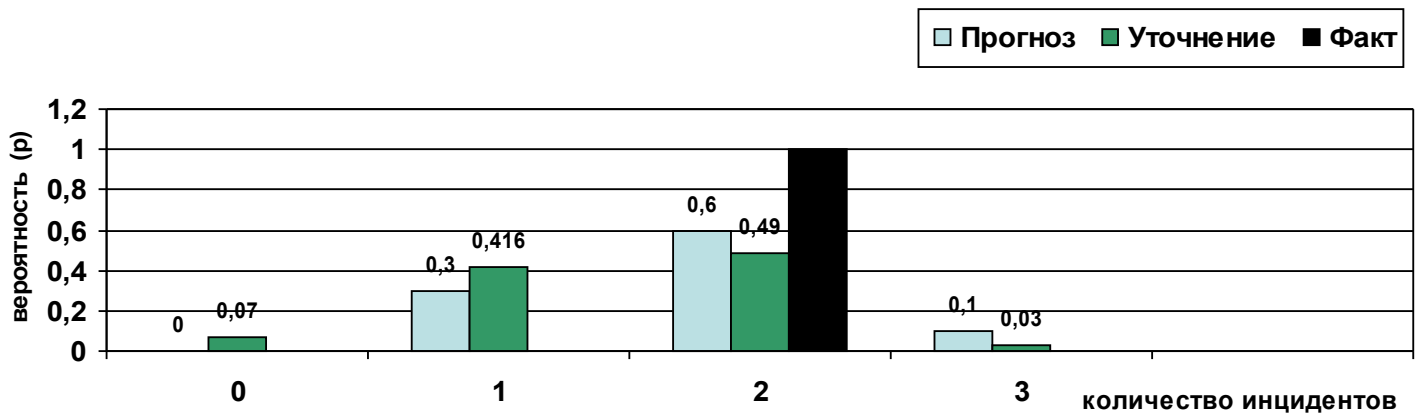


Рисунок 3. Распределение вероятностей по количеству инцидентов группы факторов "Человек", чартерные грузовые перевозки

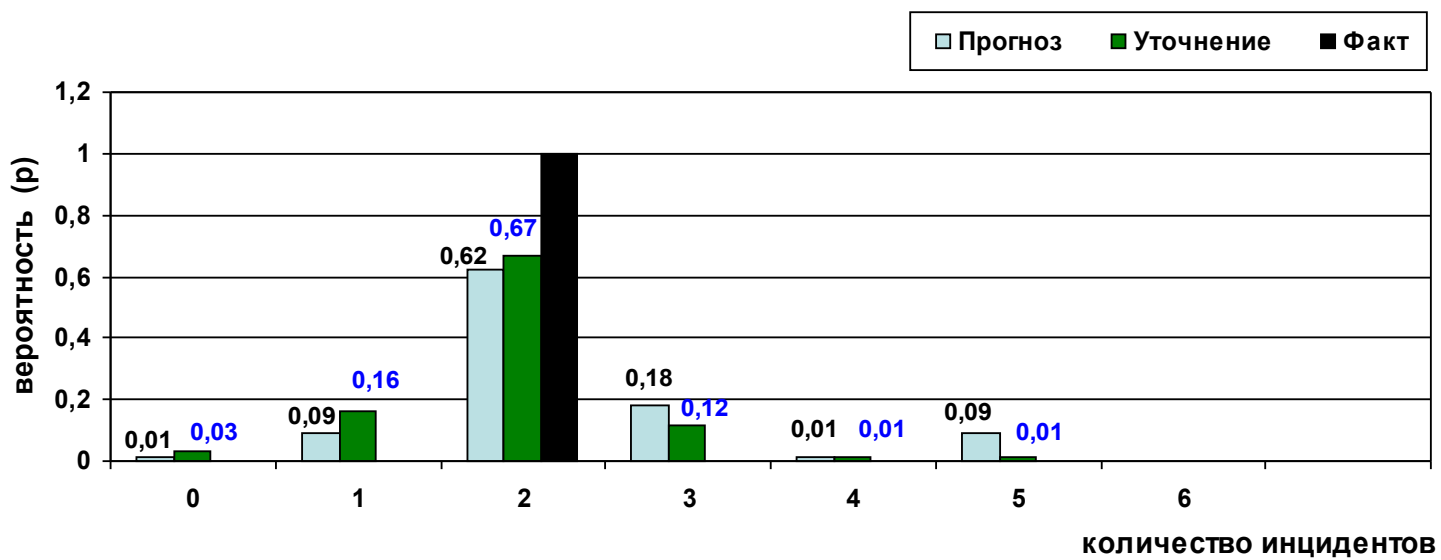


Рисунок 6. Распределение вероятностей по количеству инцидентов группы факторов "Машина", самолет Як-40

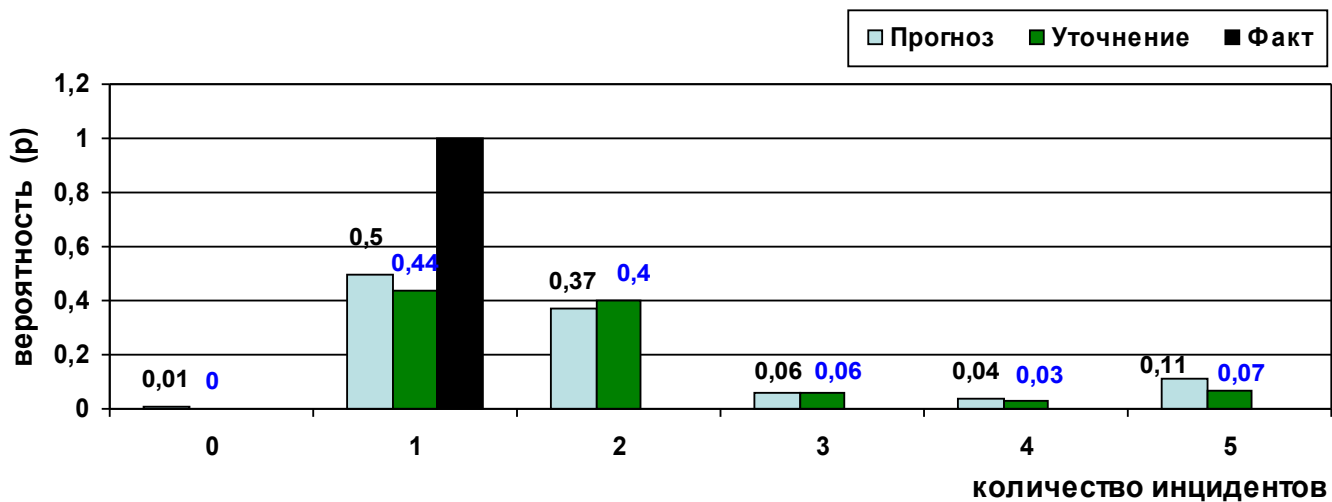


Рисунок 7. Распределение вероятностей по количеству инцидентов группы факторов "Среда", ЧГП

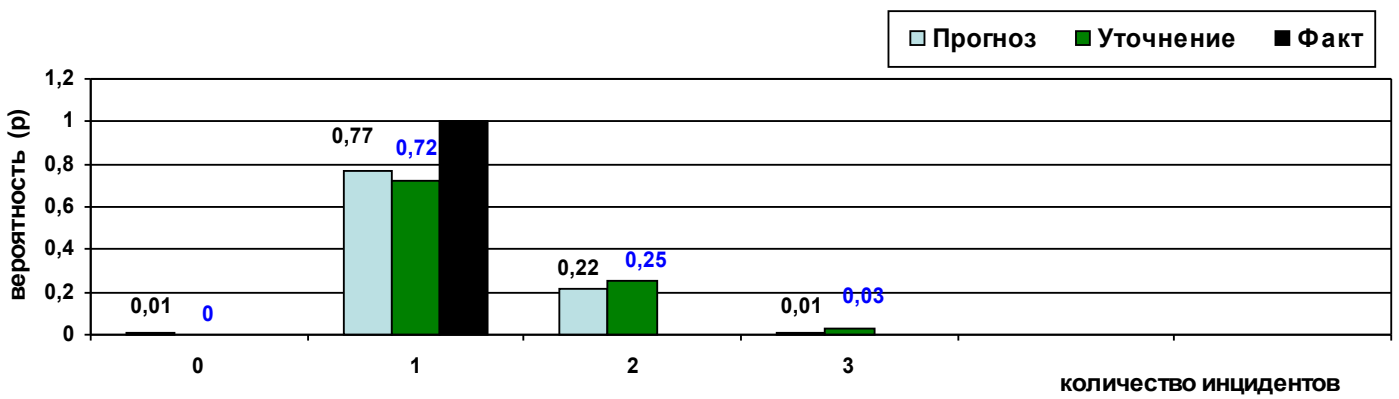


Рисунок 8. Распределение вероятностей по количеству инцидентов группы факторов "Среда"- "столкновение с птицами", ЧГП

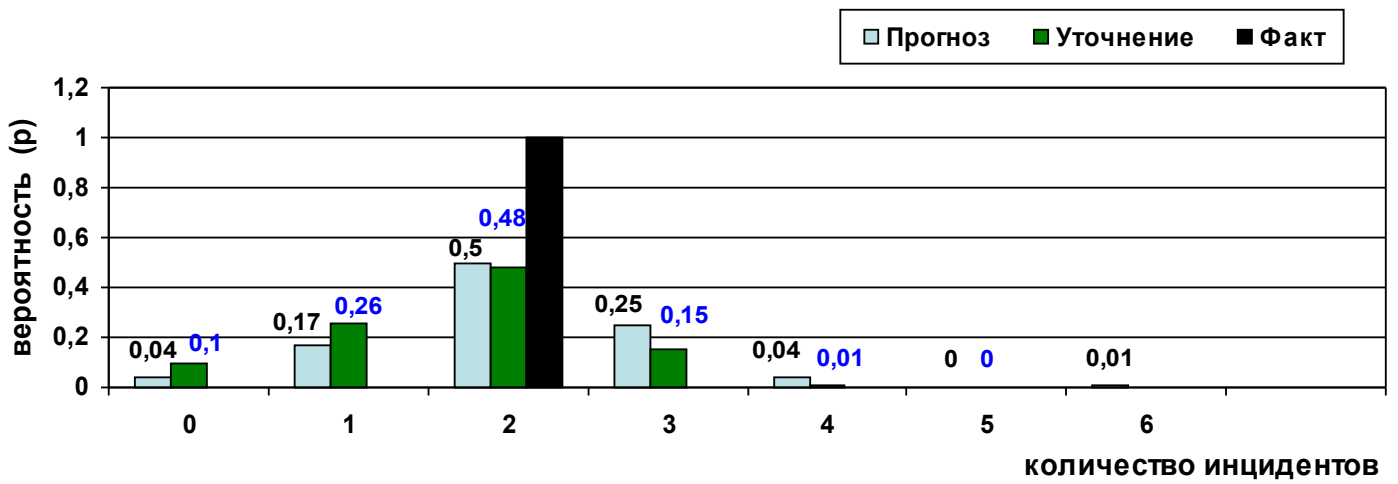


Рисунок 4. Распределение вероятностей по количеству инцидентов группы факторов "Машина", самолет Boeing-747

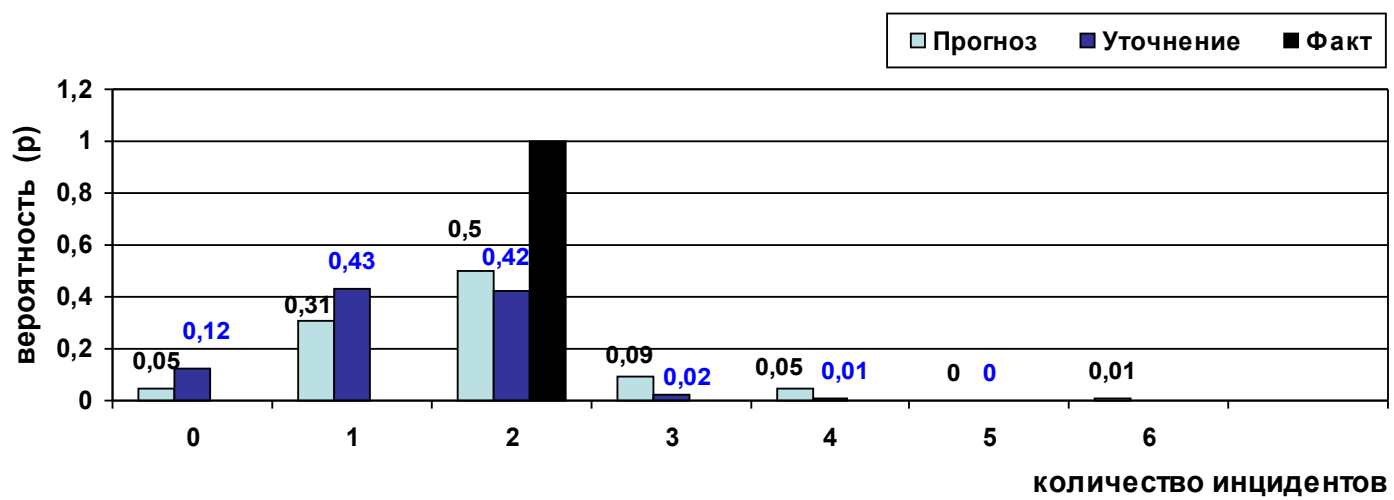


Рисунок 5. Распределение вероятностей по количеству инцидентов группы факторов "машина"- "двигатель", Boeing-747