

УДК 330.43

^{1,2}*Р.С. Рожков, ¹А.А. Литвин, ¹М.Н. Кривова*

¹ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», Московская область, г. Химки, email: rbt07@mail.ru, mkr03@ya.ru

²ФГБОУ ВО «Финансовый университет при правительстве РФ», г. Москва

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ВЕЛИЧИНУ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА АВИАПРОИСШЕСТВИЙ

Ключевые слова: экономика, экономический ущерб, чрезвычайная ситуация, техногенная катастрофа, человеческий фактор, статистическая выборка, риск, вероятность, эконометрический подход, корреляция, регрессия функция, ошибка.

В статье определено влияние человеческого фактора на величину экономического ущерба авиапроисшествий. Проведена оцифровка и количественная оценка показателя «человеческий фактор» на основе экспертного опроса и анализа статистики. Определен экономический ущерб от авиапроисшествий на основе межведомственного методического инструментария. Авторами сформулирован тезис о том, что факторы пренебрежения, некомпетентности и неопытности влияют на уровень экономического ущерба от ЧС. Проведены расчеты, выделены линейная, степенная, показательная и полиномиальная функции, рассчитаны коэффициенты детерминации и сделан вывод о характере зависимости человеческого фактора на величину экономического ущерба от ЧС.

^{1,2}*R.S. Rozhkov, ¹A.A. Litvin, ¹M.N. Krivova*

¹Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow region, Khimki, email: rbt07@mail.ru, mkr03@ya.ru

²Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

ECONOMETRIC APPROACH TO ASSESSING THE IMPACT OF THE HUMAN FACTOR ON THE MAGNITUDE OF THE ECONOMIC DAMAGE OF AIR ACCIDENTS

Keywords: economy, economic damage, emergency, man-made disaster, human factor, statistical sampling, risk, probability, econometric approach, correlation, regression function, error.

The article defines the influence of the human factor on the magnitude of the economic damage of aviation accidents. Digitization and quantitative assessment of the indicator "human factor" based on expert survey and analysis of statistics. The economic damage from air accidents was determined on the basis of interdepartmental methodological tools. The authors formulated the thesis that factors of neglect, incompetence and inexperience affect the level of economic damage from emergencies. Calculations were carried out, linear, power, exponential and polynomial functions were identified, determination coefficients were calculated and a conclusion was made about the nature of the dependence of the human factor on the magnitude of economic damage from an emergency.

Для того, чтобы оценить влияние человеческого фактора на экономический ущерб авиапроисшествий и, в дальнейшем, транслировать опыт использования эконометрической оценки экономического ущерба в авиации на другие техногенные ЧС, необходимо определить общую модель, по которой будет рассчитываться зависимость. Видится, что данный экономико-математический подход позволит нивелировать специфику авиационных ЧС и будет применяться для расчета определения разного рода зависимостей в сфере обеспечения техногенной безопасности.

Прежде всего стоит отметить, что в настоящем исследовании «доля вины» человека в произошедшей катастрофе определяется значениями x от 1 до 10. Ущерб же от техногенной катастрофы определим значениями y .

Указанная «доля вины» человека сопряжена с ошибкой. Ошибка – это оценка результата как неадекватного настоящим представлениям о ресурсах и сознании субъекта. Данная философская трактовка имеет некоторые варианты объяснения: если говорить про деловую и личную жизнь, то субъект оценивает свои ресурсные состояния, поведение и поступки,

решения и результаты. Мы почти всегда имеем чувство и, практически даже уверены, что могли бы поступить иначе и иметь лучший результат. Иногда бывает и противоположная оценка неожиданно превышенного результата. Почему мы не поступаем так, чтобы иметь лучший результат? Ответ: не были способны, были не в состоянии. Поступили только так, как получилось. Тогда с точки зрения формальной логики – это означает, что ошибок не бывает, а есть ресурсные решения, или иначе – решения, основанные на имеющихся в распоряжении человека ресурсах, в момент принятия решения и совершения действия [1].

В момент оценки того, что произошло, мы уже имеем иное сознание, знание, опыт. Правда, это относится к случаям развивающегося сознания. Если сознание остается прежним, человек считает, что поступил самым лучшим образом, и никаких лучших альтернативных решений и поведения не представилось. Понимание этого контекста приводит нас к парадоксальному выводу: мы ничего из своих результатов деятельности не можем называть ошибкой. Если оцениваем, что результат мог быть другим и лучше, то это значит, мы выросли над собой и это следует оценивать, как личное развитие [2].

Однако, в обществе используется слово «ошибка», которая несет в себе отражение негативных реалий. И встает вопрос, который необходимо исследовать: по каким причинам человек поступает не лучшим образом?

Поэтому следующий этап исследования определяет эмпирические модели и классификацию.

Эмпирические модели и классификации приводят к более глубокому пониманию природы ошибок. Описанную ниже авторами модель можно обозначить как «Классы состояния ресурсов: пренебрежение, некомпетентность, неопытность».

Доли каждого класса состояния ресурсов в поведении оператора определены авторами экспертным способом по анализу множества разрозненной статистики.

1. *Пренебрежение*. Это класс преднамеренных ошибок, сознательных действий, направленных на непреднамеренный риск, нарушение правил. Этот класс

поведения пилота усматривается в психообразе полета и самой профессии. Достоверные и многократные исследования подтверждают связь этого класса с классом низкого профессионализма. Напротив, осторожность, умеренность и твердые решения – смысл профессии. Доля неблагоприятных исходов по этому классу составляет около 25%.

2. *Некомпетентность*. Это – ошибки неподготовленности, неумения, недостаточной профессиональной подготовки, недостаточные навыки. Доля этого класса ресурсного состояния составляет примерно треть: 35 %, и он связан более всего с нижеследующим.

3. *Неопытность*. Забывания, невнимательность, рассеянность, нерешительность. Самый большой класс состояния ресурсов – около 40% неблагоприятных исходов. Подвидов этого класса может быть много.

Взаимосвязь частей структуры личности пилота очевидна, но очевидно и их различие в способах обучения. Технически грамотный специалист и искусный оператор может оказаться слабым в суждении и технике принятия решений. Человек, обладающий и тем, и другим может иметь слабые представления о навыках лидерства и делегирования в экипаже, что критически ослабляет использование ресурсов экипажа. Наконец, имея все вышеперечисленное, пилот со слабой адаптацией к стрессовым ситуациям или ослабляя адаптацию наркотизирующими средствами (алкоголем, курением, пилюлями) может не справиться с управлением в сложной ситуации.

Значения X:

1 – *Ошибка выбора* (неопытность)

Ошибка выбора – один из видов класса неопытности. В качестве примера можно привести «шасси убраны» и «шасси выпущены». В истории авиации существует множество случаев, когда пилот ошибается в выборе, что приводит к посадке с убранными шасси с тремя видами сигнализации: световой («зеленые горят»), звуковой (сирена), механической (полосатый указатель на капоте).

Катастрофа ATR 72 в Тайбэе (рейс 235 Transasia Airways, 2015 год): пилот совершил роковую ошибку после отказа одного из двигателей

Данная авиационная катастрофа произошла 4 февраля 2015 года. Авиалайнер ATR 72-212A авиакомпании TransAsia Airways выполнял внутренний рейс GE235 по маршруту Тайбэй—Цзинь-мэнь, через 3,5 минуты после взлёта опрокинулся влево и рухнул в реку Цзилун в 5,3 километрах от аэропорта Тайбэя. Из находившихся на его борту 58 человек (53 пассажира и 5 членов экипажа) погибли 43, остальные 15 выжили, получив ранения. Также были ранены 2 человека на земле «О, Боже! Я нажал не на ту кнопку!» Это были последние слова пилота незадолго до того, как самолет врезался в шоссе на Тайване. Погибли 43 человека. Согласно отчету Тайваньского совета по безопасности полетов, после вылета из аэропорта Соншан в Тайбэе, Тайвань, один из двигателей прекратил работать. Капитан случайно отключил активный двигатель, нажав не на ту кнопку, что и привело к катастрофе [3].

2 – Привычка (неопытность)

Еще один вид этого же класса – привычка. Пример: освобождение полосы по определенной рулежной дорожке в аэропорту базирования пилотом, делавшим это сотни раз. Ошибка «по привычке» происходит в тот момент, когда дается указание диспетчера освободить полосу по другой РД, а пилот выбирает привычную.

Катастрофа в Серритосе

В воскресенье 31 августа 1986 года в небе над Серритосом (округ Лос-Анджелес, штат Калифорния) на высоте 2000 метров столкнулись авиалайнер DC-9 компании Aeromexico и частный Piper Cherokee Archer II, после чего оба самолёта упали на расположенный под ними город. В катастрофе погибли все находящиеся на обоих самолётах 67 человек, а также ещё 15 человек на земле. Основная причина столкновения – радарная система аэропорта не была настолько мощной, чтобы с точностью определить малогабаритный Piper Cherokee, а авиадиспетчер Уолтер Уайт не придавал значения помехам в передаче данных.

3 – Проблемы со здоровьем (неопытность)

В эту группу входят ситуации, когда пилот не может бороться со сном, имеет

проблемы со зрением или слухом, что прямым образом влияет на принятие им решений и образ поведения в нормальных и экстренных случаях.

Андреас Любиг – Germanwings, рейс 9525 (2015 год)

Крупная авиационная катастрофа произошла 24 марта 2015 года между городами Динь-ле-Бен и Барселонет (Франция). Авиалайнер Airbus A320-211 авиакомпании Germanwings выполнял пассажирский рейс 4U9525 по маршруту Барселона—Дюссельдорф, а на его борту находились 144 пассажира и 6 членов экипажа. Через 30 минут после взлёта самолёт внезапно перешёл в быстрое снижение и ещё через 10 минут врезался в горный склон в Прованских Альпах и полностью разрушился. Все находившиеся на его борту 150 человек погибли.

Официальной причиной катастрофы стало самоубийство пилота. Следователи исходят из того, что второй пилот, который страдал от постоянной депрессии, заблокировал себя в кабине пилотов и умышленно направил самолёт на горы.

4 – Промахи, обусловленные невнимательностью (некомпетентность)

Чаще всего такой вид ошибок происходит, когда ситуация очень похожа на обычный порядок действий пилота, но не идентична ему. Если внимание рассеяно или человек отвлекается в определенный и важный момент, он скорее всего будет следовать обычной процедуре, а не той, которую необходимо было выполнить в этом случае.

Катастрофа L-1011 в Эверглейдсе (рейс EAL 401 Eastern Air Lines, 1972 год)

29 декабря 1972 года реактивный самолет Eastern Airlines Tristar упал в Национальный парк Эверглейдс во Флориде. 101 человек, включая капитана, погиб. Эту катастрофу пережили 75 человек.

Авария произошла из-за того, что капитан и его заместитель отвлеклись на перегоревшую лампочку. Пока они проверяли свет, кто-то по ошибке потянул за джойстик, в результате чего самолет потерял режим автопилота и отклонился от курса. Когда пилот понял, что самолет падает, было уже слишком поздно.

5 – *Упущения памяти*
(некомпетентность)

Катастрофа A321 под Исламабадом
(рейс 202 Airblue, 2010 год)

Авария произошла 28 июля недалеко от столицы Пакистана Исламабад во время внутреннего рейса, в результате чего погибли 146 пассажиров и шесть членов экипажа. Аварии можно было избежать, если бы первый офицер осмелился противоречить капитану. Капитан был обвинен в грубом отношении к своему заместителю во время полета. Он даже игнорировал предупреждение Института управления воздушным движением. Комитет по авиационным авариям показывает, что причиной крушения стало неправильное решение экипажа. Экипаж неправильно выполнял процедуры захода на посадку в аэропорту в Исламабаде в сложных погодных условиях и игнорировал команды диспетчера полетов.

6 – *Ошибки восприятия*
(некомпетентность)

Такие ошибки также можно обозначить как ошибки в распознавании ситуации, принятия её за другую.

Сэйдзи Катагири – Japan Airlines, рейс 350 (1983 год)

Авиационная катастрофа пассажирского авиалайнера Douglas DC-8-61 авиакомпании Japan Air Lines произошла 9 февраля 1982 года в Токийском заливе около токийского аэропорта Ханэда. В этой аварии погибли 24 человека и ещё 77 получили ранения. Капитан воздушного судна Сэйдзи Катагири включил во время полета двигатели своего самолета DC-8 на реверс, в результате чего самолет произвел аварийную посадку на воду в Токийском заливе. На подлете к аэропорту было сообщено, что состояние Катагири ненормальное и «пилот громко плачет в кабине». После начала расследования выяснилось, что Сэйдзи Катагири страдал от галлюцинаций и депрессии до полета.

7 – *Ошибки из-за недостаточной квалифицированности*

В эту группу входят ошибки от простого незнания правил из-за низкой квалификации пилота или члена экипажа.

Катастрофа ATR 72 (рейс 153 Tuninter, 2009 год)

В марте 2009 года капитан и офицер полета были приговорены к 10 го-

дам лишения свободы после авиакатастрофы, в результате которой погибли 16 пассажиров. Капитану Чафику Аль Гарби и первому офицеру Али Кебаеру-Асваду было предъявлено обвинение в том, что они молились, а не контролировали внештатную ситуацию после того, как у самолета из-за механических сбоев закончилось топливо. Это привело к тому, что самолет упал в Средиземное море. На записи в кабине видно, как капитан молится Аллаху и Пророку Мухаммеду. Есть доказательства, что экипаж прилагал много усилий, чтобы спасти ситуацию, но, в конце концов, «закрыли на все глаза» и самолет упал в море.

Рейс был из Бари (Италия) в Джербу (Тунис). Только 23 из 49 выживших в катастрофе были спасены из моря.

8 – *Ошибки (пренебрежение)*

Ошибка является непреднамеренным актом. Например, диспетчер управления воздушным движением разрешает воздушному судну выполнить снижение с пересечением эшелона крейсерского полета другого воздушного судна, когда дистанция DME между ними составляет 18 м. миль (это происходит в условиях, где правильным минимальным интервалом эшелонирования является дистанция в 20 м. миль). Если диспетчер неправильно рассчитал разницу в расстояниях DME, сообщенных пилотами, его действие будет ошибкой [6].

Ту-154М 3 июля 2001 – Валентин Гончарук

Крупная авиационная катастрофа произошла 4 июля 2001 года. Авиалайнер Ту-154М авиакомпании «Владивосток Авиа» совершал плановый внутренний рейс ДД-352 по маршруту Екатеринбург—Иркутск—Владивосток, но при заходе на посадку в аэропорту Иркутска внезапно свалился в плоский штопор и рухнул на землю около деревни Бурдаковка. Погибли все находившиеся на его борту 145 человек – 136 пассажиров и 9 членов экипажа

Есть несколько причин данной авиакатастрофы, одна из которых состоит в том, что Валентин Гончарук не рассчитал траекторию посадки, в результате его Ту-154М упал на взлетно-посадочную полосу.

9 – Нарушение (пренебрежение)

Нарушение представляет собой преднамеренный акт. Рассмотрим такой же пример и дистанцией между воздушными суднами: если диспетчер рассчитал расстояние правильно и разрешил снижающемуся воздушному судну продолжать полет с пересечением эшелона крейсерского полета другого воздушного судна, зная, что требуемый интервал эшелонирования не обеспечивается, его действие станет нарушением [8].

Катастрофа Boeing 757 под Пуэрто-Плата (рейс ALW 301 Birgenair, 1996 год)

В 1996 году коммерческий самолет, вылетевший из Доминиканской Республики в Германию, разбился всего через несколько минут после взлета. При взлете пилот узнал, что возникли проблемы со спидометром, но решил взлетать. Сразу после взлета ситуация ухудшилась, поскольку ошибка спидометра влияет на автоматическое рулевое управление. Самолет упал в Атлантику. Все пассажиры и экипаж погибли. Следователи установили, что самолет не имел технических повреждений. Но гнездо песочной оси в трубке спидометра повлияло на точность измерения давления, что привело к катастрофе.

10 – Целенаправленное участие в крушении самолета

Под этим значением мы рассматриваем допущение «ошибки» пилотом или кем-то из экипажа как умышленное действие, направленное на приведение к авиакатастрофе.

Гамиль Эль-Батути – EgyptAir, рейс 990 (1999 год)

31 октября 1999 года самолет Boeing 767-366ER компании EgyptAir, который выполнял перелет между Лос-Анджелесом и Каиром, врезался в воду возле острова Нантакет. При этом погибли 218 человек. Последующее расследование, проведенное американским правительством, показало, что причиной аварии стал преднамеренный акт со стороны второго пилота Гамиля Эль-Батути. На записях с черного ящика слышно, как второй пилот Эль-Батути прошептал «я полагаюсь на Бога», после чего обороты двигателей самолета снизились до минимума. Когда капитан Ахмед Эль-Хабаша вернулся в кабину, он отчаянно пытался набрать высоту, но второй пилот продолжал тянуть штурвал вниз [10].

Таким образом, переменная X принимает значения от 1 до 10 в зависимости от степени влияния человеческого фактора на экономический ущерб.

В свою очередь, экономический ущерб авиапроисшествия был рассчитан авторами на основе методики, которая включает выплату семьям пострадавших пассажиров и семьям членов экипажа, стоимость самолета, денежный эквивалент пострадавшего имущества (табл. 1)

Следующий этап исследования: определение линейных и нелинейных связей между человеческим фактором и экономическим ущербом и построение трендов.

Таблица 1

Таблица экономического ущерба

Значение Х (человеческий фактор)	Катастрофа	Выплаты семьям пострадавших пасса- жиров	Вы- платы семьям членов экипажа	Стоимость самолёта. Млн дол- ларов	Ущерб от пострадав- шего имущества	Эконо- миче- ский ущерб (итога). Млн долларов
1	Катастрофа ATR 72 в Тайбэе	475.000*43 (2)		25 млн [1]	Нет данных	45,425
2	Кагастрофа в Серритосе	250.000*82 (8)		48,5млн (3) + 467 тыс [4]	Нет данных	69,467
продолжение табл. 1						

окончание табл.1						
Значение Х (человеческий фактор)	Катастрофа	Выплаты семьям пострадавших пассажиров	Выплаты семьям членов экипажа	Стоимость самолёта. Млн долларов	Ущерб от пострадавшего имущества	Экономический ущерб (итога). Млн долларов
3	Андреас Любич – Germanwings, рейс 9525 (2015 год)	56.500*150 (6)		75 млн [5]	Потери акций авиакомпании 2,5%, производителя авиалайнера 2% (нет стоимости акций на тот момент)	83,475
4	Катастрофа L-1011 в Эверглейдсе	250.000*101 (8)		20 млн [7]	Нет данных	45,250
5	Катастрофа A321 под Исламабадом	(6200+34100)*152 (10)		110,1 млн [9]	Нет данных	116,225
6	Сэйдзи Катагири – Japan Airlines, рейс 350	170.000*24 (8)		5,54 млн [11]	Нет данных	9,62
7	Катастрофа ATR 72	366.400*33 (13)		25 млн [12]	Авиакомпания Tuninter запретили полеты в воздушном пространстве Италии	37,0912
8	Ту-154М 03.07.2001	26 790*145 (15)		10 млн	Нет данных	13,8845
9	Катастрофа Boeing 757 под Пуэрто-Плата	56 500*189 (6)		70 млн	Нет данных	80,6785
10	Гамиль аль-Батути – ЕгиптAir, рейс 990	250.000*217 (8)		182,8 млн	Нет данных	237,05

Полученную выборку можно отразить в следующей системе координат (рис 1).

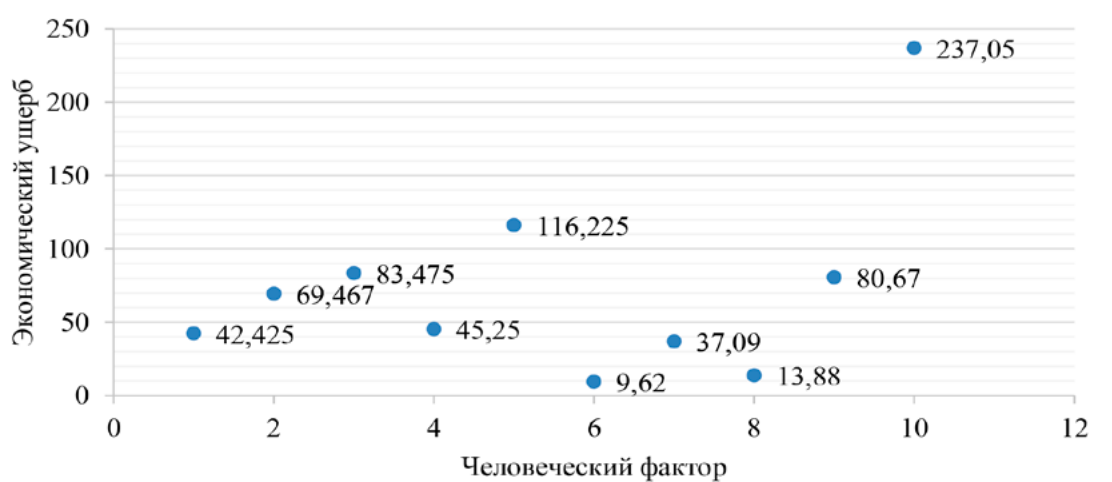


Рис 1. Исследуемая выборка

Построим линейную модели парной регрессии. Общий вид данной модели:

$$\hat{y}_i = \alpha + \beta x_i \quad (1)$$

Коэффициенты находятся следующим образом:

$$\beta = \text{Cov}(x, y) / \text{Var}(x) \quad (2)$$

$$\alpha = \bar{y} - \beta * \bar{x} \quad (3)$$

Для расчета ковариации используем следующее выражение:

$$\text{Cov}(x, y) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (4)$$

Производя вычисления, получаем $\text{Cov}(x, y) = 66,2$, и $\text{Var}(x) = 8,25$, коэффициент $\beta = 8,02$, $\alpha = 29,69$.

Таким образом, получаем уравнение вида:

$$\hat{y}_i = 29,69 + 8,02x_i$$

Для того, чтобы оценить, насколько подходит полученная модель, воспользуемся коэффициентом детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (5)$$

При подсчетах получаем коэффициент детерминации 0,136. Это говорит о том, что построенная модель лишь на 13,6% объясняет реальную ситуацию.

Построим показательную модели парной регрессии. Общий вид данной модели:

$$\hat{y}_i = \alpha \beta^x \quad (6)$$

Для вычисления производим некоторую замену:

$$\log_{10} \alpha = A$$

$$\log_{10} \beta = B \quad (7)$$

$$\log_{10} y = Y$$

Тогда $Y = A + Bx$

Путем решения системы приходим к таким результатам:

$A = 1,66$ – из этого следует, что $\alpha = 45,7$

$B = 0,0094$ – из этого следует, что $\beta = 1,022$.

Таким образом модель принимает вид:

$$\hat{y}_i = 45,7 * 1,022^x$$

При подсчетах коэффициента детерминации, результат получился незначимым, что говорит о невозможности использовать модель для объяснения зависимости y от x .

Построим показательную модели парной регрессии. Общий вид данной модели:

$$\hat{y}_i = \alpha x^\beta \quad (8)$$

Похожим методом составляем систему с помощью замены логарифмами свободных коэффициентов.

Получили: $\beta = 0,002$, $\alpha = 51,3$

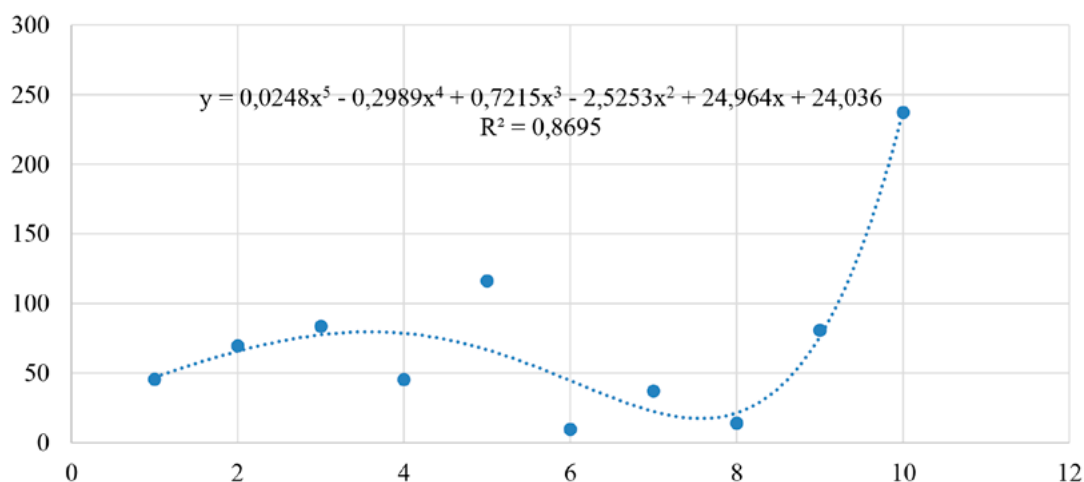


Рис. 2. Нелинейная полиномиальная функцию

Таким образом модель принимает вид:

$$\hat{y}_i = 51,3x^{0,002}$$

При подсчетах коэффициента детерминации, результат получился незначимым, что говорит о невозможности использовать модель для объяснения зависимости y от x .

Построим полиномиальную модель парной регрессии с помощью программы Excel (рис 2.).

Функция, как показано на рисунке, имеет вид:

$$\hat{y}_i = 0,0248x^5 - 0,2989x^4 + 0,7216x^3 - 2,5253x^2 + 24,964x + 24,036 \quad (9)$$

Коэффициент детерминации рассчитывается также с помощью Excel:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 0,8695$$

Как видно из расчетов, данная полиномиальная модель на 86,95% «приблизжена» к реальной выборке.

Будем работать с полученной моделью, определим взвешенный коэффициент детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 0,8695 \quad (10)$$

Подставляя в формулу 10 полученный коэффициент детерминации, получаем:

$$R_{adj}^2 = 0,8532.$$

Взвешенный коэффициент детерминации «штрафует» полученную модель из-за недостаточного количества наблюдений.

Рассчитаем коэффициент корреляции:

$$r_{x,y} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (11)$$

Коэффициент корреляции говорит о том, что статистическая взаимосвязь двух и более случайных величин (либо величин, которые можно с некоторой допустимой степенью точности считать

такowymi), слабая ($r_{x,y} = 0,37$). Предполагается, что корреляция будет средней, если количество наблюдений (n) увеличить до 100–150. *Трактовка данного показателя*

Несмотря на недостаточно большой коэффициент корреляции между зависимой переменной y и объясняющей x , коэффициент детерминации и взвешенный (оцененный) коэффициент детерминации говорят о хорошем качестве полиномиальной модели. Введем тест Фишера, который подтвердит или опровергнет действительность коэффициента детерминации в случае с бесконечно большим количеством наблюдений [1]:

$$F_{набл} = \frac{R^2/k}{(1-R^2)/(n-k-1)} \quad (12)$$

В ходе расчетов получаем $F_{набл} = 53,3$.

Сравниваем с $F_{табл}$ ($F_{табл} = 5,32$).

Так как $F_{набл} > F_{табл}$, то модель в целом значима.

Следующим этапом исследования будет выступать этап прогнозирования значения зависимой переменной при увеличении объясняющего фактора на 10% от своего среднего значения.

$$x_{np} = \bar{x} * 10\% = 5,5 * 1,1 = 6,05$$

Подставляем x_{np} в формулу нашей модели и получаем $y = 42,9966$

Рассчитаем ошибку прогноза:

$$U(x_{np}) = S_e t_{табл} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_{np} - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (13)$$

$$\text{где } S_e = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n-k-1}} = 1,33$$

$$U(x_{np}) = 3,2$$

$$y - U(x_{np}) \leq y^* \leq y + U(x_{np})$$

$$39,7966 \leq y^* \leq 46,1966$$

Выводы

1. В ходе исследования «доля вины» человека в произошедшей катастрофе определяется значениями x от 1 до 10, ущерб от техногенной катастрофы определяется значениями y . Показатель x для каждой конкретной катастрофы определен с помощью анализа статистики и экспертного опроса.

2. Цель исследования заключалась в определении характера зависимости между показателями человеческого фактора x и экономическим ущербом y , взяв за основу имеющуюся выборку. На основе расчетов были отброшены линейная, степенная и показательная функции, так как коэффициент детерминации оказался незначительным; определена полиномиальная функция, которая имеет вид:

$$\hat{y}_i = 0,0248x^5 - 0,2989x^4 + 0,7216x^3 - 2,5253x^2 + 24,964x + 24,036,$$

коэффициент детерминации которой получился равен 0,8695 (т.е. 86,95% вариаций зависимой переменной объясняется регрессией).

3. В ходе исследования удалось осуществить прогнозирование экономического ущерба y , в случае увеличения среднего значения человеческого фактора x на 10%. С вероятностью 0,95 экономический ущерб (y^*) при $x = 6,05$ будет находиться в интервале $39,7966 \leq y^* \leq 46,1966$.

4. С помощью применения корреляционно-регрессионного анализа удалось определить, что незначительное изменение количественного значения величины человеческого фактора (на 10% от среднего значения), может повлечь увеличение экономического ущерба на 3 млн долларов.

5. Подтверждается тезис о важности превентивных мероприятий и необходимости снижения негативного влияния человеческого фактора на экономический ущерб от ЧС.

Библиографический список

1. Гражданская оборона / Издание 2-е, переработанное, МЧС России. М.: АГЗ МЧС России, 2018. 400 с.
2. Гражданская защита: Энциклопедия в 4-х томах. (издание третье, переработанное и дополненное) / под общей ред. Пучкова В.А. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015.
3. Яйли Е.А., Музалевский А.А. Риск: анализ, оценка, управление. СПб: РГТМУ. 2005. 232 с.
4. Гражданские самолеты ATR72. [Электронный ресурс]. URL: http://skyships.ru/?page_id=5902, (дата обращения 10.01.2022).
5. Trans Asia Airways fly. [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/TransAsia_Airways_Fligh. (дата обращения 08.01.2022).
6. Информация по самолету McDonnell Douglas DC-9. [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/McDonnell_Douglas_DC-9. (дата обращения 08.01.2022).
7. Информация по самолету Piper PA-28 Cherokee. [Электронный ресурс]. URL: http://www.virtairlines.ru/db/PA-28_Cherokee. (дата обращения 08.01.2022).
8. Российская газета. Материалы крушения Airbus A320 во Франции. [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2015/08/11/airbus-anons.html>. (дата обращения 15.01.2022.)
9. Информация по самолету. [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Lockheed_L-1011_TriStar. (дата обращения 15.01.2022).
10. Во сколько страны оценивают жизнь погибших в авиакатастрофах. [Электронный ресурс]. URL: <https://life.ru/p/191316>. (дата обращения 15.01.2022).
11. Родственники жертв авиакатастрофы в Пакистане получают денежные компенсации. [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/8548113>. (дата обращения 15.01.2022).
12. Информация по самолету Douglas DC-8 – Douglas DC-8. [Электронный ресурс]. URL: https://wikichi.ru/wiki/Douglas_DC-8. (дата обращения 15.01.2022).