

Е.В. Варюхина, В.В. Клочков

## **Метод целеполагания инновационных разработок, направленных на повышение безопасности полетов**

---

### **Принципы целеполагания научно-технологического развития авиационной отрасли в области безопасности полетов**

Устранение авиационных происшествий и серьезных инцидентов должно являться целью деятельности государственных органов, регулирующих деятельность авиационных предприятий. Однако стремиться к уменьшению количества авиационных происшествий и инцидентов до нуля в реальности некорректно, с одной стороны, из-за того, что любая человеческая деятельность не застрахована от полного отсутствия эксплуатационных ошибок и их последствий, с другой стороны, из-за ограничений ресурсов на достижение данной цели. Поэтому в Руководстве по управлению безопасностью полетов [1] призывают непрерывно снижать риск авиационных происшествий до некоторого приемлемого целевого уровня, который определяется государством.

Уровень безопасности полетов можно характеризовать различными параметрами. Чаще всего используют количество авиационных происшествий и количество погибших в авиационных происшествиях на  $10^6$  пассажиро-километров (пкм).

Важно объективно определять целевые уровни безопасности полетов, исходя из национальных интересов Российской Федерации. Необходимо разработать метод, определяющий, к какому уровню безопасности полетов следует стремиться, чтобы максимизировать полезность государства в части безопасности полетов. При этом традиционный подход к оценке целевого уровня безопасности вообще не предполагал каких-либо экономических оценок и исходил из того, что техногенный риск должен быть не выше риска умереть за соответствующее время по естественным причинам. Однако такой уровень безопасности полетов уже практически достигнут, см. [2]. И целеполагание дальнейших исследований и разработок в этой сфере сталкивается с проблемами.

Несмотря на то, что применение экономических подходов в сфере обеспечения безопасности многими обывателями расценивается как циничное и недопустимое, оно неизбежно. Напротив, ограничиться лозунгами о бесценности человеческой жизни – означает проявить методологическое ханжество, блокирующее содержательный анализ проблем и принятие

обоснованных решений, которые, разумеется, не могут сводиться к «неограниченным» затратам на обеспечение безопасности.

Следует напомнить, что и материальные, денежные затраты государства и общества тоже имеют вполне осязаемое измерение в человеческих жизнях, т.е. десятках (а в целом – в миллионах) человеко-лет, потраченных на создание соответствующих материальных ценностей. Кроме того, соглашаясь пользоваться скоростными видами транспорта, даже если это сопряжено с риском (хотя воздушный транспорт остается наиболее безопасным, в расчете на пассажиро-километр), люди, фактически, обменивают часы и дни (тоже складывающиеся в годы и миллионы лет, в масштабах страны) жизни, проведенные в дороге, на соответствующий прирост риска.

При этом в предыдущих работах авторов [3] было показано, что рыночные механизмы саморегулирования в сфере обеспечения безопасности полетов в гражданской авиации, вопреки распространенному мнению представителей неолиберальной школы, недостаточно эффективны и не обеспечивают общественно приемлемого уровня безопасности (даже на прежних уровнях, характерных для 1970-х гг.), что подтверждалось и эмпирически [4]. Тем не менее, работу по количественной оценке того самого «общественно приемлемого уровня безопасности» следует продолжить.

Согласно широко используемому для обоснования экономических решений маргинальному, т.е. предельному принципу, общественно оптимальный уровень совершенства технологий достигается, когда предельные общественные издержки на «единичное» повышение уровня совершенства технологий начинают превосходить предельную общественную выгоду от указанного «единичного» улучшения технологий (и достигаемого благодаря ему снижения общественного ущерба).

Полезность государства в части безопасности полетов максимизирована при таком целевом количестве авиационных происшествий, когда предельные издержки на повышение БП до целевого уровня ( $\Delta MC_{БП}$ ) равны предельной полезности государства в части безопасности полетов ( $\Delta MR_{БП}$ ) (которая в свою очередь равна предельным издержкам государства при недостижении этого уровня), то есть

$$\Delta MC_{БП} = \Delta MR_{БП}.$$

### **Оценка издержек на повышение БП**

Под издержками можно подразумевать как затраты на проведение НИР и ОКР, нацеленных на повышение безопасности полетов, так и затраты на внедрение и использование системы управления безопасностью полетов (СУБП) как на уровне государства, так и на уровне предприятий – разработчиков, производителей, эксплуатантов и прочих, которые включают в себя как постоянные, так и переменные издержки. Помимо этого, могут быть затраты на различные инфраструктурные объекты.

Для того, чтобы оценить издержки на повышение БП за счет НИР и ОКР, можно узнать стоимость проведенных НИР, ОКР и построенных ин-

фраструктурных объектов, отнести эту сумму к налету, выраженному в количестве летных часов или пассажиро-километров, на парке воздушных судов (ВС) типа, к которым относились данные работы. Далее надо оценить, на сколько единиц снизилась частота авиационных происшествий для этих ВС (хотя строго говоря, данные исследования, особенно НИР на низких уровнях готовности технологий, могут значительно повлиять на другие типы ВС и даже другие классы ВС). Кроме того, в реальности сложно оценить, какие средства пошли именно на повышение безопасности полетов. Повышение безопасности полетов может быть результатом программ, нацеленных на другой результат, и наоборот, косвенным результатом программ, направленных на повышение безопасности полетов, может быть повышение доступности и качества перевозок, снижение воздействия на окружающую среду и пр.

Издержки на повышение безопасности полетов за счет внедрения и использования СУБП на этапах разработки и производства могут быть учтены аналогичным путем. Суммарную стоимость СУБП на соответствующем этапе жизненного цикла нужно отнести к налету ВС тех типов, к процессу разработки и производства которых применялась СУБП. Далее нужно оценить, какой вклад в повышение БП вносит внедрение данных СУБП.

Для оценки издержек на СУБП для эксплуатантов относим издержки на СУБП к налету ВС данного типа в авиакомпании.

Внедрение государственной СУБП можно учесть, допустив, что данная система равномерно влияет на всю авиатранспортную систему, на которую она распространяется, поэтому затраты на нее можно распределить на весь налет парка ВС.

Довольно сложно оценить, на сколько именно единиц можно повысить безопасность полетов, неся издержки на государственную СУБП в рамках страны, с учетом того, что на территории одной страны может использоваться авиатехника других стран (соответственно, на безопасность данной техники можно влиять лишь косвенно), совершают полеты авиакомпании других государств (на безопасность полетов данных авиакомпаний также можно влиять лишь в незначительной степени). Однако этими эффектами (неизбежными для открытой экономики) для упрощения оценок можно в данной работе пренебречь – предлагаемый подход предназначен лишь для грубых оценок по порядку величины.

### **Оценка предельной полезности государства в сфере безопасности полетов**

Как уже было упомянуто ранее, предельная полезность государства по достижению целевого уровня БП равна издержкам государства по недостижению целевого уровня безопасности полетов.

При принятии решения о снижении риска безопасности полетов государство получает выгоду/пользу, которая связана с тем, что граждане, ко-

торые могли бы погибнуть в авиационном происшествии или получить травму, не погибли и не получили травму. Возникает задача количественной оценки этого эффекта.

В 1960-1970-х гг. (т.е. как раз в период надежд на рыночное саморегулирование в этой сфере, опровергнутых практикой, см. [4]) в странах с рыночной экономикой уже оценивали экономические потери для государства вследствие недостаточного уровня безопасности как недополученные доходы из-за раннего ухода из жизни гражданина. Гибель одного гражданина США при данном подходе составляла бы порядка 1 млн долл. для государства в денежном эквиваленте.

На сегодняшний день в руководстве по оценке стоимости предотвращения смертельных случаев и травм при подготовке экономических анализов Министерства транспорта США [5] предлагается оценивать, сколько человек готов заплатить за то, чтобы повысить свою безопасность на определенную величину.

Эти оценки индивидуальной ценности безопасности затем трактуются как отношение индивидуальной предельной полезности безопасности к предельной полезности богатства. Эти оценки индивидуальных значений изменений в безопасности затем можно агрегировать для получения оценок социальных выгод от изменений в безопасности, которые затем можно сравнить с затратами на эти изменения.

На основании анализа существующих исследований [6] (осреднение при определенных условиях) были получены оценки стоимости статистической жизни, и она составила в США около 10 млн долл. в 2020 году.

### **Зависимости предельных издержек и предельной полезности государства от уровня безопасности полетов**

Условие равенства представлено на рис. 1 (штрихпунктирная линия – зависимость предельных издержек на повышение БП от изменения уровня БП, сплошная – зависимость предельной полезности от изменения уровня БП).

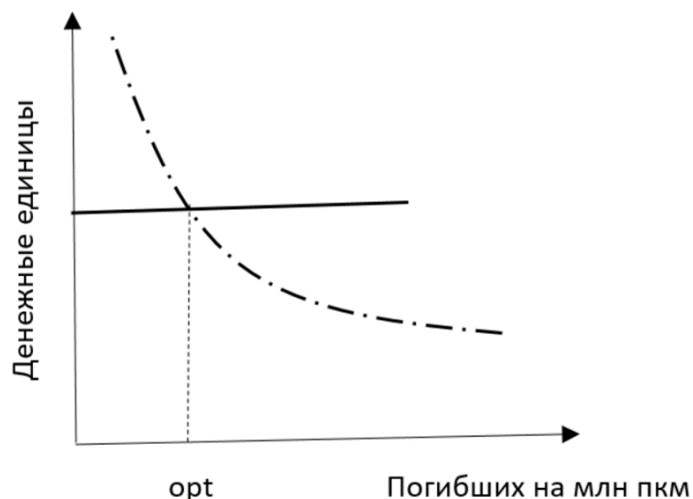


Рис. 1. Условие равенства предельных издержек и предельной полезности государства

До определенного целевого уровня БП затраты на повышение безопасности полетов меньше пользы, которую они приносят обществу и государству, далее – выше. На оптимум укажет точка пересечения.

Данный рисунок характерен для предельных издержек на НИР и ОКР. Если характер предельных затрат на СУБП аналогичен, и СУБП находятся на той же степени зрелости в каждой отдельно взятой компании, как уже было упомянуто ранее, то принципиальной разницы в зависимости, учитывающей как издержки на НИР, ОКР, так и СУБП, не будет. Этого утверждать мы не можем, особенно на мировом уровне, т.к. в разных странах государственные СУБП находятся на разных стадиях развития. Однако, можно предположить, что основную часть перевозок совершают зрелые авиакомпании, и они находятся на той же части кривой.

В отчетах FAA National Aviation Research Plan (NARP) [7] приводится предполагаемое и фактическое финансирование проектов для повышения безопасности полетов по годам. Примерные затраты на НИР в области безопасности полетов по годам с 2013 по 2025 годы в США (согласно основному стратегическому документу в области науки и технологий в авиастроении США, National Aviation Research Plan) приведены на рис. 2.

Приведенное финансирование рассчитано на работу с 2009 по 2025 год, и оно определено из соображений сохранения абсолютного уровня безопасности полетов при увеличении пассажиропотока в три раза.

Суммарные затраты на повышение безопасности полетов с 2009 по 2025 год составят 2,9 млрд долл. Без учета коммерческих космических полетов затраты на повышение безопасности полетов с 2009 по 2025 год составят около 2,8 млрд долл.



Рис. 2. Затраты на исследования и разработки в области безопасности полетов (Flight Safety) по годам с 2013 по 2025 годы в США

Предполагается, что пассажиропоток увеличится в 3 раза к 2025 году по сравнению с 2009 годом. При этом, если удельный уровень безопасности полетов сохранится, то количество погибших увеличится втрое. Целевым значением погибших является количество погибших не более количества погибших в 2009 году. Значит, предельное значение полезности определяется, исходя из предотвращенного количества погибших при утроении объемов перевозок, т.е. исходя из удвоенного количества погибших 2009 года.

Возьмем среднее количество погибших за 2005-2009 годы (обычно берут скользящее среднее за 5 лет для оценки уровня БП, потому что значение за отдельный год не показательно из-за того, что числа – как правило, малые, и большой вклад в ежегодные данные вносит случайность – проявляется проблема т.н. «статистики редких событий») [8]. Ежегодные данные приведены в табл. 1.

Таким образом, среднее за 2005-2009 годы количество погибших в регулярных авиарейсах, нерегулярных, на местных авиалиниях в США составило 59 человек в год.

Если стоимость статистической жизни в США составляет порядка 10 млн долл., то можно оценить полезность государства при предотвращении гибели человека в авиационной катастрофе в 10 млн долл.

Таким образом, предполагается, что проведенные исследования ежегодно будут способствовать тому, что при прогнозируемом пассажирообороте будет происходить прирост полезности порядка 1,2 млрд долл. в год (так как нужно брать разницу между потенциальной утроенной аварийностью в 2025 г. и аварийностью в 2009 г.). Данные исследования рассчитаны на временной промежуток 17 лет, таким образом, предельная полезность составит порядка 20 млрд долл.

При этом, напомним, затраты на исследования и разработки в области безопасности полетов за аналогичный период составили 2,8 млрд долл.

Таблица 1

Количество погибших в авиапроисшествиях в США за 2005-2009 годы

Год	Количество погибших	
	Регулярные и нерегулярные рейсы авиакомпаний США	Авиакомпании МВЛ США
2005	40	0
2006	66	2
2007	44	0
2008	72	0
2009	69	0

На первый взгляд, это многократно ниже предельной полезности. Однако это именно затраты на разработку технологий, они не учитывают затрат на их внедрение, в частности, на Государственную СУБП и СУБП отдельных предприятий (авиакомпаний, аэропортов). В реальности данная информация малодоступна даже не по причине закрытости, а потому, что ее сложно вычлениить из общих затрат авиакомпаний.

Тем не менее, можно заключить, что порядки величин предельных выгод общества от повышения безопасности полетов (свыше 20 млрд долл.) и предельных затрат (около 2,8 млрд долл. на исследования и разработки, плюс, возможно, на порядок большая сумма на поддержание СУБП в гражданской авиации) удовлетворительно согласуются, даже с учетом больших методических проблем и погрешностей в сборе соответствующих данных, описанных ранее. Важно отметить, что, если предельную полезность рассчитывать с помощью не используемого на сегодняшний день метода оценки недополученных доходов из-за раннего ухода из жизни гражданина, тогда предельная выгода от повышения безопасности полетов составит около 2 млрд долл., что по порядку величины совпадает с издержками на повышение безопасности полетов.

Оценочные расчеты на основе данных научно-исследовательских программ США в области повышения уровня безопасности авиационной деятельности показывают, что полученные оценки рационального уровня совершенства соответствующих технологий удовлетворительно согласуются с реальной динамикой развития технологий в указанных направлениях. Таким образом, не исключается применение экономического подхода к целеполаганию развития технологий в области безопасности, подобного предложенному в этой работе.

## Литература

1. Руководство по управлению безопасностью полетов / Doc 9859 AN/474. — Издание третье, 2013 г., Международная организация гражданской авиации.
2. <https://www.icao.int/safety/iStars/Pages/Accident-Statistics.aspx>.
3. Варюхина Е.В., Клочков В.В. Анализ эффективности экономических механизмов управления безопасностью полетов // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 38. С. 29-41.
4. Borenstein S., Zimmerman M.B. Market Incentives for Safe Commercial Airline Operations // The American Economic Review. – December 1988. – Vol. LXXVII, No. 5. P. 913–936.
5. <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/2021-03/DOT%20VSL%20Guidance%20-%202021%20Update.pdf>.
6. [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/policy\\_guidance/benefit\\_cost/media/econ-value-section-2-tx-values.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/policy_guidance/benefit_cost/media/econ-value-section-2-tx-values.pdf).
7. [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/ang/offices/tc/about/campus/faq\\_host/RDM/](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ang/offices/tc/about/campus/faq_host/RDM/).

8. [https://www.nts.gov/investigations/data/Pages/aviation\\_stats.aspx](https://www.nts.gov/investigations/data/Pages/aviation_stats.aspx).