

Вельмисов И.А.

*Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры
радиотехнических и оптоэлектронных комплексов СПбГУАП*

Кудерков М.С.

*Аспирант кафедры радиотехнических и оптоэлектронных комплексов
СПбГУАП*

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО
ЭФФЕКТА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ
ЛЕТНЫХ ПРОВЕРОК СРЕДСТВ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ**

Аннотация: Широкое внедрение технических средств в управление воздушным движением приводит к необходимости экономического обоснования их применения. В статье предлагаются математические методы определения экономической эффективности использования беспилотных комплексов летных проверок, при условии обоснованности и достаточности получаемого результата проверки.

Ключевые слова: экономика, эффективность, беспилотные комплексы, летная проверка, безопасность полётов.

Annotation: The widespread introduction of technical means into air traffic control leads to the need for an economic justification for their use. The article proposes mathematical methods for determining the economic efficiency of using unmanned flight inspection systems, provided that the validity and sufficiency of the test result obtained.

Key words: economics, efficiency, unmanned systems, flight inspection, flight safety.

Наиболее убедительным показателем эффективности применения беспилотных комплексов, с использованием которых осуществляется летная проверка радиотехнических средств обеспечения полетов (БКЛП РТС) является окупаемость затрат на их разработку и эксплуатацию. В настоящее время для обоснования инвестиционных проектов используются две группы методов расчета полезного эффекта от использования инноваций.

К первой группе относятся статистические методы, предполагающие использование абсолютных величин денежных потоков, независимо от сроков их возникновения относительно базисного периода, в данном случае – закупки образца.

Во вторую группу входят динамические методы, учитывающие соизмерение равно временных денежных потоков путем приведения (дисконтирования) их ценности в общем периоде.

При использовании метода статистической интерпретации экономический эффект определяется как сумма прибылей и убытков по формуле

$$\mathcal{E} = -I_0 + \sum_{i=1}^{T_{эфф}} P_i^c - \sum_{i=1}^{T_{эфф}} C_i^c = -I_0 + (P^c - C^c) T_{эфф} \quad (1)$$

где - I_0 - начальные инвестиции в проект (закупка БКЛП РТС) ;

$T_{эфф}$ - период эксплуатации БКЛП РТС;

P_i^c - ожидаемая годовая экономия средств от использования БКЛП РТС;

C_i^c - годовая стоимость эксплуатации в i -том году периода эксплуатации;

P^c - ожидаемая среднегодовая экономия средств от использования БКЛП РТС;

C^c - среднегодовая стоимость эксплуатации БКЛП РТС.

Величина P^c определяется условной стоимостью мероприятий, проводимых для летных проверок с применением специального самолета-

лаборатории (традиционная методика). Рассмотреть данный вопрос предлагается на примере использования беспилотных летательных аппаратов, оборудованных для проведения летных проверок. В связи с этим в качестве условной стоимости предлагается взять стоимость полетов, необходимых для летной проверки радиотехнических средств обеспечения полетов с использованием самолета-лаборатории. В целях наглядной демонстрации сущности метода в компоненты условной стоимости включены часовая стоимость эксплуатации воздушного судна, их количество и продолжительность полетов. Тогда Π можно определить по формуле

$$\Pi^z = \frac{M}{m} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k C_{лаij} \right) \quad (2)$$

где M - число выполненных проверок за период;

m - число специалистов, участвующих в проверке;

n - количество проверок;

k - количество полетов при проверке ;

$C_{ла}$ - стоимость часа налета воздушного судна.

Представленный метод предполагает, что для заказчика не имеет значения время возникновения денежных потоков (затрат и прибылей), поэтому инфляция приводит к некоторому завышению результатов и не может иметь определяющего значения. Однако, для иллюстрации ожидаемого порядка результата, такая оценка вполне допустима.

Динамическая интерпретация метода определения экономического эффекта для приведения равно временных затрат и результатов к базисному периоду, используется норма дисконта j , равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал. Экономический эффект от использования БКЛП РТС равняется чистому дисконтированному доходу (Net Present Value NPV). В случае закупки ТМК, когда затраты производятся единовременно, экономический эффект \mathcal{E}_1 , равный чистому дисконтному доходу, составит

$$\mathcal{E}_1 = NPV_1 = -I_0 - \sum_{i=1}^{T_{эфф}} \frac{C_i^e}{(1+j)^i} + \sum_{i=1}^{T_{эфф}} \frac{P_i^e}{(1+j)^i} \quad (3)$$

В случае выполнения опытно-конструкторских работ (ОКР) по созданию образцов затраты I_0 производятся не одновременно, а распределяются по этапам на несколько лет (периодов финансирования). В этом случае необходимо произвести дисконтирование затрат, а формула (3) примет вид

$$\mathcal{E}_2 = NPV_2 = \sum_{i=1}^{T_{nn}} \frac{I_i^e}{(1+j)^i} - \sum_{i=1}^{T_{эфф}} \frac{C_i^e}{(1+j)^i} + \sum_{i=1}^{T_{эфф}} \frac{P_i^e}{(1+j)^i} \quad (4)$$

где T_{nn} - количество платежных периодов (время выполнения ОКР в годах);

I_i^e - затраты на выполнение ОКР в i -том году.

В качестве индивидуальной нормы дисконта в современных условиях для заказчика представляется целесообразным использовать учетную ставку, составляющую 22%. Поскольку БКЛП РТС предполагается эксплуатировать длительное время, а величина годовых экономических эффектов по проекту постоянные ($P_i^e = P^e = const$) можно упростить вышеприведенные формулы (3), (4)

$$\mathcal{E}_1 = -I_0 - \frac{C^e}{j} + \frac{P^e}{j} \quad (5)$$

$$\mathcal{E}_2 = -\sum_{i=1}^{T_{nn}} \frac{I_i^e}{(1+j)^i} - \frac{C^e}{j} + \frac{P^e}{j} \quad (6)$$

При этом период окупаемости БКЛП РТС определяется на основе решения уравнений (3) и (4) относительно платежных периодов.

Для расчета экономического эффекта с использованием рассмотренных методов, прежде всего, следует определить исходные условия. К ним относятся данные об оцениваемом периоде (T_{ou}), о программе летных проверок, которая определяется задачами проверки (N_s) и перечнем полетов (

N_{np}). Каждый элемент проверки характеризуется продолжительностью полета ($T_{лс}$) и количеством полетов, необходимых для проверки ($N_{ла}$). Для расчета также, необходимо иметь данные о средней часовой стоимости эксплуатации воздушного судна ($C_{ла}$).

В целях определения экономического эффекта от использования БКЛП РТС при проверке одного РТС, остальные средства выполняют свои функциональные не зависимо, выбирается оцениваемый элемент (РЛС, АРП и т.п.). Для выбранного элемента, по технической документации определяется программа, представляющая собой совокупность полетов, которые необходимо выполнить в указанной последовательности. Программа проверке включает шесть полетов (N_{1-6}). Условную стоимость летной программы можно определит по формуле

$$C_{лс} = N_{ла} C_{ла} \quad (7)$$

где условная стоимость летной программы эквивалентная стоимости летных проверок.

Если в полетах задействованы воздушные суда нескольких типов, то условная стоимость определяется по формуле

$$C_{лс} = \sum_{i=1}^n N_{ла_i} C_{ла_i} \quad (8)$$

где n - количество типов воздушных судов.

Поскольку для реализации поставленной задачи необходимо выполнить 6 полетов, условная стоимость подготовки будет определяться формулой

$$C_{np} = \sum_{i=1}^n (C_{лс} + C_{он})_i \quad (9)$$

где n – количество полетов в программе подготовки;

$C_{он}$ - затраты на обеспечение полетов.

С учетом вышеизложенного ожидаемая экономия средств при летной проверке с использованием БКЛП РТС определяется по формуле

$$\Pi^{np} = C_{np} - C^{np} \quad (10)$$

где C^{np} - стоимость эксплуатации БКЛП РТС за период проверок.

В соответствии с выражением (2) экономический эффект от использования БКЛП РТС для летной проверки в указанных условиях определяется по формуле

$$\mathcal{E}^{np} = -I_0 + \sum_i^n C_i^{np} \quad (11)$$

где n количество программ, необходимых для реализации проверки;

C_i^{np} - средняя стоимость эксплуатации БКЛП РТС за период, эквивалентный проверке.

В качестве примера можно привести расчет экономического эффекта от использования БКЛП РТС при проверке диспетчерского радиолокатора на аэродроме. Программой проверки предусмотрено выполнений шести полетов, то есть для проверки необходимо шесть летных смен. Средняя условная стоимость 1 часа налета современного воздушного судна находится в пределах 156 усл. ед. Тогда условная стоимость летной смены

$$C_{лс} = N_{ла} \cdot C_{ла} \cdot T_{лс} = 16 \cdot 156 \cdot 6 = 14976 \text{ усл.ед.}$$

Условная стоимость программы подготовки

$$C_{np} = \sum_{i=1}^n (C_{лс} + C_{он})_i = 6 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 156 + 2 \cdot 3 \cdot 16 \cdot 156 + 6 \cdot 16 \cdot 156 + 6 \cdot 6 \cdot 16 \cdot 156 = 201048 \text{ усл.ед.}$$

При использовании БКЛП РТС условная стоимость программы подготовки будет составлять

$$C_{ТМК}^{np} = \sum (T_{лс} \cdot C_{ТМК}) \quad (12)$$

где n - количество полета при проверке;

$T_{лс}$ - продолжительность полета;

$C_{ТМК}$ - средняя часовая стоимость эксплуатации БКЛП РТС.

Расчетное значение $C_{ТМК}^{np}$ находится в пределах 65 – 70 усл.ед, тогда экономический эффект от использования БКЛП РТС для летной проверки

$$\Xi = (201.048 - 0.065) 72 = 14426.756 \text{ усл. ед.}$$

Следует отметить, что в данном случае применялся статистический метод, а как указывалось ранее, он дает завышенную оценку, однако, полученное значение эффекта убедительно свидетельствует о неоспоримом финансовом преимуществе использования БКЛП РТС для летной проверки РТС обеспечения полетов.

Литература

1. А. В. Мирошников, Мухордых, Е.В. Макаров. Экономика, организация и планирование гражданской авиации. Учебник, Москва, Транспорт 1983г.
2. С.А. Саркисян, Э.С. Минаев, П.А. Нечаев. Экономическая эффективность перевозок грузов воздушным транспортом. Москва. Транспорт, 1983г.
3. И.С. Голубев. Эффективность воздушного транспорта. Москва. Транспорт, 1982г.