

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАТРАТ НА РЕМОНТ БОЕВОЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Чернышева Г.Н.¹, Савич Ю.А.², Чалый И.А.³

Российская Федерация, г. Воронеж,

*^{1,3} Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»*

² Воронежский государственный технический университет

Аннотация. В статье исследуются возможности современных эвристических и статистических методов в прогнозировании затрат с учетом специфики ремонта боевой авиационной техники. На основе метода иерархий произведен отбор факторов, оказывающих существенное влияние на затраты ремонта боевой авиационной техники. Представлена регрессионная модель прогнозирования затрат на войсковой ремонт боевой авиационной техники. Показана практика использования регрессионной модели прогнозирования для обоснования мер, направленных на снижение затрат на ремонт боевой авиационной техники. Новизна представленного в статье материала заключается в использовании корреляционно-регрессионного анализа для решения специфических проблем управления затратами в войсковом ремонте боевой авиационной техники.

Ключевые слова: прогнозирование, методы прогнозирования, затраты, ремонт боевой авиационной техники, факторы затрат, регрессионная модель.

Прогнозирование предшествует планированию и обеспечивает его исходной информацией, набором вариантов, чтобы плановые показатели были обоснованы с точки зрения рациональности будущих действий, разрабатываемых мероприятий.

Финансирование ремонта боевой авиационной техники осуществляется за счет бюджетных средств. Поэтому финансовое планирование таких мероприятий требует детального обоснования рациональности расходования бюджетных средств. Важным инструментом анализа и планирования затрат на ремонт выступают прогнозные модели исследуемых мероприятий.

Современный научно-исследовательский аппарат располагает большим арсеналом методов прогнозирования [1, 2, 3].

Однако, с учетом специфики функционирования авиационных частей и характера ремонта боевой авиационной техники не все представленные в литературных источниках методы приемлемы для прогнозирования затрат на ремонт боевой авиационной техники.

Проведенный анализ достоинств и недостатков методов прогнозирования [4,5,6,7] , для формирования прогнозной модели затрат на ремонт боевой авиационной техники показан в таблице.

Таблица 1. Оценка достоинств и недостатков методов для прогнозирования затрат на ремонт боевой авиационной техники.

Метод прогнозирования	Возможности метода для использования в прогнозировании затрат на ремонт АТ	
	достоинства	недостатки
1. Метод аналогов	Простота в использовании. Может использоваться для оценки затрат по аналогичному виду ремонта	Значительные погрешности при прогнозировании Трудности в выборе аналога, при многовариантности видов и состава ремонтных работ Необходимость предварительного обоснования критерий отличий от аналога, чаще всего критериев сложности и новизны.
2. Метод экспертных оценок	Простота в использовании, возможен прогноз как качественных, так и количественных показателей, в том числе при выявлении факторов, влияющих на затраты по ремонту авиационной техники	Значительные погрешности при прогнозировании. Большое влияние субъективного фактора, зависимость от состава и количества экспертов. Требуется дополнительной оценки степени согласованности мнений экспертов
3. Метод удельных показателей	Простота в использовании, достаточно выбрать и обосновать один фактор, влияющий на величину затрат ремонта авиационной техники.	Экстраполируется с элемента аналога не на весь показатель, а его относительная величина, приходящаяся на единицу характерного параметра, являющегося главным фактором. Возможно использование только при прогнозе отдельных видов затрат.
4. Прогнозирование показателей на основе средней	Простота в использовании; возможность использования для оценки стоимости закупки запасных частей для войскового ремонта у поставщиков (кооперация по ГОЗ) [5]	Используется в тех случаях, когда исследуемый показатель не имеет тенденции к изменению под влиянием различных факторов. Не учитывает влияние конкретных факторов на исследуемый показатель. Невозможно в использовании трудозатрат, связанных с ремонтом авиационной техники

Метод прогнозирования	Возможности метода для использования в прогнозировании затрат на ремонт АТ	
	достоинства	недостатки
5. Прогнозирование на основе метода регрессивного анализа	Широкий спектр применения. Позволяет учитывать воздействие различных факторов на величину исследуемого показателя. Построенная регрессионная модель может использоваться для прогноза затрат на ремонт отдельных образцов авиационной техники в продолжительном периоде времени без изменений. Возможно использование в планировании предельных значений затрат на ремонт авиационной техники	Не возможен точечный прогноз, только интервальный, с оценкой нижней и верхней границы затрат на ремонт авиационной техники. Не учитывает фактор времени, при применении необходима корректировка, связанная с влиянием инфляции на стоимостную оценку элементов затрат. Для использования данного метода необходимо использовать дополнительные методы для отбора факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на затраты (метода иерархий, балловый метод, метод ранжирования и т.п.)
6. Прогнозирование на основе кривых распределения	Минимальное расхождение между эмпирическими и теоретическими частотами.	На практике исследуемое явление, затраты на ремонт авиационной техники не всегда может подчиняться закону нормального распределения, имея асимметрию или эксцесс; Прогноз влияния только одного фактора.
7. Прогнозирование на основе анализа временных рядов (Рядов динамики)	Позволяет дать оценку тенденции изменения исследуемой величины во времени.	Не учитывает влияние факторов; низкая точность прогноза. Возможно сделать прогноз только изменения стоимостных (ценовых) величин по элементам материальных затрат.

С учетом выполненного анализа методов прогнозирования (таблица), мы считаем, что при прогнозировании затрат на ремонт боевой авиационной техники использование метода регрессивного анализа, имеет больше возможностей из всех вышеизложенных методов.

Основная цель регрессионного анализа – построение математической модели аналитической зависимости прогнозируемого показателя от количественно определенных величин индивидуального влияния факторных признаков [8,9].

Как правило, при значительном количестве факторов влияющих на значение прогнозируемого показателя, в данном случае затрат на

ремонт, регрессионная модель прогнозирования представляется моделью множественной корреляции типа:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + \dots,$$

где y - прогнозируемый показатель – затраты на ремонт боевой авиационной техники;

x_1, x_2, x_3, x_4 , и т.д. – показатели факторов, влияющих на величину затрат на ремонт боевой авиационной техники;

a_0 – среднее значение затрат на ремонт, в регрессионной модели прогнозирования выступает в качестве базовой величины прогнозируемого показателя;

a_1, a_2, a_3, a_4 , и т.д. - мера количественного влияния отдельных факторов на величину затрат на ремонт боевой авиационной техники.

Технически построение такой модели для прогнозирования осуществляется на статистических данных о взаимосвязанных факторах с применением прикладных программ продуктов [10,11]

Ремонт боевой авиационной техники (БАТ) носит многоплановый характер (рис.1)

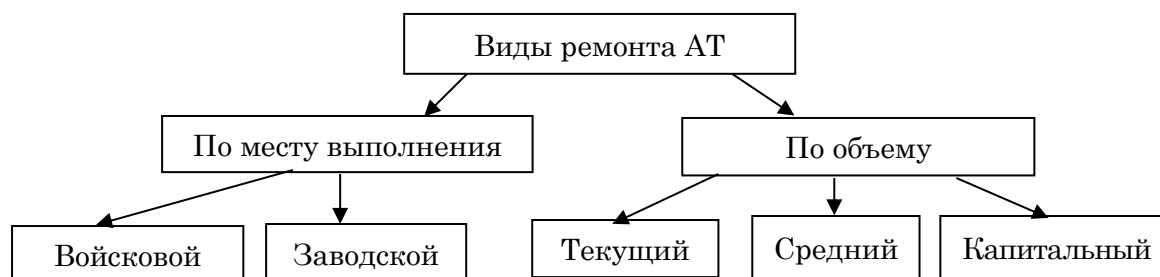


Рисунок 1 Виды ремонта АТ.

Каждый вид ремонта имеет свои особенности, в соответствии с которыми должны формироваться прогнозные модели. В настоящей статье авторы представляют разработанную регрессионную модель прогнозирования затрат на войсковой ремонт конкретного типа самолета.

Чтобы избежать типичной ошибки - нахождения и расчета беспричинных формальных корреляционных зависимостей, был проведен качественный логический факторный анализ, и дана оценка степени взаимосвязи между уровнем затрат на ремонт боевой авиационной техники и факторами, влияющими на его величину с использованием метода иерархий и парных сравнений [12,13,14]. Степень влияния факторов на затраты ремонта БАТ представлены в табл.2.

Таблица 2. Сила влияния факторов на затраты войскового ремонта БАТ

Факторы влияющие на затраты войскового ремонта	Показатели расчётов
1. Назначенный ресурс АТ	0,120
2. Установленный налёт за типовой лётный день	0,130
3. Режимы работы двигателей и продолжительность их работы на определенных режимах	0,080
4. Минимумы погоды при взлете и посадке	0,070
5. Удельный расход топлива	0,130
6. Класс и категория аэродрома	0,090
7. Состав экипажа ВС	0,110
8. Состав и характеристики наземных средств обеспечения полета	0,070
9. Назначенное количество посадок	0,104
10. Вес и центровка для всех предусмотренных конфигураций ВС	0,080

Из 10 факторов, обоснованных экспертами (табл. 2), методом иерархий для построения регрессионной модели прогнозирования затрат по приоритетности показателей были отобраны 5 факторов:

x_1 -назначенный ресурс (назначенный срок службы);

x_2 -установленный налёт за типовой лётный день;

x_3 -назначенные количества посадок;

x_4 -количество членов экипажа;

x_5 -удельный расход топлива.

На основе статистических данных по вышеуказанным факторам были определены параметры уравнения регрессии.

$$Y_p = 2471610,8 + 897,6x_1 + 161150,2x_2 + 30576,74x_3 + 1,434x_4 + 87646,6x_5$$

Надёжность использования данного уравнения при прогнозе затрат на ремонт БАТ, подтверждается значением коэффициента множественной регрессии $R=0,897$

Несмотря на то, что эксперты выбрали среди факторов, оказывающих наибольшее влияние на ремонтные затраты – численность членов экипажа, расчёты показали, что для конкретного типа летательного аппарата данный фактор не оказывает влияние в силу незначительной величины параметра ($=1,434$). Поэтому окончательно регрессионная модель для прогнозирования затрат на ремонт БАТ приняла вид:

$$Y_p = 2471610,8 + 897,6x_1 + 161150,2x_2 + 30576,74x_3 + 87646,6x_5$$

Степень погрешности прогноза затрат на ремонт боевой авиационной техники оценивалась на основе ошибки аппроксимации ($Aп$) по формуле:

$$Aп = \sqrt{\frac{\sum(y_p - y_{\phi})^2}{n - 1}},$$

где n – объем совокупности статистической базы данных.

В итоге использования вышеуказанного метода прогнозирования прогнозная величина затрат на ремонт боевой авиационной техники ($Упр$) будет иметь интервальное значение, равное:

$$Упр = y_p \pm Aп,$$

где y_p – расчётная величина затрат на ремонт боевой авиационной техники при заданных значениях факторов влияния.

При выполнении расчетов мы получаем, что ошибка аппроксимации при прогнозировании затрат на ремонт БАТ, равно $Aп= 37\ 800$ т.р.

Практическое использование полученной регрессионной модели прогнозирования можно использовать не только для планирования за-

трат на ремонт БАТ, но и для оценки целесообразности ремонта исследуемого воздушного судна [15]. В этом случае, прогнозная величина выступает предельной границей величины затрат на ремонт БАТ.

Прогнозная модель может быть также использована для мобилизации резервов снижения затрат на ремонт БАТ. В этом случае очередность мероприятий будет определяться величиной параметра фактора в регрессионной модели.

Расчеты с использованием прогнозной модели для исследуемого воздушного судна показали, что такие факторы, как удельный расход топлива (x_5), и, налет на летный день (x_2) оказывают наиболее существенное влияние на величину затрат на ремонт.

Дальнейший анализ, выполненный с использованием прогнозной модели, позволил разработать мероприятия по снижению затрат на ремонт за счет следующих решений:

- снижения удельного расхода топлива за счет использования аэродромного тягача при выруливании на взлетную полосу тягача (экономия топлива при осуществлении полетов составила 144 л), что потенциально позволяет снизить затраты на ремонт, более чем на 23 млн. рублей.
- снижения установленного налета на день с за счет оптимального режима полета воздушного судна (строгое соответствие в полете штурманским расчетам).

Построенная таким образом, прогнозная модель может быть использована не только в рамках финансового планирования, но и при разработке мер по снижению затрат на ремонт боевой авиационной техники, тем самым приводя к экономии бюджетных средств.

Библиографический список

1. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. Современные методы прогнозирования последствий управленческих решений // Управленческое консультирование, 2015.- № 7 . – С.12-23
2. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Статистика, 2007. – 230с.
3. Изосимов С.В., Шевченко А.Л., Шевченко В.Л. Методы прогнозирования и их применение в практике менеджмента // Экономикс, 2014.- №3.- С.72-78
4. Селиверстова А.В. Сравнительный анализ моделей и методов прогнозирования// Современные научные исследования и инновации, 2016, - № 11 (67).- С. 241-248
5. Агапова Т.Н. Методы статистического изучения структуры сложных систем и ее изменения/Т.Н. Агапова -М.: Финансы и статистика, 1996.-198с.
6. Thissen M. A Classification of Empirical CGE Modelling // SOM Research Report 99C01.University of Groningen, The Netherlands, 1998.
7. Scarf H. The computation of economic equilibria. Yale University Press, New Haven and London,1984.
8. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. - М.: Статистика, 1980.- 263 с.
9. Акаев, А.А. Моделирование и прогнозирование глобального, регионального и национального развития / А.А. Акаев, А.В. Коротаев, Г.Г. Малинецкий. - М.: КД Либроком, 2012. - 488 с.
10. Акаев, А.А. От эпохи Великой дивергенции к эпохе Великой конвергенции: Математическое моделирование и прогнозирование долгосрочного технологического и экономического развития мировой динамики / А.А. Акаев. - М.: Ленанд, 2019. - 352 с.
11. Егорова, Н.Е. Прогнозирование фондовых рынков с использованием экономико-математических моделей / Н.Е. Егорова, А.Р. Бахтизин, К.А. Торжевский. - М.: Красанд, 2013. - 216 с.
12. Saaty, Thomas L.: «An Eigenvalue Allocation Model for Prioritization and Planning,» Energy Management and Policy Center, University of Pennsylvania, 1972. 1977b. See also «Facing Tomorrow's Terrorist Incident Today,» U.S. Department of Justice, LEAA, Wash. D.C. 20 531, 28–31, 1977.
13. Theory of Measurement of Impacts and Interactions in Systems, Proceedings of the International Conference on Applied General Systems Research: Recent Developments and Trends, Binghamton, New York, 1977a.
14. Дэвид Г. Метод парных сравнений./Пер. с англ. под ред. Ю. Адлера. — М.: Статистика, 1978 [16, "https://referat.bookap.info"].

15. Леонтьев, С.К. Технологическое прогнозирование и планирование: российский и зарубежный опыт, перспективы для отечественного оборонно-промышленного комплекса / С.К. Леонтьев, А.М. Губинский. - М.: Моск.университета, 2014. - 248 с.

REGRESSION MODEL OF FORECASTING THE COST OF REPAIRING COMBAT AIRCRAFT

Chernysheva G.N.¹, Savich Yu.A.², Chaly I.A.³

^{1,3} *N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy,
Voronezh, Russian Federation*

² *Voronezh State Technical University,
Voronezh, Russian Federation*

Annotation. The article explores the possibilities of modern heuristic and statistical methods in forecasting costs, taking into account the specifics of the repair of combat aircraft. On the basis of the hierarchy method, the selection of factors that have a significant impact on the repair costs of combat aircraft was made. A regression model of forecasting the costs of military repair of combat aircraft is presented. The practice of using a regression forecasting model to justify measures aimed at reducing the cost of repairing combat aircraft is shown. The novelty of the material presented in the article lies in the use of correlation and regression analysis to solve specific problems of cost management in the military repair of combat aircraft.

Keywords: forecasting, forecasting methods, costs, repair of combat aircraft, cost factors, regression model.