

**РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗА АВИАЦИОННЫХ ОТПРАВОК ПассажиРОВ
ИЗ АЭРОПОРТОВ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) В МЕСТНОМ И
ДАЛЬНЕМ СООБЩЕНИИ С УЧЕТОМ ФАКТОРА СНИЖЕНИЯ И
СТАБИЛИЗАЦИИ ПассажиРСКИХ ОТПРАВОК**

Экономико-математическое моделирование и прогнозирование количества поездок населения крупного экономического района на воздушном транспорте по видам сообщения осуществляется нами на основе многофакторных экономико-математических моделей.

Для оценки неизвестных коэффициентов используется метод рекуррентного оценивания моделей линейных регрессий, с помощью которого учитываются изменения основных факторов, воздействующих на процесс формирования поездок населения крупного экономического района на воздушном транспорте, и характеристик количества поездок могут контролироваться в течение прогнозируемого периода, что позволяет постоянно следить за действенностью экономико-математической модели и при необходимости вносить в прогноз нужные коррективы, если какие-либо факторы развиваются иначе, чем предполагалось ранее.

Обработка статистической информации и основные расчеты проводятся с использованием вычислительной техники.

При анализе моделей прогнозирования перевозок в трудах российских и зарубежных ученых было выявлено, что используемые методы прогнозирования дают большие погрешности при сопоставлении с результатами пассажирских отправок осуществленных в период 1970-2004 годы. Это связано с тем, что динамика отправок пассажиров из аэропортов не является стабильной и может либо в определенный период увеличиваться, либо уменьшаться.

На рисунках 1 и 2 видно, что за рассматриваемый период (1990-2004 гг.) пассажирские отправки Республики Саха (Якутия) в местном и дальнем сообщении имели падение соответственно в промежутке 1990-1999 гг. и увеличение с 2000 года, в дальнем сообщении – падение в промежутке 1990-2001 гг. и увеличение с 2002 г.

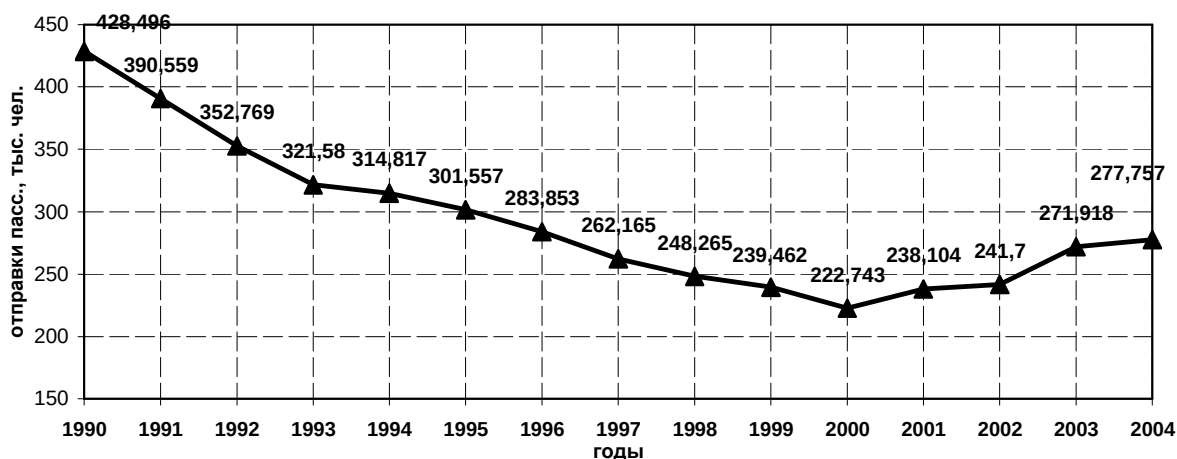


Рисунок 1. Динамика пассажирских отправок из аэропортов Республики Саха (Якутия) в местном сообщении

Дальнейшая тенденция развития пассажирских перевозок (т.е. для местного сообщения с 2000 г., для дальнего – с 2002 г.) направлена на увеличение всех эксплуатационных показателей авиапредприятий Якутии, т.е. будет происходить рост:

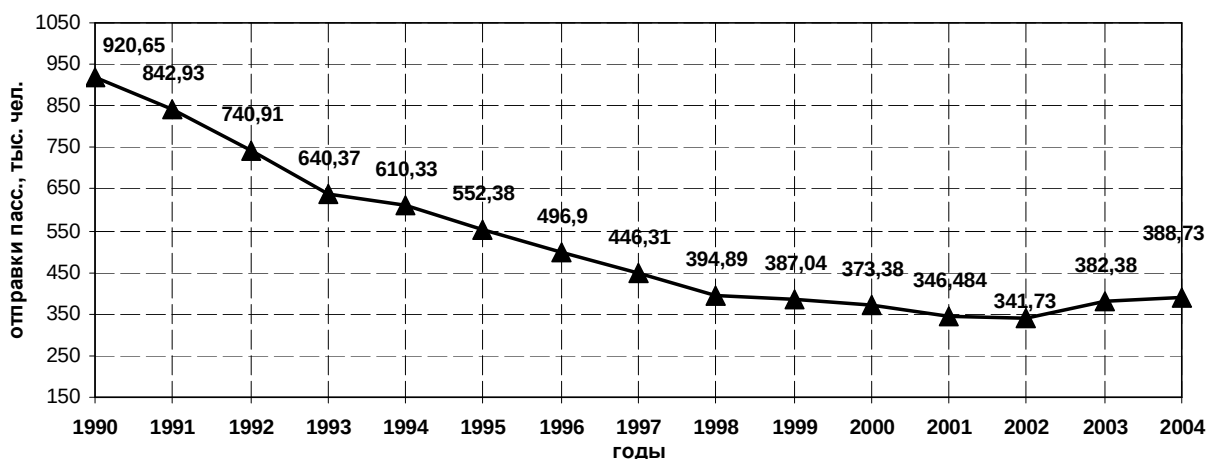


Рисунок 2. Динамика пассажирских отправок из аэропортов Республики Саха (Якутия) в дальнем сообщении

- пассажирских, грузовых и почтовых отправок;
- пассажирооборота и грузооборота (как следствие роста предыдущего предположения);
- занятости кресел и коммерческой загрузки, в результате роста платежеспособного спроса населения.

Исходя из требований, предъявляемых к отбору факторов, в начальную совокупность факторов для экономико-математических моделей

прогнозирования объемов авиационных отправок населения из аэропортов Республики Саха в местном сообщении нами были включены следующие показатели:

- численность населения в t -ом году, тыс. чел. (x_1);
- протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием, тыс. км (x_2);
- среднедушевые доходы населения в t -ом году, тыс. руб./чел. (x_3);
- объем розничного товарооборота в целом по Республике Саха в t -ом году, млрд. руб. (x_4).

Обработка статистической информации за период 1990-2004 гг. с использованием многофакторной регрессии дает следующее выражение для аппроксимирующей функции объема авиационных отправок пассажиров из аэропортов Республики Саха в местном сообщении (в пределах республики):

$$Y_t^{\text{местн}} = -920,37 + 1,233 \cdot x_1 - 12,715 \cdot x_2 + 0,872 \cdot x_3 + 0,004 \cdot x_4. \quad (1)$$

Статистические характеристики модели (1): критерий Фишера $F=45,4$, множественный коэффициент корреляции $R=0,948$. Это хорошие результаты, но их можно повысить, если учесть динамику снижения отправок пассажиров (рисунок 1).

Для того чтобы учесть данную динамику нами предлагается включить в систему факторов «коэффициенты снижения отправок» (K_{co}) характер которых представлен на рисунке 3. Значение отправок 2000 года являются самыми минимальными, поэтому $K_{co}=0$, и к этому значению прикрепляется отрицательная ось «Коэффициентов снижения отправок». С 1999 года K_{co} принимает значение равное -1, и в начале рассматриваемого периода – 1990 год – K_{co} будет равен -10. С 2000 года происходит стабилизация пассажирских отправок с постепенным ежегодным ростом, поэтому коэффициенты снижения отправок с данного периода будут равны нулю.

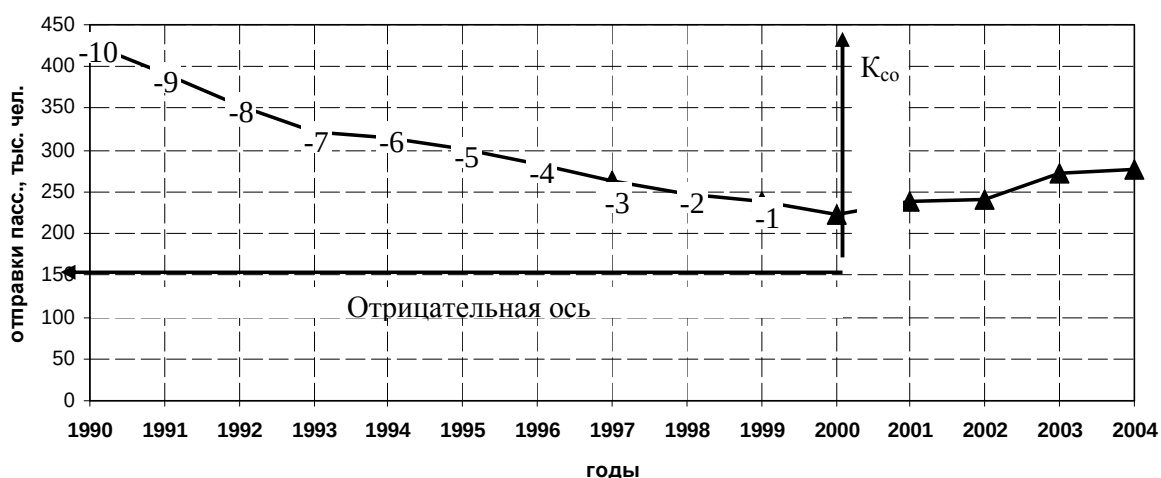


Рисунок 3. Коэффициенты снижения отправок для модели в местном сообщении

Полученная регрессионная модель имеет вид:

$$Y_t^{\text{местн}} = 81,04 - 17,98 \cdot x_1 + 0,158 \cdot x_2 - 6,915 \cdot x_3 + 0,486 \cdot x_4 + 0,003 \cdot x_5. \quad (2)$$

Статистические характеристики модели (2): критерий Фишера $F=95,33$, множественный коэффициент корреляции $R=0,981$ указывают на высокую точность модели.

В таблице 1 приведено сравнение прогнозных результатов по моделям 1 и 2 с фактическими результатами отправок из аэропортов Республики Саха (Якутия) в местном сообщении за период 1990 – 2004 гг.

Таблица 1

Оценка достоверности прогноза

Год	Фактические значения пассажирских отправок, тыс. чел. (Y)	Модель 1 (F=45,4; R=0,948)		Модель 2 (F=95,33; R=0,981)	
		Прогнозные значения пассажирских отправок, тыс. чел. (Y*)	Сравнение, тыс. чел. Y* - Y	Прогнозные значения пассажирских отправок, тыс. чел. (Y*)	Сравнение, тыс. чел. Y* - Y
1990	428,496	415,963	-12,533	412,564	-15,932
1991	390,559	391,994	1,435	388,161	-2,398
1992	352,769	359,048	6,279	360,489	7,72
1993	321,58	338,541	16,961	341,5	19,92
1994	314,817	306,793	-8,024	314,311	-0,506
1995	301,557	286,914	-14,643	300,283	-1,274
1996	283,853	277,954	-5,899	283,393	-0,46
1997	262,165	261,582	-0,583	263,031	0,866
1998	248,265	242,312	-5,953	242,638	-5,627
1999	239,462	247,939	8,477	239,063	-0,399
2000	222,743	250,569	27,826	227,222	4,479
2001	238,104	254,168	16,064	233,783	-4,321
2002	241,7	218,658	-23,042	235,413	-6,287
2003	271,918	261,072	-10,846	267,382	-4,536
2004	277,757	282,236	4,479	286,51	8,753

Как видно из таблицы 1 диапазон ошибок по модели 1. находится в пределах $-23,0 \div 27,8$ тыс. пассажиров. Диапазон ошибок по модели 2. – в пределах $-15,9 \div 19,9$ тыс. пассажиров.

В дальнейшем сообщении нами были включены следующие показатели, отражающие влияние на количество отправок пассажиров из аэропортов Республики Саха на воздушном транспорте в дальнейшем сообщении:

- численность населения в t-ом году, тыс. чел. (x_1);
- валовой региональный продукт, млн. руб. (x_2);
- среднедушевые доходы населения в t-ом году, тыс. руб./чел. (x_3).

Аппроксимирующая функция объема авиационных отправок пассажиров из аэропортов Республики Саха в дальнем сообщении, в результате обработки статистической информации примет вид:

$$Y_t^{\text{дальн.}} = -4312,57 + 4,6184 \cdot x_1 + 0,0002 \cdot x_2 + 2,911 \cdot x_3. \quad (3)$$

Статистические характеристики модели (3): критерий Фишера $F=133,3$ множественный коэффициент корреляции $R=0,973$.

Формирование «коэффициентов снижения отправок» (K_{co}) производится по аналогии с данными коэффициентами в местном сообщении. Значение отправок 2002 года являются самыми минимальными, поэтому $K_{co}=0$ (рисунок 4), и к этому значению прикрепляется отрицательная ось «Коэффициентов снижения отправок». С 2001 года K_{co} принимает значение равное -1, и в начале рассматриваемого периода – 1990 год – K_{co} будет равен -12. С 2002 года происходит стабилизация пассажирских отправок с постепенным ежегодным ростом, поэтому коэффициенты снижения отправок с данного периода будут равны нулю.

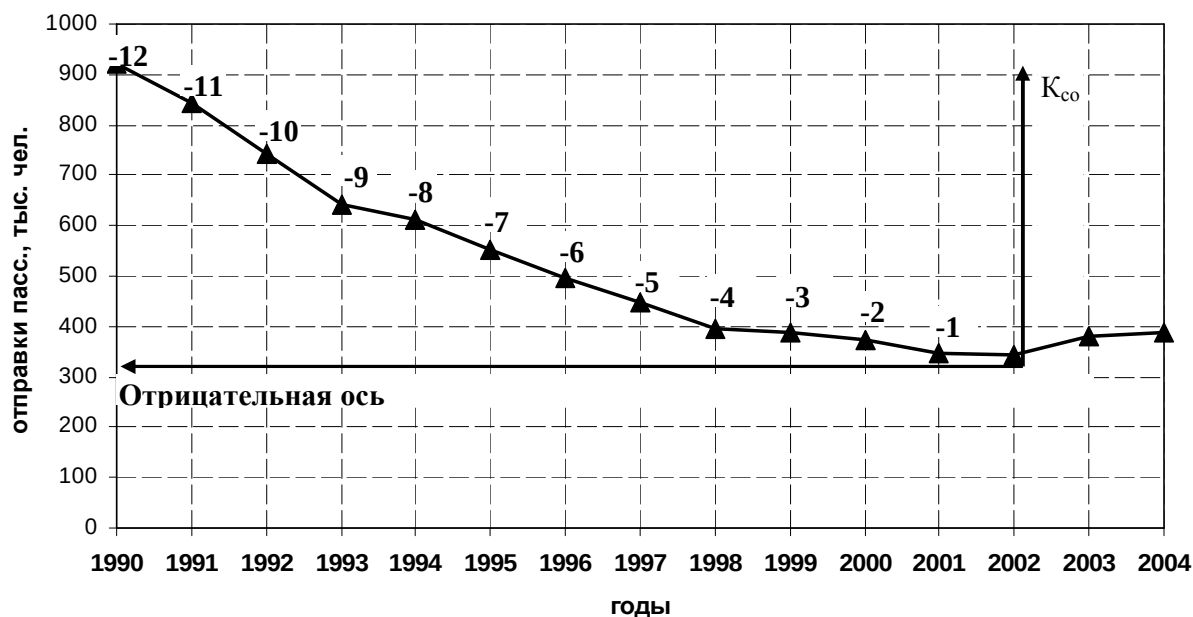


Рисунок 4. Коэффициенты снижения отправок для модели в дальнем сообщении

Полученная регрессионная модель имеет вид:

$$Y_t^{\text{дальн.}} = -844,67 - 64,64 \cdot x_1 + 0,857 \cdot x_2 + 0,002 \cdot x_3 + 1,49 \cdot x_4. \quad (4)$$

Статистические характеристики модели (4): критерий Фишера $F=350,7$, множественный коэффициент корреляции $R=0,993$ указывают на высокую точность модели.

В таблице 2 приведено сравнение прогнозных результатов по моделям 3 и 4 с фактическими результатами отправок из аэропортов Республики Саха (Якутия) в дальнем сообщении за период 1990 – 2004 гг.

Оценка достоверности прогноза

Год	Фактические значения пассажирских отправок, тыс. руб. (Y)	Модель 3 (F=133,3; R=0,973)		Модель 4 (F=350,7; R=0,993)	
		Прогнозные значения пассажирских отправок, тыс. руб. (Y*)	Сравнение, тыс. руб. Y* - Y	Прогнозные значения пассажирских отправок, тыс. руб. (Y*)	Сравнение, тыс. руб. Y* - Y
1990	920,65	881,655	-38,995	898,352	-22,298
1991	842,93	835,002	-7,928	829,476	-13,454
1992	740,91	766,674	25,764	754,375	13,465
1993	640,37	677,468	37,098	675,73	35,36
1994	610,33	620,321	9,991	614,392	4,062
1995	552,38	510,208	-42,172	554,14	1,76
1996	496,9	497,599	0,699	508,422	11,522
1997	446,31	442,305	-4,005	439,366	-6,944
1998	394,89	384,807	-10,083	374,416	-20,474
1999	387,04	374,386	-12,654	377,095	-9,945
2000	373,38	396,442	23,062	366,264	-7,116
2001	346,484	422,304	75,82	355,899	9,415
2002	341,73	321,968	-19,762	360,852	19,122
2003	382,38	355,447	-26,933	369,173	-13,207
2004	388,73	378,828	-9,902	387,462	-1,268

Как видно из таблицы 2 диапазон ошибок по модели 3 находится в пределах $-42,2 \div 75,8$ тыс. пассажиров. Диапазон ошибок по модели 4 – в пределах $-22,3 \div 35,4$ тыс. пассажиров.