

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

Кафедра экономики ГА

В.В. Андрианов

УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

ПОСОБИЕ

по выполнению курсовой работы

*для студентов IV курса
специальности 080507
дневного обучения*

Москва - 2012

ББК 33.05
А65

Рецензент канд. экон. наук, доц. Н.И. Степанова

Андрианов В.В.

А65 Управленческие решения: Пособие по выполнению курсовой работы. –
М.: МГТУ ГА, 2012. – 32 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Управленческие решения» по Учебному плану для студентов IV курса специальности 080507 дневного обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 22.03.12 г. и методического совета 12.04.12 г.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Цели и содержание курсовой работы

В процессе изучения дисциплины "Управленческие решения" (УР) в соответствии с учебным планом подготовки по специальности 08.05.07 студентам дневного обучения предлагается выполнить курсовую работу (КР), основными целями которой являются:

- 1) закрепление теоретических знаний по базовым разделам дисциплины;
- 2) выработка навыков практической реализации ключевых этапов процесса разработки, оценки и принятия УР с использованием принципов системного подхода, а также современных экономико-математических методов моделирования, поиска оптимальных УР и оценки итогов реализации УР;
- 3) разработка УР, способных прояснить и улучшить управленческую ситуацию (УС), характеризуемую совокупностью параметров объекта управления (ОУ), процесса его функционирования (ПФ) (выполнения целевого назначения ОУ), а также факторов внешней среды (ВНС).

Студентам предлагается по индивидуальному варианту задания, используя теоретические знания и умение реализовывать алгоритмы экономико-математических методов разработки УР [1], решить комплекс взаимосвязанных задач и разработать комплекс УР для улучшения УС.

В пособии сформулированы словесные постановки задач, даны условные обозначения, указаны исходные данные и искомые величины. Основная часть задач КР решается компьютерными программами [2], реализующими базовые алгоритмы разработки УР [1]. Более подробная информация о тонкостях реализации алгоритмов методов разработки УР приведена в [2].

1.2. Определение индивидуального номера варианта задания

Преподаватель выдает студенту номер варианта КР, по которому студент сам находит в данном пособии данные, необходимые для решения задач КР.

1.3. Требования к оформлению пояснительной записки

Записка начинается с титульного листа, на котором указываются: названия - университета, кафедры и дисциплины; ф.и.о. лектора и автора КР; N зачетной книжки и N варианта, тема КР. Вторым листом записки является бланк задания, подписанный студентом, а на третьем листе записки должна быть табл. 1.1.

Таблица 1.1

Экономико-математические модели, разработанные в КР

<p>УР₁: $x_2 = 52.133 + 9.1 * t - 0.06 * t^2$ прогноз $x_2 = 145.2$;</p>	<p>УР₄: $\lambda_{вс} = 12$ вс/ч $\lambda_{насс} = 1340$ пасс/ч</p>																									
<p>УР₂: $Y = 53.908 * x_1^{0.059} * x_2^{0.128}$ прогноз $Q_7 = 124$ млн. ткм;</p>	<p>УР₅: СМО факт Nopt</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>ТГ</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>МС</td> <td>25</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>БО</td> <td>10</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>БГ</td> <td>600</td> <td>711</td> </tr> <tr> <td>СР</td> <td>50</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>МЖ</td> <td>350</td> <td>364</td> </tr> </tbody> </table>	ТГ	3	4	МС	25	20	БО	10	12	БГ	600	711	СР	50	52	МЖ	350	364							
ТГ	3	4																								
МС	25	20																								
БО	10	12																								
БГ	600	711																								
СР	50	52																								
МЖ	350	364																								
<p>УР₃₁: рынок авиане перевозок потенциал = 1105 млн. ткм; тах прибыль = 6.515 млрд. руб.</p>																										
<p>УР₃₂: фактический парк ВС Ил-96м-3; Ту-214-6; Ту-204м-10; SSJ-100-10; тах прибыль = 2.155 млрд. руб.; при расходах = 15.602 млрд. руб.; стоимость = 24.712 млрд. руб. $Rep_{\phi} = 2347/16297 = 0.138$;</p>	<p>УР₆:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Nф</th> <th>Nopt</th> <th>Nэк</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ил-96м</td> <td>3</td> <td>5</td> <td></td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Ту-214</td> <td>6</td> <td>5</td> <td></td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>Ту-204м</td> <td>10</td> <td>8</td> <td></td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>SSJ-100</td> <td>10</td> <td>6</td> <td></td> <td>52</td> </tr> </tbody> </table>		Nф	Nopt	Nэк		Ил-96м	3	5		24	Ту-214	6	5		49	Ту-204м	10	8		64	SSJ-100	10	6		52
	Nф	Nopt	Nэк																							
Ил-96м	3	5		24																						
Ту-214	6	5		49																						
Ту-204м	10	8		64																						
SSJ-100	10	6		52																						
<p>УР₃₃: предлагаемый парк ВС Ил-96м-5; Ту-214-5; Ту-204м-8; SSJ-100-6; тах прибыль = 6.334 млрд. руб.; при расходах = 12217 млрд. руб.; стоимость = 24.712 млрд. руб.; $Rep_6 = 6412/13054 = 0.518$;</p>																										

В пояснительной записке необходимо:

- 1) привести постановку проблемы КР;
- 2) перечислить исходные данные, искомые, результаты;
- 3) изложить выводы и рекомендации;
- 4) перечислить перечень использованной литературы;
- 5) пронумеровать страницы, таблицы, модели, рисунки и графики.

2. Методические рекомендации к выполнению курсовой работы

2.1. Словесная постановка проблемы курсовой работы

Управленческая ситуация, для которой необходимо разработать комплекс управленческих решений, имеет следующие особенности:

1. Объектом КР является авиакомпания (АК) и наземный комплекс (НК) базового аэропорта. АК выполняет перевозки на заданном парке ВС (табл. 1 П.1) по сети из 7-ми воздушных линий (ВЛ). Протяженность ВЛ в табл. 3 П.1.

2. Летно-технические характеристики типов ВС в табл. 2 П.1.

3. Прогнозы спроса по ВЛ (1-6) в табл. 4 П.1. Спрос по 7-й ВЛ (Q7) определяется как функция от 2-х критических факторов x_1 и x_2 . Динамики факторов x_2 и фактора x_1 для прогнозирования Q7 в табл. 5 П.1.

4. Доходы d_{ij} , расходы c_{ij} и прибыль p_{ij} от перевозки 1 ткм на i -м типе ВС на j -ю дальность полета в табл. 6 П.1.

5. Сезонная, недельная и суточная неравномерности полетов в табл. 7-9 П.1.

6. Наличие багажных тележек, стоек регистрации и мест ожидания (МО) в базовом аэропорту (АП) в табл. 10 П.1.

7. Количества аэродромных тягачей, мест стоянки ВС и бригад перронного обслуживания в базовом АП в табл. 11 П.1.

8. Интервалы t между посадками ВС и t обслуживания ВС в базовом АП в час пик в табл. 12 и табл. 13 П.1.

Суть проблемы КР в неспособности фактического парка ВС удовлетворить спрос на перевозки и в наличии "узких мест", не дающих реализовать потенциал рынка авиаперевозок.

2.2. Декомпозиция проблемы КР

Проблема КР делится на следующие взаимосвязанные задачи:

Задача 1. Однофакторное регрессионное прогнозирование фактора ВНС.

Задача 2. Многофакторное регрессионное прогнозирование перевозок.

Задача 3. Оценка потенциала рынка перевозок и фактического парка ВС.

Задача 4. Формирование оптимального парка ВС.

Задача 5. Организация использования потенциала парка ВС.

Задача 6. Организация использования потенциала наземного комплекса.

По итогам решения задач необходимо сформировать УР по улучшению УС.

2.3. Моделирование и прогнозирование управленческой ситуации

2.3.1. Однофакторное регрессионное прогнозирование факторов ВНС

Задача 1 посвящена моделированию и оценке точечного и интервального прогнозов критического фактора внешней среды x_2 , оказывающего влияние на спрос на перевозки по 7-й ВЛ Q_7 . Исходные данные x_2 приведены в табл. 5 П.1.

Считая фактор x_2 функцией фактора времени t , в задаче 1 необходимо:

1. Рассчитать параметры моделей $y = f(t)$

$$а) x_2 = a + b \cdot t; \quad (2.1)$$

$$б) x_2 = a \cdot t^b; \quad (2.2)$$

$$в) x_2 = a \cdot b^t; \quad (2.3)$$

$$г) x_2 = a + b \cdot t + c \cdot t^2. \quad (2.4)$$

2. Оценить адекватность моделей (2.1)-(2.4).

3. Выбрать модель прогнозирования и спрогнозировать x_2 .

Алгоритм решения задачи 1 приведен в [1, с.27-32, 38-40] и реализуется программой `mono_reg.pas` [6, с. 66-76].

Пример решения задачи 1

1. По данным табл. 2.1 по алгоритму [1, с.27-32, 38-40] программой

Таблица 2.1

Значения величин критического фактора x_2

t_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_2	61	70	79	88	97	105	112	121	129	137

mono_reg.pas вычислены математические модели $x_2 = f(t)$:

$$x_2 = 53.467 + 8.461 * t; \quad (2.5)$$

$$x_2 = 56.101 * t^{0.362}; \quad (2.6)$$

$$x_2 = 59.635 * 1.092^t; \quad (2.7)$$

$$x_2 = 52.133 + 9.1 * t - 0.06 * t^2. \quad (2.8)$$

По моделям (2.5 - 2.8) по [1, с. 27-32,38-40] вычисляем:

$$\Delta \varepsilon = \sum_{i=1}^n \frac{|y_i^{\text{факт}} - y_i^{\text{расч}}|}{y_i^{\text{факт}}} * 100\% - \text{среднюю ошибку}; \quad (2.9)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i^{\text{факт}} - \bar{y})^2}{(n-1)} - \text{дисперсию } y; \quad (2.10)$$

$$\sigma_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i^{\text{факт}} - y_i^{\text{расч}})^2}{(n-p)} - \text{остаточную дисперсию}; \quad (2.11)$$

p - число расчетных коэффициентов;

n - объем выборки;

$$F_{\text{кр}}^* = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{\text{ост}}^2} \geq F_{[k_1, k_2, 1-p]}^{\text{табл}} - \text{критерий Фишера}, \quad (2.12)$$

где $F_{[k_1, k_2, 1-p]}^{\text{табл}}$ - табличное значение квантили критерия Фишера при доверительной вероятности $p_d = 90\%$ и входах $k_1 = n-1$; $k_2 = n-p-1$;

$$\text{уравнение адекватно при } F_{\text{кр}}^* \geq F_{[k_1, k_2, 1-p]}^{\text{табл}}; \quad (2.13)$$

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{\text{ост}}^2}{\sigma_y^2}} = 1 - \text{корреляционное отношение}, \quad (2.14)$$

оценивающее линейность связи Y и X (гипотеза не отвергается при $R \geq 0.75$);

Пр - прогнозное значение x_2 для $t=11$;

$\Delta \text{Пр} = (x_2(t=11) - x_2(t=10))$ - отклонение прогнозных значений.

Результаты решения задачи 2 приведены в табл. 2.2. По $F_{\text{кр max}} = 1797$ отбираем для прогнозирования адекватную модель

$$x_2 = 52.133 + 9.1 * t - 0.06 * t^2, \quad (2.15)$$

при $\Delta\epsilon\% \min=0.39$; $\sigma_{\text{ост}} = 0.37$; $F_{\text{кр}}=1797$; $\text{Пр} =145.2$:

Таблица 2.2

Результаты моделирования и прогнозирования x_2

Модель	$\Delta\epsilon$	$\sigma_{\text{ост}}^2$	η	$F_{\text{-кр}}$	$Y_{\text{прогн}}$	$\Delta Y_{\text{прогн}}$
$Y=53.467+8.461*x$	0.63	0.56	1.00	1168	146.5	8.53<
$Y=56.101*x[i]^{0.362}$	4.07	24.46	0.98	27	133.6	-4.42
$Y=59.635*1.092^{x[i]}$	2.97	13.81	0.99	48	157.4	19.43
$Y=52.133+9.1x-0.06*x^2$	0.39	0.37	1.00	1797	145.2	7.20<

Таким образом, прогноз критического фактора $x_2=145.2$ млн.ткм.

2.3.2. Многофакторное регрессионное прогнозирование перевозок

Задача 2 посвящена формированию регрессионной модели и прогноза спроса на авиаперевозки по 7-й ВЛ- Q7 как $F(x_1, x_2)$

$$Q_7 = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2, \quad (2.16)$$

где x_1, x_2 - критические факторы, определяющие дисперсию Y ;

a_0, a_1, a_2 - расчетные коэффициенты уравнения регрессии.

В задаче надо: 1) рассчитать параметры модели (2.16) a_0, a_1, a_2 ;

2) оценить адекватность модели;

3) найти прогноз Q_7 , используя прогноз $x_2=145.2$ из задачи 1.

Пример решения задачи 2

Для расчета модели (2.16) алгоритмом [1, с.33-38], реализуемым программой `mn_reg.pas` [6, с. 76-87], используем исходные данные, приведенные в табл.2.3.

Таблица 2.3

Исходные данные задачи 2

Q7 млн.ткм	Св член	Фактор x_1	Фактор x_2
102.00	1.00	3.00	88.0
108.00	1.00	6.00	97.0
111.00	1.00	8.00	105.0
113.00	1.00	10.00	112.0
116.00	1.00	12.00	121.0
118.00	1.00	14.00	129.0
121.00	1.00	21.00	138.0
$Q_7=?$		Дано 25.00	145.2

Алгоритм расчета модели $Q_7 = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$

Шаг 1. Транспонируем матрицу X (2.17)

$$M1=X^T = \begin{vmatrix} 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 \\ 3.0 & 6.0 & 8.0 & 10.0 & 12.0 & 14.0 & 21.0 \\ 88.0 & 97.0 & 105.0 & 112.0 & 121.0 & 129.0 & 138.0 \end{vmatrix}$$

Шаг 2. Умножаем матрицу X^T на матрицу X $M2=M1*X$ (2.18)

$$M2=M1*X = \begin{vmatrix} 7.0 & 74.0 & 790.0 \\ 74.0 & 990.0 & 8962.0 \\ 790.0 & 8962.0 & 91048.0 \end{vmatrix}$$

Шаг 3. Обращаем матрицу M2 (2.19)

$$M3=(M1*X)^{-1} = \begin{vmatrix} 70.28 & 2.45 & -0.85 \\ 2.45 & 0.09 & -0.03 \\ -0.85 & -0.03 & 0.01 \end{vmatrix}$$

Шаг 4. Умножаем матрицу M3 на M1 $M4=M3*M1$ (2.20)

$$M4=M3*M1 = \begin{vmatrix} 2.742 & 2.435 & 0.528 & -0.528 & -3.286 & -5.193 & 4.303 \\ 0.043 & 0.052 & -0.003 & -0.028 & -0.114 & -0.169 & 0.219 \\ -0.027 & -0.025 & -0.003 & 0.009 & 0.041 & 0.063 & -0.057 \end{vmatrix}$$

Шаг 5. Умножаем матрицу M4 на вектор-столбец Y $M5=M4*Y$ и получаем модель $Y = 68.21 - 0.16*x_1 + 0.41*x_2$. (2.21)

Результаты анализа модели (2.21) в табл.2.4.

Таблица 2.4

Анализ модели (2.21)

x_1	x_2	Q7 ф	Q7 p	$\Delta Q7$	% $\Delta Q7$
3	88	102.00	103.77	1.77	1.74
6	97	108.00	106.97	-1.03	0.96
8	105	110.00	109.92	-1.08	0.98
10	112	113.00	112.46	-0.54	0.48
12	121	116.00	115.82	-0.18	0.16
14	129	118.00	118.77	0.77	0.65
21	138	121.00	121.31	0.31	0.25

Шаг 6. Вычисляем критерии адекватности модели (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Критерии адекватности модели

Критерий	Модель	Величина	Значимость
Системная дисперсия	$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \mu_y)^2}{n-1}$	41.238	
Остаточная дисперсия	$\sigma_{ост}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i^{факт} - y_i^{расч})^2}{(n-p)}$	1.60	
F-критерий Фишера	$F_{кр}^* = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{ост}^2} \geq F_{[k1, k2, 1-pd]}^{табл}$	25.82	
Коэффициент R	$\eta = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{ост}^2}{\sigma_y^2}}$	0.98	
Коэффициент D	$D = R^2$	0.96	
T-кр значимости R	$t_R = \frac{R}{\mu_R} = \frac{R\sqrt{n-p-1}}{1-R^2}$	43.85	значим
Средняя ошибка $\Delta\varepsilon$	$\Delta\varepsilon = \sum_{i=1}^n \frac{ y_i^{факт} - y_i^{расч} }{y_i^{факт}} * 100\%$	0.74 %	
Оценки значимости $a[i]$:	$t_{a_i} = \frac{ a_i }{\sigma_{ост}\sqrt{c_{ii}}} \geq t_{\alpha, k}$		
t_a(1)		6.439	значим
t_a(2)		2.421	значим
t_a(3)		3.178	значим

Модель (2.21) адекватна, так как $F_{кр}^* = 25.82 > F_{таб\ k1\ k2}^* = 4.05$ и все a_i значимы.

Прогноз Q7 авиаперевозок по 7-й ВЛ находим, подставляя $x_1=25$ и $x_2=145.2$ в модель $Y = 68.21 - 0.16 * x_1 + 0.41 * x_2 = 123.603 \approx 124$ млн.ткм.

2.4. Оценка экономических потенциалов рынка и фактического парка ВС

Задача 3 посвящена оценке экономических потенциалов рынка перевозок и фактического парка ВС, максимально использующего потенциал рынка.

Фактический парк ВС примера состоит из 3-х Ил-96м, 6-ти Ту-214м, 10-ти Ту-204м и 10-ти SSJ-100. В табл. 2 П.1 приведен перечень параметров, доступных авиакомпании типов ВС:

$A_{\text{ЭК}_ч}$	- часовая экономическая производительность ВС	ткм/ч;
$A_{\text{Г}}$	- годовая экономическая производительность ВС	млн.ткм;
$H_{\text{Г}}$	- плановый годовой налет часов одного ВС	ч;
$C_{\text{вс}}$	- стоимость ВС	млрд.руб.;
$G_{\text{Г}}$	- часовой расход топлива	т;
$G_{\text{кмх}}$	- тах коммерческая загрузка	т;
$G_{\text{клм}}$	- коммерческая загрузка при полете на тах дальность	т;
$V_{\text{еко}}$	- экономическая скорость ВС	км/ч;
$n_{\text{кр}}$	- количество кресел в салоне ВС	шт.;
$T_{\text{по}}$	- время наземной подготовки ВС к выполнению рейса	ч;
$V_{\text{кр}}$	- крейсерская скорость ВС	км/ч;
$L_{\text{км}}$	- дальность полета с коммерческой загрузкой	км.

Сеть ВЛ рынка авиаперевозок КР состоит из 7-ми ВЛ, спрос на авиаперевозки b_j $j=1,7$ и протяженность $L_{\text{вл}j}$ км которых приведены в табл. 2.6. Ответ задачи 2 - **Q7=124** млн.ткм – это прогноз объема перевозок по 7-й ВЛ.

Доходы, расходы и прибыль от перевозок 1 ткм на i -м типе ВС по j -й ВЛ на дальность $L_{\text{вл}j}$ в табл. 5 П.1.

Таблица 2.6

Параметры сети ВЛ

Порядковый номер ВЛ АК	1	2	3	4	5	6	7
Прогноз спроса b_j /млн.ткм/	183	135	137	173	244	109	124
Протяженность ВЛ $L_{\text{вл}j}$ /км/	7500	7500	3000	6600	4100	2000	3580

2.4.1. Оценка экономического потенциала рынка авиаперевозок

Экономический потенциал рынка авиаперевозок равен *тах прибыли*, получаемой от перевозок на оптимальном по типам и численности парке ВС при полном удовлетворении спроса на авиаперевозки. Полагается, что парк ВС **состоит из лучших доступных типов ВС** и летает без отказов и задержек, при полном и своевременном ресурсном обеспечении, при полной оснащенности аэропортов и оптимальном расписании и т.д.

Экономико-математическая модель расстановки парка ВС на сети ВЛ

максимизировать целевую функцию $P = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$

или
$$-P = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m -p_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (2.22)$$

при ограничениях: 1. $\sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i;$ (2.23)

2. $\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j;$ (2.24)

3. $\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$ (2.25)

4. $x_{ij} \geq 0,$ (2.26)

где x_{ij} - объем перевозок ВС i -го типа по j -й ВЛ(млн. ткм);

r_{ij} - прибыль от перевозки 1 ткм. на i -м ВС по j -й ВЛ;

P – суммарная прибыль от авиаперевозок;

a_i - годовой потенциал провозной способности i -го ВС (млн.т км);

b_j - спрос на перевозки по j -й ВЛ (млн.ткм).

Пример решения задачи 3

Экономический потенциал авиарынка оцениваем следующим образом:

Находим *оптимальные типы ВС* из доступных АК типов ВС для каждой ВЛ:

1. В табл.7 П.1 ищем тип ВС с r_{ijmax} на $L_{влj}$ и пишем его в табл.2.7 под ВЛ.

Таблица 2.7

Оценка экономического потенциала рынка

Тип ВС	Воздушные линии							a_i , млн. ткм
	1	2	3	4	5	6	7	
Ил-96м	-11.0	-11.0	17.7	-7.0	4.7	31.0	10.0	491
Ту-214м	10.0	10.0	2.3	4.0	-2.7	18.3	-1.3	244
Ту-204м	50.0	50.0	-5.0	41.0	1.3	4.7	-1.7	261
SSJ-100	83.3	83.3	11.7	60.7	24.3	-3.3	20.7	109
b_j /млн.ткм	183	135	137	173	244	109	124	1105
$L_{влj}$ (км.)	7500	7500	3000	6000	4100	2000	3580	
Тип ВС	Ил-96м	Ил-96м	Ту-204м	Ил-96м	Ту-214м	SSJ-100	Ту-204м	

2. В столбец "Типы ВС" вписываем выбранные типы ВС.

3. В столбцы "Воздушные линии" табл. 2.7 из табл. 6 П.1 выписываем $-r_{ij}$.

4. Суммируем прогнозы объемов перевозок (млн.ткм):

Ил-96м (183+135+173)=491; Ту-204м(137+124)=261; Ту-214м =244; SSJ-100=109.

Поскольку $\sum a_i = \sum b_j = 1105$ в табл. 2.7 - задача "закрытая". Решая задачу алгоритмом [1, с. 75-87], находим оптимальный план (табл. 2.8). Оптимальный план табл. 2.8 показывает max прибыль, которую способны дать найденные оптимальные типы ВС.

Таблица 2.8

Потенциал рынка авиаперевозок

-11 183	-11 135	17.7	-7 173	4.7	31.0	10.0	491
10	10	2.3	4	-2.7 244	18.3	-1.3	244
50	50	-5 137	41.0	1.3	4.7	-1.7 124	261
83.3	83.3	11.7	60.7	24.3	-3.3 109	20.7	109
183	135	137	173	244	109	124	1105

Экономический потенциал рынка авиаперевозок парка ВС из найденных оптимальных типов ВС равен 1105 млн.ткм и max прибыли

$$-(-P) = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m -p_{ij}x_{ij} = -(-6515) = 6515 \text{ млн.руб.}$$

$$\text{при доходах } D_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \partial_{ij}x_{ij} = 18647 \text{ млн.руб.}$$

$$\text{и расходах } C_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij}x_{ij} = 12035 \text{ млн.руб.}$$

2.4.2. Оценка экономического потенциала фактического парка ВС

Экономический потенциал фактического парка ВС равен прибыли, получаемой им от выполнения заданного объема перевозок на сети ВЛ.

По данным табл. 1, табл. 2 и табл. 7 П.1. оцениваем:

- **стоимость фактического парка ВС**

$$C_{\text{ПВС}} = \sum N_{\text{вс}} * C_{\text{вс}} = 3*45 + 6*30 + 10*28 + 10*25 = 901 \text{ млн.} * 27.8 = 24.712 \text{ млн.руб.}$$

- **потенциал ВС i-го типа**

$$a_i = N_{\text{вс}} * A_{\text{эк}} * H_{\Gamma} * \varphi_{\text{кз}} \text{ (млн.ткм)} \quad (2.27)$$

например, для Ил-96м :

$$a_1 = N_{\text{вс}} * A_{\text{эк}} * H_{\Gamma} * \varphi_{\text{кз}} = 3 * 34000 * 4200 * 0.65 = 278 \text{ млн.ткм};$$

аналогично для Ту-214м :

$$a_1 = 332 \text{ млн.ткм.}, \text{ Ту-204м : } a_1 = 313 \text{ млн.ткм,}$$

$$\text{SSJ-100 : } a_1 = 183 \text{ млн.ткм.}$$

Результаты в табл. 2.9.

- **прибыли p_{ij} (руб.) и себестоимости c_{ij} (руб./ткм)** 1 ткм на i-м типе ВС по j-й ВЛ для ее дальности $L_{\text{вл}j}$. Умножаем p_{ij} на (-) и пишем в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Исходные данные для оптимизации расстановки парка ВС

ПАРК ВС		Воздушные линии								ai (млн. ткм)
Тип ВС	Агi	1	2	3	4	5	6	7		
Ил-96м -3 шт.	92.5	-11.0	-11.0	17.7	-7.0	4.7	31.0	10.0	278	
Ту-214 -6 шт.	55.3	10.0	10.0	2.3	4.0	-2.7	18.3	-1.3	332	
Ту-204м -10шт.	31.3	50.0	50.0	-5.0	41.0	1.3	4.7	-1.7	313	
SSJ-100 -10шт.	18.3	83.3	83.3	11.7	60.7	24.3	-3.3	20.7	183	
b _j (млн.ткм)		183	135	137	173	245	109	124	1105	
Lвл _j (км)		7500	7500	3000	6600	4100	2000	3580		

Алгоритмом [1, с. 75– 84] находим оптимальную расстановку фактического парка ВС (табл. 2.15).

Экономический потенциал фактического парка ВС равен \max прибыли

$$-P_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m -p_{ij}x_{ij} = -(-6515) = 2155 \text{ млн.руб. при доходах}$$

$$D_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij}x_{ij} = 17757 \text{ млн.руб. и расходах } C_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij}x_{ij} = 15602 \text{ млн.руб.}$$

$$\text{Ren}_{\phi} = 2155/15602 = 0.138 * 100 = 13.8\%.$$

Таблица 2.10

Оптимальная расстановка фактического парка ВС

-11	-11	17.7	-7	4.7	31.0	10.0	278
183	95						
10	10	2.3	4	-2.7	18.3	-1.3	332
	40		173	119			
50	50	-5	41.0	1.3	4.7	-1.7	313
		64		125		124	
83.3	83.3	11.7	60.7	24.3	-3.3	20.7	183
		73			109		
183	135	137	173	245	109	124	1105

Вычислив суммы расходов для каждого типа ВС в отдельности, находим себестоимости 1 ткм. для каждого типа ВС. Результаты расчетов в табл. 2.16.

Таблица 2.11

Себестоимость 1 ткм типов ВС

Тип ВС	Расходы млн. руб.	Объем перевозок млн. ткм	Себестоимость 1 ткм руб./ткм
Ил-96	2780	278	10.0
Ту-214	5933	332	17.9
Ту-204	4317	313	13.8
SSJ-100	2572	183	14.1
Итого	15602		

Потенциал прибыли рынка 6515 млн.руб. значительно больше прибыли 2155 млн.руб. фактического парка ВС, что указывает на актуальность задачи поиска более прибыльного парка ВС.

2.4.3. Формирование и оценка потенциала оптимального парка ВС

На этапе оценки экономического потенциала рынка авиаперевозок были *определены и записаны в* в табл. 2.8:

- типаж оптимального парка ВС: Ил-96м, Ту-214м, Ту-204м и SSJ-100;
- закрепление типов ВС за ВЛ;
- p_{ij} для каждого типа ВС на каждой ВЛ;
- годовые объемы авиаперевозок на типах ВС a_i : 491,244,261,109 млн.ткм;
- прогнозы спроса по всем ВЛ: 183, 135, 137, 173, 244, 109, 124 млн.ткм.

В задаче 4 формируется оптимальный парк ВС. Для этого по данным табл. 2.8 последовательно вычисляются:

- годовые производительности всех типов ВС $A_i^G = A_i^q H_i^G$, (2.28)

где A_i^q - часовая экономическая производительность i -го типа ВС;

H_i^G - плановый годовой налет часов i -го типа ВС;

- дробная численность ВС i -го типа с учетом

$$\Phi_{kzi} N_i^{BC\sim} = \frac{Q_i}{A_i^G \phi_i^{kz}}, \quad (2.29)$$

$$\text{Ил-96м } N_i^{BC\sim} = \frac{Q_i}{A_i^G \phi_i^{kz}} = \frac{491}{142.5 * 0.65} = 5.3 \text{ шт.};$$

- дробные части нецелых ВС $\Delta N_i^{BC\sim}$, для Ил-96м $\Delta N_i^{BC\sim} = 0.30$;

- целые части нецелых ВС N_i^{BC} , для Ил-96м $N_i^{BC} = 5$;

- доля дробной части ВС, приходящаяся на целое ВС $\delta H_i^G = \frac{\Delta N_i^{BC\sim}}{N_i^{BC}}$ (2.30)

$$\text{для Ил-96м } \delta H_i^G = \frac{\Delta N_i^{BC\sim}}{N_i^{BC}} = \frac{0.3}{5} = 0.06 - 6.0\% \text{ превышения } H_i^G ;$$

- дополнительный налет часов каждое целое ВС

$$\Delta H_i^G = \delta H_i^G * H_i^G = 0.06 * 4200 = 243 \text{ часа}$$

В табл. 2.12 ΔH_i^G каждого Ил-96м на 243 часа (+6.0%) и каждого Ту-214м на 462 ч (+11%) превышают 2%-е ограничение. Это значит, что 1105 млн.ткм для ПВС N_i : 5 Ил-96м, 4 Ту-214м, 8 Ту-204м, 5 SSJ-100 недоступны.

Таблица 2.12

Формирование параметров оптимального парка ВС

Тип ВС	Q_i	$\varphi_i^{КЗ}$	$A_i^Г$	$N_i^{ВС\sim}$	$\Delta N_i^{ВС\sim}$	$\delta H_i^Г$	%	$\Delta H_i^Г$	$=H_i^Г$	N_1	A_1	N_2	A_2
	МЛН. ТКМ	%	МЛН. ТКМ	ШТ.	ШТ.				Ч	ШТ.	МЛН. ТКМ	ШТ.	МЛН. ТКМ
Ил-96м	491	0.65	143	5.30	0.30	0.06	6.0	243	4200	5	491	6	557
Ту-154м	244	0.65	85	4.40	0.40	0.11	11.0	442	4250	4	244	5	276
Ту-204м	261	0.65	48	8.30	0.10	0.04	1.0	116	2800	8	261	9	282
SSJ-100	109	0.65	28	6.00	1.00	0.20	1.0	554	2800	5	109	6	109
Итого:	1105										1105		1224

Для поиска целого ПВС, который не превысит более чем на 2% плановый налет $H_i^Г$, воспользуемся границами численностей ПВС i-го типа N_1 и N_2 из табл. 2.12. Сформируем все возможные варианты ПВС (табл. 2.13).

Таблица 2.13

Возможные варианты парка ВС

ВС\Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ил-96м	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
Ту-214м	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5
Ту-204м	8	8	9	9	8	8	9	9	8	8	9	9	8	8	9	9
SSJ-100	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
$\sum a_i$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	2	4	5	7	8	0	1	3	2	3	5	6	7	9	0	2
	7	5	8	6	2	0	3	1	0	8	1	9	5	3	6	4
$\sum b_j - \sum a_i$	78	60	47	29	23	5	-8	-26	-15	-33	-46	-64	-70	-88	-101	-119

Полностью удовлетворяют спрос, варианты ПВС, дающие $\min |\sum b_j - \sum a_i|$. Анализ $|\sum b_j - \sum a_i|$ по табл. 2.13 показывает, что это 6-й или 7-й варианты ПВС. 6-й вариант ПВС: 5 Ил-96м, 5 Ту-214м, 8 Ту-204м и 6 SSJ-100 стоит 19460 млн.руб. Находим оптимальный план (табл. 2.14), дающий прибыль 6334 млн. руб. при расходах 12301 млн.руб.

Таблица 2.14

Оптимальное решение для 6-го варианта ПВС

ВЛ 1	ВЛ 2	ВЛ 3	ВЛ 4	ВЛ 5	ВЛ 6	ВЛ 7	a_i , млн. ткм	Расходы, млн.руб.	Себ., ткм. руб.
-11 183	-11 135	17.7	-7 146	4.7	31.0	10.0	464	4640.0	10.0
10	10	2.3	4 22	-2.7 244	18.3	-1.3 10	276	3263.3	11.8
50	50	-5 137	41.0	1.3	4.7	-1.7 114	251	3042.3	12.1
83.3	83.3 1	11.7	60.7	24.3	-3.3 109	20.7	110	1271.7	11.7
0	0	0	0 5	0	0	0	5	12217	
183	135	137	173	244	109	124	1105		

7-й вариант ПВС стоит 20.016 млрд.руб. и состоит из: 5 Ил-96м, 5 Ту-214м, 9 Ту-204м и 5 SSJ-100. Оптимальный план расстановки 7-го варианта ПВС в табл. 2.15. Прибыль 7-го варианта $Pr_7=6174$ млн. руб. расходы $P_7=12419$ млн.руб. и доходы $D_7=18593$ млн.руб.

Таблица 2.15

Оптимальное решение для 7-го варианта парка ВС

ВЛ 1	ВЛ 2	ВЛ 3	ВЛ 4	ВЛ 5	ВЛ 6	ВЛ 7	ВЛ ф	a_i	Расходы, млн.руб.	Себ., ткм. руб.
-11 183	-11 135	17.7	-7 146	4.7	31.0	10.0	0	464	4640.0	10.0
10	10	2.3	4 27	-2.7 244	18.3	-1.3 5	0	276	3260.0	11.8
50	50	-5 137	41.0	1.3	4.7	-1.7 124	0 3	282	3457.0	12.3
83.3	83.3	11.7	60.7	24.3	-3.3 91	20.7	0	91	1061.7	11.7
183	135	137	173	244	109	124	8	1113	13139	

Сравнивая 6-й и 7-й варианты, находим, что:

- 1) прибыль $Pr_6=6412$ млн. руб. $>$ $Pr_7=6270$ млн. руб.;
- 2) расходы $P_6=13054$ млн. руб. $<$ $P_7=13139$ млн. руб.;
- 3) рентабельность $6412/13054=0.491 > 6270/13139=0.476$.

Сравнивая по табл. 2.16 итоги использования ПВС, делаем выводы:

1. Фактический парк ВС не может выполнить заданный объем перевозок.
2. 6-й вариант парка ВС превосходит фактический и 7-й вариант во всем.

6-й вариант парка ВС, способен полностью удовлетворить спрос: Ил-96м -5; Ту-214 -5; Ту-204м -8; SSJ-100 -6; прибыль 6174 млн.руб. при расходах 13054 млн.руб. и $Ren_6=6334/12217=0.518$.

Таблица 2.16

Сравнение вариантов парков ВС

Показатель	Ед.изм.	Факт.ПВС 3 6 10 10	Вар. 7 5 5 9 5	Вар. 6 5 5 8 6	Потен- циал
Стоимость ПВС	млрд. руб.	24.712	20016	19460	
Доходы	млн. руб.	17757	18593	18551	18467
Расходы	млн. руб.	15602	12419	12217	12035
Прибыль	млн. руб.	2155	6174	6334	6515
Прибыль/Расходы	-	0.138	0.497	0.518	0.541
Фондоотдача ПВС	-	0.087	0.308	0.325	

2.5. Организация использования потенциала рынка перевозок и ПВС

Функция управления - «организация» состоит из элементов: структуризация и интеграция.

На первом этапе ВТ структурируются элементы системы ВТ

$$\text{ВТ} = \text{Рынок авиаперевозок} + \text{АК} + \text{НК}.$$

На втором этапе оцениваются условия полноты использования потенциалов, которая зависит от облика НК

$$\text{НК} = \text{АП} + \text{УВД} + \text{АРЗ} + \text{АТЦ}, \quad (2.31)$$

где АП – аэропорты; УВД - средства управления воздушным движением; АРЗ - авиаремонтные заводы; АТЦ - авиационно-технические центры.

Полнота использования потенциала рынка зависит от согласованности параметров парка ВС, сети ВЛ, аэродромов, аэровокзалов, мест ожидания в аэровокзале, мест стоянки, стоек регистрации, заправщиков и т.д. с $\lambda_{\text{вс}}$ и $\lambda_{\text{пасс}}$. Использование потенциала рынка авиаперевозок *обеспечивается* оптимизацией расстановки ВС по ВЛ, расписания, графиков оборота ВС и ЭК [1, с. 93-95], а также облика НК с помощью моделей теории массового обслуживания и компьютерного имитационного моделирования [1, 2].

2.5.1. Организация использования потенциала парка ВС

Цель задачи 5 – оптимизация НК. Ее решение начинается с поиска расчетного периода работы базового АП, обслуживающего оптимальный парк ВС. Искомыми являются $\max \lambda_{\text{вс}}$ и $\lambda_{\text{пасс}}$, необходимые для оценки, потребности в технических средствах, достаточности ресурсов, оптимизации облика, поиска "узких мест" и "слабого звена" системы наземного комплекса. Для оценки $\max \lambda_{\text{вс}}$ поступления ВС в АП базирования найдем число парных рейсов (ПР), за которое можно выполнить, например, 183 млн.ткм на Ил-96м по ВЛ 1.

$$\text{Время полета до конечного аэропорта} \quad t_{pij} = \frac{L_j^{ВЛ}}{V_{ij}^P} = \frac{7500}{896} = 8.63, \quad (2.32)$$

где V_{ij}^P - рейсовая скорость i -го типа ВС на j -й ВЛ.

$$\text{Рейсовая скорость } V_{ij}^P = \frac{L_j^{ВЛ} V_i^{KP}}{L_j^{вл} + N_i^{П} * \Delta t_j * V_i^{KP}} = \frac{7500 * 900}{7500 - 1 * 0.3 * 900} = 869 \text{ км/ч, (2.33)}$$

где V_j^{KP} - крейсерская скорость ВС i-го типа;

$N_j^{П}$ - число посадок при выполнении рейса по j-й ВЛ;

$\Delta t_j \approx 0.3$ - время набора высоты и снижения при взлете-посадке.

Так как время ПР $t_{ij}^{ПР} = 2t_{ij}^P = 8.63 * 2 = 17.27$ ч, а производительность ВС $A^{ПР} = A_i^{эч} * \varphi_i^{кз} * t_{ij}^{ПР} = 34000 * 0.65 * 17.27 = 381593 \text{ ткм.}$, то число ПР, необходи-

$$\text{мых для перевозки 183 млн.ткм, равно } N_{ij}^{ПР} = \frac{Q_{ij}^{ПР}}{A_{ij}^{ПР}} = \frac{183000000}{381593} \approx 480 \text{ (п.р.). (2.34)}$$

Аналогично находим количество ПР каждого i-го типа ВС по j-й ВЛ $N_{ij}^{ПР}$ (табл. 2.17). Неравномерности ПР в табл. 6, 7, 8 П.1.

Таблица 2.17

Годовой план парных рейсов оптимального парка ВС

ВС \ ВЛ	1	2	3	4	5	6	7	ПР	Нг	Нэк	Н1вс
Ил-96м (5)	480	354	0	433	0	0	0	1267	12590	40	_8
Ту-214 (5)	0	0	0	105	1832	0	85	2022	21233	40	8
Ту-204м (8)	0	0	1562	0	0	0	1103	2665	22456	40	5
SSJ-100 (6)	8	0	0	0	0	3094	0	3102	16917	30	5
ЛВЛ _i	7500	7500	3000	6600	4100	2000	3580	-			
Всего								9056			

По данным табл. 2.16 определяем годовой налет часов $H_j^Г$ и число экипажей $N_j^{ЭК}$ по всем $j=1, m$ типам ВС, а также число экипажей N_j^{BC} на 1 ВС j-го типа. Налет часов Ил-96м равен

$$H_{j=Ил-96м}^Г = \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n N_{ij}^{ПР} * t_i^{ПР} = 480 * 17.27 + 249 * 17.27 = 12590 \text{ ч, (2.35)}$$

где $N_{ij}^{ПР}$ - количество парных рейсов на j-м типе ВС по i-й ВЛ;

$t_{ij}^{ПР}$ - продолжительность парного рейса на j-м типе ВС по i-й ВЛ.

$$\text{Число экипажей для ВС типа Ил-96м равно } N_j^{ЭК} = \frac{K_1 * H_i^Г}{H_s} = \frac{1.15}{600} * 12590 \approx 24 \text{ (2.36)}$$

$$\text{Число экипажей для 1-го ВС j-го типа равно } N_j^{BC} = \frac{N_j^{ЭК}}{N_i^{1BC}} = \frac{24}{3} \approx 8 \text{ . (2.37)}$$

Умножив $N_{ij}^{ПР}$ табл.2.17 на % неравномерности табл. 6 П.1, получаем план ПР по месяцам года (табл. 2. 18).

Таблица 2.18

Месячный план ПР оптимального парка ВС

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Итого
%% г.	6	5	6	8	9	10	11	14	11	8	6	6	ПР
Ил-96м	76	63	76	101	114	127	139	177	139	101	76	76	1267
Ту-214	121	101	121	162	182	202	222	283	222	162	121	121	2022
Ту-204м	160	133	160	213	240	267	293	373	293	213	160	160	2665
SSJ-100	186	155	186	248	279	310	341	434	341	248	186	186	3102
Итого:	543	453	543	724	815	906	996	1267	996	724	543	543	9056

В месяц-пик АК должна выполнить **1267** ПР (табл. 2.18). Распределяем ПР между ВС и ВЛ, умножая $N_{ij}^{ПР}$ на 0.14 и записывая $N_{ij}^{ПРМ} = N_{ij}^{ПР} * 0.14$ в табл. 2.19. Так, число ПР в месяц-пик на Ил-96 по 1-й ВЛ равно $N_{ij}^{ПРМ} = 480 * 0.14 \sim 67$.

Таблица 2.19

План ПР оптимального парка ВС в месяц-пик

ВС \ ВЛ	1	2	3	4	5	6	7	ПР
Ил-96м	67	50	0	61	0	0	0	177
Ту-214	0	0	0	15	256	0	12	283
Ту-204м	0	0	219	0	0	0	154	373
SSJ-100	1	0	0	0	0	433	0	434
Всего								1267

Число ПР в неделю-пик находим, исходя из того, что недельные объемы работ ~ равны друг другу и $N_{ij}^{ПРн} = N_{ij}^{ПРМ} / 4$ (табл. 2.20). Так, $N_{ij}^{ПРн}$ в неделю-пик для Ил-96м по 1й ВЛ равно $N_{ij}^{ПРн} = 67 * 0.25 \sim 17$.

Таблица 2.20

План ПР оптимального парка ВС в неделю-пик

ВС \ ВЛ	1	2	3	4	5	6	7	ПР
Ил-96м	17	12	0	15	0	0	0	44
Ту-214	0	0	0	4	64	0	3	71
Ту-204м	0	0	55	0	0	0	39	93
SSJ-100	0	0	0	0	0	108	0	109
Всего								317

Число ПР в сутки-пик согласно табл. 7 П.1 равно 20% недельного объема работ (табл. 2.21). Так, на Ил-96м по ВЛ₁ в сутки-пик будет выполнено $17 * 0.20 \sim 3$ ПР.

Таблица 2.21

План ПР оптимального парка ВС в сутки-пик

ВС\ВЛ	1	2	3	4	5	6	7	ПР
Ил-96м	3	2	0	3	0	0	0	9
Ту-214	0	0	0	1	13	0	1	14
Ту-204м	0	0	11	0	0	0	8	19
SSJ-100	0	0	0	0	0	22	0	22
Всего								64

Число ПР, убывающих из АП на i -м ВС по j -й ВЛ в час-пик определяем по табл. 8 П. I, равным 18% от объема работы в сутки-пик. Результаты в табл. 2.22.

Таблица 2.22

План ПР оптимального парка ВС в час-пик

ВС\ВЛ	1	2	3	4	5	6	7	ПР
Ил-96м	1	0	0	1	0	0	0	2
Ту-214	0	0	0	0	2	0	0	2
Ту-204м	0	0	2	0	9	0	1	3
SSJ-100	0	0	0	0	0	4	0	4
Всего								13

Число пассажиров, убывающих из АП на i -м ВС по j -й ВЛ в час-пик равно $N_{\text{пасс}_{ij}}=0.18 \cdot N_{\text{р}_{ij}} \cdot N_{\text{кр}_i} \cdot \varphi_{\text{кз}_i}$ Результаты в табл. 2.23.

Таблица 2.23

Пассажиры, вылетающие в час-пик

ВС\ВЛ	1	2	3	4	5	6	7	$N_{\text{пасс}_{ij}}$
Ил-96м	195	0	0	195	0	0	0	390
Ту-214	0	0	0	0	273	0	0	273
Ту-204м	0	0	278	0	0	0	139	417
SSJ-100	0	0	0	0	0	260	0	260
λ пасс								1340

Итог решения задачи: $\lambda_{\text{вс}}=12$ вс/ч и $\lambda_{\text{пасс}}=1340$ пасс/ч .

2.5.2. Организация использования потенциала наземного комплекса

Задача 6 посвящена оптимизации в базовом АП: аэродромных тягачей (ТА), стоек регистрации (СР), мест ожидания (МО), мест стоянки ВС (МС), багажных тележек (БТ), бригад оперативного обслуживания ВС (БО). Задача решается алгоритмами теории массового обслуживания [1, с. 96-105].

Пример решения задачи 6

Исходные данные: интенсивность прилета ВС в СМО $\lambda_{\text{вс}} = 12$ (ВС/ч); среднее время обслуживания ВС $t_{\text{об}} = 0.167$ ч (10 мин.); средние потери от простоя ВС за час $c_{\text{оз}} = 10$ ден.ед.; средние потери от простоя канала за час $c_{\text{ок}} = 5$ ден.ед.; часовые эксплуатационные расходы канала $c_3 = 2$ ден.ед. Величины $c_{\text{оз}}$, $c_{\text{ок}}$ и c_3 табл.13 П.1. Оптимальное число каналов дает \min затраты-потери C_s .

Шаг 1. Интенсивность обслуживания одной заявки $\lambda = \frac{1}{t_{\text{об}}} = \frac{1}{0.167} = 6$, (2.38)

Шаг 2. Коэффициент загрузки канала $\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{12}{6} = 2$, (2.39)

где $\mu = 6$ - интенсивность обслуживания заявок.

Шаг 3. Начальное количество каналов должно обеспечивать выполнение условия $(n - \alpha) > 0$ $n = \text{int}(2.167 + 0.5) = |2.667| = 3$. (2.40)

Шаг 4. коэффициент загрузки СМО $\rho = \frac{\lambda}{n\mu} = \frac{13}{3 \cdot 6} = 0.722$. (2.41)

Шаг 5. Вероятность того, что все каналы свободны и ждут ВС

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{n-1} \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{(n-1)(n-\alpha)}} = 0.110, \text{ при } \frac{\alpha}{n} < 1, \quad (2.42)$$

где k - текущее количество занятых каналов СМО.

Шаг 6. Вероятность занятости всех каналов $\pi = \frac{\alpha^n P_0}{(n-1)(n-\alpha)} = 0.446$. (2.43)

Шаг 7. Среднее время ожидания обслуживания $t_{\text{ож}} = \pi \frac{t_{\text{об}}}{(n-\alpha)} = 0.07$. (2.44)

Шаг 8. Среднее число ВС, ожидающих обслуживание $N_0 = \frac{\pi \alpha}{n(1 - \frac{\alpha}{n})^2} = 2.7$. (2.45)

Шаг 9. Вероятность обслуживания n ВС $P_n = \frac{\alpha^n P_0}{k!} = 0.079$. (2.46)

Шаг 10. Среднее число обслуживаемых ВС

$$n_{\text{ср}} = N_0 + \frac{n P_n}{(1 - \frac{\alpha}{n})} + P_0 \sum_{k=1}^{n-1} \frac{\alpha^k}{(k-1)!} = 3.97. \quad (2.47)$$

Шаг 11. Среднее число не работающих каналов $N_n = P_0 \sum_{k=0}^{n-1} \frac{n-k}{k!} \alpha^k = 1.0$. (2.48)

Шаг 12. Среднее количество занятых каналов $N_3 = n - N_n = 2$. (2.49)

Шаг 13. Сумма затрат-потерь $c_s(n) = (c_{\text{оз}} \lambda t_{\text{ож}} + c_{\text{ок}} N_n + c_3 n) t = 18$ ден.ед., (2.50)

где $t=1$ - продолжительность расчетного периода.

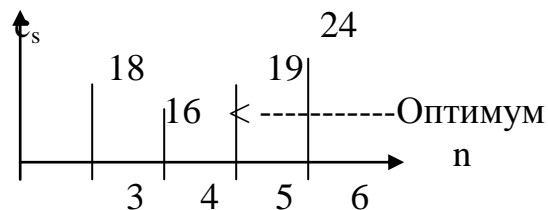
Увеличивая n на 1 единицу, повторяем Шаги 5-13 до тех пор, пока $c_s(n)$ не станет возрастать (табл. 2.24). $\min c_s(n) = 16$ при $n=4$ - оптимум.

Таблица 2.24

Оптимизация СМО

p_0	π	p_n	$t_{ож}$	N_0	$n_{вс}$	n	$N_{п}$	N_3	$c_s(n)$
0.110	0.446	0.074	0.07	2.7	3.97	3	1.0	2	18
0.130	0.175	0.035	0.01	0.4	1.95	4	2.0	2	16
0.134	0.060	0.012	0.00	0.1	1.88	5	3.0	2	19
0.135	0.018	0.003	0.00	0.0	1.04	6	4.0	2	24

Из рис. 2.1 и табл. 2.24 видно, что начальная $c_s(n)=18$ при $n=3$ уменьшилась до $c_s(n)=16$ для $n=4$, а затем выросла до $c_s(n)=19$ при $n=5$. Минимум $c_s(n)$ достигнут при $n=3$ - оптимальном числе тягачей.

Рис. 2.1. График $c_s(n) = F(n)$ для оптимального числа тягачей

Аналогично оптимизируют БТ, СР, МО, МС и БО. Результаты в табл. 2.25.

Таблица 2.25

Итоги оптимизации СМО

Вид СМО	Усл. об.	Цена	Нопт	Нф	ΔN_i	ΔC_i
		млн.руб.	шт.	шт.	шт.	млн.руб.
Тягачи аэродромные	ТГ	20.000	4	3	1	20.000
Места стоянки ВС	МС	5.000	20	25	0	0
Бригады оперативного ТО	БО	1.000	12	10	2	1.000
Багажные тележки	БГ	0.010	711	600	111	1.110
Стойки регистрации	СТ	0.080	52	50	2	0.160
Места в зале ожидания	МО	0.002	364	350	14	0.028
Итого						22.298

Из табл. 2.25 следует, что необходимо увеличить парк ТГ, БО, БГ, СТ, МО в базовом АП на ΔN_i общей стоимостью 22.298 млн.руб.

2.6. Оценка потребности в ресурсах и формирование итогового УР

В заключение необходимо оценить: потребность в ресурсах и достаточности их запасов для удовлетворения спроса на авиаперевозки сети ВЛ, достаточность парка ВС; экипажей; каналов СМО в АП; оборотных средств; инвестиций и сформулировать итоговое УР, способное улучшить УС.

Итоговое УР должно быть основано на результатах, полученных в КР. В него включаются предложения об изменении парка ВС, о численности экипажей, об облике НК базового АК и т.д. Для изменения парка ВС необходимы лицензии, инвестиции и субъекты, готовые дать или взять в лизинг ВС. Продавцы и лизингодатели - студенты, имеющие лишние ВС, активы и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианов В.В. Алгоритмы методов разработки управленческих решений: учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 2001.
2. Андрианов В.В. Экономико-математические методы и модели. Ч. II. Компьютерная реализация: учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 1998.

Приложение I

Исходные данные к выполнению КР

Таблица 1

Типы и количество самолетов в парке ВС АК

	Вариант																
Тип ВС	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ил-96м	2	3	6	5	2	1	4	2	8	5	6	4	3	3	4	2	2
Ту-214	10	5	7	8	6	9	1	1	6	1	3	8	3	9	7	5	4
А-320	7	10	6	8	10	7	10	8	5	8	9	7	10	9	3	9	9
SSJ-100	0	0	0	0	5	0	8	0	3	0	3	0	9	0	6	0	8
Ту-334	7	0	8	7	0	7	0	8	0	9	0	11	0	8	0	5	0
	Вариант																
Ил-96м	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Ту-214	4	4	4	5	2	6	2	3	5	7	5	7	3	6	5	3	6
А-320	5	5	3	7	4	3	2	8	5	2	3	8	4	6	4	4	9
SSJ-100	8	9	12	11	9	11	11	4	11	5	9	10	11	9	5	3	9
Ту-334	0	4	0	0	8	0	7	0	8	0	9	0	6	0	6	0	7

Таблица 2

Летно-технические характеристики ВС

Тип ВС	Аэк/ч, ткм/ч	Нг, ч	Аг, млн.	Свс, млрд. руб.	Рт, т/ч	Гкмх, т	Гклм, т	Веко, км/ч	Нкр, шт.	Тпо, ч	Вкр, км/ч
Ил-96м	34000	4200	142.8	1.800	7.7	40.0	20.0	850	300	2.0	870
Ту-214	17600	3600	63.4	1.050	5.6	25.0	19.0	800	196	2.0	835
А-320	12800	5500	70.4	1.950	2.9	18.6	13.0	800	140	2.0	830
Ту-334	8000	3000	24.0	0.540	2.1	11.5	9.0	780	74	1.0	820
SSJ100	8500	4200	35.7	0.810	1.7	11.5	9.0	850	86	1.0	870

Таблица 3

Протяженность воздушных линий (км)

Вариант												
ВЛ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2230	7350	7200	7710	2020	3040	4600	4080	3690	2150	2040	2650
2	3955	7405	7435	7415	7325	4415	6415	4925	1435	2045	7465	3655
3	7600	3000	3010	3200	3300	7400	2200	4500	7300	7200	6390	6400
4	3353	4400	4443	4355	4614	1414	2205	3356	2407	2366	3200	7364
5	3000	6400	6450	2700	4100	7700	3500	7400	6400	6400	4090	2100
6	2300	2000	2030	2010	2540	4136	7400	1850	3740	4647	3302	3701
7	6400	2382	2483	6444	6386	6066	5555	6504	7073	3585	7098	1787
Вариант												
ВЛ	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	2000	2040	7230	2020	6410	3020	7430	7400	4250	4170	1430	3260
2	7445	2435	4225	2255	3335	2245	2075	2105	7455	6405	6405	5405
3	3600	7300	6500	6400	2300	3300	4400	2220	2390	7400	2300	3300
4	3440	6465	3500	4444	7800	4242	6300	6413	6300	4203	4154	6200
5	6400	7400	2000	7680	4400	6300	2400	3400	2000	2180	7800	2080
6	2020	3430	4440	3405	2120	7703	1203	3220	2411	3333	3402	7404
7	3076	3068	7555	7574	3063	2129	3083	4362	3051	2163	7582	2073
Вариант												
ВЛ	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
1	2000	7700	4130	2040	3090	2080	6130	2150	4040	2020		
2	3005	3405	7415	6415	5415	4125	2435	3645	2165	7475		
3	4400	6300	2000	3300	6320	5500	3100	3100	3200	6380		
4	7305	4400	6504	7805	7203	3351	4400	7161	2200	3320		
5	7728	7340	2340	2346	3343	6400	4090	6470	7004	4540		
6	6423	4132	2034	4125	4103	7454	1745	4406	6307	7405		
7	4164	2135	7576	2067	2554	4160	7873	7684	3595	4516		

Таблица 4

Прогноз авиаперевозок по (1-6)-й ВЛ (млн.ткм)

Вариант																	
ВЛ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	182	181	216	234	135	143	162	139	134	141	152	176	149	198	177	176	135
2	133	156	295	157	174	103	195	186	143	174	106	188	197	169	253	122	145
3	119	128	117	126	195	163	135	134	199	177	156	234	113	172	224	243	204
4	173	108	180	145	127	191	109	175	121	179	436	204	156	144	177	107	117
5	232	194	136	255	293	195	139	149	147	215	154	176	195	194	102	119	108
6	109	146	292	191	192	185	158	217	204	109	158	167	137	177	184	192	210
Вариант																	
-	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1	162	164	113	152	159	212	133	191	194	188	133	125	104	103	107	189	190
2	163	164	285	307	146	265	154	148	217	176	207	448	219	176	145	146	319
3	155	166	147	208	109	118	157	116	144	145	193	204	135	146	127	134	229
4	134	138	243	251	120	139	128	167	115	192	249	171	234	199	163	164	200
5	134	136	258	120	299	247	296	194	212	153	324	175	116	118	173	174	185
6	177	118	221	260	244	193	165	177	122	118	120	190	124	215	118	118	224

Таблица 5

Динамика Q_7 (млн.ткм.) и критических факторов x_1 и x_2

Q_7	-	x_1	x_2	Q_7	-	x_1	x_2	Q_7	-	x_1	x_2	Q_7	-	x_1	x_2
Вариант 1				Вариант 2				Вариант 3				Вариант 4			
401	1	6	71	213	1	10	58	210	1	30	91	211	1	32	127
405	1	8	89	234	1	12	69	220	1	32	92	222	1	34	139
409	1	10	107	256	1	13	80	240	1	35	93	233	1	36	153
412	1	12	125	265	1	14	90	260	1	37	95	245	1	38	168
417	1	14	143	287	1	13	101	270	1	36	96	255	1	36	185
421	1	16	161	294	1	12	112	280	1	34	99	267	1	34	204
467	1	23	179	305	1	11	122	294	1	33	100	278	1	32	247
..?		27	..?	..?		10	..?	..?		32	..?	..?		30	..?
Вариант 5				Вариант 6				Вариант 7				Вариант 8			
412	1	35	119	331	1	48	52	202	1	24	104	412	1	20	157
424	1	44	150	344	1	46	61	204	1	25	105	424	1	20	171
436	1	46	180	357	1	44	71	208	1	26	106	434	1	19	186
448	1	48	211	369	1	42	80	213	1	27	108	446	1	19	203
450	1	46	243	382	1	40	99	216	1	27	109	454	1	20	241
462	1	49	274	393	1	38	109	221	1	26	110	466	1	19	263
475	1	52	305	408	1	34	118	233	1	25	111	478	1	19	287
..?		50	..?	..?		32	..?	..?		24	..?	..?		20	..?
Вариант 9				Вариант 10				Вариант 11				Вариант 12			
412	1	19	57	408	1	22	66	308	1	22	97	561	1	22	155
424	1	24	72	414	1	24	77	314	1	24	99	545	1	24	169
438	1	27	88	421	1	26	89	321	1	29	102	529	1	26	185
443	1	29	104	430	1	28	100	330	1	28	104	513	1	28	201
456	1	31	121	446	1	33	112	346	1	30	106	496	1	29	219
461	1	29	137	461	1	28	123	361	1	28	110	480	1	28	239
472	1	27	154	480	1	25	134	380	1	23	113	466	1	25	261
..?		23	..?	..?		23	..?	..?		27	..?	..?		23	..?
Вариант 13				Вариант 14				Вариант 15				Вариант 16			
459	1	18	83	559	1	21	71	229	1	17	84	512	1	14	34
447	1	22	117	547	1	22	79	237	1	20	86	524	1	17	48
435	1	25	153	534	1	23	87	240	1	28	87	532	1	16	57
423	1	28	190	521	1	20	94	251	1	22	88	544	1	16	68
411	1	30	228	512	1	19	102	262	1	28	90	562	1	12	81
398	1	33	267	506	1	12	110	276	1	20	92	575	1	11	96
386	1	35	307	499	1	12	117	280	1	28	94	587	1	13	114
..?		37	..?	..?		11	..?	..?		32	..?	..?		11	..?

Продолжение табл.5.

Вариант 17				Вариант 18				Вариант 19				Вариант 20			
412	1	10	168	420	1	36	85	380	1	22	75	590	1	28	60
424	1	12	219	430	1	41	94	370	1	25	77	580	1	30	72
432	1	13	272	440	1	44	103	360	1	27	78	570	1	32	85
444	1	15	326	450	1	45	111	350	1	29	79	560	1	36	102
462	1	18	382	460	1	47	120	340	1	30	81	550	1	38	121
474	1	20	440	470	1	50	129	330	1	31	82	540	1	41	144
483	1	20	499	480	1	51	137	315	1	26	83	530	1	44	171
?.		23	?.	?.		52	?.	?.		24	?.	?.		47	?.
Вариант 21				Вариант 22				Вариант 23				Вариант 24			
397	1	28	174	295	1	28	119	295	1	27	56	401	1	6	71
388	1	30	218	286	1	30	129	286	1	25	57	405	1	8	77
379	1	32	262	273	1	32	139	273	1	23	59	409	1	10	84
361	1	36	307	262	1	36	149	262	1	21	60	412	1	12	92
352	1	37	352	253	1	37	158	253	1	20	61	417	1	14	100
343	1	35	397	244	1	35	178	244	1	19	63	421	1	16	109
334	1	33	442	232	1	33	187	232	1	17	64	467	1	23	119
?.		31	?.	?.		31	?.	?.		15	?.	?.		27	?.
Вариант 25				Вариант 26				Вариант 27				Вариант 28			
213	1	10	138	213	1	9	33	311	1	9	152	112	1	10	73
234	1	12	174	234	1	13	41	332	1	12	208	134	1	12	80
256	1	13	211	256	1	19	50	353	1	14	268	154	1	13	88
265	1	14	248	265	1	22	61	364	1	15	332	166	1	14	96
287	1	13	286	287	1	22	74	382	1	16	400	188	1	16	103
294	1	12	323	294	1	18	90	393	1	12	471	195	1	14	111
305	1	11	361	305	1	13	110	406	1	11	545	203	1	12	118
?.		10	?.	?.		12	?.	?.		9	?.	?.		10	?.
Вариант 29				Вариант 30				Вариант 31				Вариант 32			
113	1	30	65	413	1	10	86	213	1	10	71	213	1	10	60
134	1	32	67	434	1	12	111	234	1	12	91	234	1	12	72
151	1	33	68	456	1	13	144	256	1	13	110	256	1	13	83
175	1	35	70	475	1	14	185	265	1	14	130	265	1	14	95
189	1	36	71	497	1	13	239	287	1	13	150	287	1	13	107
218	1	28	72	514	1	12	309	294	1	12	170	294	1	12	118
234	1	33	74	535	1	11	398	305	1	11	190	306	1	11	130
?.		29	?.	?.		10	?.	?.		10	?.	?.		10	?.
Вариант 33				Вариант 34											
113	1	30	65	413	1	10	86								
134	1	32	67	434	1	12	111								
151	1	33	68	456	1	13	144								
175	1	35	70	475	1	14	185								
189	1	36	71	497	1	13	239								
218	1	28	72	514	1	12	309								
234	1	33	74	535	1	11	398								
?.		29	?.	?.		10	?.								

Таблица 7

Сезонная неравномерность объемов перевозок

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Итого
% Q	6	5	6	8	9	10	11	14	11	8	6	6	100%

Таблица 8

Недельная неравномерность объемов работ

День недели	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
%% Qн	11	9	9	11	20	20	20

Таблица 9

Суточная неравномерность объемов работ

Время	0	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
%% Qс	0	5	5	18	13	15	13	18	7	6	

Таблица 10

Количество БТ, СР и МО в базовом АП

Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
БГТ	900	700	930	910	800	900	700	900	900	700	800	900	700	700	800	900	700
СТР	70	50	70	80	60	60	50	70	60	50	60	60	50	50	60	60	50
МОЖ	400	300	500	500	400	400	300	500	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Вар	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
БГТ	950	700	800	900	915	700	923	700	930	900	800	900	900	900	800	900	700
СТР	80	50	60	60	70	50	60	50	90	80	60	90	80	80	60	90	50
МОЖ	400	300	400	400	500	350	400	300	500	600	400	500	600	600	400	500	300

Таблица 11

Количество ТГ, МС, БО в АП

Вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ТГ	4	4	5	4	5	3	2	3	4	3	3	5	5	5	5	5	5
МС	25	20	25	25	20	25	20	25	25	25	25	30	25	25	20	25	15
БО	15	15	15	15	15	15	10	10	15	15	10	20	15	13	12	15	15
Вар	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
ТГ	5	3	3	5	5	3	5	5	3	3	5	3	4	3	4	2	5
МС	20	20	25	35	30	25	25	20	20	20	25	20	25	15	15	20	25
БО	10	13	10	20	25	10	17	10	15	10	20	10	15	10	10	10	15

Таблица 12

Технико-экономические параметры СМО АП

Вид СМО	Усл. об.	Цена	с _{оз}	с _{ок}	с _з	t _{об}
		млн.руб.				
Тягачи аэродромные	ТГ	20.000	10	5	2	0.167
Места стоянки ВС	МС	5.000	150	5	1	1.000
Бригады оперативного ТО	БО	1.000	15	5	5	0.667
Багажные тележки	БГ	0.010	15	2	1	0.500
Стойки регистрации	СТ	0.080	15	5	3	0.033
Места в зале ожидания	МО	0.002	15	2	1	0.250

Таблица 13

Запасы ресурсов АК

Вар.	ГСМ	ОС	АК	Вар	ГСМ	ОС	АК	Вар	ГСМ	ОС	АК
1	200	8.0	10.0	12	287	8.4	6.0	23	187	9.4	15.0
2	100	10.2	11.2	13	200	7.2	7.2	24	200	7.2	13.2
3	200	9.8	9.8	14	230	6.5	8.8	25	130	8.5	4.8
4	250	10.0	12.0	15	289	5.0	10.5	26	189	5.6	15.0
5	350	11.0	12.0	16	205	6.8	10.6	27	105	8.8	11.5
6	250	9.0	11.0	17	250	4.0	10.8	28	250	7.0	12.0
7	260	7.0	13.0	18	280	6.2	10.0	29	180	8.2	13.7
8	220	9.5	9.5	19	290	3.0	6.0	30	190	9.0	14.5
9	270	6.0	8.0	20	272	4.1	4.5	31	172	7.1	5.0
10	250	10.8	7.8	21 22	243	5.8	2.8	32 33	243	5.8	8.8
11	3200	12.0	9.0		161	6.0	4.0		161	6.0	11.0

АК – банковские активы (млрд.руб.);

ГСМ – запас керосина (тыс.т);

ОС – оборотные средства (млрд.руб.)

Содержание

1. Введение.....	3
1.1. Цели и содержание курсовой работы.....	3
1.2. Определение индивидуального номера варианта задания.....	3
1.3. Требования к оформлению пояснительной записки.....	3
2. Методические рекомендации к выполнению курсовой работы.....	4
2.1. Словесная постановка проблемы курсовой работы.....	4
2.2. Декомпозиция проблемы КР.....	5
2.3. Моделирование и прогнозирование управленческой ситуации.....	5
2.3.1. Однофакторное регрессионное прогнозирование факторов ВНС...	5
2.3.2. Многофакторное регрессионное прогнозирование перевозок.....	7
2.4. Оценка экономических потенциалов рынка и фактического парка ВС...	9
2.4.1. Оценка экономического потенциала рынка авиаперевозок.....	10
2.4.2. Оценка экономического потенциала фактического парка ВС.....	12
2.4.3. Формирование и оценка потенциала оптимального парка ВС.....	14
2.5. Организация использования потенциала рынка перевозок и ПВС.....	17
2.5.1. Организация использования потенциала парка ВС.....	17
2.5.2. Организация использования потенциала наземного комплекса.....	20
2.6. Оценка потребности в ресурсах и формирование итогового УР.....	23
Литература.....	23
Приложение I. Исходные данные к выполнению КР.....	24

Редактор И.В. Вилкова

Печать офсетная	Подписано в печать 23.05.12 г.	1,38 уч.-изд. л.
1,86 усл.печ.л.	Формат 60x84/16	Тираж 100 экз.
	Заказ № 1454/	

Московский государственный технический университет ГА
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20
Редакционно-издательский отдел
125493 Москва, ул. Пулковская, д.6а

© Московский государственный
технический университет ГА, 2012