

# Прогноз изменения технического состояния АТС в процессе эксплуатации.

## Исходные данные для моделирования

В качестве исходных данных выступают фактические данные по эксплуатации автобусов, а именно: пробеги автобусов по месяцам, затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт автобусов по месяцам, затраты на топливо по месяцам.

### Пробеги автобусов за 2008 год, км

Гаражный номер	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
133	-	5982,2	6830,9	3531,2	6310,6	6473	5457	6319,2
135	4644,6	4558,7	1287,9	51,0	819,0	6449,5	6294,8	5751,7
141	-	-	3985,4	5067,2	2900,5	6037,8	6891,7	6418,2
150	-	-	-	3868,8	2991,0	3949,6	2545,7	3481,5
285	4061,4	4788,7	5085,6	3338,8	4875,8	5048,6	2842,4	3678,9
286	-	-	-	-	4396,2	3547,1	4681,2	1607,8
353	-	5969,8	4498,6	4122,7	4347,8	6902,2	6464,2	6803,8
399	6313,2	5782,9	2669,9	4506,0	6380,3	5871,9	4812,5	5687,4
464	-	5693,5	6760,7	3783,2	5546,8	6837,5	6092,6	3866,6

# Прогноз изменения технического состояния АТС в процессе эксплуатации.

Исходные данные для моделирования

Затраты на ТО и ТР автобусов за 2008 год, руб.

Гаражный номер	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
133	-	-	1188,43	8447,01	288,14	1471,68	390,36	7640,26
135	1986,91	-	487,56	8753,31	327,88	800,29	1688,93	89,02
141	-	-	1059,05	518,66	1223,25	8019,00	897,88	2407,37
150	-	-	-	-	633,84	1115,22	1353,32	9638,13
285	1031,43	8828,69	258,76	535,37	144,07	1307,19	3062,41	7737,89
286	-	-	-	-	38,62	2295,44	538,45	289,41
353	-	467,34	1159,39	259,31	8460,6	800,29	1143,77	7782,13
399	515,71	68,32	376,53	8440,55	86,43	86,44	645,62	7879,36
464	-	192,84	1333,02	7911,64	19,59	1761,69	8377,02	271,47

# Прогноз изменения технического состояния АТС в процессе эксплуатации.

Исходные данные для моделирования

Затраты на топливо за 2008 год, руб.

Гаражный номер	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
133	-	75210,5	91828,35	53240,5	89514,09	87599,8	72442,48	77194,95
135	57651,75	59917	16942,5	815,5	11025,6	88260,1	81728,9	76201,45
141	-	-	51618,15	72579,5	39163,85	80666,65	89775,73	78188,45
150	-	-	-	56153	41920,25	54254,65	33679,03	43256,99
285	40996,8	55308	65285,1	44852,5	55817,1	58546,6	36200,23	44488,93
286	-	-	-	-	54438,9	44020	55571,45	18280,4
353	-	73325	58282,2	59648	56276,5	89250,55	80678,4	81069,6
399	54399,6	54679,6	34336,8	51027	69369,4	61628	49163,4	51264,6
464	-	72068	92777,13	52192	76719,8	87599,8	76266,3	47091,9

# Прогноз изменения технического состояния АТС в процессе эксплуатации. Расчётные формулы

Средний (реализуемый) коэффициент технического использования (КТИ)  
за весь срок эксплуатации:

$$\bar{k}^{ТИ} = \frac{L_P}{L_H \cdot t_P}$$

Месячный пробег нового АТС  $L_H$  определяем по фактическим данным:  $L_H = \frac{\sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^9 L_{ij}}{i \cdot j} = 4,78$  тыс.км/мес

Пробег АТС до капитального ремонта (выработки ресурса) определяется по формуле:

$$L_P = L_{KP}^H \cdot K_{1C} \cdot K_2 \cdot K_3 = 700 \cdot 0,76 \cdot 1 \cdot 1 = 532 \text{ тыс. км}$$

Срок службы, заявленный заводом-изготовителем (гарантия по кузову)  $t_P = 15$  лет = 180 мес

Отсюда определяем значение реализуемого КТИ:

$$\bar{k}^{ТИ} = \frac{L_P}{L_H \cdot t_P} = \frac{532}{4,78 \cdot 180} = 0,619$$

# Прогноз изменения технического состояния АТС в процессе эксплуатации. Расчётные формулы

Минимальное значение КТИ на момент окончания срока службы определяется из выражения:

$$\bar{k}^{ТИ} = \frac{1 - k_{\min}^{ТИ}}{-\ln k_{\min}^{ТИ}}; \bar{k}^{ТИ} = 0.619 \Rightarrow k_{\min}^{ТИ} = 0.35$$

Значение коэффициента интенсивности изменения КТИ  $\beta$  определяется по формуле:

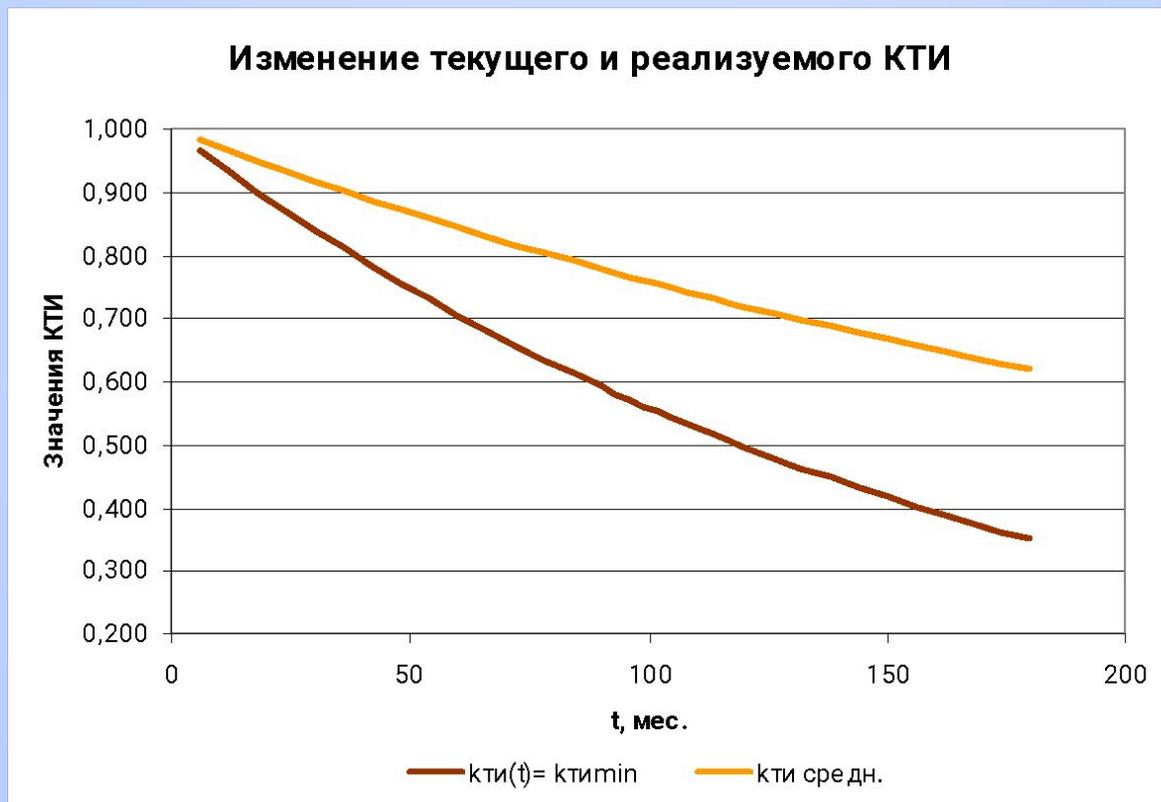
$$\beta = -\frac{\ln k_{\min}^{ТИ}}{t_p} = -\frac{\ln 0,35}{180} = 0,00583 \text{ мес}^{-1}$$

# Прогноз изменения технического состояния АТС в процессе эксплуатации.

## Динамика изменения показателей ТЭА в процессе эксплуатации

Характер изменения КТИ в процессе эксплуатации АТС описывается выражением

$$k^{ТИ}(t) = \exp(-\beta t),$$

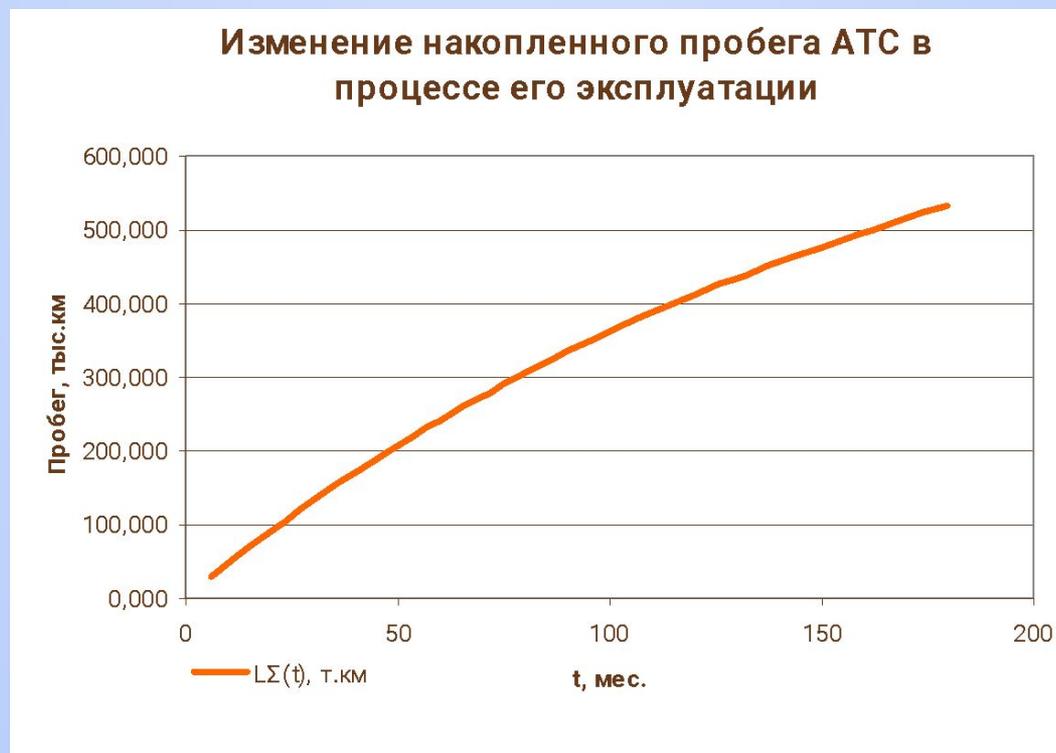


# Прогноз изменения технического состояния АТС в процессе эксплуатации.

## Динамика изменения показателей ТЭА в процессе эксплуатации

Накопленный пробег АТС на временном интервале [0;t] определяется по формуле:

$$L_{\Sigma}(t) = \frac{L_H}{\beta} \cdot [1 - \exp(-\beta t)]$$



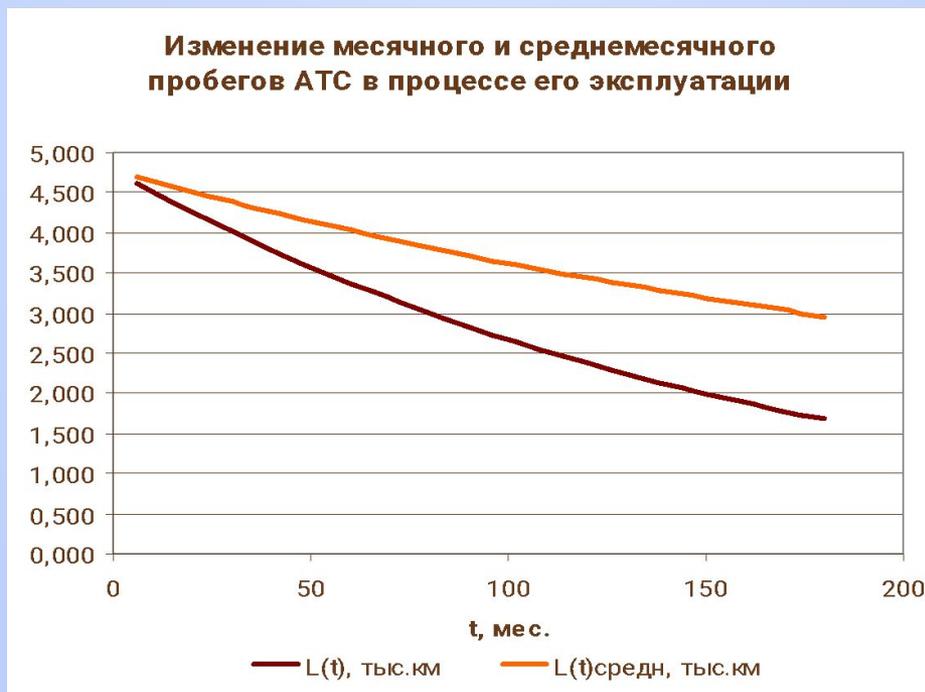
# Прогноз изменения технического состояния АТС в процессе эксплуатации.

## Динамика изменения показателей ТЭА в процессе эксплуатации

Месячный пробег АТС на окончание месяца рассматриваемого интервала  $t$  определяется по формуле:

$$L(t) = L_H \exp(-\beta t)$$

Среднемесячный пробег АТС на прогнозируемом периоде  $[0;t]$  определяется по формуле:  $\bar{L}(t) = \frac{L_{\Sigma}(t)}{t}$



# Прогноз изменения технического состояния АТС в процессе эксплуатации.

## Динамика изменения показателей ТЭА в процессе эксплуатации

Суммарные затраты на ТО и ремонт на интервале времени  $[0;t]$  вычисляются по формуле:

$$C_{\Sigma}(t) = \frac{C_H L_H [1 - k_{ТИ}(t)]}{\beta \cdot k_{ТИ}(t)}$$



Значение  $C_H$  определяется из выражения 
$$C_H = \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^9 C_{ij} \cdot 1000 / \left( \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^9 L_{ij} \right) = 509,81 \text{ руб./тыс. км}$$

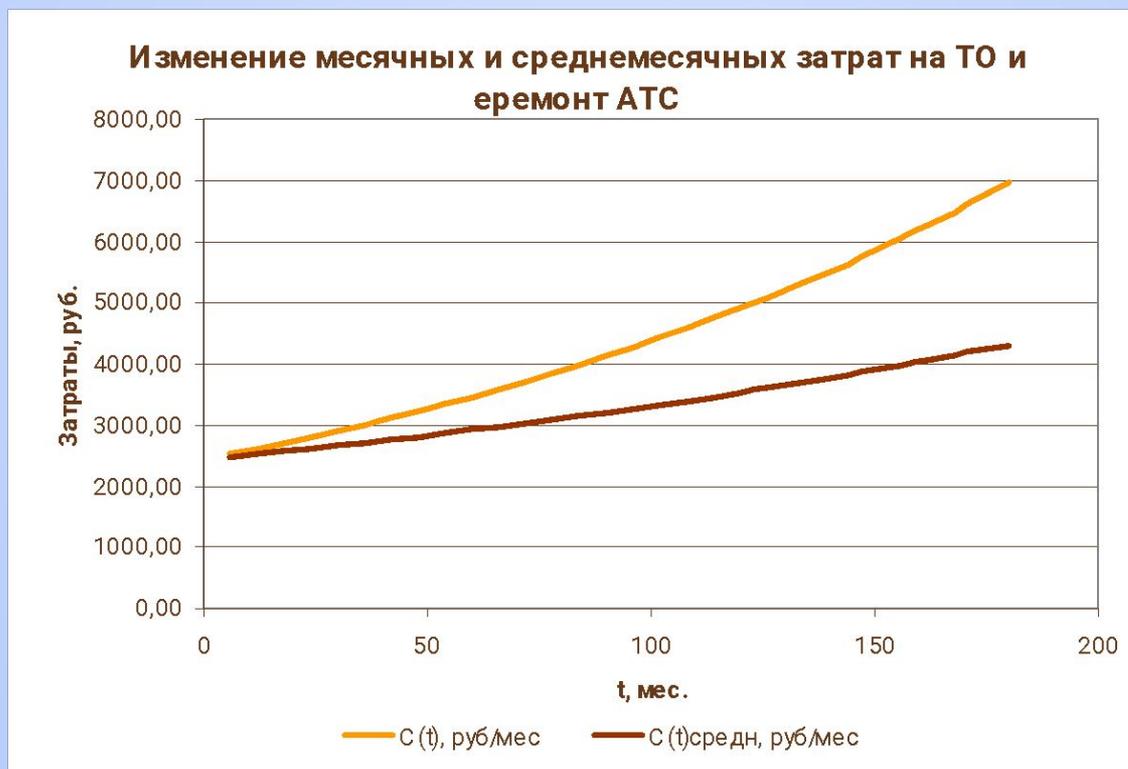
# Прогноз изменения технического состояния АТС в процессе эксплуатации.

## Динамика изменения показателей ТЭА в процессе эксплуатации

Месячные затраты на окончание месяца, приведенные к моменту окончания времени  $t$  вычисляются по формуле:

$$C(t) = C_H L_H \exp(\beta t)$$

Средние затраты на ТО и ремонт на прогнозируемом периоде вычисляются по формуле:  $\bar{C}(t) = \frac{C_{\Sigma}(t)}{t}$



# Моделирование изменения технико-экономических показателей при различных стратегиях оценки срока службы АТС

## Рассматриваемые стратегии:

А – оценка срока службы АТС по заданному пробегу  $L_P$ ;

В – оценка срока службы АТС по заданному уровню технического состояния АТС

С – оценка срока службы по минимуму затрат на техническую эксплуатацию АТС

с учетом его стоимости, приведенных к 1000 км пробега

При рассмотрении стратегии А задается ресурсный пробег  $L_P$  и исходя из этого производится расчет показателей технической эксплуатации.

При рассмотрении стратегии В задаются различные значения КТИ на момент окончания срока службы  $k_{\min}^{ТИ}$  и для каждого значения производится расчет показателей ТЭ.

В нашем расчете мы поочередно задаем значения  $k_{\min}^{ТИ} = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$ .

При рассмотрении стратегии С определяем минимальный КТИ на момент окончания срока службы, обеспечивающий минимум затрат на эксплуатацию АТС с учетом его стоимости, приведенных к 1000 км пробега  $k_{\min}^{ТИ}(L_P^*)$

Этот коэффициент определяется из выражения

$$k_{\min}^{ТИ}(L_P^*) = \left[ 1 + \sqrt{\frac{Ц \cdot \beta}{C_H \cdot L_H}} \right]^{-1} = \left[ 1 + \sqrt{\frac{5296610 \cdot 0,00583}{509,81 \cdot 4,7761}} \right]^{-1} = 0,219,$$

где Ц – стоимость АТС;

# Моделирование изменения технико-экономических показателей при различных стратегиях оценки срока службы АТС

Расчет показателей ТЭ, характеризующих затраты на ТО и ремонт АТС, производится по формулам:

1) реализуемый КТИ  $\bar{k}^{ТИ}$  согласно первой части

2) пробег АТС до окончания срока службы  $L_P$  в зависимости от рассматриваемой стратегии задается или определяется по формуле:

$$L_P = \frac{L_H}{\beta} [1 - k_{\min}^{ТИ}]$$

3) срок службы АТС  $t_P$  задается или определяется по формуле:

$$t_P = \frac{-\ln k_{\min}^{ТИ}}{\beta}$$

4) среднемесячный пробег за срок службы АТС  $\bar{L}$  определяется согласно первой части

5) среднемесячный пробег АТС на момент окончания срока его службы  $L_{\min}$

$$L_{\min} = L_H \cdot k_{\min}^{ТИ}$$

6) суммарные затраты на ТО и ремонт АТС  $C_P$ :

$$C_P = \frac{C_H \cdot L_P}{k_{\min}^{ТИ}}$$

7) среднемесячные затраты на ТО и ремонт АТС  $\bar{C}$ :

$$\bar{C} = \frac{C_P}{t_P}$$

# Моделирование изменения технико-экономических показателей при различных стратегиях оценки срока службы АТС

Расчет показателей ТЭ, характеризующих затраты на ТО и ремонт АТС, производится по формулам:

Максимальные месячные затраты на ТО и ремонт АТС перед окончанием срока его службы  $C_{\max}$  :

$$C_{\max} = \frac{C_H \cdot L_H}{k_{\min}^{TI}}$$

9) Средние затраты на ТО и ремонт АТС на 1000 км его пробега  $\bar{C}(L)$

$$\bar{C}(L) = \frac{C_H}{k_{\min}^{TI}}$$

10) максимальные затраты на ТО и ремонт АТС на момент окончания срока его службы  $R_{\max}(L)$ :

$$R_{\max}(L) = \frac{C_H \cdot L_H}{k_{\min}^{TI} \cdot L_{\min}}$$

11) Затраты на ТО и ремонт АТС  $S(t)$  с учетом его стоимости, приведенные к месяцу эксплуатации:

$$S(t) = \frac{Ц + C_P}{t_P}$$

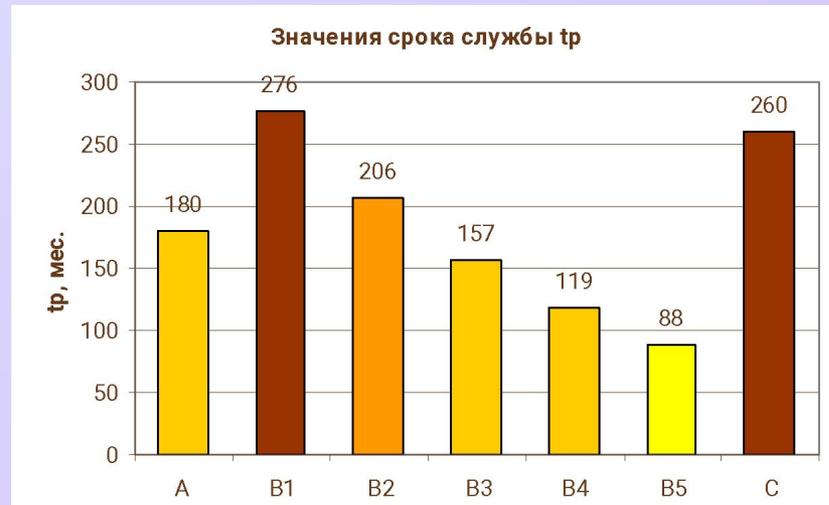
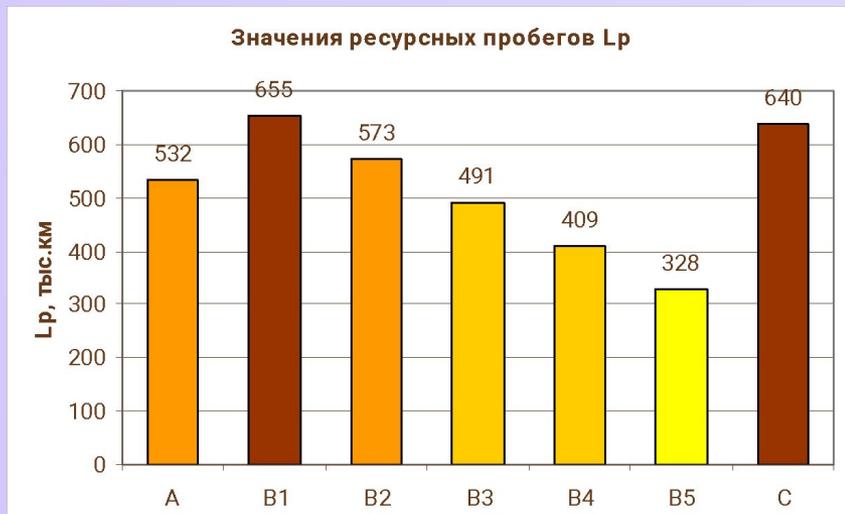
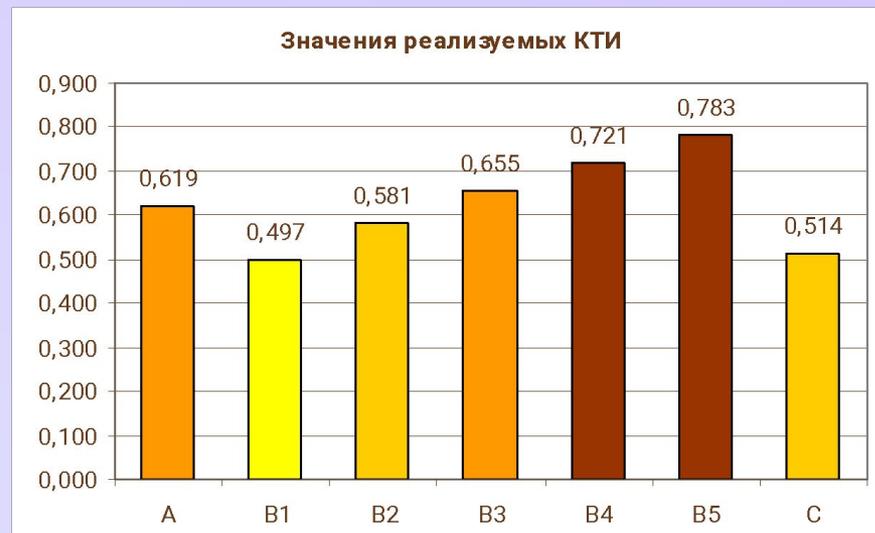
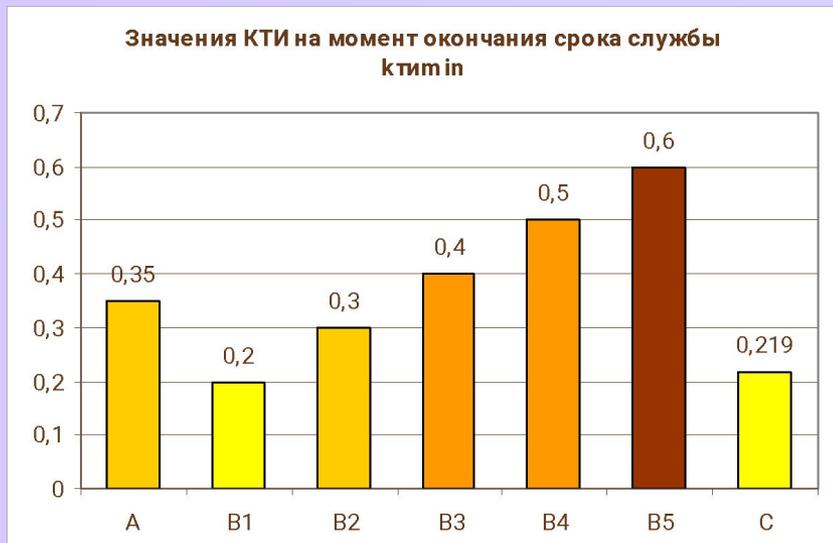
12) Затраты на ТО и ремонт АТС  $S(L)$  с учетом его стоимости, приведенные к 1000 км пробега:

$$S(L) = \frac{Ц + C_P}{L_P}$$

## Моделирование изменения технико-экономических показателей при различных стратегиях оценки срока службы АТС

Показатели ТЭ	Стратегии оценки срока службы АТС						
	А	В1	В2	В3	В4	В5	С
$k_{\min}^{ТИ}$	0,35	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,219
$\bar{k}^{ТИ}$	0,619	0,497	0,581	0,655	0,721	0,783	0,514
$L_p$ , тыс.км.	532	655,12	573,23	491,34	409,45	327,56	639,56
$t_p$ , мес.	180,0	276,0	206,4	157,1	118,8	87,6	260,4
$\bar{L}$ , км.	2955,6	2374,0	2776,9	3127,4	3445,2	3739,9	2456,2
$L_{\min}$ , км.	1672	955	1433	1910	2388	2866	1046
$C_p$ , тыс.руб.	774,92	<b>1669,94</b>	974,13	626,23	417,48	278,32	<b>1488,84</b>
$C$ , тыс.руб./мес.	4,31	6,05	4,72	3,99	3,51	3,18	5,72
$C_{\max}$ , тыс.руб./мес.	6,96	12,17	8,12	6,09	4,87	4,06	11,12
$\bar{C}(L)$ , руб./тыс. км.	<b>1456,61</b>	<b>2549,07</b>	<b>1699,38</b>	<b>1274,53</b>	<b>1019,63</b>	<b>849,69</b>	<b>2327,92</b>
$R_{\max}(L)$ , руб./1000 км.	<b>4161,75</b>	<b>12745,35</b>	<b>5664,60</b>	<b>3186,34</b>	<b>2039,26</b>	<b>1416,15</b>	<b>10629,76</b>
$S(t)$ , тыс.руб./мес.	33,73	25,25	30,38	37,70	48,08	63,65	26,06
$S(L)$ , тыс.руб./1000 км	11,41	10,63	10,94	12,05	13,96	17,02	10,61

# Моделирование изменения технико-экономических показателей при различных стратегиях оценки срока службы АТС



# Моделирование изменения технико-экономических показателей при различных стратегиях оценки срока службы АТС



# Моделирование изменения технико-экономических показателей при различных стратегиях оценки срока службы АТС с учётом затрат на топливо

При моделировании изменения технико-экономических показателей с учетом затрат на топливо изменяются значения суммарных затрат на эксплуатацию  $C_P$ , максимальных месячных затрат на момент окончания срока службы  $C_{\max}$ , средних затрат на эксплуатацию АТС на 1000 км пробега  $\bar{C}(L)$  и максимальных затрат на эксплуатацию АТС на момент окончания срока его службы  $R_{\max}(L)$ , приведенные к 1000 км пробега. Удельные затраты на топливо  $C_T$ , руб./100 км найдем как среднее значение отношения месячных затрат на топливо к месячным пробегам по всем автобусам за 2008 год:

$$C_T = \frac{\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^{12} \left( \frac{S_{ij} \cdot 100}{L_{ij}} \right)}{i \cdot j} = 1263 \text{ руб./100км.}$$

Суммарные затраты на эксплуатацию АТС  $C_P$  в этом случае рассчитываются по формуле:  $C_P = \frac{C_H \cdot L_P}{k_{\min}^{ТИ}} + C_T \cdot L_P$

Максимальные месячные затраты на момент окончания срока службы АТС  $C_{\max}$  рассчитываются по формуле:

$$C_{\max} = \frac{C_H \cdot L_H}{k_{\min}^{ТИ}} + C_T \cdot L_{\min}$$

Средние затраты на эксплуатацию АТС на 1000 км его пробега  $\bar{C}(L)$  определяются по формуле:

$$\bar{C}(L) = \frac{C_H}{k_{\min}^{ТИ}} + C_T \cdot 10$$

Максимальные затраты на эксплуатацию АТС на момент окончания срока его службы  $R_{\max}(L)$ , приведенные к 1000 км пробега, определяются по формуле:

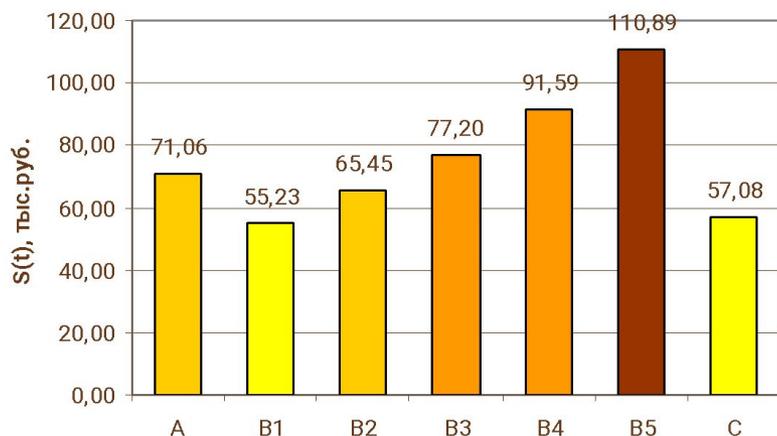
$$R_{\max}(L) = \frac{C_H \cdot L_H}{k_{\min}^{ТИ} \cdot L_{\min}} + C_T \cdot 10$$

# Моделирование изменения технико-экономических показателей при различных стратегиях оценки срока службы АТС с учётом затрат на топливо

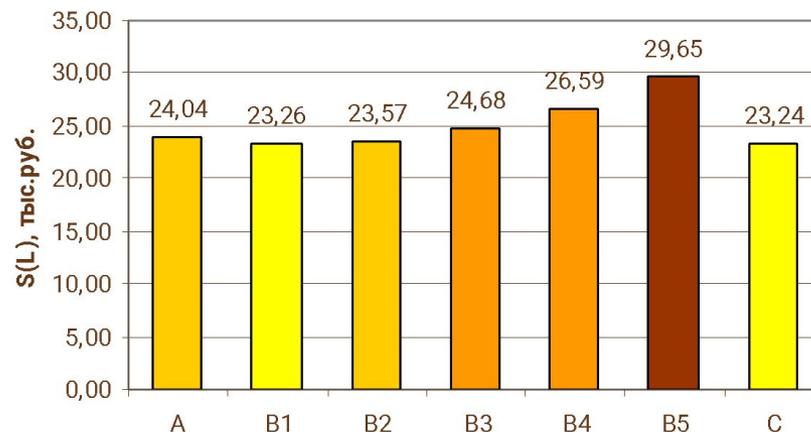
Показатели ТЭ	Стратегии оценки срока службы АТС						
	А	В1	В2	В3	В4	В5	С
$k_{\min}^{ТИ}$	0,35	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,219
$\bar{k}^{ТИ}$	0,619	0,497	0,581	0,655	0,721	0,783	0,514
$L_p$ , тыс.км.	532	655	573	491	409	328	640
$t_p$ , мес.	180	276	206	157	119	88	260
$\bar{L}$ , км.	2955,6	2374,0	2776,9	3127,4	3445,2	3739,9	2456,2
$L_{\min}$ , км.	1672	955	1433	1910	2388	2866	1046
$C_p$ , тыс.руб.	<b>7494,08</b>	<b>9944,07</b>	<b>8214,00</b>	<b>6831,83</b>	<b>5588,82</b>	<b>4415,39</b>	<b>9566,46</b>
$C$ , тыс.руб./мес.	41,63	36,04	39,79	43,49	47,03	50,41	36,74
$C_{\max}$ , тыс. руб./мес.	28,07	24,24	26,21	30,22	35,03	40,25	24,33
$C(L)$ , руб./1000 км.	<b>14086,6</b>	<b>15179,1</b>	<b>14329,4</b>	<b>13904,5</b>	<b>13649,6</b>	<b>13479,7</b>	<b>14957,9</b>
$R_{\max}(L)$ , руб./1000 км.	<b>16791,7</b> <b>5</b>	<b>25375,3</b> <b>5</b>	<b>18294,6</b> <b>0</b>	<b>15816,3</b> <b>4</b>	<b>14669,2</b> <b>6</b>	<b>14046,1</b> <b>5</b>	<b>23259,7</b> <b>6</b>
$S(t)$ , тыс.руб./мес.	71,06	55,23	65,45	77,20	91,59	110,89	57,08
$S(L)$ , тыс.руб./1000 км	24,04	23,26	23,57	24,68	26,59	29,65	23,24

# Моделирование изменения технико-экономических показателей при различных стратегиях оценки срока службы АТС с учётом затрат на топливо

Значения затрат на ТО и Р с учетом стоимости АТС, приведенных к месяцу эксплуатации -  $S(t)$



Значения затрат на ТО и Р с учетом стоимости АТС, приведенных к 1000 км пробега -  $S(L)$



Анализ полученных результатов показывает, что наиболее рациональный срок службы АТС (Волжанин 6270) с точки зрения минимальных затрат на ТО и ремонт, приведенных к 1000 км пробега, обеспечивается путем применения стратегии С. При этом оптимальный пробег до обновления АТС по стратегии D составляет 640 тыс. км пробега. В то же время если исходить из оптимального соотношения пройденного пробега до выработки ресурса LP и месячных затрат на поддержание его в работоспособном состоянии, наиболее выгодной оказывается стратегия B3. При этом оптимальный пробег до списания составляет 491 тыс.км.