

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

# ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

*Методические рекомендации к самостоятельной работе  
студентов специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация  
автомобилей (по направлениям)»  
заочной формы обучения*



УДК 629.113.004.5 (075.8)  
ББК 39.33-08  
Т 38

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей»  
«17» января 2019 г., протокол № 7

Составитель канд. техн. наук, доц. В. П. Лобах

Рецензент канд. техн. наук, доц. И. В. Лесковец

Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов специальности 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям)» заочной формы обучения.

Учебно-методическое издание

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Ответственный за выпуск	О. В. Билык
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 24.01.2014.  
Пр. Мира, 43, 212000, Могилёв.

© Белорусско-Российский  
университет, 2019



## Содержание

Введение .....	4
1 Выбор задания работы .....	5
2 Методические указания .....	5
3 Определение вероятности отказа деталей автомобилей на основе статистической информации .....	6
3.1 Теоретическая часть .....	6
3.2 Методика решения задачи .....	11
Список литературы .....	13



## Введение

Дисциплина «Техническая эксплуатация автомобилей» (ТЭА) является основополагающей в общем цикле специальных дисциплин и направлена на формирование базы углубленной подготовки по специальности. Цель преподавания – изучение закономерностей изменения технического состояния автомобилей, методов, средств и технологии выполнения работ диагностирования, технического обслуживания и ремонта дорожно-транспортных средств; получение знаний по рациональному управлению производственными процессами ТО и ремонта с учетом условий и охраны труда персонала, защиты окружающей среды и снижения затрат на эксплуатацию автомобилей.

Аудиторная контрольная работа (АКР) по дисциплине «Техническая эксплуатация автомобилей» проводится в соответствии с требованиями учебного плана 1-37-022/р и Положения об аудиторной контрольной работе и компьютерном тестировании обучающихся по заочной (дистанционной) форме, утвержденного Советом Белорусско-Российского университета 27 декабря 2013 г. (протокол № 5).

АКР по данной дисциплине проводится в период лабораторно-экзаменационной сессии в соответствии с расписанием – по завершении лекционных и лабораторных занятий по дисциплине ТЭА. Общая ее продолжительность для учебной группы составляет 2 академических часа. Работа выполняется в письменной форме на бланках установленного образца. К выполнению АКР допускаются обучающиеся по заочной форме, имеющие при себе зачетную книжку, удостоверение личности (паспорт или вид на жительство, удостоверение беженца).

АКР является индивидуальной и включает в себя теоретический вопрос и задачу. Вариант задания выбирается согласно методическим рекомендациям или задается преподавателем.



## 1 Выбор задания работы

Работа состоит из двух частей: теоретического вопроса и задачи согласно своему варианту. Номер варианта принимается в соответствии с номером студента в списке группы, а также может задаваться преподавателем.

## 2 Методические указания

При выполнении работы рекомендуется придерживаться следующих указаний.

1 Ознакомиться с содержанием задания.

2 Ответить на теоретический вопрос, затем решить задачу (разд. 3). Наличие рисунков, поясняющих ответ, является обязательным (рисунком могут быть схемы, графики, гистограммы и пр.). Рисунки должны быть четкими, иметь наименование, номер, а также названия структурных элементов.

### *Теоретические вопросы*

- 1 Структура, задачи и проблемы автомобильного транспорта (АТ).
- 2 ТЭА как отрасль и наука, их задачи и место в транспортном процессе.
- 3 Инженерный труд и особенности работы инженера-механика АТ.
- 4 Качество, структурная схема понятия и управление им.
- 5 Понятие технического состояния (ТС), его виды и параметры.
- 6 Структурная схема понятий надежности, ее свойства и их параметры.
- 7 Эксплуатационные свойства автомобиля и их параметры.
- 8 Трение, его природа, классификация и параметры.
- 9 Изнашивание, классификация по видам и параметры изнашивания.
- 10 Механическое изнашивание, классификация, примеры.
- 11 Коррозионно-механическое изнашивание, классификация, примеры.
- 12 Типовая закономерность изнашивания и ее применение.
- 13 Износ, методы определения и их характеристика.
- 14 Явления и процессы при трении и изнашивании.
- 15 Причины изменения ТС, их классификация и анализ.
- 16 Факторы, способствующие изменению ТС, их классификация и характеристика.
- 17 Влияние качества конструкции, производства и эксплуатационных материалов на изменение ТС.
- 18 Влияние условий эксплуатации на изменение ТС.
- 19 Понятие о производственно-технической базе и предприятия АТ.
- 20 Организация технологического процесса ТО и ТР в ОАТ и его схема.
- 21 Производственная структура ТЭА и схема типового варианта.
- 22 Планово-предупредительная система ТО и Р, ее сущность и задачи.
- 23 Назначение, виды и характеристика ТО.
- 24 Назначение, виды и характеристика ремонтов.

- 25 Нормативные документы по ТЭА и их содержание.
- 26 Основные задачи инженерно-технической службы ОАТ.
- 27 Режимы работы и их влияние на изменение ТС.
- 28 Коррозия, классификация, характеристика и защита.
- 29 Случайные величины, процессы и их численные характеристики.
- 30 Отказы, их классификация и характеристика.

### 3 Определение вероятности отказа деталей автомобилей на основе статистической информации

#### 3.1 Теоретическая часть

Отказы деталей являются случайными событиями.

Информация о вероятности отказа позволяет выявить причины отказов и закономерности их проявления. Это дает возможность разрабатывать мероприятия, направленные на совершенствование конструкции изделия, применять рациональные методы технической эксплуатации автомобилей, информировать о качестве материально-технического обеспечения, обслуживания, ремонта и эксплуатации.

Для получения исходной информации, которая должна быть полной, своевременной, однородной и достоверной, проводят подконтрольную эксплуатацию машин. Результатом ее являются наработки на отказ  $l_1, l_2, \dots, l_n$ .

Обработка статистических данных проводится в следующей последовательности. Определяют минимальную  $l_1$  и максимальную  $l_n$  наработки на отказ. Интервал  $l_1 \dots l_n$  разбивается на число интервалов группирования по формуле

$$r = 1,15 \left[ 0,42 (n - 1)^2 \right]^{0,27}, \quad (1)$$

где  $n$  – число наблюдений.

Ширина (значение) каждого интервала

$$\Delta l = \frac{l_n - l_1}{r}. \quad (2)$$

Определив границы каждого интервала, находят значения их середин:

$$\bar{l}_j = \frac{l_j + (l_j + \Delta l)}{2}, \quad (3)$$

где  $j = 1, 2, \dots, r$ .

Далее определяется количество отказов  $m_j$ , имеющих в каждом интервале, и вычисляются частоты попадания наблюдений в каждый интервал (плотность распределения случайной величины):



$$f_{\vartheta}(\bar{l}_j) = m_j / n. \quad (4)$$

Функция распределения случайной величины (или вероятность отказа)

$$F_{\vartheta}(\bar{l}_j) = \sum_{j=1}^r m_j / n = \sum_{j=1}^r f_{\vartheta}(\bar{l}_j). \quad (5)$$

Необходимо построить гистограмму функции  $f_{\vartheta}(\bar{l}_j)$  (в виде прямоугольников, высотами которых будут являться значения функции, а основанием – ширина интервала) и по ней – график этой функции. По внешнему виду полученной гистограммы выдвигают гипотезу о принадлежности экспериментальных данных одному из теоретических законов распределения, описывающих поведение случайной величины (нормальный, экспоненциальный, Вейбулла и др.), и определяют основные параметры закона.

Для нормального закона распределения такими параметрами являются среднее значение  $\bar{l}$  и среднеквадратическое отклонение  $\sigma$  :

$$\bar{l} = \frac{\sum_{j=1}^r \bar{l}_j \cdot m_j}{n}; \quad (6)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^r (\bar{l}_j - \bar{l})^2 m_j}{n-1}}. \quad (7)$$

Далее определяется коэффициент вариации  $\nu$ , по которому предварительно принимают или отвергают гипотезу о принятом законе распределения ресурса. Для нормального закона распределения он равен от 0,1 до 0,33.

$$\nu = \sigma / \bar{l}. \quad (8)$$

Для дальнейшего использования статистических данных необходимо знать теоретический закон распределения, более точно описывающий исследуемый процесс. Для нормального закона распределения плотности вероятности определяются как

$$f_T(l) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-\bar{l})^2}{2\sigma^2}}. \quad (9)$$

Функция распределения отказов для нормального закона распределения

$$F_T(l_j) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^l e^{-\frac{(l-\bar{l})^2}{2\sigma^2}} dl. \quad (10)$$

Для нормального закона распределения с целью облегчения расчетов используется нормированная функция или функция Лапласа  $\Phi(y)$ , для которой принимается новая случайная величина

$$y_j = (\bar{l}_j - \bar{l}) / \sigma. \quad (11)$$

Осуществляя замену переменных  $\bar{l}_j$ , получают выражение для определения функции Лапласа

$$\Phi(y_j) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\bar{l} + y\sigma} e^{-\frac{y^2}{2}} d(\bar{l} + y\sigma) = \int_{-\infty}^y e^{-\frac{y^2}{2}} dy, \quad (12)$$

а также определяют ее значение из таблицы 1.

Таблица 1 – Значения функции Лапласа  $\Phi(y)$

y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0060	0,0159	0,0239	0,0319	0,0399	0,0478	0,0558	0,0638	0,0638
0,1	0797	0876	0955	1034	1113	1192	1271	1350	1428	1507
0,2	1585	1663	1741	1819	1897	1974	2051	2128	2205	2282
0,3	2358	2434	2510	2586	2661	2737	2812	2886	2960	3035
0,4	3108	3132	3255	3328	3401	3473	3545	3616	3688	3759
0,5	3829	3900	3969	4039	4108	4177	4245	4313	4381	4448
0,6	4615	4581	4647	4713	4778	4843	4908	4971	5035	5098
0,7	5161	5223	5385	5346	5407	5468	5527	5587	5646	4705
0,8	5763	5821	5878	5935	5991	6047	6102	6157	6211	6265
0,9	6319	6372	6424	6476	6528	6579	6629	6680	6729	6778
1,0	6827	6875	6923	6970	7017	7063	7109	7154	7199	7243
1,1	7287	7330	7373	7415	7457	7499	7539	7580	7620	7660
1,2	7699	7737	7775	7812	7850	7887	7923	7959	7994	8030
1,3	8064	8098	8132	8165	8197	8230	8262	8293	8324	8355
1,4	8385	8415	8444	8473	8501	8529	8557	8584	8611	8638
1,5	8664	8689	8715	8740	8764	8789	8812	8836	8859	8882
1,6	8904	8926	8948	8969	8990	9011	9031	9051	9070	9090
1,7	9108	9127	9145	9163	9171	9198	9215	9232	9249	9265
1,8	9281	9297	9312	9327	9342	9356	9371	9385	9398	9412
1,9	9425	9438	9451	9463	9476	9488	9500	9511	9523	9534
2,0	9545	9555	9566	9576	9586	9596	9606	9615	9624	9633
2,1	9642	9651	9659	9668	9676	9684	9692	9699	9707	9714
2,2	9721	9728	9735	9742	9749	9755	9761	9767	9773	9779
2,3	9785	9791	9796	9801	9807	9812	9817	9822	9826	9831
2,4	9836	9840	9844	9849	9853	9857	9861	9864	9868	9872
2,5	9875	9879	9882	9885	9889	9892	9895	9898	9901	9904





## Окончание таблицы 1

$y$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,6	9906	9909	9912	9914	9917	9919	9921	9924	9926	9928
2,7	9307	9327	9347	9367	9386	9404	9422	9439	9456	9473
2,8	9489	9505	9520	9535	9549	9563	9576	9590	9602	9615
2,9	9627	9639	9650	9661	9672	9682	9692	9702	9712	9721
3,0	9730	9739	9747	9755	9763	9771	9779	9786	9793	9900
3,1	9806	9813	9819	9825	9831	9837	9842	9848	9853	9858
3,2	9863	9867	9872	9876	9880	9885	9889	9892	9896	9900
<i>Примечание – С 3,3 значения функций равны 0,999</i>										

Теоретическая функция распределения отказов в этом случае определяется как

$$F_T(l_j) = 1/2 + 1/2 \cdot \Phi(y_j). \quad (13)$$

Функция  $\Phi(y)$  нечетная и для нее выполняется условие

$$\Phi(-y) = -\Phi(y). \quad (14)$$

Расчет плотности распределения вероятности ведется также с использованием новой переменной (таблица 2).

$$f_T(l) = [f_o(y) / \sigma] \cdot \Delta l, \quad (15)$$

где  $f_o(y)$  – табличное значение функции (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Значения функции  $f_o(y)$

$y$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,	3989	3989	3989	3989	3986	3984	3982	3980	3977	3973
0,1	0,	3970	3965	3961	3956	3951	3945	3939	3932	3925	3918
0,2	0,	3910	3902	3894	3885	3876	3867	3857	3847	3836	3825
0,3	0,	3814	3802	3790	3778	3765	3752	3739	3725	3712	3697
0,4	0,	3683	3668	3653	3637	3621	3605	3589	3572	3555	3538
0,5	0,	3521	3503	3485	3467	3448	3429	3410	3391	3372	3352
0,6	0,	3332	3312	3292	3271	3251	3230	3209	3187	3166	3144
0,7	0,	3123	3101	3079	3056	3034	3011	2989	2966	2943	2920
0,8	0,	2897	2874	2850	2827	2803	2780	2756	2732	2709	2685
0,9	0,	2661	2637	2613	2589	2565	2541	2516	2492	2468	2444
1,0	0,	2420	2396	2371	2347	2323	2299	2275	2251	2227	2203
1,1	0,	2179	2155	2181	2107	2083	2059	2036	2012	1989	1965
1,2	0,	1942	1895	1895	1872	1849	1826	1804	1781	1758	1736



Окончание таблицы 2

$y$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,3	0,	1714	1691	1669	1647	1626	1604	1582	1561	1539	1518
1,4	0,	1497	1476	1456	1435	1415	1394	1374	1354	1334	1315
1,5	0,	1295	1276	1257	1238	1212	1200	1182	1163	1145	1127
1,6	0,	1109	1092	1074	1057	1040	1023	1006	0989	0973	0957
1,7	0,0	9405	9246	9089	8933	8780	8628	8478	8329	8183	8038
1,8	0,0	7895	7754	7614	7477	7341	7206	7074	6943	6814	6687
1,9	0,0	8562	8438	8316	8195	8077	7959	7844	7730	7618	7508
2,0	0,0	5399	5292	5186	5082	4980	4879	4780	4682	4586	4491
2,1	0,0	4398	4307	4217	4128	4041	3955	3871	3788	3706	3626
2,2	0,0	3547	3470	3394	3319	3246	3174	3109	3034	2965	2898
2,3	0,0	2833	2768	2705	2643	2582	2522	2463	2406	2349	2294
2,4	0,0	2239	2186	2134	2083	2033	1984	1936	1888	1842	1797
2,5	0,0	1753	1709	1667	1625	1595	1545	1506	1468	1431	1394
2,6	0,0	1358	1324	1289	1258	1223	1191	1160	1130	1100	1071
2,7	0,0	1042	1014	0987	0961	0925	0900	0885	0861	0837	0814
2,8	0,00	7915	7696	7483	7274	7071	6873	6679	6491	6307	6127
2,9	0,00	5952	5782	5616	5454	5296	5143	4993	4847	4705	4567
3,0	0,00	4432	4301	4173	4049	3928	3810	3695	3584	3475	3370
3,5	0,00	3300	3267	2384	1723	1232	0873	0612	0425	0292	0199

Функция  $f_o(y)$  четная и для нее выполняется условие

$$f_o(-y) = f_o(y). \quad (16)$$

После определения значений  $F_T(l)$  производится проверка согласия экспериментальных данных и теоретического закона распределения. Будем использовать критерий согласия Колмогорова. Сначала определяется максимальное отклонение функции эмпирического распределения от теоретического:

$$D_n = \max |F_y(\bar{l}_j) - F_T(l_j)|. \quad (17)$$

Вычисляется величина

$$\lambda = D_n \sqrt{n}. \quad (18)$$

С помощью таблицы 3 находят вероятность  $P(\lambda)$ . При этом если  $P(\lambda) \geq 0,6$ , то гипотеза о принадлежности опытных данных к нормальному закону не отвергается. Если  $P(\lambda) < 0,6$  – гипотеза отвергается.

Определяется доверительный интервал разброса среднего значения наработки на отказ, отвечающий доверительной вероятности  $P_g = 0,9$ .



Таблица 3 – Вероятности для проверки правдоподобия гипотезы о принадлежности опытных данных к нормальному закону с помощью критерия Колмогорова

$\lambda$	$P(\lambda)$	$\lambda$	$P(\lambda)$	$\lambda$	$P(\lambda)$
0,0	1,0	0,7	0,711	1,4	0,040
0,1	1,0	0,8	0,544	1,5	0,022
0,2	1,0	0,9	0,393	1,6	0,012
0,3	1,0	1,0	0,270	1,7	0,006
0,4	0,977	1,1	0,178	1,8	0,003
0,5	0,964	1,2	0,112	1,9	0,002
0,6	0,864	1,3	0,068	2,0	0,001

Среднеквадратическое отклонение среднего результата

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{r}} . \quad (19)$$

Половина доверительного интервала

$$\delta = \bar{\sigma} \cdot u = \bar{\sigma} \cdot \arg \Phi(P_g) , \quad (20)$$

где  $u$  – квантиль нормального распределения, определенный по таблице 1 обратной интерполяцией функции Лапласа и равный 1,64 при доверительной вероятности  $P_g = 0,9$ .

Таким образом, с вероятностью 0,9 отказы произойдут в интервале пробега

$$l = \bar{l} \pm \delta . \quad (21)$$

### 3.2 Методика решения задачи

#### 3.2.1 Выбрать вариант задачи из условий (таблица 4).

Таблица 4 – Нарботка на отказ

Номер варианта	Нарботка на отказ, тыс. км
00	310, 210, 230, 270, 290, 330, 260, 340, 240, 280
<p><i>Примечание</i> – Приведены исходные данные, а в своих вариантах необходимо скорректировать исходные данные, добавив к каждому числу номер своего варианта, умноженный на 10. Номер варианта соответствует номеру студента в списке группы или определяется преподавателем</p>	

Двигатели автомобилей МАЗ-5335 заменялись в эксплуатации вследствие износа деталей цилиндропоршневой группы при достижении предельного состояния. В процессе наблюдения было зафиксировано 10 первых замен двигателей, наработка на отказ которых приведена в таблице 4.



3.2.2 Выполнить расчеты по формулам (1)–(8) и результаты занести в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты обработки экспериментальных данных

$j$	$\bar{l}_j$	$m_j$	$f_{\text{э}}(\bar{l}_j)$	$F_{\text{э}}(\bar{l}_j)$	$\bar{l}_j - \bar{l}$	$y_j$	$\Phi(y)$	$F_T(\bar{l}_j)$	$f_o(y)$	$f_T(\bar{l}_j)$	$F_o(\bar{l}_j) - F_T(\bar{l}_j)$
1											
2											
...											
$r$											

3.2.3 Построить график функции  $f_{\text{э}}(\bar{l}_j)$  на одном рисунке, а функции  $F_{\text{э}}(\bar{l}_j)$  – на другом. Графики изобразить сплошными линиями (рисунки 1 и 2).

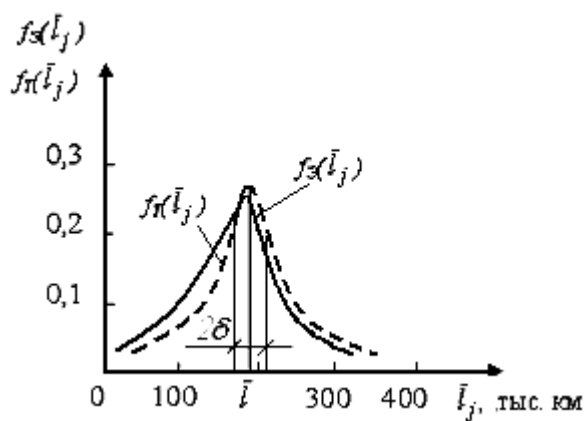


Рисунок 1 – Графики плотности вероятности

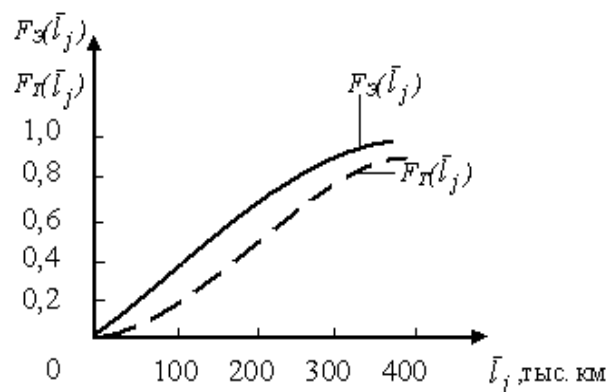


Рисунок 2 – Графики вероятности отказов

3.2.4 Выполнить расчеты по формулам (9)–(16), результаты записать в таблицу 5.

3.2.5 Построить графики теоретической функции  $f_T(l)$  на первом рисунке, а  $F_T(l)$  – на другом, совместив их с графиками п. 3.2.3. Графики изобразить штриховыми линиями.

3.2.6 Выполнить проверку согласия экспериментальных данных с теоретическим законом по критерию Колмогорова, используя выражения (17), (18) и таблицу 3.

3.2.7 Определить с вероятностью 0,9 интервал среднего пробега до отказа.

3.2.8 Указать на рисунках среднюю наработку на отказ и интервал разброса его среднего значения.

3.2.9 Сделать заключения о соответствии опытных результатов определённому теоретическому закону распределения случайных величин и об интервале пробега до отказа.

### **Защита работы.**

Защита АКР проводится по предъявлении отчета, содержащего ответ на теоретический вопрос и решение задачи согласно своему варианту.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Порядок обработки экспериментальных данных.
- 2 Последовательность построения теоретических функций.
- 3 Оценка согласия экспериментальных данных с теоретическим законом.

## **Список литературы**

- 1 Техническая эксплуатация автомобилей / Е. С. Кузнецов [и др.] ; под ред. Е. С. Кузнецова. – Москва : Наука, 2001. – 535 с.
- 2 **Болбас, М. М.** Основы технической эксплуатации автомобилей : учебник для вузов / М. М. Болбас. – Минск : Алфея, 2001. – 352 с.
- 3 Проектирование предприятий автомобильного транспорта : учебник для студентов специальности «Техническая эксплуатация автомобилей» / М. М. Болбас [и др.] ; под ред. М. М. Болбаса. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2004. – 528 с.
- 4 **ГОСТ 23660–79.** Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Обеспечение ремонтпригодности при разработке изделий. – Москва : Изд-во стандартов, 1979. – 22 с.
- 5 **ГОСТ 20334–81.** Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Показатели эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 5 с.
- 6 **ГОСТ 21624–81.** Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Требования эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности изделий. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 14 с.
- 7 **Коваленко, Н. А.** Техническая эксплуатация автомобилей : учебное пособие / Н. А. Коваленко, В. П. Лобах, Н. В. Вепринцев. – Минск : Новое знание, 2008. – 352 с.
- 8 **СТБ 1641–2006.** Транспорт дорожный. Требования к техническому состоянию по условию безопасности движения. Методы проверки. – Минск : БелГИСС, 2006. – 23 с.
- 9 Техническая эксплуатация автомобилей. Курсовое и дипломное проектирование / Н. А. Коваленко [и др.] ; под ред. Н. А. Коваленко. – Минск : Минфин, 2011. – 240 с.
- 10 **ТКП 248–2010.** Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения. – Минск : Транстехника, 2010. – 42 с.

