

УДК 536.7+536.2

**РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ЦИКЛА
АВТОМОБИЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА,
РАБОТАЮЩЕГО В ТЯЖЕЛЫХ
УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ***Галка Г. А., Думлер М. Г.*

Донской государственной технической
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

trem3@bk.ru

Разработана установка по определению параметров автомобильного кондиционера. Исследована работа стенда в условиях подключения к тренажеру программы вывода показаний датчиков давлений через персональный компьютер. Рассчитаны основные термодинамические параметры автомобильного кондиционера. Построен цикл холодильной машины, определены теплопритоки, проведен сравнительный анализ всех эксплуатационных параметров при нормальной работе автокондиционера и работе в тяжелых условиях эксплуатации.

Ключевые слова: автокондиционер, тепловая нагрузка, компьютерное управление, хладагент, холодильная машина, теплопритоки, стенд-тренажер.

Введение. Создание систем компьютерной диагностики и анализа неисправностей холодильной техники является важной задачей при создании высокоэффективных холодильных комплексов. Для реализации этой задачи была создана система диагностики и анализа тяжелых условий эксплуатации кондиционера легкового автомобиля (рис. 1). Система входит в состав научно-экспериментального учебно-лабораторного комплекса, созданного для учебных целей и научной работы [1].

Основные сведения. С целью исследования работы автомобильного кондиционера, работающего в тяжелых условиях эксплуатации, использовалась система компьютерной диагностики. Кривые были сняты в момент включения, выключения и выхода на стационарный режим работы автомобильного кондиционера. Также был построен цикл холодильной машины автокондиционера [2].

Задачами данной работы являлись: запуск собранного авторами стенда-тренажера по исследованию системы кондиционирования автомобильного кондиционера, сравнение параметров при нормальной работе установки и при работе в тяжелых условиях эксплуатации (перегрузках).

UDC 536.7+536.2

**CALCULATION OF CYCLE
PARAMETERS OF AN AUTOMOBILE AIR
CONDITIONER OPERATING UNDER
SEVERE CONDITIONS***Galka G.A., Dumler M. G.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

trem3@bk.ru

The installation for determining the parameters of an automobile air conditioner has been developed. Its operation has been studied in the conditions of connection to the simulator program output pressure sensors through a personal computer. The main thermodynamic parameters of an automobile air conditioner are calculated. The refrigeration cycle is built, leakages are identified. A comparative analysis of all operational parameters during normal operation of air conditioner and under severe operating conditions is conducted.

Key words: automobile air conditioner, heat load, computer control, refrigerant, refrigerating machine, heat leakages, simulator stand.



Рис. 1. Стенд-тренажёр по исследованию основных термодинамических параметров автомобильного кондиционера

Стенд-тренажёр состоит из электродвигателя, рассчитанного на 2000 Вт, ременного привода, которым он соединяется с компрессором кондиционера. К нему подведены две магистрали, одна из которых — магистраль нагнетания, а вторая — магистраль всасывания [3]. По линии нагнетания далее находится конденсатор, с прикрепленным к нему вентилятором. Затем расположены фильтр-осушитель и дроссель. Трубка всасывания после дросселя переходит в испаритель, который закрыт в специальном контуре с воздуховодами [4]. Холод с испарителя снимается двумя вентиляторами. В нем имеется регулируемая заслонка воздуха. Результаты считываются с датчиков аналогово-цифровым преобразователем (АЦП), который, в свою очередь, выводит показания на компьютер. При запуске электродвигателя ременная передача запускает компрессор кондиционера. Он начинает сжимать газообразный фреон и нагревает его примерно до 70°C . Затем по линии нагнетания фреон переходит в конденсатор, где он охлаждается (нормальная температура переохлаждения $4\text{--}7^{\circ}\text{C}$) и переходит в жидкую фазу. Далее жидкий фреон проходит через фильтр-осушитель и попадает в дроссель, где происходит понижение давления, температуры и увеличение объема. Затем после дросселя фреон попадает в испаритель, где его температура становится примерно от $4\text{--}6^{\circ}\text{C}$ (нормальный перегрев $5\text{--}8^{\circ}\text{C}$) и обдувается вентилятором. Охлажденный воздух попадает в салон автомобиля, а сам фреон перегревается и переходит парообразное состояние и попадает в компрессор. После запуска установки были сняты зависимости давлений нагнетания и всасывания при разных режимах работы (рис. 2, 3, 4).

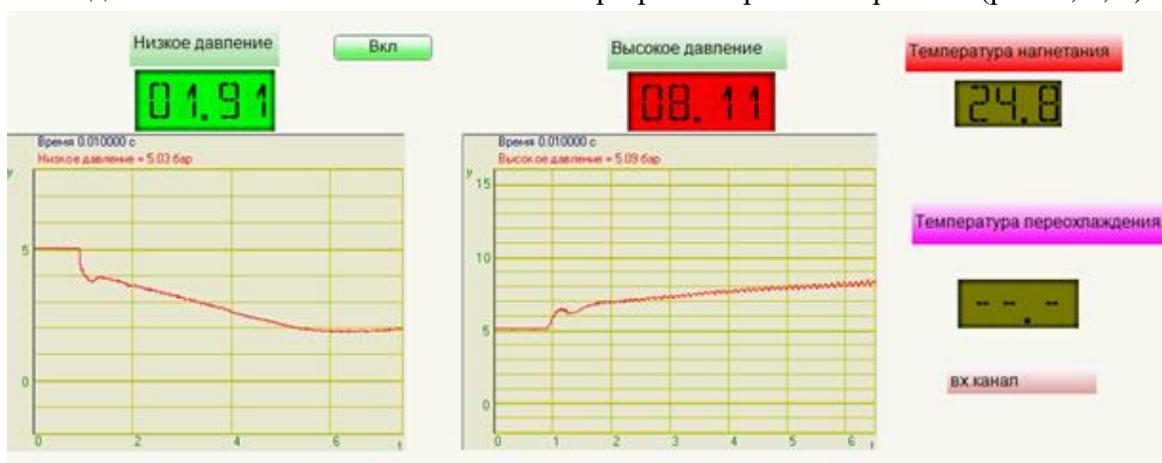


Рис. 2. Запуск автомобильного компрессора кондиционера, работающего в тяжелых условиях эксплуатации

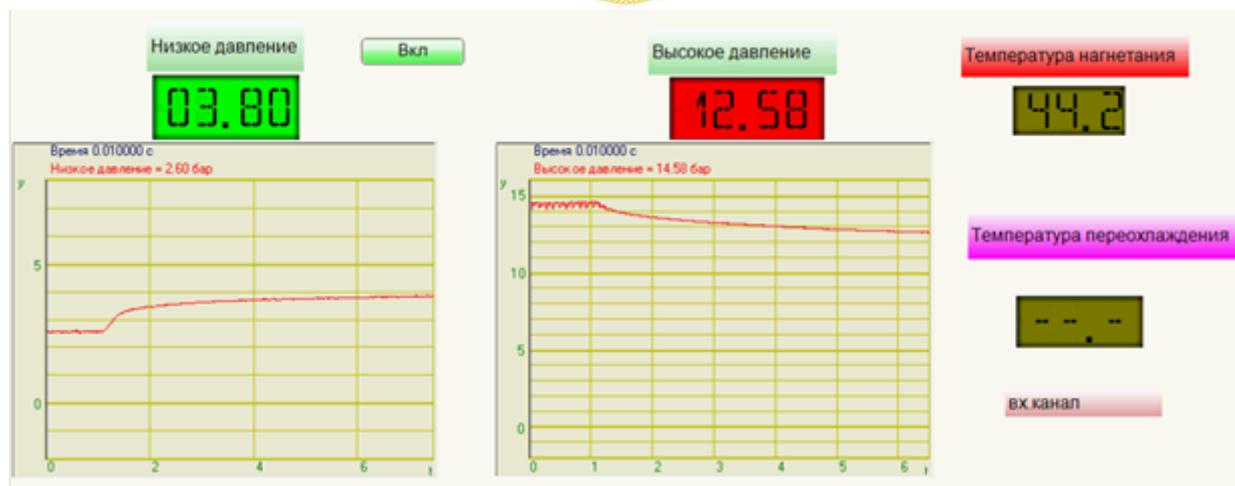


Рис. 3. Показания давлений на момент выключения установки, работающей в тяжелых условиях эксплуатации

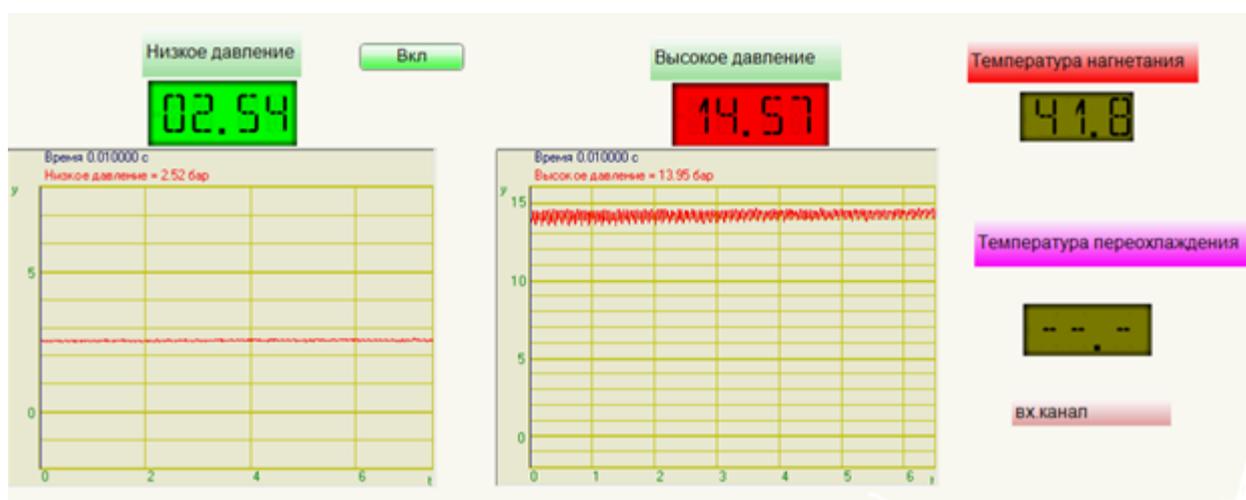


Рис. 4. Показания давлений на электродвигателе и на муфте компрессора кондиционера, работающего в тяжелых условиях эксплуатации

После снятия показаний давления на электродвигателе и муфте компрессора, построили цикл работы автомобильного кондиционера при нормальной работе и при работе в тяжелых условиях эксплуатации (рис. 5).

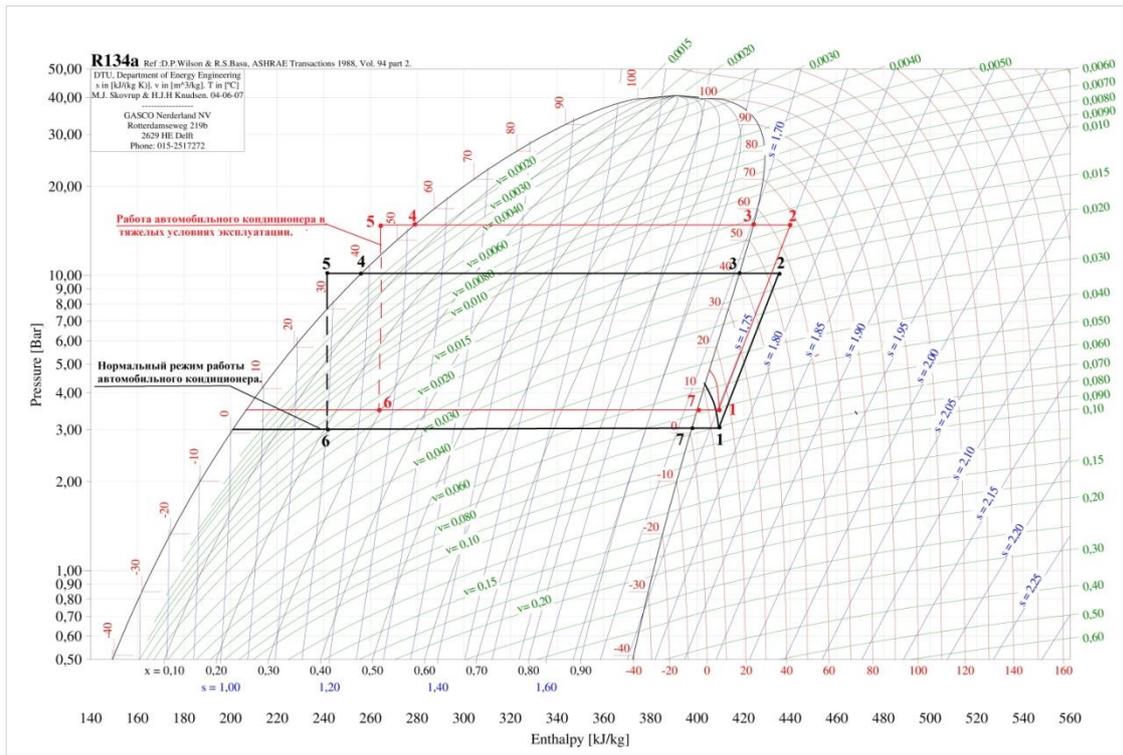


Рис. 5. Циклы холодильной машины автомобильного кондиционера при нормальной работе и при работе в тяжелых условиях эксплуатации

Расчет основных параметров. По данным цикла рассчитаем основные термодинамические параметры автомобильного кондиционера.

Холодопроизводительность установки [5]:

$$\dot{Q} = k \times \delta \times \Delta T$$

Геометрические размеры испарителя, м:

$$0,12 \times 0,35 \times 0,07$$

Площадь поверхности испарителя, м²:

$$\delta = (0,12 \times 0,35)^2 + (0,35 \times 0,07)^2 + (0,12 \times 0,07)^2 = 0,15$$

Коэффициент теплопередачи поверхности $k = 8 \left(\frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right)$ [6]

$$\Delta T = 22 + 2 = 24 \text{ (К)}$$

$$\dot{Q} = 8 \times 0,15 \times 24 = 28,8 \text{ (Вт)}$$

Удельная холодопроизводительность по циклу на P-i диаграмме:

Нормальная работа установки	Работа в тяжелых условиях эксплуатации
$q = i_7 - i_6 = 390 - 245 = 145 \cdot 10^3 \left(\frac{Дж}{кг} \right)$	$q = i_7 - i_6 = 400 - 265 = 135 \cdot 10^3 \left(\frac{Дж}{кг} \right)$

Массовый расход:

Нормальная работа установки	Работа в тяжелых условиях эксплуатации
$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{q} = \frac{28,8}{145 \cdot 10^3} = 20 \cdot 10^{-5} \left(\frac{М}{с}\right)$	$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{q} = \frac{28,8}{135 \cdot 10^3} = 21 \cdot 10^{-5} \left(\frac{М}{с}\right)$

Удельная работа компрессора:

Нормальная работа установки	Работа в тяжелых условиях эксплуатации
$l = i_2 - i_1 = 435 - 410 = 25 \cdot 10^3 \left(\frac{Дж}{кг}\right)$	$l = i_2 - i_1 = 440 - 410 = 30 \cdot 10^3 \left(\frac{Дж}{кг}\right)$

Полезная мощность компрессора [7]:

Нормальная работа установки	Работа в тяжелых условиях эксплуатации
$N_{полезн} = l \cdot \dot{m} = 25 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-5} = 5 \text{ (Вт)}$	$N_{полезн} = l \cdot \dot{m} = 30 \cdot 10^3 \cdot 21 \cdot 10^{-5} = 6,30 \text{ (Вт)}$

Сила электрического тока: $I = 14,6 \text{ А}$

Электрическое напряжение: $U = 220 \text{ В}$

Потребляемая мощность: $N_{потр} = I \cdot U = 14,6 \cdot 220 = 3212 \text{ (Вт)}$

КПД компрессора:

Нормальная работа установки	Работа в тяжелых условиях эксплуатации
$\eta = \frac{N_{полезн}}{N_{потр}} = \frac{5}{3212} = 0,0016$	$\eta = \frac{N_{полезн}}{N_{потр}} = \frac{6,30}{3212} = 0,0020$

Степень повышения давления в компрессоре:

Нормальная работа установки	Работа в тяжелых условиях эксплуатации
$\pi = \frac{P_2}{P_1} = \frac{10,55}{2,99} = 3,52$	$\pi = \frac{P_2}{P_1} = \frac{15,57}{3,54} = 4,39$

Холодильный коэффициент:

Нормальная работа установки	Работа в тяжелых условиях эксплуатации
$\varepsilon = \frac{q}{l} = \frac{145 \cdot 10^3}{25 \cdot 10^3} = 5,8$	$\varepsilon = \frac{q}{l} = \frac{135 \cdot 10^3}{30 \cdot 10^3} = 4,5$

Мощность тепла, подводимая к испарителю:

Нормальная работа установки	Работа в тяжелых условиях эксплуатации
$\dot{Q}_{\text{исп}} = q \cdot \dot{m} = 145 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-5} = 29 \text{ (Вт)}$	$\dot{Q}_{\text{исп}} = q \cdot \dot{m} = 135 \cdot 10^3 \cdot 21 \cdot 10^{-5} = 28,3 \text{ (Вт)}$

Мощность тепла, отводимая от конденсатора:

Нормальная работа установки	Работа в тяжелых условиях эксплуатации
$\dot{Q}_{\text{конд}} = (i_2 - i_4) \cdot \dot{m} = (435 - 255) \cdot 20 \cdot 10^{-5} = 36 \text{ (Вт)}$	$\dot{Q}_{\text{конд}} = (i_2 - i_4) \cdot \dot{m} = (440 - 255) \cdot 21 \cdot 10^{-5} = 38,9 \text{ (Вт)}$

Выводы. Выявлено, что при работе автомобильного кондиционера, работающего в тяжелых условиях эксплуатации степень повышения давления в 1,25 раза больше, чем при нормальной работе. Установлено, что холодильный коэффициент при нормальной работе установки в 1,29 раза больше холодильного коэффициента при работе в тяжелых условиях эксплуатации.

Библиографический список

1. Ананьев, В. А. Холодильное оборудование для современных центральных кондиционеров. Расчеты и методы подбора: учеб. пособие / В. А. Ананьев, И. В. Седых. — Москва : Евроклимат, 2001. — 96 с.
2. Ананьев, В. А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В. А. Ананьев, Л. Н. Балуева, А. Д. Гальперин. — Москва : Евроклимат, 2001. — 416с.
3. Доссат, Рой Дж. Основы холодильной техники / Рой Дж. Доссат; пер. с англ. М. Б. Розенберга. — Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 519 с.
4. Журавлев, Б. А. Наладка и регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Справочное пособие / Б. А. Журавлев, Г. Я. Загальский / под ред. Б. А. Журавлева. — Москва : Стройиздат, 1980. — 488 с.
5. Коляда, В. В. Кондиционеры. Принципы работы, монтаж, установка, эксплуатация. Рекомендации по ремонту / В. В. Коляда. — Москва : Солон-Пресс, 2002. — 240 с.
6. Кругляк, И. Н. Бытовые холодильники (устройство и ремонт): учеб. пособие / И. Н. Кругляк. — Москва : Легкая индустрия, 1974. — 205с.
7. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. пособие для вузов / В. В. Нащокин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Высшая школа, 1980. — 469 с.