

Горбенко А.Н.,  
Клименко Н.П.,  
Конюков В.Л.

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»  
e-mail: kpr-878@mail.ru

## АНАЛИЗ ОТКАЗОВ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

УДК 62-192

*Выполнен анализ статистической информации о ресурсных отказах воздушных поршневых компрессоров судовых систем.*

*Ключевые слова:* ресурс, восстановление, воздушный поршневой компрессор, ресурсный отказ

### Вступление

Опыт эксплуатации судовых воздушных поршневых компрессоров показал их недостаточную надежность, отказы в эксплуатации которых снижают надежность судовой энергетической установки. Повышение безотказности компрессоров возможно при наличии достоверной информации об отказах его составляющих деталей. Для этой цели обследованы воздушные поршневые компрессоры, установленные на различных судах.

### Анализ публикаций

Основополагающие экспериментальные и теоретические работы по повышению надежности судовых вспомогательных механизмов и систем выполнили С.В. Астахов, Б.П. Башуров, Л.В. Ефремов и др.

В данных работах приведены данные, которые свидетельствуют о динамическом развитии интенсивности отказов компрессоров, характерные виды отказов и их причины появления в эксплуатации.

### Цель и постановка задачи

На основании статистической информации об отказах в эксплуатации выполнить оценку надёжности судовых воздушных поршневых компрессоров и выявить элементы, с недостаточным уровнем надежности.

### Решение поставленной задачи

Эксплуатационные качества судовых дизелей во многом зависят от уровня технического состояния компрессоров. Поэтому статистические исследования их надежности представляют практический интерес.

Наибольшее количество отказов приходится на клапаны (всасывающие, нагнетательные и др.). Для некоторых марок воздушных поршневых компрессоров они составляют 32-50%. На втором месте по значимости идут поршневые кольца. В этом случае наблюдается наибольший разброс в зависимости от марки компрессора [1]. Наиболее часто встречаются поломки цилиндрических пружин из-за перекосов и неправильной заправки концевых опорных витков. Значительные расхождения в количественном отношении отказов наблюдаются у воздухоохладителей. Информация об отказах основных элементов компрессоров приведена на рисунке 1.

Работоспособность воздушных поршневых компрессоров практически определяется техническим состоянием основных элементов (клапаны, поршневые кольца, воздухоохладители, поршни). Обобщенная информация по причинам отказов обследуемых компрессоров отображена на рисунке 2.

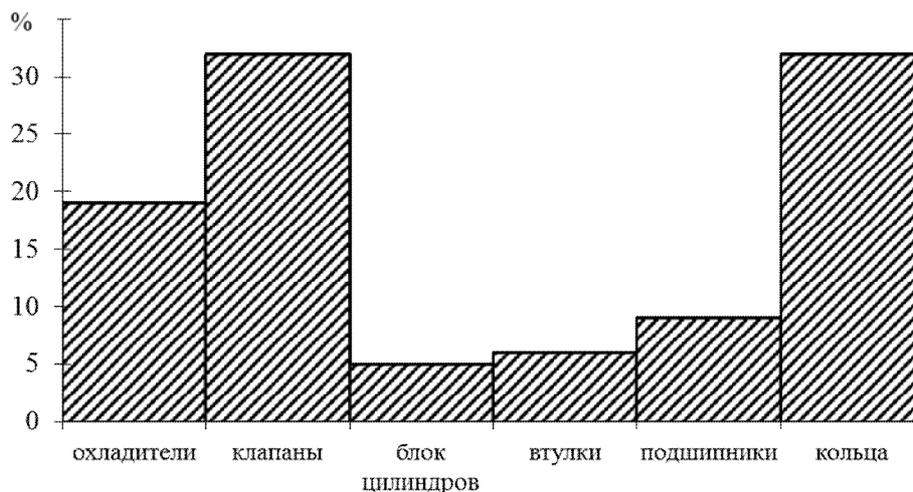


Рис.1. Доля отказов основных элементов в поршневых компрессорах

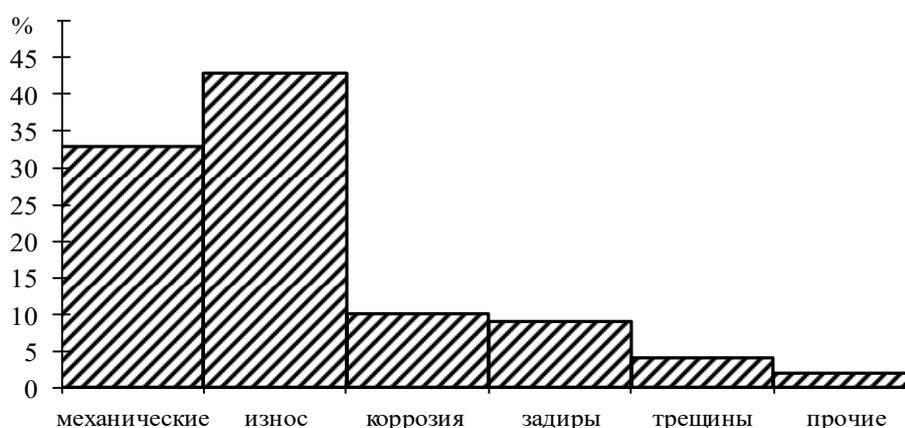


Рис.2. Характер отказов судовых воздушных поршневых компрессоров

Анализ полученных данных показывает, что основными причинами отказов элементов воздушных компрессоров являются износ и механические повреждения. Вследствие износа в среднем отказы составляют ~ 40%, а механические повреждения - 30%.

Техническое состояние элементов компрессоров, как и других судовых механизмов в значительной степени зависит от качества монтажных работ. Например, большая часть отказов клапанов является следствием неправильной сборки. Другим фактором, влияющим на их отказы, является значительный перепад температур в районе расположения компрессора. Это приводит к образованию большого количества влаги в воздушной системе. Около 10% отказов приходилось на поршневую группу, в основном из-за повышенного износа поршневых колец. В процессе технической эксплуатации были случаи пригорания и поломок клапанов. Отмечались частые случаи поломок и пригорания поршневых колец и их износ, а также задиры и износ поршней. Наблюдались случаи задиры на рабочих поверхностях втулок, гидравлические удары из-за пропусков охлаждающей воды в блоках [1].

Коррозионные процессы в основном характерны для элементов воздухоохладителей, что приводит к износу их проточной части. В меньшей степени отказы поршневых компрессоров связаны с трещинами в блоках и крышках цилиндров, нарушением плотности арматуры, а также износом пружин клапанов и пальцев. Задиры поршней являются следствием недостаточного охлаждения компрессоров от навешенных на них насосов.

Отказы элементов компрессоров проявлялись в следующем: увеличение расхода

масла; уменьшение производительности; пропуски воздуха в картере; отсутствие включения электромагнитного клапана продувания; обводнение масла; наличие «белого» металла в картере; уменьшение уровня масла в картере; повышение давления нагнетания; попадание забортной воды в картер; появление воды в нагнетательной полости; утечка воздуха; повышение температуры воздуха за воздухоохладителем; понижение давления масла; стуки в подшипниках вала и шатуна; наличие забортной воды в системе продувания; чрезмерный нагрев цилиндров; сильная вибрация; прорыв воздуха в картере; невозможность проворачивания приводным двигателем и другие [1,2].

При статистической оценке долговечности наиболее широкое применение нашли теоретические законы распределения случайных величин: нормальный и Вейбулла-Гнеденко. Нарботки до отказов носят случайный характер, и для оценки надёжности узлов и деталей используют статистические методы обработки данных. Нарботка объектов до отказа обычно описывается универсальным двухпараметрическим законом Вейбулла-Гнеденко [3], для которого функция распределения имеет вид

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right], \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  - параметры закона.

Параметры  $a$  и  $b$  связаны со средней наработкой до отказа  $T$ , средним квадратическим отклонением  $\sigma$  известными зависимостями [3],

$$T = a \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right), \quad \sigma = a \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{b}\right)},$$

где  $\Gamma(x)$  - гамма-функция, определяемая по таблицам [3].

Результаты обработки статистических данных приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Результаты обработки статистической информации по ресурсным отказам воздушных компрессоров**

№	Наименование детали	Средний ресурс, Т, час	Среднее квадратическое отклонение, $\sigma_T$
1	Воздухоохладители	2100	950
2	Клапаны	1400	280
3	Блок цилиндров	6800	440
4	Втулки	4600	480
5	Подшипники	3200	510
6	Кольца поршневые	1750	370

Графики функций распределения наработок до отказа, определяемая в случае закона Вейбулла-Гнеденко соотношением (1) представлены на рис.3.

Анализ полученных данных показывает, что для поддержания в процессе эксплуатации в хорошем техническом состоянии поршневых компрессоров необходим постоянный контроль за работой клапанов, поршневых колец и воздухоохладителей. Весомо повысить уровень надёжности компрессоров можно также за счет повышения качества проведения монтажных и сборочных работ на судне.

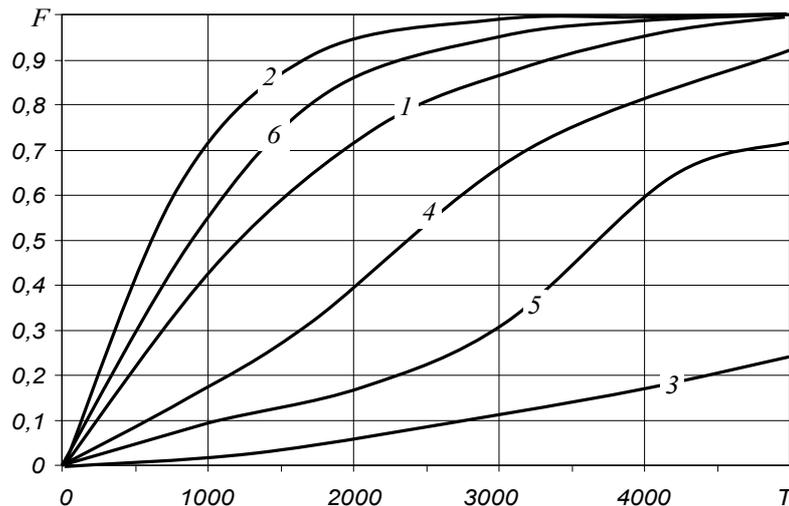


Рис.3. Функции распределения наработок элементов до отказа

### Вывод

На основании статистической информации об отказах в эксплуатации проведено оценивание надёжности и выполнен анализ причин отказов элементов судовых поршневых воздушных компрессоров.

### Литература

1. Башуров Б.П. Функциональная надёжность и контроль технического состояния судовых вспомогательных механизмов: учебное пособие / Б.П. Башуров, А.Н. Скиба, В.С. Чебанов. – Новороссийск: МГА имени адмирала Ф.Ф.Ушакова, 2009. – 192с.
2. Калугин В.Н. Анализ отказов и повреждений судовых технических средств: учебное пособие / В.Н. Калугин, И.В. Логишев. – Одесса, 2009. – 71с.
3. Надёжность машин в задачах и примерах / В.Я. Анилович, А.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко; Под ред. В.Я. Аниловича. – Харьков, Торнадо, 2001. – 320с.

### Summary

**A.Gorbenko, N.Klimenko, V.Koniukov.** Failure analysis and estimate reliability of air piston compressors

*The analysis of statistical information about resource failures air piston compressors ship-board systems. Specified causes of failure and possible methods of improving the reliability of elements in the compressors.*

**Keywords:** resource, reliability, air piston compressors, resource failures.

### References

1. Bashurov B.P. Funktsionalnaya nadezhnost i kontrol tehniceskogo sostoyaniya sudovyih vspomogatelnyih mehanizmov: uchebnoe posobie / B.P. Bashurov, A.N. Skiba, V.S. Chebanov. – Novorossiysk: MGA imeni admirala F.F.Ushakova, 2009. – 192s.
2. Kalugin V.N. Analiz otkazov i povrezhdeniy sudovyih tehniceskikh sredstv: uchebnoe posobie / V.N. Kalugin, I.V. Logishev. – Odessa, 2009. – 71s.
3. Nadezhnost mashin v zadachah i primerah / V.Ya. Anilovich, A.S. Grinchenko, V.L. Litvinenko; Pod red. V.Ya. Anilovicha. – Harkov, Tornado, 2001. – 320s.