

УДК 622.232.019.867.2

С.А. Хачатрян, А.Н. Киборт, О.И. Черемушкина
АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ТЯЖЕЛОСРЕДНЕГО
СЕПАРАТОРА СКВП-20 ЦЕНТАЛЬНОЙ
ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «ПЕЧОРСКАЯ»
ОАО «ВОРКУТАУГОЛЬ»

Семинар № 19

При эксплуатации горного оборудования любого назначения и конструкций возникают как внезапные, так и постепенные отказы. Внезапные отказы возникают в первую очередь в результате ошибок при проектировании, изготовлении и эксплуатации. Постепенные отказы – в результате длительной эксплуатации оборудования, в результате нарушения прочности и снижения долговечности под влиянием знакопеременных нагрузок и вибрации, в том числе отказы в результате износа и старения материалов.

Надежность, как и всякого технического объекта зависит от показателей его конструктивных узлов и элементов. Исследование тяжелосреднего сепаратора СКВП-20, базируется на опытных статистических данных об отказах, которые после обработки позволяют установить законы распределения времени безотказной работы (вероятность безотказной работы) и времени восстановления (вероятность продолжительности отказа) и предложить математическую модель отражающую изменение надежности работы узлов во времени.

Обработка полученных опытных данных проводилась согласно математической статистике. План наблюдений за объектами, реализованный на ЦОФ, соответствует плану $[N, R, T]$, где N – число сепараторов, взятых под наблю-

дение, символ R обозначает, что после отказов наблюдаемые объекты заменяли на новые или восстанавливались. После чего, за которыми опять велось наблюдение. Время подконтрольной эксплуатации прекращалось в заранее установленный момент T . Число отказов при такой системе наблюдений является случайной величиной.

Исследованиями установлено, что наиболее распространенными отказами тяжелосреднего сепаратора СКВП-20 являются: перегруз двигателя, обрыв лепестковой передачи, очистка технологического трубопровода.

Время простоя тяжелосреднего сепаратора СКВП-20 из-за отказов его конструктивных узлов и элементов представлено на рис. 1.

Обработка исходных данных для установления функций распределения времени безотказной работы и времени восстановления производится в следующем порядке (таблица):

1. Данные о времени безотказной работы и восстановления располагаются в порядке возрастания, диапазон значений разбивается на 6-12 интервалов. Для каждого интервала определяется:

- Частота попадания в интервал и эмпирическая частота (плотность) распределения времени безотказной работы и восстановления;

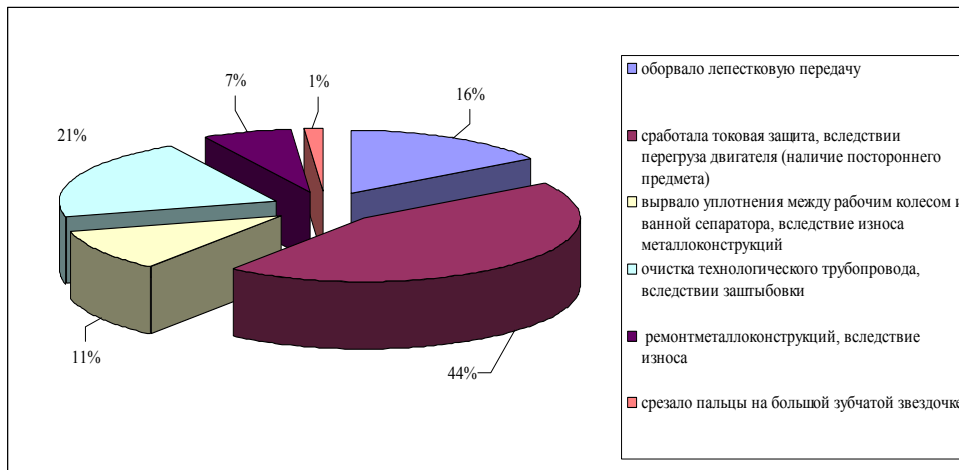
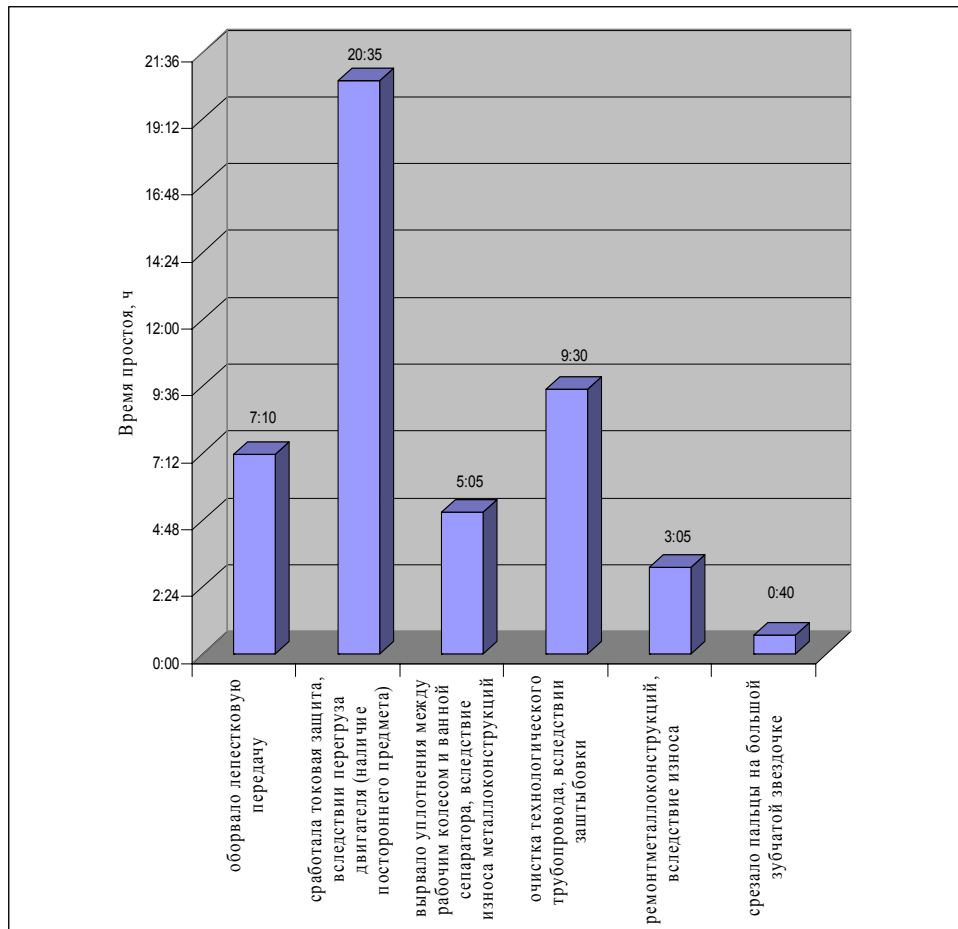


Рис. 1. Время простоя тяжелосреднего сепаратора типа СКВП-20 из-за отказов его конструктивных узлов и элементов

302 **Распределение времени безотказной работы и времени аварийного ремонта тяжелосредних сепараторов типа СКВП-20**

№ пп	Наработка между отказами						Время аварийного ремонта					
	Интервал (наработка между отказами), мм	Частоты эмпирические, шт. m _i	Эмпирическая частость, % m _i /Σm _i	Плотность распределения, %	Распределение P ₁ =P(T ₁ ≥t)	Теоретическое распределение (экспонента), P _{T1} =e ^{-t/π}	Интервал (время аварийного ремонта), час	Частоты эмпирические, шт. m _i	Эмпирическая частость, % m _i /Σm _i	Плотность распределения, %	Распределение P ₂ =P(T ₂ ≥t)	Теоретическое распределение (экспонента), P _{T2} =e ^{-t/π₂}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0 - 50	67	45,6	45,6	100,0	100,0	0 - 15	102	69,39	69,39	100,0	100,0
2	51 - 100	40	27,2	27,2	54,4	55,2	16 - 30	21	14,29	14,29	30,61	36,12
3	101 - 150	12	8,2	8,2	27,2	30,8	31 - 45	10	6,80	6,80	16,32	16,13
4	151 - 200	10	6,8	6,8	19,0	17,2	46 - 60	7	4,76	4,76	9,52	6,67
5	201 - 250	9	6,1	6,1	12,2	9,6	61 - 75	4	2,72	2,72	4,76	2,76
6	251 - 300	5	3,4	3,4	6,1	5,4	76 - 90	3	2,04	2,04	2,04	1,14
7	301 - 350	4	2,7	2,7	2,7	3,0						
	Сумма	147						147				

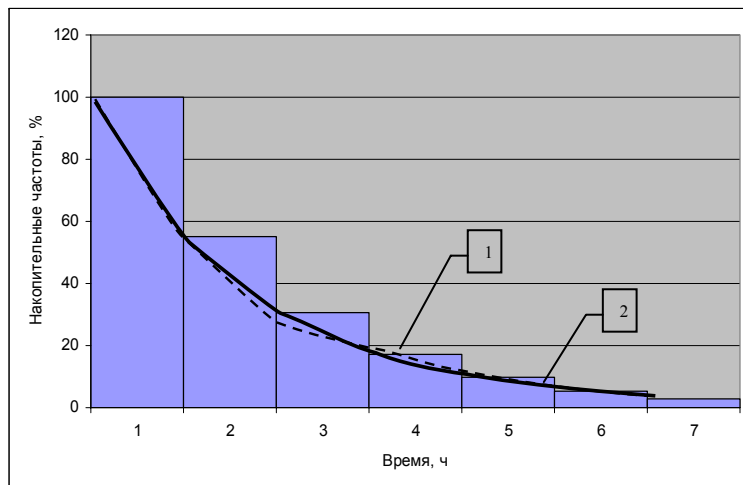


Рис. 2, а. Кумулятивные кривые распределения времени безотказной работы тяжелосредних сепараторов типа СКВП-20

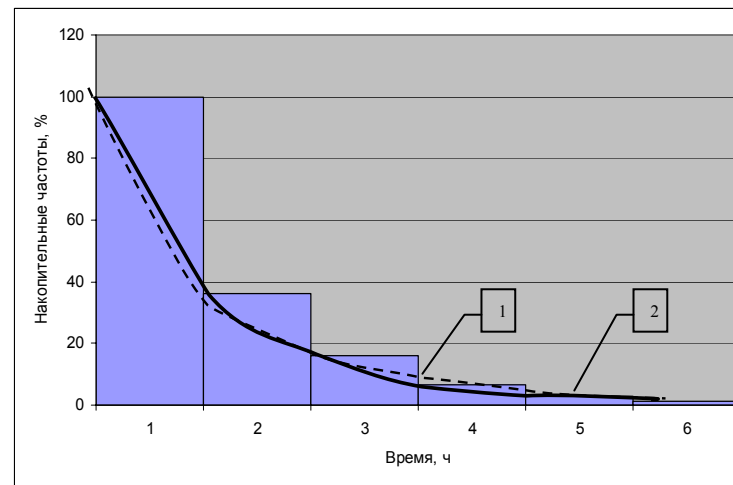


Рис. 2, б. Кумулятивные кривые распределения времени восстановления тяжелосредних сепараторов типа СКВП-20

1 – экспериментальная, 2 - расчетная

• Накопленные частоты на всем промежутке рассмотренных интервалов.

2. Определяется математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение времени безотказной работы и восстановления.

3. По накоплены частотам строятся гистограммы и суммарные кривые, по которым устанавливаются возможные виды теоретических законов распределения. Производится проверка соответствия эмпирических кривых распределения теоретическим законам.

Результаты обработки статистических данных приведены в таблице и на рис. 2.

Сравнение эмпирических кривых распределения с теоретическими показывает, что максимальное расхождение для вероятности безотказной работы не превышает 3,6% (интервал 3) и 5,5% для вероятности продолжительности восстановления (интервал 2), что указывает на хорошее соответствие эмпирических законов распределения с экспоненциальным теоретическим.

При проверке соответствия между экспериментальным и теоретическим распределениями по критерию Колмогорова определяется максимальное расхождение между экспериментальной и теоретической функциями, на основании которых определяются величины:

$$a_1 = D\sqrt{n} = 0,036 \cdot \sqrt{147} = 0,44$$

$$a_2 = 0,055 \cdot \sqrt{147} = 0,67$$

где D – максимальное значение разницы между теоретическим и эмпирическим распределениями, n – количество зарегистрированных отказов.

На основании значений a_1 и a_2 по таблице критерия Колмогорова определяется критерий Колмогорова, который для рассматриваемого случая равен $P(a_1)=0,98$ и $P(a_2)=0,834$, что указывает на хорошее соответствие экспериментальных данных теоретическому экспоненциальному закону распределения (если $P(a) \geq 0,05$, то принимается гипотеза о согласованности экспериментальных и теоретических распределений). Экспериментальные кривые распределения времени безотказной работы и времени восстановления дают возможность проследить изменение вероятности безотказной работы до первого отказа и вероятности продолжительности отказа в зависимости от времени: кривые распределения представляют собой графики вероятности безотказной работы и вероятности продолжительности отказа.

На 15-минутном интервале вероятность безотказной работы составляет 80-90%, на 1,5-часовом интервале она снижается до величины 40-50%. Низкие значения вероятности безотказной работы показывают, что нормальная работа тяжелосреднего сепаратора СКВП-20 может происходить только при условии постоянного обслуживания технологическим персоналом.

Полученные в данной статье результаты могут быть использованы в качестве исходных для постановки и решения ряда задач теории надежности, например задачи определения необходимого резерва запасных частей, задачи определения оптимальной периодичности замен отдельных элементов тяжелосреднего сепаратора СКВП-20 и других. ■■

Коротко об авторах

Хачатрян С.А. – доктор технических наук,
Киборт А.Н., Черемушкина О.И. – ст. преподаватели,
СПГИ(ТУ).

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 19 симпозиума «Неделя горняка-2008».
Рецензент д-р техн. наук, проф. Л.И. Кантович.