

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА МАТЕРИАЛЬНОГО РЕСУРСА С УЧЕТОМ СТОХАСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАСА ТАЛЕВОГО КАНАТА ДЛЯ ПОДЪЕМНИКОВ А50М, А60/80)

Для повышения эффективности производства актуальными являются мероприятия, направленные на сокращение затрат, в том числе и на запасные части и материалы.

При проведении заявочной кампании на приобретение запасных частей и материалов технические службы предприятий оформляют эти заявки, учитывая опыт эксплуатации техники в предыдущие периоды. На основе средних наработок на отказ (например, невосстанавливаемых изделий) и средней годовой наработки машины \bar{l}_r , определяют необходимое годовое количество запасных частей

$$a = \frac{\bar{l}_r}{\bar{l}}$$

Однако определенное по данной зависимости необходимое количество запасных частей может быть неоптимальным, т. к. в этом случае не учитывались вероятности отказов исследуемых изделий машин.

В качестве объектов исследований были выбраны подъемные установки А50М и А60/80, используемые при капитальном ремонте нефтяных скважин в Сургутском регионе, и их талевые канаты.

Под оптимальным запасом талевого каната понимается такое его количество на рассматриваемый период работы подъемника (год), чтобы это количество не приводило к простоям подъемников из-за отсутствия талевого каната, так и излишнее его количество будет приводить к «омертвлению» капитала из-за невос требованности этих канатов.

Для определения оптимального годового запаса талевого каната необходима годовая наработка верхнего оборудования подъемников и вероятности отказов (долговечности) талевых канатов.

Годовая наработка подъемников определялась статистической обработкой годовых наработок 48 подъемников, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1. Годовые наработки (м-час) подъемников А50М, А60/80

2413	2122	2310	2402	2612	2798	2694	2930	3379	3313	2365
2403	2410	3056	2400	2691	3501	2249	2700	3457	2797	2693
2203	2712	2809	2596	3361	2811	3387	3068	3651	2584	2434
2606	2711	2925	2996	2615	2855	2485	2575	3205	2667	2407
2624	2573	2884	2767							

Результаты статистической обработки годовых наработок подъемников представлены на рис. 1, гистограмма полигона распределения годовых наработок хорошо согласуется с логнормальным законом распределения, при этом средняя годовая наработка составила 2754 (м-час), среднеквадратическое отклонение 366 (м-час) и коэффициент вариации 0,13.

При исследовании долговечности талевых канатов подъемников проводились наблюдения за подъемниками в течение двух лет. За указанный период на этих подъемниках было произведено 96 замен талевого каната. Статистическая обработка долговечности талевого каната исследуемых подъемников показала, что средняя долговечность составила $\bar{l}=494$ (м-час), среднеквадратическое отклонение долговечности 112 (м-час) и коэффициент вариации 0,23, гистограмма распределения долговечности ка-

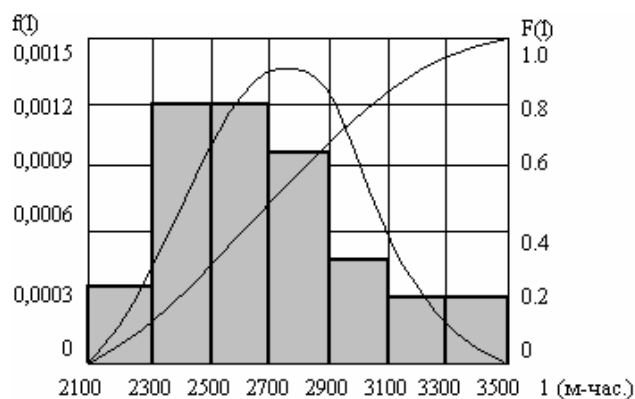


Рисунок 1. Гистограмма распределения годовых наработок подъемников

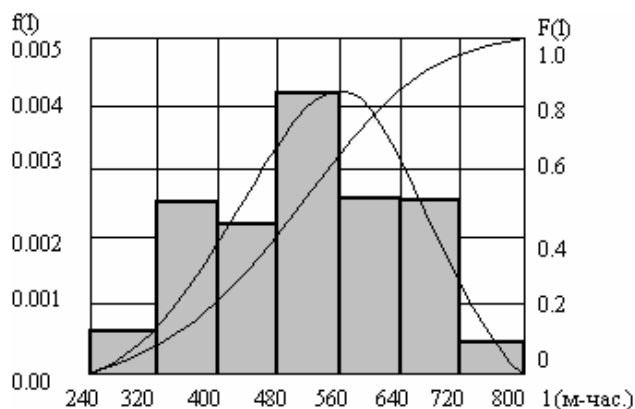


Рисунок 2. Гистограмма распределения долговечности талевых канатов подъемников

натов представлена на рис. 2, которая хорошо согласуется с законом распределения Вейбулла.

Оптимальное количество запаса талевого каната определялось на основе годовой наработки подъемников (рис. 1), вероятности долговечности канатов (рис. 2) с использованием теории игр [1].

В этой игре функционирующими сторонами являются:

П – производство, техническая служба предприятия, которая в заданных условиях эксплуатации подъемников в случайном порядке выдает то или иное число требований на замену талевого каната.

А – организаторы производства служба снабжения, обеспечивающая необходимый запас талевого каната на предприятии.

Служба снабжения предприятия должна обеспечить оптимальный запас талевого каната, чтобы сократить до минимума простой подъемников из-за их отсутствия. При этом целевая функция доходов предприятия от эксплуатации подъемников (ЦП) должна иметь максимальное значение.

$ЦП = U(a_1, a_2, \dots, a_n; x_1, x_2, \dots, x_m; z_1, z_2, \dots, z_k)_{\max}$
где a_n – заданные условия эксплуатации подъемников, их обслуживание, и т.д.;

x_m – возникновение того или иного числа требований на замену талевого каната;

z_k – рациональный запас талевого каната, который должен поддерживаться на складе предприятия.

При рациональном управлении службой снабжения предприятия значение целевой функции улучшается, а при оптимальном – становится наилучшей (максимальной).

Оптимальное количество талевого каната за указанный период эксплуатации подъемников определялось по исходным данным, приведенным в табл. 2.

Используя данные табл. 2 и рис. 2, определялась вероятность появления потребностей в заменах талевых канатов и формировались стратегии сторон. Причем стратегии производства П определялись числом потребных в течение года замен талевых канатов. Стратегии службы снабжения состояли в том, чтобы обеспечить производство необходимым запасом талевого каната. Стратегии сторон игры приведены в табл. 3.

Сочетание стратегий A_i и P_j случайно, по каждому сочетанию стратегий соответствуют определенные последствия b_{ij} . Например, если

Таблица 2. Исходные данные для расчета оптимального количества запаса талевого каната

№ п/п	Исходные данные	Обозначение	Величина
1.	Средняя наработка подъемников за год (м-час)	i_r	2754
2.	Средняя долговечность талевого каната (м-час)	i	494
3.	Среднее число требований на замену талевого каната	$a = \frac{i_r}{i}$	5
4.	Стоимость талевого каната (200м) на 1 подъемник (руб.)	C_1	13140
5.	Стоимость хранения каната (руб.)	C_{xp}	1000
6.	Годовая банковская процентная ставка	Δp	0,13
7.	Время замены талевого каната (дн.)	t_p	0,18
8.	Время поставки отсутствующего каната (дн.)	t_n	0,5
9.	Среднегодовой суточный доход от эксплуатации подъемника (руб.)	C_r	7549

Таблица 3. Стратегии сторон игры

Обозначение стратегий	Производство (П)		Служба снабжения (А)	
	Необходимое количество комплектов талевых канатов	Вероятность данной потребности	Обозначение стратегий	Имеется в наличии комплектов талевых канатов
P_j	n_j	q_j	A_i	n_i
P_1	3	0,04	A_1	3
P_2	4	0,17	A_2	4
P_3	5	0,33	A_3	5
P_4	6	0,21	A_4	6
P_5	7	0,16	A_5	7
P_6	8	0,08	A_6	8

Таблица 4. Условия определения выигрыша

Ситуации	Выигрыш в условных единицах	
	Убыток	Прибыль
Ситуация 1	-2,0	
Ситуация 2		1
Ситуация 3	-2,78	

Таблица 5. Платежная матрица

Имеющееся число комплектов талевого каната и выигрыш по стратегиям	Необходимое число комплектов талевого каната и выигрыш по стратегиям									
	A_i	n_i	P_j	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_6
			n_j	3	4	5	6	7	8	
A_1	3		3	0,22	-2,56	-5,34	-8,12	-10,9		
A_2	4		1	4	1,22	-1,56	-4,34	-7,12		
A_3	5		-1	2,0	5	2,22	-0,56	-3,34		
A_4	6		-3	0	3	6	3,22	0,44		
A_5	7		-5	-2	1	4	7	4,22		
A_6	8		-7	-4	-1	2	5	8		

Таблица 6. Матрица выигрышей

$P_j (n_j)$	$P_1 (n_1=3)$	$P_2 (n_2=4)$	$P_3 (n_3=5)$	$P_4 (n_4=6)$	$P_5 (n_5=7)$	$P_6 (n_6=8)$	Средний выигрыш по стратегии b_i
$A_1 (n_1=3)$	0,12	0,037	-0,84	-1,17	-1,29	-0,872	-4,035
$A_2 (n_2=4)$	0,04	0,68	0,40	-0,34	-0,69	-0,57	-0,48
$A_3 (n_3=5)$	-0,04	0,34	1,65	0,49	-0,09	-0,27	2,08
$A_4 (n_4=6)$	-0,12	0	1	1,32	0,52	0,03	2,75
$A_5 (n_5=7)$	-0,2	-0,34	0,33	0,88	1,12	0,34	3,34
$A_6 (n_6=8)$	-0,28	-0,68	-0,33	0,44	0,8	0,64	0,59
Вероятности состояния q_i	0,04	0,17	0,33	0,22	0,16	0,08	

потребность в талевом канате превышает его наличие на складе, то предприятие будет нести убытки от дополнительного простоя подъемника. Если требований на замену талевого каната меньше, чем имеется его на складе, то возникают дополнительные затраты, связанные с хранением излишних запасов и с утерянной банковской процентной ставкой из-за «омертвления» капитала, связанного с затратой средств на неиспользуемые талевые канаты.

Рассмотрим следующие ситуации, которые могут встречаться при сочетании стратегий A_i и Π_j :

Ситуация 1 – на складе предприятия имеется невостребованный талевый канат для одной подъемной установки, при этом предприятие будет нести убытки.

$$C_1 = -(C_{xp} + C_n),$$

где C_{xp} – стоимость хранения на складе талевого каната (руб.);

$C_n = C \times \Delta\Pi$ – утерянная прибыль из-за «омертвления» капитала (руб.);

C – стоимость одного комплекта талевого каната (руб.).

Ситуация 2 – удовлетворение потребности в замене одного талевого каната приведет к нормативному сроку восстановления работоспособности подъемника, при этом из-за отсутствия сверхнормативного простоя подъемника предприятие будет иметь прибыль

$$C_2 = C_r \times t_p,$$

где C_r – среднегодовой суточный доход от эксплуатации подъемника (руб.)

t_p – нормативное время замены талевого каната (дн.).

Ситуация 3 – отсутствие на складе необходимого комплекта талевого каната – приведет к убытку предприятия, который будет пропорциональным времени поставки t_n отсутствующего комплекта.

$$C_3 = C_r \times t_n$$

Условия определения выигрыша в условных единицах при различных ситуациях приведены в табл. 4, причем за условную единицу принято значение суммы прибыли от удовлетворения потребности в замене талевого каната.

Выигрыш при составлении всех сочетаний стратегий $A_i \Pi_j$ сведен в платежной матрице табл. 5, которая представляет собой список всех

выигрыш (условные единицы)



Рисунок 3. График изменения выигрыша от годового запаса комплектов талевого каната

возможных альтернатив, из которых необходимо выбрать рациональную.

При известных вероятностях (рис. 2) в потребностях Π_j замены талевого каната выбирается стратегия службы снабжения A_i (наличие на складе n_i -го количества комплектов талевого каната), при которой математическое ожидание выигрыша от работы службы снабжения будет максимальным. Для этого вычисляется средневзвешенный выигрыш по каждой строке платежной матрицы для i -й стратегии.

$$\bar{b}_i = q_j \times b_{i1} + q_j b_{i2} + \dots + q_n b_{in} = \sum_{j=1}^6 q_j b_{ij}$$

Полученные таким образом результаты сведены в матрицу выигрышей, последний столбец таблицы 6 показывает оптимальную стратегию службы снабжения, которая представлена на рис. 3.

Из табл. 6 и рис. 3 видно, что оптимальным годовым запасом талевого каната с учетом вариации его долговечности для одного подъемника типа А50М, А60/80 является семь комплектов. Если расчеты производить по средней долговечности, то необходимым количеством запаса является пять комплектов талевого каната.

Обеспечение службой снабжения оптимального (семь комплектов) количества запаса талевого каната по сравнению с запасом (пять комплектов), определенным по среднимработкам талевого каната, принесет предприятию увеличение экономического эффекта из-за снижения затрат и повышения эффективности работы подъемников на 41,9%.

$$\Delta \Xi = 100 \frac{\bar{b}_5 - \bar{b}_3}{\bar{b}_5} = 100 \frac{3,34 - 1,94}{3,34} = 41,9\%$$

Список использованной литературы:

- Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: Учебное пособие. МАДИ (ТУ) – М., 2000. 202 с.
- Надежность и эффективность в технике. Справочник. Т. 2: Математические методы в теории надежности. Под ред. Гнеденко Б.В. – М.: Машиностроение, 1987. – 280 с.