

Обоснование номенклатуры запчастей на стадии проектирования

В. Н. Шиловский¹

Петрозаводский государственный университет

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается методический подход и пример обоснования номенклатуры запчастей на стадии проектирования.

Ключевые слова: надежность, номенклатура запасных частей, проектирование лесных машин.

SUMMARU

This paper contains the methodical way and example of spare parts list ground at the design level.

Keywords: reliability, spare parts list, forest machine design.

Рассмотрим кинематическую и структурные схемы гидроманипулятора лесозаготовительной машины (рис. 1).

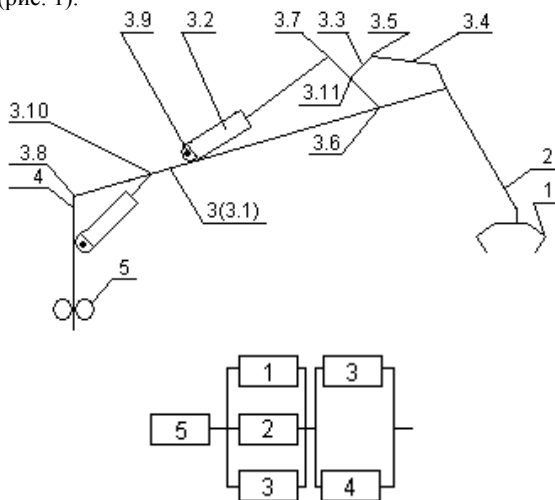


Рис. 1. Кинематическая и структурная схемы гидроманипулятора опытного трелевочного трактора типа ТБ-1М-(15,16)

Согласно методике, изложенной в работе [1], производим расчет показателей надежности и показателей долговечности манипулятора, которые сведены в табл. 1.

Вероятность безотказной работы манипулятора до предельного состояния, согласно структурной схеме надежности, представленной на рис. 1, равна:

¹ Автор – профессор кафедры технологии металлов и ремонта
© В. Н. Шиловский, 2003

$$P_M = P_5 \cdot [(-P_1) \cdot (-P_2) \cdot (-P_3)] \cdot [(-P_3) \cdot (-P_4)] \quad (1)$$

$$= 0,82 \cdot [(-0,85) \cdot (-0,85) \cdot (-0,85)] \cdot [(-0,85) \cdot (-0,88)]$$

$$= 0,820 \cdot 0,982 \cdot 0,997 = 0,803$$

Далее производим построение структурной схемы и расчет показателей надежности стрелы (рис. 2).

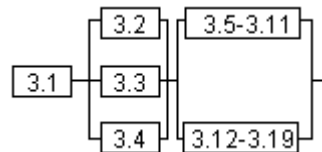


Рис. 2. Структурная схема расчета гамма-процентного ресурса до капитального ремонта стрелы

Выражение вероятности безотказной работы до предельного состояния стрелы имеет вид:

$$P_c = P_{3.1} \cdot [(-P_{3.2}) \cdot (-P_{3.3}) \cdot (-P_{3.4})] \quad (2)$$

$$\cdot [(-P_{3.5-3.11}) \cdot (-P_{3.12-3.19})]$$

Вероятность отработки стрелой своего ресурса согласно формуле (2) равна:

$$P_c = 0,86 \cdot [(-0,90) \cdot (-0,90) \cdot (-0,90)] \cdot [(-0,90)^7 \cdot (-0,90)^8] = 0,851$$

Величина вероятности удовлетворяет требованию, представленному в табл. 1.

Составим структурную схему и проведем расчет показателей надежности гидроцилиндра стрелы гидроманипулятора (рис. 3, 4).

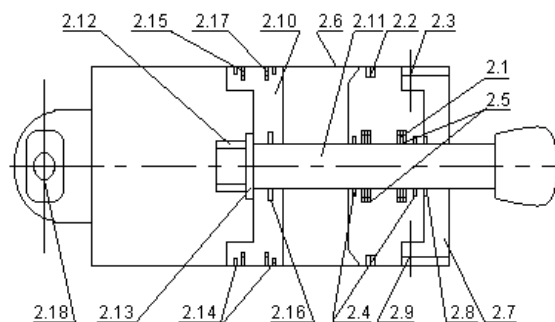


Рис. 3. Детали, составляющие конструкцию гидроцилиндра

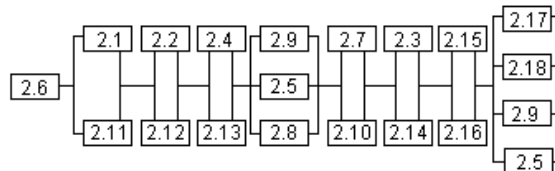


Рис. 4. Структурная схема расчета показателей надежности гидроцилиндра стрелы

Выражение вероятности отработки гидроцилиндром своего ресурса имеет вид:

$$P_2 = P_{2.6} \cdot [1 - (1 - P_{2.1}) \cdot (1 - P_{2.11})] \cdot [1 - (1 - P_{2.2}) \cdot (1 - P_{2.12})] \cdot [1 - (1 - P_{2.4}) \cdot (1 - P_{2.13})] \cdot [1 - (1 - P_{2.9}) \cdot (1 - P_{2.6}) \cdot (1 - P_{2.8})] \cdot [1 - (1 - P_{2.7}) \cdot (1 - P_{2.10})] \cdot [1 - (1 - P_{2.3}) \cdot (1 - P_{2.14})] \cdot [1 - (1 - P_{2.15}) \cdot (1 - P_{2.16})] \cdot [1 - (1 - P_{2.17}) \cdot (1 - P_{2.18}) \cdot (1 - P_{2.5})] \quad (3)$$

Вероятность отработки гидроцилиндром своего ресурса согласно выражению (3) равна:

$$P_2 = 0,90 \cdot [1 - (1 - 0,90) \cdot (1 - 0,90)] \cdot [1 - (1 - 0,93) \cdot (1 - 0,90) \cdot (1 - 0,90)] \cdot [1 - (1 - 0,96) \cdot (1 - 0,93) \cdot (1 - 0,90) \cdot (1 - 0,90) \cdot (1 - 0,96)] \cdot [1 - (1 - 0,90) \cdot (1 - 0,90)] \cdot [1 - (1 - 0,96) \cdot (1 - 0,90)] \cdot [1 - (1 - 0,93) \cdot (1 - 0,90)] \cdot [1 - (1 - 0,93) \cdot (1 - 0,90) \cdot (1 - 0,93)] = 0,90$$

Результаты расчетов приведены в табл. 1-4.

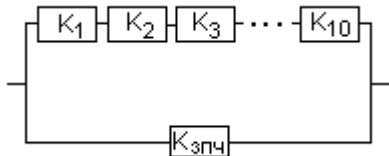
ОБОСНОВАНИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В НОМЕНКЛАТУРУ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ КОЛЬЦА 115-125-58-2-2

Установлено, что фактическая надежность кольца характеризуется следующими данными: гамма-восьмидесятипроцентный ресурс $T_{p\gamma} = 5000$ мото-часам; закон распределения ресурса – Вейбулла; коэффициент вариации ресурса $V = 0,6$; отношение среднего к гамма-восьмидесятипроцентному ресурсу $K_\gamma = 2,0$; вероятность безотказной работы до предельного состояния $P_k = 0,80$.

Рассмотрим варианты холодного резервирования кольца, с целью повышения вероятности безотказной его работы, до требуемой величины, равной 0,93.

Вариант I

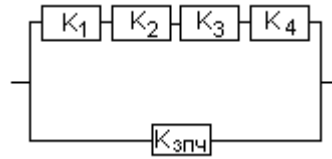
Включение кольца в групповой комплект запчастей на пять тракторов



$$P_k = 1 - (1 - P_{kззп}) \cdot (1 - P_{k1} \cdot P_{k2} \cdot P_{k3} \cdot \dots \cdot P_{k10}) = 1 - (1 - 0,80) \cdot (1 - 0,80^{10}) = 0,816$$

Вариант II

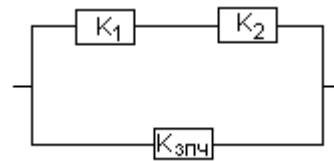
Включение кольца в комплект на два трактора



$$P_k = 1 - (1 - P_{kззп}) \cdot (1 - P_{k1} \cdot P_{k2} \cdot P_{k3} \cdot P_{k4}) = 1 - (1 - 0,80) \cdot (1 - 0,80^4) = 0,882$$

Вариант III

Включение кольца в индивидуальный комплект запасных частей



$$P_k = 1 - (1 - P_{kззп}) \cdot (1 - P_{k1} \cdot P_{k2}) = 1 - (1 - 0,80) \cdot (1 - 0,80^2) = 0,928$$

Вывод: Необходимо включение одного кольца в индивидуальный комплект ЗПЧ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надежность машин: Методические указания по расчету надежности на стадии проектирования машин и оборудования / А. В. Питухин, В. Н. Шиловский. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1994. 40 с.

Таблица 1

Итоговые расчеты показателей надежности узлов манипулятора

Наименование узла	T_p , мото-ч.	K_i	T'_{pi} , мото-ч.	Шифр*	Закон распределения **	V_i	$T_{p\gamma}$, мото-ч.	$T'_{p\gamma}$, мото-ч.	K_γ	P_i	Время замены, отн.ед.
1. Захватное устройство	10000	1	10000	2222	В	0,50	5000	5000	2,0	0,85	0,25***
2. Рукоять	10000	1	10000	2222	В	0,50	5000	5000	2,0	0,85	0,35
3. Стрела	10000	1	10000	2222	В	0,50	5000	5000	2,0	0,85	0,50
4. Колонна	10000	1	10000	2212	В	0,46	5000	5000	2,0	0,88	0,60
5. Основание	10000	1	10000	2212	В	0,50	5000	5000	2,0	0,82	1,00

Примечание: * шифр факторов, определяющих закон распределения ресурса, установлен согласно работе [1]; ** В – Вейбулла; *** время в долях времени разборки-сборки всего узла.

T_p – средний ресурс, K_i – коэффициент загрузки узла, T'_{pi} , $T'_{p\gamma}$ – соответственно средний и гамма-восьмидесятипроцентный ресурс узла в единицах собственной наработки, V_i – коэффициент вариации ресурса,

$K_{\gamma i}$ – соотношение среднего и гамма-восемидесятипроцентного ресурса, P_i – вероятность отработать гамма-процентный ресурс.

Таблица 2

Итоговые расчеты показателей надежности узлов стрелы

Наименование узла	T_p , мото-ч.	K_i	T'_{pi} , мото-ч.	Шифр	Закон распределения	V_i	$T_{p\gamma i}$, мото-ч.	$T'_{p\gamma i}$, мото-ч.	$K_{\gamma i}$	P_i	Время замены, отн. ед.
3.1. Корпус стрелы	10000	1,0	10000	2222	В	0,45	5000	5000	2,0	0,86	1,0
3.2. Гидроцилиндр	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,45
3.3. Рычаг	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,50
3.4. Тяга	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,35
3.5. Палец	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,10
3.6. Палец (2 шт.)	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,10
3.7. Палец	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,10
3.8. Палец	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,10
3.9. Палец	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,10
3.10. Палец	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,10
3.11. Палец	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,10
3.12. Рукав высоко-го давления (РВД)	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,10
3.13. РВД	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,05
3.14. РВД	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,05
3.15. РВД	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,05
3.16. РВД	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,05
3.17. РВД	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,05
3.18. РВД	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,05
3.19. РВД	10000	1,0	10000	2222	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90	0,05

Примечание: T_p – средний ресурс, K_i – коэффициент загрузки узла, T'_{pi} , $T'_{p\gamma i}$ – соответственно средний и гамма-восемидесятипроцентный ресурс узла в единицах собственной наработки, V_i – коэффициент вариации ресурса, $K_{\gamma i}$ – соотношение среднего и гамма-восемидесятипроцентного ресурса, P_i – вероятность отработать гамма-процентный ресурс.

Таблица 3

Относительное время замен и режим работы деталей гидроцилиндра

Наименование детали	Номер по каталогу	Шифр	Время замены, отн. ед.	Коэффициент использования
1	2	3	4	5
2.1. Кольцо уплотнительное	МБ-110.05.612	1221	0,70	1,0
2.2. Кольцо уплотнительное	115-125-58-2-2	1121	0,70	1,0
2.3. Втулка	МУ-80.36.00	1121	0,65	1,0
2.4. Втулка	МУ-80.36.008	1121	0,70	1,0
2.5. Кольцо защитное	МУ-80.36.009	2121	0,10	1,0
2.6. Гильза цилиндра	МУ-80.36.110.	1221	1,00	1,0
2.7. Гайка (крышка)	МУ-80.36.003	1221	0,75	1,0
2.8. Грязесъемник	3-63	1121	0,80	1,0
2.9. Винт В.М8-6д* 12.14Н		1221	0,10	1,0

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5
2.10. Поршень	МУ-80.36.001	1221	0,50	1.0
2.11. Шток	МУ-80.36.330	2221	0,55	1.0
2.12. Гайка	МУ-80.36.006	1221	0,45	1.0
2.13. Шайба	МУ-80.36.007	2121	0,50	1.0
2.14. Втулка	МУ-80.36.004	1221	0,60	1.0
2.15. Кольцо уплотнительное	МУ-80.36.005	1121	0,60	1.0
2.16. Кольцо уплотнительное	050-058-46-2-2	1221	0,60	1.0
2.17. Кольцо уплотнительное	115-125-58-22	1121	0,60	1.0
2.18. Подшипник ШС-50	100 Б-2621106	1221	0,20	1.0

Таблица 4

Итоговые расчеты показателей долговечности деталей гидроцилиндра привода стрелы

Наименование и номер по каталогу	T_p	T'_{pj}	Закон распределения	V_i	T_{py}	T'_{pyj}	$K_{\gamma i}$	P_i
	мото-ч.	мото-ч.			мото-ч.	мото-ч.		
2.1. Кольцо уплотнительное МБ-110.05.612	10000	10000	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90
2.2. Кольцо уплотнительное 115-125-58-2-2	10000	10000	н*	0,35	7500	7500	1,5	0,93
2.3. Втулка МУ-80.36.00	10000	10000	н	0,30	7500	7500	1,5	0,96
2.4. Втулка МУ-80.36.008	10000	10000	н	0,30	7500	7500	1,5	0,96
2.5. Кольцо защитное МУ-80.36.009	10000	10000	н	0,35	7500	7500	1,5	0,93
2.6. Гильза цилиндра МУ-80.36.110	10000	10000	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90
2.7. Гайка (крышка) МУ-80.36.003	10000	10000	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90
2.8. Грязесъемник 3-63	10000	10000	н	0,30	7500	7500	1,5	0,96
2.9. Винт В.М8-6д* 12.14Н	10000	10000	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90
2.10. Поршень МУ-80.36.001	10000	10000	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90
2.11. Шток МУ-80.36.330	10000	10000	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90
2.12. Гайка МУ-80.36.006	10000	10000	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90
2.13. Шайба МУ-80.36.007	10000	10000	н	0,35	7500	7500	1,5	0,93
2.14. Втулка МУ-80.36.004	10000	10000	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90
2.15. Кольцо уплотнительное МУ-80.36.005	10000	10000	н	0,35	7500	7500	1,5	0,93
2.16. Кольцо уплотнительное 050-058-46-2-2	10000	10000	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90
2.17. Кольцо уплотнительное 115-125-58-2-2	10000	10000	н	0,35	7500	7500	1,5	0,93
2.18. Подшипник ШС-50	10000	10000	В	0,40	5000	5000	2,0	0,90

Примечание: *н – нормальный.

T_p – средний ресурс, K_i – коэффициент загрузки узла, T'_{pi} , T'_{pyj} – соответственно средний и гамма-восьмидесятипроцентный ресурс узла в единицах собственной наработки, V_i – коэффициент вариации ресурса, $K_{\gamma i}$ – соотношение среднего и гамма-восьмидесятипроцентного ресурса, P_i – вероятность отработать гамма-процентный ресурс.

T_p – средний ресурс, K_i – коэффициент загрузки узла, T'_{pi} , T'_{pyj} – соответственно средний и гамма-восьмидесятипроцентный ресурс узла в единицах собственной наработки, V_i – коэффициент вариации ресурса, $K_{\gamma i}$ – соотношение среднего и гамма-восьмидесятипроцентного ресурса, P_i – вероятность отработать гамма-процентный ресурс.