

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ И ПОСТАВКИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО КОМПЛЕКТА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ

А.В. Питухин, В.Н. Шиловский, В.М. Костюкевич, В.В. Власов

Петрозаводский государственный университет, 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр.-т Ленина, д. 33

pitukhin@petsu.ru

Представлена методика формирования и алгоритм ее реализации для решения задачи по определению оптимальных параметров поставки многономенклатурного комплекта запасных частей на лесозаготовительное предприятие. Проблема повышения эффективности лесозаготовительного производства может решаться, наряду с другими направлениями, за счет совершенствования уровня технической эксплуатации лесных машин, куда входят и вопросы снабжения запасными частями. Рыночные условия хозяйствования требуют соответствующего уровня планирования потребности в запасных частях, оптимизации управления их запасами, а также нового уровня исследования, оценки, мониторинга и управления системой обеспечения запасными частями лесозаготовительных машин и оборудования. Предложен способ автоматизации принятия управленческих решений путем создания и практической реализации методики в виде совокупности математических моделей с необходимой оценкой достаточного числа факторов, установлением правильных взаимосвязей между управляемыми и неуправляемыми переменными. Определены состав управляемых и неуправляемых параметров, структура алгоритма реализации математических моделей, позволяющей сформировать комплект запасных частей и выбрать рациональное транспортное средство для его доставки потребителю. Состав многономенклатурного комплекта запчастей предусмотрен гибким по номенклатуре и количеству в зависимости от конкретных условий. Определение экономически обоснованных параметров поставки многономенклатурного комплекта запчастей для территориально распределенных лесозаготовительных машин предлагается проводить через минимизацию затрат при поставках и разработку для этого аналитического выражения целевой функции. Представленные методика и алгоритм оригинальной программы расчетов на ЭВМ могут быть использованы для организации эффективного снабжения запасными частями широкого спектра лесозаготовительных машин как отечественного, так и зарубежного производства.

Ключевые слова: запасная часть, поставка, оптимизация, методика, алгоритм

Ссылка для цитирования: Питухин А.В., Шиловский В.Н., Костюкевич В.М., Власов В.В. Методика формирования и поставки многономенклатурного комплекта запасных частей // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22. № 2. С. 61–67. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-61-67

Рациональная поставка запасных частей на современное лесозаготовительное предприятие, обладающее парком территориально распределенных лесозаготовительных машин, имеет большое значение и позволяет повысить конкурентоспособность предприятия. Действительно, недостаточное снабжение запасными частями (ЗПЧ) приводит к чрезмерным простоям лесозаготовительных машин (ЛЗМ), снижению объемов поставляемой древесины и, следовательно, уменьшению прибыли. Как отмечается в работе [1], свыше 60 % ЛЗМ в некоторых лесных регионах простаивают из-за недостаточного количества или отсутствия ЗПЧ. В той же работе [1] обосновывается создание резервного фонда ЗПЧ и агрегатов, рекомендуется объем их закупок для трактора ТТ-4М. Аналогичный подход к созданию резервного фонда, вопросам технического обслуживания и ремонта машин и оборудования рассматривается в работах [2,3]. В научных кругах активно изучаются создание и функционирование вторичного фонда запасных частей [4], проблемы их логистики и жизненного цикла [5,6], другие вопросы [7–9]. Однако при этом в работах отечественных и зарубежных авторов [1–11] рассматриваются поставки жестко регламентированных комплектов запасных частей и недостаточно внимания уделяет-

ся организации оптимальной оперативной поставке гибких по номенклатуре и количеству ЗПЧ для территориально распределенных ЛЗМ, используемых на различных по условиям работы лесозаготовительных предприятиях. Для оперативных, экономически обоснованных поставок необходима автоматизация принятия управленческих решений через создание методики в виде совокупности математических моделей, описывающих ход реальных событий и алгоритмов их реализации. Решение данных вопросов влияет на экономическую эффективность использования лесозаготовительной техники, особенно зарубежной, стоимость которой в несколько раз выше отечественной техники [8].

Цель работы

Целью работы является разработка методики в виде совокупности математических моделей и алгоритма ее реализации для решения задачи определения оптимальных параметров оперативной поставки гибких многономенклатурных комплектов ЗПЧ на различные по условиям работы лесозаготовительные предприятия в рамках оптимальной системы кратных периодов снабжения для детерминированного и полностью удовлетворяемого стационарного спроса.

Материалы и методы

Материалом для исследования служат научные труды в области технической эксплуатации, маркетинга и менеджмента технического сервиса и снабжения запасными частями лесозаготовительных и транспортных машин, а также собственные разработки авторов.

Определение экономически обоснованных параметров поставки многономенклатурного комплекта ЗПЧ для территориально распределенных лесозаготовительных машин проводим через минимизацию затрат при поставках и разработку для этого аналитического выражения целевой функции оптимизации процесса.

При осуществлении независимых друг от друга поставок, согласно формуле Уилсона [9], суммарные расходы C в единицу времени

$$C = \sqrt{2q(1+\gamma)} \sum_{i=1}^N \sqrt{\mu_i S_i}, \quad (1)$$

где q — стоимость поставки ЗПЧ, руб.;

γ — коэффициент увеличения стоимости поставки ЗПЧ в зависимости от числа их поставки, шт.⁻¹;

N — число наименований ЗПЧ;

μ_i — средний спрос за месяц детали i -го наименования, шт./мес.;

S_i — цена хранения в течение месяца, руб./мес.

Стоимость поставки q_n партии из n наименований ЗПЧ от одного поставщика можно представить в форме линейной функции [10]:

$$q_n = q(1 + \gamma n), \quad (2)$$

где n — число одновременно поставляемых ЗПЧ i -го наименования, шт. ($n = \overline{1, N}$).

Формулы (1) и (2) отражают расходы на независимые поставки, когда каждая ЗПЧ i -го наименования заказывается с оптимальной периодичностью.

Отдельные наименования ЗПЧ со сходными значениями стоимостного спроса $\mu_i S_i$ объединяются в совместно заказываемые группы, что позволяет получить малое расхождение между групповыми и индивидуальными оптимумами периодичности поставки. За счет кратности периодов снабжения по группам можно достичь наиболее полного и оптимального с экономической точки зрения совмещения поставок [8, 11, 12–14].

Обозначим через K_i коэффициент группировки ЗПЧ i -го наименования в комплекте поставки (число группировок $K = 0, 1, 2, \dots$), а через n_k — число элементов (ЗПЧ) в K -й группировке. Затраты предприятия C на поставку ЗПЧ i -го

наименования ($K_i \geq 2$) в единицу времени, как показано в работах [8, 12], составят

$$C_i = \frac{1}{2} \mu_i S_i K_i T + \frac{\gamma \beta_j q}{K_i T}, \quad (3)$$

где T — периодичность поставок, мес;

β_j — доля дополнительных затрат при поставке ЗПЧ в зависимости от используемого j -го типоразмера транспортного средства доставки ($j = \overline{1, J}$).

Необходимо определить оптимальный период поставки T и провести распределение всех ЗПЧ i -х наименований на множества (группы), чтобы сумма затрат на снабжение запчастями была минимальной.

Целевую функцию с учетом выражения (3) можно представить в виде

$$C = \frac{1}{2} T \sum_{i=1}^N \mu_i S_i K_i + \frac{\beta_j q}{T} \left(\gamma \sum_{i=1}^N \frac{1}{K_i} + 1 \right) \rightarrow \min. \quad (4)$$

Для определения минимума целевой функции (4) необходимо взять производную C по T на интервалах постоянства группировок, т. е. постоянства K_i :

$$\frac{dC}{dT} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \mu_i S_i K_i - \frac{\beta_j q}{T^2} \left(\gamma \sum_{i=1}^N \frac{1}{K_i} + 1 \right). \quad (5)$$

Найдем границы постоянства группировок, рассматривая, согласно выражению (5), поведение производной в крайних областях полуоткрытого интервала $[0, \dots]$. Коэффициенты при T и $1/T$, входящие в формулу (4), с увеличением T изменяются при перегруппировке менклатур, связанной с переходом ЗПЧ i -го наименования со значением K_i в значение $K_i - 1$. Момент перехода определяется выражением [8]

$$T_{R,i} = \sqrt{\frac{2\gamma\beta_j q}{\mu_i S_i K_i (K_i - 1)}}, \quad (6)$$

где R — индекс в обозначении периодичности поставки, указывающий правую границу интервала.

Функция (4) является непрерывной, кусочно-выпуклой и имеет отрицательные скачки производной на правых границах интервалов постоянства группировок [10]. Наилучший период поставки T^* при постоянной группировке можно определить, приравняв к нулю первую производную из соотношения (5). Этот период равен

$$T^* = \sqrt{\frac{2\beta_j q \left(\gamma \sum_{i=1}^N \frac{1}{K_i} + 1 \right)}{\sum_{i=1}^N \mu_i S_i K_i}}. \quad (7)$$

Наилучшему периоду поставки соответствуют минимальные затраты в единицу времени C^* :

$$C^* = \sqrt{\beta_j q \left(\gamma \sum_{i=1}^N \frac{1}{K_i} + 1 \right) \sum_{i=1}^N \mu_i S_i K_i}. \quad (8)$$

Для облегчения дальнейших преобразований и использования формул (7) и (8) обозначим числитель и знаменатель подкоренного выражения (7) через G и H соответственно и найдем их приращения при переходе r -го наименования ЗПЧ из K_r к значению $K_r - 1$, т.е. за правой границей интервала:

$$\begin{cases} \Delta G_R = \frac{2\gamma\beta_j q}{K_r (K_r - 1)}, \\ \Delta H_R = -\mu_r S_r, \end{cases} \quad (9)$$

где R — индекс в обозначении периодичности поставки, указывающий правую границу интервала.

В новых обозначениях

$$T^* = \sqrt{\frac{G}{H}}, \quad (10)$$

$$C^* = \sqrt{GH}. \quad (11)$$

Уменьшение суммарных расходов после такого перехода возможно лишь при условии

$$\frac{\Delta G}{G} < \frac{|\Delta H|}{H}, \quad \text{или} \quad \frac{\Delta G}{|\Delta H|} < \frac{G}{H},$$

что эквивалентно условию

$$T_{R,r} < T^*. \quad (12)$$

Из формулы (7) следует, что величина $T_{R,r}$ быстро возрастает с уменьшением K_r , тогда как T^* увеличивается очень медленно. Таким образом, выполнение условия $T_{R,r} \geq T^*$, отличного от условия (12), для всех i -х наименований ЗПЧ приводит к нецелесообразности дальнейшего увеличения T и связанного с ним уменьшения коэффициента группировки ЗПЧ i -го наименования K_r , так как минимум C^* будет, согласно выражениям (8) и (11), возрастать.

Аналогичные рассуждения могут быть проведены и для возрастающих коэффициентов K_r при движении по оси T в сторону уменьшения

Т а б л и ц а 1
Общий список управляемых и неуправляемых переменных целевой функции
General list of managed and unmanaged variables of the objective function

| № п/п | Переменные целевой функции | Обозначение | Размерность |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|
| <i>Управляемые переменные целевой функции</i> | | | |
| 1 | Период поставки многономенклатурного комплекта ЗПЧ | T^* | мес |
| 2 | Число ЗПЧ i -го наименования при поставке | n_i | шт. |
| 3 | Доля дополнительных затрат при поставке ЗПЧ в зависимости от используемого j -го транспортного средства | β_j | |
| 4 | Коэффициент группировки ЗПЧ i -го наименования в комплекте поставки ($K = 1, 2, \dots$) | K_i | |
| <i>Неуправляемые переменные целевой функции</i> | | | |
| 1 | Число одновременно поставляемых наименований ЗПЧ, $n = \overline{1, N}$ | N | шт. |
| 2 | Стоимость поставки ЗПЧ | q | руб. |
| 3 | Коэффициент увеличения стоимости поставки запчастей (ЗПЧ) и эксплуатационных материалов (ЭМ) в зависимости от числа их поставки | γ | шт. ⁻¹ |
| 4 | Средний спрос (потребность) на ЗПЧ i -го наименования | μ_i | шт./мес |
| 5 | Цена хранения ЗПЧ i -го наименования | S_i | руб./мес |
| 6 | Масса i -й позиции (наименования) ЗПЧ | m_i | кг |
| 7 | Физический объем i -й позиции ЗПЧ (или упаковки) | V_i | м |
| 8 | Ограничение грузоподъемности j -го транспортного средства, используемого для поставки | M_j | кг |
| 9 | Ограничение вместимости j -го транспортного средства, используемого для поставки | V_j | м |

рассчитываемого периода поставок ЗПЧ. Расчетное соотношение для левой границы интервала постоянства группировок имеет следующий вид

$$T_{L,i} = \sqrt{\frac{2\gamma\beta_j q}{\mu_i S_i K_r (K_r - 1)}}, \quad (13)$$

где L — индекс в обозначении периодичности поставки, указывающий левую границу интервала.

Общий список управляемых и неуправляемых переменных целевой функции оптимальной поставки запасных частей представлен в табл. 1.

Результаты и обсуждение

Для реализации методики определения параметров поставки многономенклатурного комплекта ЗПЧ следует использовать следующий алгоритм [8,13], состоящий из совокупности математических моделей.

1. Рассчитываем при наименьшем значении β_j и максимальной величине $\mu_i S_i$ предварительный период поставки T_0 :

$$T_0 = \sqrt{\frac{2\beta_j q(1+\gamma)}{\mu_i S_i}}. \quad (14)$$

2. Упорядочиваем позиции (наименования) ЗПЧ по уменьшению величин $\mu_i S_i$ и производим их перенумерацию. Для первого наименования ЗПЧ с наибольшим значением $\mu_i S_i$, имеем $K_1 = K_i = 1$. При убывании величин $\mu_i S_i$ значение K_i будет возрастать по i . Увеличение K_i целесообразно при условии

$$\mu_i S_i \leq \frac{2\gamma\beta_j q}{T^2 K(K+1)} = R(k). \quad (15)$$

Используя полученное через выражение (14) значение T_0 , находим пороговое значение стоимостного спроса для каждого целочисленного значения K :

$$R_k(T_0) = \frac{\gamma\mu_i S_i}{k(k+1)(1+\gamma)}. \quad (16)$$

3. Назначаем для i -й позиции ЗПЧ наименьшее K_i , которое является оптимальным и при котором выполняется условие (15).

4. Вычисляем предварительное значение T^* и суммарные затраты C^* с помощью следующих выражений:

$$G = 2q\beta_j \left(\gamma \sum_{i=1}^N \frac{1}{K_i} + 1 \right), \quad (17)$$

$$H = \sum_{i=1}^N \mu_i S_i K_i. \quad (18)$$

Значения T^* и C^* вычисляем по формулам (10), (11).

5. Вычисляем правые границы интервала постоянства группировок $T_{R,i}$ по формуле (6).

6. При условии $T_{R,i} < T^*$ переходим к п. 7, в противном случае — к п. 11.

7. Рассчитываем для всех i -х позиций ЗПЧ, для которых выполняется условие $T_{R,i} < T^*$, значения ΔG_R и ΔH_R по формулам (9).

8. Заменяем для всех i -х позиций ЗПЧ, для которых выполняется условие $T_{R,i} < T^*$, значение

k_i на k_{i-1} и рассчитываем новое значение $T_{R,i}$ по формуле (6).

9. Вычисляем новые значения замен G и H по формулам

$$G_{\text{нов}} = G + \Delta G_R, \quad (19)$$

$$H_{\text{нов}} = H + \Delta H_R. \quad (20)$$

Пересчитываем T^* и C^* по формулам (10), (11).

10. Переходим к п. 6.

11. Рассчитываем границы интервала постоянства группировок ЗПЧ i -го наименования $T_{L,i}$ по формуле (13).

12. Если хотя бы для одной i -й позиций ЗПЧ выполняется условие $T_{L,i} < T^*$, то переходим к п. 13; в противном случае переходим к п. 17.

13. Для всех i -х позиций ЗПЧ, для которых $T_{R,i} < T^*$, рассчитываем замены ΔG_L и ΔH_L :

$$\Delta G_L = \sum_i \left(\frac{2q\beta_j \gamma}{K_i(K_i+1)} \right), \quad (21)$$

$$\Delta H_L = \sum_i \mu_i S_i. \quad (22)$$

14. Для всех i -х позиций ЗПЧ, для которых $T_{L,i} < T^*$, заменяем значение K_i на K_{i+1} и рассчитываем новое значение $T_{L,i}$ по формуле (13).

15. Вычисляем новые значения G и H :

$$G_{\text{нов}} = G + \Delta G_L, \quad (23)$$

$$H_{\text{нов}} = H + \Delta H_L. \quad (24)$$

Пересчитываем T^* и C^* по формулам (10), (11).

16. Переходим к п. 12.

17. Определяем объем поставки i -й позиции ЗПЧ по выражению

$$n_i = \mu_i K_i T^*. \quad (25)$$

Значение n_i округляем в бóльшую сторону до целого значения.

18. Выполняем проверку первоначально выбранного j -го транспортного средства по условию грузоподъемности и вместимости:

$$\sum_{i=1}^N m_i n_i \leq M_j, \quad (26)$$

$$\sum_{i=1}^N v_i n_i \leq V_j, \quad (27)$$

где m_i — масса i -й позиции ЗПЧ, кг;

M_j — ограничение грузоподъемности j -го транспортного средства для поставок, кг;

v_i — физический объем i -й позиции ЗПЧ, м;

V_j — ограничение вместимости j -го транспортного средства для поставок, м.

19. При невыполнении хотя бы одного из условий (26) или (27) возвращаемся к п. 1 и выбираем следующее по возрастанию значение β_j с последующими расчетами согласно приведенным пунктам алгоритма и выражениям (14)–(25). В противном случае переходим к п. 20.

Т а б л и ц а 2

Исходные данные по каждой поставляемой ЗПЧ
The initial data for each supplied spare part

| Индекс ЗПЧ | Стоимость, руб. | Спрос, шт./мес | Масса, кг | Объем, м ³ |
|------------|-----------------|----------------|-----------|-----------------------|
| 1 | 8000 | 0,39 | 1,0 | 0,01 |
| 2 | 1200 | 4,58 | 2,0 | 0,05 |
| 3 | 19 000 | 10,5 | 6,9 | 0,03 |
| 4 | 230 | 4,37 | 0,2 | 0,01 |
| 5 | 11 000 | 0,41 | 1,0 | 0,05 |
| 6 | 900 | 7,55 | 0,8 | 0,09 |
| 7 | 2400 | 12,50 | 2,0 | 0,012 |
| 8 | 3500 | 2,00 | 1,0 | 0,02 |
| 9 | 980 | 2,10 | 3,3 | 0,01 |
| 10 | 1100 | 2,66 | 1,2 | 0,07 |

Т а б л и ц а 3

Результаты расчетов оптимальных параметров поставки ЗПЧ на предприятие в зависимости от изменения стоимости поставки q

The results of the calculation of the spare parts optimal delivery parameters to the enterprise, depending on the change in the delivery cost q

| Индекс ЗПЧ | $q = 150$ руб. | | $q = 500$ руб. | | $q = 1000$ руб. | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Период поставки, дней | Величина поставки, шт. | Период поставки, дней | Величина поставки, шт. | Период поставки, дней | Величина поставки, шт. |
| 1 | 14 | 1 | 26 | 1 | 37 | 1 |
| 2 | 14 | 3 | 26 | 5 | 37 | 6 |
| 3 | 7 | 3 | 13 | 5 | 18 | 7 |
| 4 | 22 | 4 | 40 | 6 | 56 | 9 |
| 5 | 14 | 1 | 26 | 1 | 37 | 1 |
| 6 | 14 | 4 | 26 | 7 | 37 | 10 |
| 7 | 7 | 3 | 13 | 6 | 18 | 8 |
| 8 | 7 | 1 | 13 | 1 | 18 | 2 |
| 9 | 14 | 1 | 26 | 2 | 37 | 3 |
| 10 | 7 | 1 | 13 | 2 | 18 | 2 |
| Загр-ты C^* , руб./мес | 1564,81 | | 2814,18 | | 4040,34 | |
| | Первое транспортное средство | | | | | |

20. Выдаем в качестве результата последние из полученных величин T^* , C^* , β_j , K_j , n_j , которые являются окончательными параметрами поставки.

Задачу проверки работоспособности и адекватности математической модели проведем при ситуации изменения расстояний (стоимости) поставки 10 наименований ЗПЧ.

Имеем: первое транспортное средство грузоподъемностью 400 кг и вместимостью 1,5 м³; второе транспортное средство грузоподъемностью 1500 кг и вместимостью 6 м³. Коэффициент увеличения стоимости поставки: при первом транспортном средстве — 1,00; при втором — 1,85. Цена хранения ЗПЧ на предприятии составляет 2,5 % стоимости в месяц. Исходные данные по каждой поставляемой ЗПЧ приведены в табл. 2. Результаты расчетов оптимальных параметров поставки ЗПЧ в зависимости от изменения расстояний (стоимости) поставки приведены в табл. 3.

Выводы

1. Обоснована и апробирована методика определения периодичности и объема поставок многономенклатурного комплекта запасных частей для лесозаготовительных машин.

2. Определены состав управляемых и неуправляемых параметров, структура алгоритма реализации методики в виде совокупности математических моделей, позволяющей формировать комплект ЗПЧ и выбирать рациональное транспортное средство для его доставки потребителю.

3. Представленная методика и алгоритм оригинальной программы расчетов на ЭВМ могут быть использованы для организации эффективного снабжения запчастями широкого спектра лесозаготовительных машин как отечественного, так и зарубежного производства.

4. В дальнейшем область применения методики и алгоритма может быть расширена для организации оптимальной системы поставок эксплуатационных материалов, необходимых для эксплуатации любой техники.

Список литературы

- [1] Запруднов В.И., Карпачев С.П., Быковский М.А. Потребность парка лесосечных машин в техническом обслуживании // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21, № 2. С. 76–79.
- [2] Быков В.В., Тесовский А.Ю. Справочник по технологическим и транспортным машинам лесопромышленных предприятий и техническому сервису. М.: МГУЛ, 2000. 532 с.
- [3] Игнатов В.И., Макуев В.А., Сиротов А.В. Техническая эксплуатация и технология ремонта машин и оборудования лесного комплекса. М.: МГУЛ, 2006. 337 с.
- [4] Алдошин Н.В. Выбор стратегий создания вторичного фонда запасных частей // Вестник Московского гос. агроинженерного ун-та им. В.П. Горячкина, 2015. № 1 (65). С. 7–11.
- [5] Арифиллин И.В. Комплексная оценка качества доставки запасных частей для технического обслуживания автотранспортного парка // Вестник Московского автомобильно-дорожного гос. техн. ун-та, 2016. № 3 (56). С. 218–220.
- [6] Арифиллин И.В., Соловьева А.А., Проненко Е.С., Некрасов В.В. Система жизненного цикла запасных частей подвижного состава // Транспорт: наука, техника, управление, 2014. № 1. С. 56–58.

- [7] Шиловский В.Н. Теоретические основы и стратегии организации маркетинга и менеджмента технического сервиса территориально распределенных машин и оборудования. Петрозаводск: ПетрГУ, 2001. 324 с.
- [8] Саливоник А.В., Питухин А.В., Шиловский В.Н. Повышение эффективности лесозаготовительных машин путем оптимального резервирования запасных частей и материалов (на примере машин компании «John-Deere»). Петрозаводск: ПетрГУ, 2014. 80 с.
- [9] Баранов Н. Риск и оптимум в формировании запасов // Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция, 2003. № 3. С. 35–40.
- [10] Хэнсменн Ф. Применение математических методов в управлении производством и запасами. М.: Прогресс, 1966. 184 с.
- [11] Anily S., Federgruen A. Capacitated two-stage multi-item production model with joint setup cost // *Operations Research*, 1991, no. 3, pp. 244–254.
- [12] Рыжиков Ю.И. Управление запасами. СПб.: Питер, 2001. 384 с.
- [13] Шиловский В.Н., Питухин А.В., Костюкевич В.М. Маркетинг и менеджмент технического сервиса машин и оборудования: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2015. 272 с.
- [14] Быков В.В., Голубев И.Г., Игнатов В.И., Назаренко А.С., Тесовский А.Ю. Технический сервис. Система технического обслуживания и ремонта лесозаготовительной и лесохозяйственной техники. М.: МГУЛ, 1999. 149 с.

Сведения об авторах

Питухин Александр Васильевич — д-р техн. наук, профессор кафедры транспортных и технологических машин и оборудования Петрозаводского государственного университета, pitukhin@petsu.ru

Шиловский Вениамин Николаевич — д-р техн. наук, профессор кафедры транспортных и технологических машин и оборудования Петрозаводского государственного университета, shisvetnik@yandex.ru

Костюкевич Вадим Михайлович — канд. техн. наук, доцент, директор Института лесных, горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета, vadkos@petsu.ru

Власов Владимир Вячеславович — аспирант кафедры транспортных и технологических машин и оборудования Петрозаводского государственного университета, ledohod@bk.ru

Принята к публикации 26.12.2017.

Поступила в редакцию 28.02.2018.

THE METHOD OF FORMATION AND SUPPLY OF MULTIPRODUCT SPARES KIT

A.V. Pitukhin, V.N. Shilovskiy, V.M. Kostyukevich, V.V. Vlasov

Petrozavodsk State University (PetrSU), 33, Lenin st., Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russia

pitukhin@petsu.ru

The technique of forming and the algorithm of its realization for the solution of the problem of determining the optimal parameters of multiproduct supply kit parts on the logging company. The problem of increasing the efficiency of timber production can be solved, along with other directions, by improving the level of technical maintenance of forestry machines, which includes the issue of supply of spare parts. Market economic conditions require appropriate planning level requirements for spare parts, optimisation of stockpile management, as well as a new level of research, assessment, monitoring and management system of spare parts procurement of the logging machinery and equipment. The article is devoted to automation of managerial decision-making through the creation and practical implementation of the methodology as a set of mathematical models with the necessary rating sufficient factors establishing the correct relationships between the managed and unmanaged variables. The composition of managed and unmanaged options, the structure of the algorithm implementing the mathematical model, which in addition to forming kit parts choose a rational vehicle for delivery to the consumer, are identified. In the developed mathematical model the composition of a diversified kit of parts provides a flexible nomenclature and number depending on the specific conditions. Determination of economically reasonable parameters of the diversified supply of kit of spares for geographically distributed harvesters is invited to navigate through the minimization of costs in the supply and development of this analytical expression of the objective function. The method and algorithm of the original program calculations on a computer can be used for efficient supply of spare parts to a wide range of forest machines.

Keywords: spare parts, supply, optimization, method, algorithm

Suggested citation: Pitukhin A.V., Shilovskiy V.N., Kostyukevich V.M., Vlasov V.V. *Metodika formirovaniya i postavki mnogonomenklaturnogo komplekta zapasnykh chastei* [The method of formation and supply of multiproduct spares kit]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 2, pp. 61–67.

DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-61-67

References

- [1] Zaprudnov V.I., Karpachev S.P., Bykovskiy M.A. *Potrebnost' parka lesosechnykh mashin v tekhnicheskoy obsluzhivaniy* [The requirement of the logging machines park in maintenance]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, v. 21, no. 2, pp. 76–79.
- [2] Bykov V.V., Tesovskiy A. Yu. *Spravochnik po tekhnologicheskim i transportnym mashinam lesopromyshlennykh predpriyatiy i tekhnicheskoy servis* [Handbook of technological and transport machines for timber companies and technical services]. Moscow: MSFU Publ., 2000, 532 p.
- [3] Ignatov V.I., Makuev V.A., Sirotoy A.V. *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya i tekhnologiya remonta mashin i oborudovaniya lesnogo kompleksa* [Maintenance and repair of machines and equipment of forest complex]. Moscow: MSFU Publ., 2006, 337 p.
- [4] Aldoshin N.V. *Vybor strategiy sozdaniya vtorichnogo fonda zapasnykh chastey* [The choice of strategy of secondary fund of spare parts]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta im. V.P. Goryachkina [Moscow State Agroengineering University Bulletin]*, 2015, no. 1 (65), pp. 7–11.
- [5] Arifullin I.V. *Kompleksnaya otsenka kachestva dostavki zapasnykh chastey dlya tekhnicheskoy obsluzhivaniya avtotransportnogo parka* [A comprehensive assessment of the quality of spare parts for the maintenance of the vehicle park]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Moscow State Automobile and Road Technical University Bulletin]*, 2016, no. 3 (56), pp. 218–220.
- [6] Arifullin I.V., Solov'eva A.A., Pronenko E.S., Nekrasov V.V. *Sistema zhiznennogo tsikla zapasnykh chastey podvizhnogo sostava* [System lifecycle of spare parts of rolling stock]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie [Transport: science, technology, management]*, 2014, no. 1, pp. 56–58.
- [7] Shilovskiy V.N. *Teoreticheskie osnovy i strategii organizatsii marketinga i menedzhmenta tekhnicheskoy servisa territorial'no raspredelennykh mashin i oborudovaniya* [Theoretical foundations and strategies of the organization marketing and technical services management of geographically distributed machinery and equipment]. Petrozavodsk: PetrSU Publ., 2001, 324 p.
- [8] Salivonik A.V., Pitukhin A.V., Shilovskiy V.N. *Povyshenie effektivnosti lesozagotovitel'nykh mashin putem optimal'nogo rezervirovaniya zapasnykh chastey i materialov* [Improving the effectiveness of forest machines through the optimal reserve spare parts and materials]. Petrozavodsk: PetrSU Publ., 2014, 80p.
- [9] Baranov N. *Risk i optimum v formirovaniy zapasov* [Risk and optimum in the formation of stocks]. *Resursi, informatsiya, snabzhenie, konkurentsya [Resources, Information, Supply, Competition]*, 2003, no. 3, pp. 35–40.
- [10] Hensmein F. *Primenenie matematicheskikh metodov v upravlenii proizvodstvom i zapasami* [Application of mathematical methods in production management and inventory]. Moscow: Progress Publ., 1966, 184 p.
- [11] Anily S., Federgruen A. *Capacitated two-stage multi-item production model with joint setup cost*. *Operations Research*, 1991. no. 3. pp. 244–254.
- [12] Ryzhikov Yu.I. *Upravlenie zapasami* [Inventory management]. St. Petersburg: Piter Publ., 2001, 384 p.
- [13] Shilovskiy V.N., Pitukhin A.V., Kostyukevich V.M. *Marketing i menedzhment tekhnicheskoy servisa mashin i oborudovaniya* [Marketing and management of service machines and equipment]. St. Petersburg: Lan' Publ., 2015, 272 p.
- [14] Bykov V.V., Golubev I.G., Ignatov V.I., Nazarenko A.S., Tesovskiy A. Yu. *Tekhnicheskoy servis. Sistema tekhnicheskoy obsluzhivaniya i remonta lesozagotovitel'noy i lesokhozyaystvennoy tekhniki* [Technical service. System of maintenance and repair of logging and forestry equipment]. Moscow: MGUL, 1999. 149 p.

Authors' information

Pitukhin Aleksandr Vasil'evich — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Equipment of Petrozavodsk State University, pitukhin@petsu.ru

Shilovskiy Veniamin Nikolaevich — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Equipment of Petrozavodsk State University, shisvetnik@yandex.ru

Kostyukevich Vadim Mikhaylovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Equipment of Petrozavodsk State University, vadkos@petsu.ru

Vlasov Vladimir Vyacheslavovich — pg. of the Department of Transport and Technological Machines and Equipment of Petrozavodsk State University, ledohod@bk.ru

Received 26.12.2017.

Accepted for publication 28.02.2018.