

УДК 630.3

Статья

## Организация технического обслуживания зарубежной лесозаготовительной техники

Вениамин Н. Шиловский<sup>1</sup>, Александр В. Питухин<sup>1</sup> и Вадим М. Костюкевич<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина 33, 185910 Петрозаводск, Россия; E-Mails: shilovsky@petrstu.ru (В.Н.Ш.); pitukhin@petrstu.ru (А.В.П.); vadkos@petrstu.ru (В.М.К.)

\* Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: vadkos@petrstu.ru; Tel.: +7(8142)563187; Fax: +7(8142)571317.

Получена: 13 августа 2013 / Принята: 24 октября 2013 / Опубликована: 8 декабря 2013

---

**Аннотация:** Сервисная политика производителей лесных машин является одним из эффективных инструментов расширения рынка. Организация сервисного обслуживания и ремонта дает возможность изготовителю оперативно получать сведения об отказах лесной машины и их причинах. Такая информация позволит производителю разработать и внедрить технологические инструкции по устранению возникающих отказов. В статье предложена структура технологической инструкции по восстановлению деталей сваркой и наплавкой. Сформулированы основные требования к организации рабочего места. Приведена оценка эксплуатационной надежности лесных машин, работавших на лесозаготовительных предприятиях Республики Карелия. Объектом исследования была долговечность деталей технологического оборудования, гидравлической системы и топливной системы двигателя лесных машин John Deere 1010 и 1410. Исследования проводились в течение четырех лет на 16 лесозаготовительных машинах. Сформулированы критерии эффективности процесса поставки запасных частей и эксплуатационных материалов. Предложена методика определения оптимального периода поставки запасных частей и выбора транспортного средства. Эффективность процесса распределения запасных частей на пункты хранения предлагается оценивать функцией потерь времени и экономических затрат на доставку запасных частей и устранение отказа. Предложена математическая модель определения количества резервируемых запасных частей на каждом пункте, учитывающая развитие системы во времени.

**Ключевые слова:** техническое обслуживание; восстановление; запасные части

---

*Article*

## **Maintenance of Imported Forest Machines in the Russian Federation**

**Veniamin N. Shilovsky<sup>1</sup>, Alexander V. Pitukhin<sup>1</sup> and Vadim M. Kostyukevich<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> Petrozavodsk State University, Lenin av. 33, 185910 Petrozavodsk, Russia; E-Mails: shilovsky@petrsu.ru (V.N.S.); pitukhin@petrsu.ru (A.V.P.); vadkos@petrsu.ru (V.M.K.)

\* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: vadkos@petrsu.ru; Tel.: +7(8142)563187; Fax: +7(8142)571317.

*Received: 13 August 2013 / Accepted: 24 October 2013 / Published: 8 December 2013*

---

**Abstract:** Maintenance performance policy of forest machines manufacturers is one of the effective tools for market development. The manufacturer is able to receive information about forest machines failures and their causes without delay due to corporate maintenance arrangement. This information will allow the manufacturer to develop and implement technological repair instructions. The durability of forest machinery operating at Karelian logging enterprises was assessed in the course of the research. The research was carried out for four years and included 16 forest machines. The main research objects included details of processing equipment, a hydraulic system, and an engine fuel system of John Deere 1010 and 1410. The durability analysis of John Deere forwarder elements justifies the necessity of organizing an effective system of spare parts supply. The authors propose the efficiency criteria of spare parts and consumables delivery as well as the technique to determine the optimal time interval of spare parts delivery and transportation options. The efficiency of spare parts distribution to storage facilities is estimated as a function of time loss and expenditure for spare parts delivery and failure recovery. The proposed mathematical model to determine the number of reserved spare parts in each stock makes allowance for the system temporal development. The paper outlines the structure of a technological instruction of parts restoration by welding and building up processes and the basic requirements for the work-site arrangement.

**Keywords:** maintenance performance; repair instructions; spare parts supply

---

## 1. Введение

Целью данной статьи является определение дерева целей и задач повышения конкурентоспособности лесозаготовительной техники за счет совершенствования их эксплуатационной технологичности. Из данной цели вытекают задача определения факторов, влияющих на эксплуатационную технологичность и их оптимизация.

Пути и возможности развития технического сервиса лесозаготовительных машин (далее по тексту ЛЗМ) иностранного производства, эксплуатируемых в России, можно рассмотреть на уровне генерального менеджмента и на уровне подразделения (цеха, участка) предприятия технического сервиса [1, 2, 3, 4].

Политика сервисного обслуживания это один из способов завоевания рынка ЛЗМ, продолжение рекламной политики, когда потребитель получает не «грудю хлопот» по организации экономически эффективной технической эксплуатации машин, а удовлетворение от приобретенной техники. Производитель техники, в свою очередь, расширяет рынок продаж своих машин и получает прибыль от фирменного обслуживания своей техники у потребителя. И порой эта прибыль превышает прибыль от продажи техники [5]. Обслуживание и ремонт техники у потребителя, организованные самим заводом изготовителем, имеют преимущество перед организацией ремонта и обслуживания машин независимыми дилерскими службами и требуют своего развития и совершенства. Такая организация обслуживания и ремонта позволяет установить прямую связь между потребителем и изготовителем ЛЗМ, оперативно получать информацию о надежности машин, о причинах возникновения отказов, как по вине изготовителя, так и потребителя, оперативно внедрять мероприятия по их устранению. При этом главным является разработка и внедрение технологических инструкций по устранению возникающих отказов, включающих в себя технологии восстановления отказавших деталей, узлов и агрегатов. Указанная документация в настоящее время отсутствует и может быть разработана на должном уровне только самим заводом-изготовителем техники.

Заводу-изготовителю выгодно продавать потребителю большее число деталей в виде запасных частей, даже и тех, которые могут быть эффективно восстановлены у потребителя или на специализированных ремонтных предприятиях. Но в условиях конкуренции выигрывает тот производитель, который обеспечит экономически более выгодную техническую эксплуатацию своей техники [6, 7].

Существует спорное мнение, что капитальный ремонт машин, агрегатов, узлов не выгоден потребителю. Все зависит от величины ресурса восстановленной детали и стоимости ремонта. Расчеты, приведенные применительно к сельскохозяйственной технике, показывают, что если стоимость этого ремонта не более 80 % стоимости нового объекта, при полном восстановлении ресурса агрегата, то капитальный ремонт потребителю выгоден. Цена ремонта, в свою очередь, зависит от объема ремонтного производства, с ростом которого цена уменьшается [8, 9].

Стратегический генеральный менеджмент по технической эксплуатации выпускаемых ЛЗМ предварительно оценивает объемы производства и стоимости ремонта оборудования, а также предлагает оптимальный вариант объемов и стоимости ремонтных работ.

Примером результатов работы производственного стратегического менеджмента может служить типовая технологическая инструкция по восстановлению работоспособного состояния деталей, на основе которой разрабатывается рабочая технологическая инструкция по восстановлению конкретной детали.

Типовая инструкция определяет перечень положений, конкретизируемых в рабочей инструкции. Технологическая инструкция по восстановлению деталей сваркой и наплавкой порошковыми проволоками включает:

- I. Общие положения и описание процесса
- II. Используемые материалы
- III. Влияние параметров режима сварки на конфигурацию шва
- IV. Подготовка сварных соединений
- V. Выбор режимов сварки и наплавки
- VI. Особенности полуавтоматической сварки
- VII. Аппаратура для сварки и наплавки
- VIII. Организация рабочего места
- IX. Дефекты и контроль качества сварочных швов
- X. Техника безопасности
- XI. Противопожарные мероприятия

Особое место в технологической инструкции занимает раздел: «Организация рабочего места». Организация рабочего места осуществляется согласно рабочего проекта рабочего места, разрабатываемого на основе положений Типового проекта рабочего места, предъявляемых ко всем видам рабочих мест. Рабочий проект конкретизирует положения типового проекта применительно к конкретному рабочему месту. Типовой проект организации рабочего места включает:

- I. Общие положения. Основные требования к организации рабочего места
- II. Методы и приемы работы
- III. Организация обслуживания
- IV. Средства связи рабочего места со службами обслуживания
- V. Условия труда (освещение, санитарно-гигиенические требования, эстетические требования, режим труда и отдыха)
- VI. Совмещение профессий, бригадная форма организации труда

Рабочий проект организации рабочего места, например электросварщика ручной дуговой сварки, конкретизирует:

- Назначение и планировку рабочего места
- Оснащение рабочего места
- Карту организации труда электросварщика
- Организационную и технологическую оснастку

- Техническую и технологическую документацию
- Требования охраны труда и производственной санитарии

## 2. Материалы и методы

### 2.1. Оценка эксплуатационной надежности

Актуальным вопросом является оценка эксплуатационной надежности ЛЗМ. Были проведены исследования по оценке показателей долговечности деталей ЛЗМ «John Deere» серий 1010 и 1410. Методика исследований предусматривала проведение работ по сбору материалов по трем основным направлениям:

- Сбор исходных данных по отказам деталей и узлов
- Сбор исходных данных по фактическому расходу запасных частей (далее по тексту ЗПЧ)
- Сбор информации по периодичности выполнения технических обслуживаний (далее по тексту ТО) форвардеров

Объектами исследования были выбраны детали и эксплуатационные материалы (далее по тексту ЭМ) форвардеров «John Deere» серий 1010 и 1410. Сбор исходных данных проводился на лесозаготовительных предприятиях республики Карелия: ОАО «Ледмозерский ЛЗХ», ОАО «Воломский» и ЗАО «Шуялес» в сотрудничестве с официальным дилером компании «John Deere» в РК «Петро Джон Дир Форестри». Исследования проводились в течение 4 лет и охватывали 16 лесозаготовительных машин. Основными объектами исследования являлись детали технологического оборудования (манипулятора), гидравлической системы, топливной аппаратуры двигателя форвардера «John Deere» 1010 D. Выбор объектов исследования проводился с учетом унификации узлов и агрегатов ЛЗМ «John Deere» серий 1010 и 1410.

### 2.2. Оценка поставки многономенклатурного резерва запасных частей и эксплуатационных материалов

Эффективность процесса поставки многономенклатурного резерва ЗПЧ и ЭМ можно представить целевой функцией следующего вида:

$$L = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^N \mu_i \cdot S_i \cdot k_i + \frac{q \cdot \beta_i}{T} \cdot \left( \gamma \cdot \sum_{i=1}^N \frac{1}{k_i} + 1 \right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где

$L$  – суммарные затраты в единицу времени на обеспечение снабжения потребителя многономенклатурным резервом ЗПЧ и ЭМ по системе кратных периодов, руб.;

$T$  – периодичность осуществления поставок, мес.;

$i$  – число одновременно поставляемых от поставщика ЗПЧ и ЭМ  $i$ -го наименования ( $i = \overline{1, N}$ );

$\mu_i$  – средний спрос за месяц, шт./мес.;  $S_i$  – цена хранения в течение месяца, руб./мес.;

$k_i$  – кратность включения в комплект поставки ЗПЧ и ЭМ  $i$ -го наименования ( $K = 1, 2, \dots$ );

$q$  – стоимость поставки ЗПЧ и ЭМ, руб.;

$\gamma$  – коэффициент увеличения стоимости поставки ЗПЧ и ЭМ в зависимости от их числа при поставке, шт<sup>-1</sup>;

$\beta_j$  – доля дополнительных затрат при поставке ЗПЧ и ЭМ в зависимости от используемого  $j$ -го вида транспортного средства доставки ( $j = \overline{1, J}$ ).

При решении задачи необходимо определить оптимальный период поставки  $T$  и произвести распределение всех наименований ЗПЧ и ЭМ на множества групп поставок  $k_i$ , чтобы сумма затрат на обеспечение снабжения  $L$  была минимальной. Количество ЗПЧ и ЭМ при каждой поставке рассчитывается после определения оптимальных периодов поставки многономенклатурных комплектов ЗПЧ и ЭМ по следующему выражению:

$$n_i = \mu_i \cdot T_i, \quad (2)$$

где

$T_i$  – оптимальный период поставки  $i$ -го наименования ЗПЧ или ЭМ.

Для выбора транспортного средства необходимо определить вес и объем комплекта поставляемых ЗПЧ и ЭМ и определить транспортное средство, исходя из следующих условий:

$$\sum_{i=1}^N m_i \cdot n_i \leq M_j, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N v_i \cdot n_i \leq V_j, \quad (4)$$

где

$m_i$  – вес  $i$ -го наименования ЗПЧ или ЭМ, кг.;

$M_j$  – грузоподъемность  $j$ -го транспортного средства, используемого для поставки, кг.;

$v_i$  – физический объем  $i$ -го наименования ЗПЧ или ЭМ, м<sup>3</sup>;

$V_j$  – вместимость  $j$ -го транспортного средства, используемого для поставок, м<sup>3</sup>.

Согласно условиям (3,4), выбирается из имеющегося парка транспортное средство с конкретными характеристиками  $M_j$ ,  $V_j$ ,  $\beta_j$ .

### 2.3. Оценка распределения запасных частей между территориально распределенными потребителями лесозаготовительных машин

Лесозаготовительные предприятия являются территориально распределенными потребителями лесозаготовительной техники. Эффективность процесса распределения ЗПЧ по пунктам хранения можно оценить следующей функцией потерь времени при устранении отказов (общий вид):

$$T^*(\overline{X}_i) = \sum \min T(\overline{X}_i). \quad (5)$$

где

$\overline{X}_i$  – вектор оптимального распределения количества ЗПЧ  $i$ -го наименования, соответствующих минимуму суммарных потерь времени на устранение отказов.

Вектор оптимального распределения числа ЗПЧ  $\overline{X}_i$  является управляемой переменной, имеющей вид

$$\overline{X}_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, x_M\}, \quad (6)$$

где

$x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, x_M$  – количество ЗПЧ на каждом  $m$ -м пункте хранения, шт. ( $m = \overline{0, M}$ ).

Суммарные потери времени на снабжение территориально распределенных ЛЗМ можно представить следующей целевой функцией:

$$T_{x_i} = t_{i,j} + t1_{i,m,j} + t2_i \rightarrow \min, \quad (7)$$

где

$t_{i,j}$  – затраты времени на доставку необходимой ЗПЧ  $i$ -го наименования, находящейся непосредственно на месте эксплуатации  $j$ -й ЛЗМ, час.;

$t1_{i,m,j}$  – затраты времени на доставку необходимой ЗПЧ  $i$ -го наименования, находящейся на ближайшем пункте хранения « $m$ » до  $j$ -й ЛЗМ, у которой произошел отказ, час.;

$t2_i$  – затраты времени на доставку требуемой  $i$ -й ЗПЧ из внешнего источника, час.

В основе структуры функционирования математической модели определения количества резервируемых ЗПЧ на каждом пункте хранения « $m$ » используется дискретно-событийное имитационное моделирование, отражающее развитие модели системы во времени с использованием подхода «продвижение времени от события к событию».

Наряду с оценкой эффективности распределения ЗПЧ по потерям времени осуществляется оценка по экономической эффективности. Затраты, связанные с устранением отказа за счет ЗПЧ имеющегося резерва ( $R_1$ ) и ЗПЧ из внешнего источника ( $R_2$ ), могут быть вычислены по формулам:

$$\begin{aligned} R_1 &= S + P_1 + B + C, \\ R_2 &= S + P_1 + P_2 + B + D, \end{aligned} \quad (8)$$

где

$S$  – стоимость замены детали, руб.;

$P_1$  – стоимость простоев ЛЗМ за время замены детали и доставки ЗПЧ, ч.;

$B$  – стоимость доставки ЗПЧ, руб.;

$C$  – стоимость хранения ЗПЧ в течение времени от начала планового периода до момента ее востребования, руб.;

$P_2$  – стоимость простоев машины за время поиска ЗПЧ во внешнем источнике, руб.;

$D$  – стоимость ЗПЧ, приобретенной во внешнем источнике, руб.

Математическое ожидание (далее по тексту МО) затрат в течение одного интервала времени с номером  $j$  равно сумме:

$$R_j = \sum_{i \in x} M_i \cdot R_1 + \sum_{t=1}^T M_t \cdot R_z, \quad (9)$$

где

$M_i$  – МО числа устраненных отказов при  $i$  – м обращении;

$t$  – номер группы машин;

$M_t$  – МО числа отказов, устраняемых за счет ЗПЧ внешнего источника, в группе машин с номером  $t$  в течение  $j$ -го интервала времени.

МО суммарных затрат на весь расчетный (плановый) период вычисляется по формуле:

$$Z(K) = \sum_{j=1}^J R_j \cdot R_3 + M_n \cdot R_4, \quad (10)$$

где

$K$  – общее число ЗПЧ во всех резервах;

$J$  – число интервалов, на которые разбит расчетный период;

$R_3$  – затраты на создание резерва ЗПЧ, руб.;

$M_n$  – МО числа неиспользованных ЗПЧ;

$R_4$  – затраты, связанные с недоиспользованием одной ЗПЧ, руб.

Затраты на создание резерва из  $k$  запчастей равны:

$$R_3 = S_q \cdot \omega \cdot k, \quad (11)$$

где

$S_q$  – стоимость детали, руб.;  $\omega$  – коэффициент амортизации (плата за оборотные фонды).

Потери, связанные с недоиспользованием одной (единицы) запасной части равны:

$$R_4 = S_q \cdot \omega \cdot k_h, \quad (12)$$

где  $k_h$  – банковский коэффициент.

$$R_1 = k_n \cdot S_o \cdot q_o \cdot R_o \cdot (t_o + t_n) + R_q \cdot \frac{2 \cdot R_t}{V} + S_q \cdot K_y + R_o \cdot \frac{2 \cdot R_t}{V}, \quad (13)$$

где

$k_n$  – коэффициент начислений на заработную плату;  $S_o$  – трудоемкость замены детали, чел.-ч.;

$q_o$  – тарифная ставка оператора, производящего замену, руб./чел.-ч.;

$R_o$  – себестоимость эксплуатации одного часа ЛЗМ, руб./ч.;

$t_o$  – продолжительность устранения отказа, ч.;

$t_n$  – подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на подготовку рабочего места, ч.;

$R_q$  – себестоимость одного часа эксплуатации машины, используемой для доставки ЗПЧ, руб./ч.;

$R_t$  – расстояние между  $t$ -м лесозаготовительным предприятием и сервисным центром (СЦ), км.;

$V$  – скорость передвижения транспорта для доставки ЗПЧ, км/ч.;

$K_y$  – коэффициент, учитывающий затраты на хранение ЗПЧ;

$S_q$  – стоимость ЗПЧ, руб.

$$R_2 = k_n \cdot S_o \cdot q_o \cdot R_o \cdot (t_o + t_n) + R_o \cdot T + S_q \cdot K_q + R_q \cdot \frac{2 \cdot R}{V}, \quad (14)$$

где

$T$  – время поиска ЗПЧ во внешнем источнике, ч.;

$K_y$  – коэффициент увеличения стоимости детали при приобретении ее во внешнем источнике;

$R$  – расстояние до внешнего источника, км.

Рассмотрим пример оптимизации величины поставки и распределения запасных частей между складами завода-изготовителя (дилерского пункта) – леспромхоза (далее по тексту ЛПХ) – лесопункта (далее по тексту ЛП).

Исходные данные примера представлены в Табл. 1.

**Таблица 1.** Исходные данные и прогноз числа отказов

Номер ЛПХ	Параметр	Номер ЛП			
		1	2	3	4
1	Число машин на ЛП, шт	2	3	4	2
	МО числа отказов	0.7	1.1	1.4	0.7
	Расстояние между ЛП и СЦ ЛПХ, км	60	15	15	30
2	Число машин на ЛП, шт	5	3		
	МО числа отказов	1.8	1.1		
	Расстояние между ЛП и СЦ ЛПХ, км	55	40		
3	Число машин на ЛП, шт	2	4	3	
	МО числа отказов	0.7	1.4	1.1	
	Расстояние между ЛП и СЦ ЛПХ, км	20	30	15	

### 3. Результаты

#### 3.1. Показатели долговечности деталей форвардеров

Результаты обработки полученных результатов представлены в Табл. 2 [10].

**Таблица 2.** Показатели долговечности деталей форвардеров

Код детали по каталогу (наименование)	Показатели долговечности по зафиксированным отказам / по фактическому расходу ЗПЧ			
	Вид закона распределения	$L_{cp}^*$	$\sigma_l^*$	$V^*$
F058748 – Серьга манипулятора	Нормальный	2164	549	0.254
	Логарифмически нормальный	2314	1231	0.532
RE518088 – Топливный насос высокого давления	Вейбулла	2691	794	0.295
	Вейбулла	2972	1248	0.420
F064910 – Рукав высокого давления на поворот ротора грейфера	Нормальный	496	198	0.398
	Нормальный	568	119	0.210
F06520 – Рукав высокого давления на удлинителе манипулятора	Нормальный	903	233	0.258
	Логарифмически нормальный	998	117	0.117

\*  $L_{cp}$  – оценка среднего ресурса, моточас;  $\sigma_l$  – оценка среднеквадратического отклонения ресурса, моточас;  $V$  – оценка коэффициента вариации.

В числителе в Таб. 2 представлены исходные данные по отказам, а в знаменателе – расчетные данные показателей долговечности по фактическому расходу ЗПЧ.

В условиях исследуемых предприятий для форвардера «John Deere» 1010 наиболее соответствующим данным наблюдения законом распределения наработки между ТО является логарифмически нормальный с параметрами  $\mu = 5.514$  и  $\sigma = 0.66$ .

Данный пример исследования надежности ЛЗМ показывает необходимость организации эффективной системы снабжения запасными частями. Значительное место в техническом сервисе ЛЗМ занимает поставка и распределение запасных частей.

### 3.2. Результаты оптимизации распределения ЗПЧ

В таблице 3 представлены результаты оптимизации распределения ЗПЧ между территориально распределенными потребителями.

По результатам анализа данных полученных в ходе оптимизации распределения ЗПЧ между потребителями резерва деталей лучшим вариантом является поставка и приведенное распределение 18 деталей ЛЗМ.

**Таблица 3.** Результаты оптимизации распределения ЗПЧ между потребителями резерва деталей.

Оптимизация резерва ЗПЧ и его распределения (трехуровневая система)															
Число деталей в общем резерве	Склад 3 уровня (региональный)	Склады			Склады ЛП									МО загр., руб.	
		ЛПХ			ЛПХ1			ЛПХ2			ЛПХ3				
		1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	2	3		
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37028
2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31148
3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25281
4	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22836
5	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16686
6	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14234
7	3	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9843
8	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7331
9	5	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5282
10	6	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3713
11	7	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2615
12	8	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1919
13	8	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1651
14	9	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1307
15	8	3	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1168
16	7	3	1	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1092
17	6	2	1	3	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	1063
18	5	1	1	3	1	1	1	1	2	1	0	1	0	0	1059
19	4	1	1	3	1	2	2	1	2	1	0	1	0	0	1106

#### 4. Обсуждение и заключение

- Развитие технического сервиса зарубежных ЛЗМ в условиях РФ возможно и даже необходимо за счет расширения фирменного обслуживания и ремонта машин путем организации предприятий по ремонту техники и восстановлению отказавших деталей и узлов, разрабатывая и внедряя технологии ремонта и восстановления узлов и деталей ЛЗМ. В статье сформулированы задачи генерального и производственного менеджмента технического сервиса, основные требования к содержанию технологических инструкций по устранению отказов ЛЗМ.
- Внедрение экономически эффективной системы технической эксплуатации и системы снабжения ЗПЧ и ЭМ позволит расширить рынки сбыта ЛЗМ и получить дополнительную прибыль производителям лесных машин и снизить расходы потребителей на эксплуатацию. В статье предложены оптимизационные модели по выбору средств доставки и распределения запчастей между территориально распределенными потребителями и складами разного уровня.
- Организация и развитие менеджмента технического сервиса позволит повысить конкурентоспособность ЛЗМ путем внедрения представленных рекомендаций и сотрудничества между заводами-изготовителями ЛЗМ и научными организациями, в том числе на хоздоговорной основе.

#### Литература

1. Шиловский В.Н. Теоретические основы и стратегии организации маркетинга и менеджмента технического сервиса территориально распределенных машин и оборудования: Монография / ПетрГУ. Петрозаводск, 2001. 324 с.
2. Шиловский В.Н. Технологический менеджмент технического сервиса машин и оборудования: Учеб. пособие / В.Н. Шиловский, А.В. Питухин, Н.И. Серебрянский, А.Э. Эгипти. ПетрГУ. Петрозаводск, 2005. 232 с.
3. Шиловский В.Н. Развитие маркетинга и менеджмента технического сервиса лесозаготовительных машин: Учеб. пособие. – Петрозаводск. Изд-во ПетрГУ, 2012. 268 с.
4. Leiviska K. 2009. Process and Maintenance Management. 2<sup>nd</sup> edition. Published by Finish Paper Engineers' Association. 2009. 379 p.
5. Питухин А.В. Повышение эксплуатационной технологичности лесозаготовительных машин / А.В. Питухин, В.Н. Шиловский, Скобцов И.Г., Кяльвилайнен В.А.; ПетрГУ; Петрозаводск, изд-во Петропресс, 2012, 240 с.
6. Костюкевич В.М., Шиловский В.Н. Оценка оптимального уровня сервиса лесозаготовительных предприятий // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2010. – № 8(113). – С. 71-76.
7. Streichfuss M., Burgwinkel P. 1995. An expert-system-based machine monitoring and maintenance management system. International Journal Control Engineering Practice. Elsevier Science Publishing Company, Inc. Vol.3 Issue 7, pp. 1023-1027.

8. Heinz P. Bloch, Fred K. Geitner. 1999. Machinery component maintenance and repair. Practical Machinery Management for Process Plants. Volume 3, Second Edition. Published by Gulf Publishing Company, Houston, Texas. 1999. 599 p.
9. Komonen, K. 2002. A cost model of industrial maintenance for profitability analyses and benchmarking. International journal of Production Economics. Vol. 79, Issue 1, pp.15-31.
10. Саливоник А.В. Повышение эффективности лесозаготовительных машин путем оптимального резервирования запасных частей и материалов (на примере машин компании «John Deere»). Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Петрозаводск. ПетрГУ, 2006. – 19 с.

## References

1. Shilovsky V.N. 2001. Theoretical background and marketing and management strategy of geographically distributed machines and equipment technical service. Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia, 324 pp.
2. Shilovsky V.N., Pitukhin, A.V., Serebryanskiy N.I., A.Э. Egipti A.E. 2005. Technological management of machinery and equipment technical service. Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia, 232 pp.
3. Shilovsky V.N. 2012. The marketing and management development of forest machines technical service. Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia, 268 pp.
4. Leiviska K. 2009. Process and Maintenance Management. 2<sup>nd</sup> edition. Published by Finish Paper Engineers' Association. 2009. 379 p.
5. Pitukhin, A.V., Shilovsky V.N., Skobtsov I.G., Kilvilainen V.A. 2012. Increase maintainability forest machines. Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Publisher Petropress, Russia, 240 pp.
6. Kostyukevich V.M., Shilovsky V.N. 2010. Estimate the optimum level of service logging companies Proceedings of Petrozavodsk State University. Natural and Engineering Sciences 8(113): 71-76.
7. Streichfuss M., Burgwinkel P. 1995. An expert-system-based machine monitoring and maintenance management system. International Journal Control Engineering Practice. Elsevier Science Publishing Company, Inc. Vol.3 Issue 7, pp. 1023-1027.
8. Heinz P. Bloch, Fred K. Geitner. 1999. Machinery component maintenance and repair. Practical Machinery Management for Process Plants. Volume 3, Second Edition. Published by Gulf Publishing Company, Houston, Texas. 1999. 599 p.
9. Komonen, K. 2002. A cost model of industrial maintenance for profitability analyses and benchmarking. International journal of Production Economics. Vol. 79, Issue 1, pp.15-31.
10. Salivonic A.V. 2006.. Improving the efficiency of forest machines by optimum reserve of spare parts and materials (for example, machines «John Deere»), PhD thesis abstract, Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia, 19 pp.