

УДК 630.36.004

ВЕНИАМИН НИКОЛАЕВИЧ ШИЛОВСКИЙ

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии металлов и ремонта лесоинженерного факультета ПетрГУ

tmir@psu.karelia.ru

АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ САЛИВОНИК

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих производств лесоинженерного факультета ПетрГУ

tmir@psu.karelia.ru

ГРИГОРИЙ ЮРЬЕВИЧ ГОЛЬШТЕЙН

аспирант кафедры технологии металлов и ремонта лесоинженерного факультета ПетрГУ

tmir@psu.karelia.ru

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАРУБЕЖНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

В статье представлена методика повышения эффективности технической эксплуатации лесозаготовительных машин.

Ключевые слова: лесозаготовительная техника, эффективность, запчасти, эксплуатационные материалы, резервирование, оптимизация

Рациональное планирование потребности по номенклатуре и объему запасных частей (ЗПЧ) и эксплуатационных материалов (ЭМ), оптимизация управления их запасами требуют нового уровня научных исследований, оценки, мониторинга, совершенствования и управления системой обеспечения ЗПЧ и ЭМ лесозаготовительной техники, особенно для зарубежных лесозаготовительных машин (ЛЗМ), общее количество и доля которых в лесной отрасли неуклонно возрастают. Так, парк зарубежных ЛЗМ обеспечивает более 60 % всего объема заготавливаемой древесины в РК.

Современные зарубежные ЛЗМ (в РК свыше 50 % составляют ЛЗМ фирмы «John Deere» («Timberjack»)) обладают высокой производительностью и надежностью, но одновременно предъявляют повышенные требования к техническому обслуживанию и ремонту, требуя технического сервиса высокого уровня. При этом нормативная база при эксплуатации техники, особенно зарубежных ЛЗМ, по расходу и обеспечению ЗПЧ и ЭМ в условиях РФ устарела или полностью отсутствует, и работы по ее обновлению и созданию проводятся не в полном объеме или не осуществляются совсем [1].

С целью повышения эффективности технической эксплуатации лесозаготовительной техники, в первую очередь зарубежных ЛЗМ, и с учетом анализа современного состояния научных и практических работ по созданию, поддержанию и совершенствованию системы обеспечения техники ЗПЧ и ЭМ сформировано дерево целей и задач повышения эффективности ЛЗМ путем оптимизации резервирования и поставок запасных частей и материалов, представленное на рис. 1.

Эффективность процесса резервирования ЗПЧ и ЭМ на складе предприятия можно оценить следующей функцией затрат (общий вид):

$$H(X_i^*) = \sum_i \min\{C_{xi}\}, \quad (1)$$

где X_i^* – оптимальное число запчастей i -го наименования, соответствующих минимуму суммарных затрат на резервирование и эксплуатацию Q машин, шт.; C_{xi} – суммарные ожидаемые затраты на эксплуатацию парка из Q машин и от резервирования X деталей i -го наименования, руб.

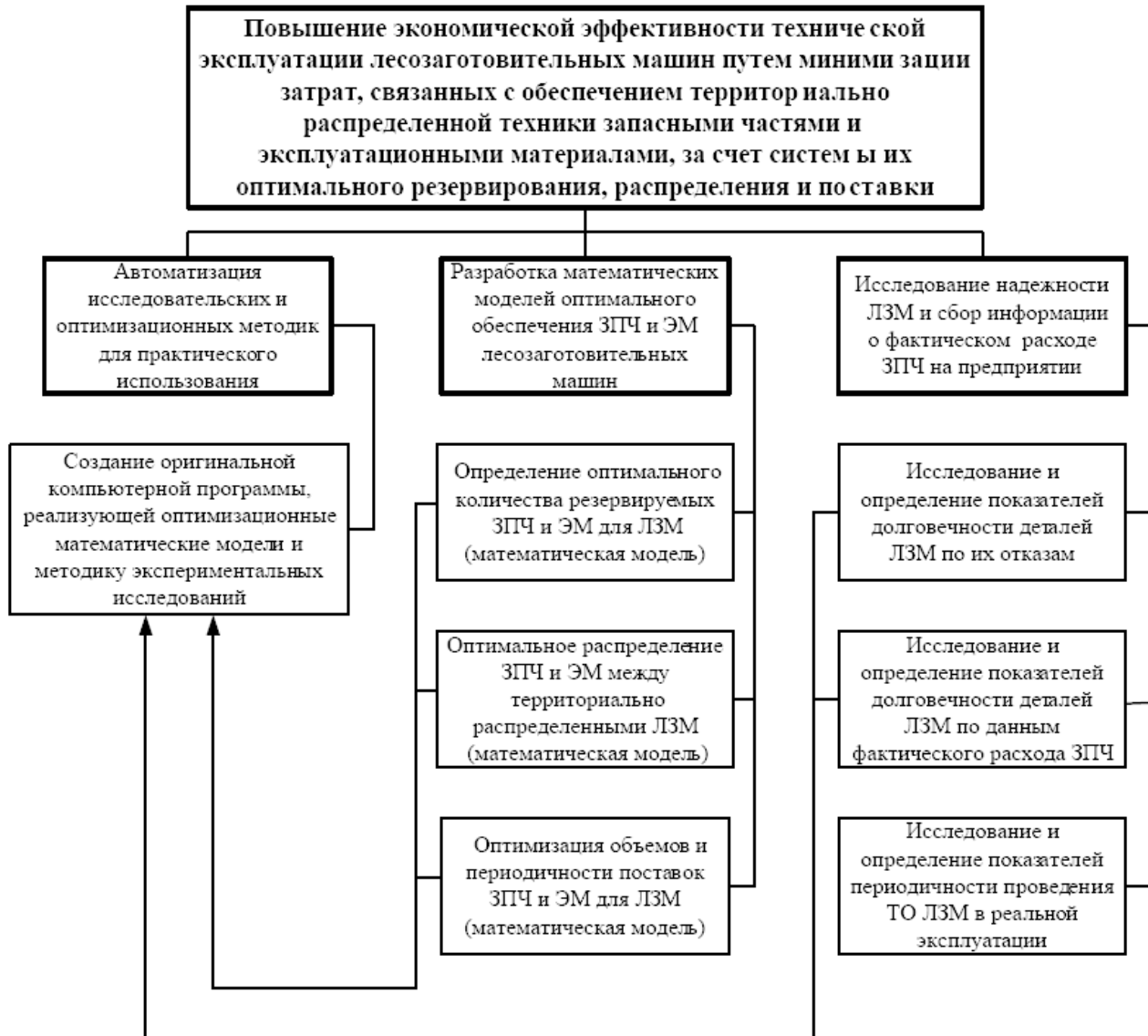


Рис. 1. Дерево целей и задач повышения экономической эффективности технической эксплуатации лесозаготовительных машин путем минимизации затрат, связанных с обеспечением ЗПЧ и ЭМ

Затраты на эксплуатацию парка из Q машин и на резервирование X деталей i -го наименования можно представить следующей целевой функцией:

$$C_{Xi} = R_{1i} + R_{2i} + D_i + S_i \rightarrow \min, \quad (2)$$

где R_{1i} – затраты на устранение отказа ЛЗМ при наличии запчасти i -го наименования на складе лесозаготовительного предприятия, руб.; R_{2i} – затраты на устранение отказа ЛЗМ при отсутствии запчасти i -го наименования на складе лесозаготовительного предприятия, руб.; D_i – экономические потери предприятия от простоя ЛЗМ при отказе детали i -го наименования, руб.; S_i – затраты предприятия на резервирование X_i деталей i -го наименования, руб.

Целевая функция (2) носит вероятностный характер, зависящий от первоначального числа зарезервированных X_i^* ЗПЧ и ЭМ, времени простоя ЛЗМ в случае отказа детали и, следовательно, экономических потерь предприятия от простоя ЛЗМ. В свою очередь, продолжительность простоев ЛЗМ зависит от наработки на отказ и наличия в резерве ЗПЧ и ЭМ, что определяет стохастический характер модели. Кроме того, на результат целевой функции оказывает влияние и период времени T , на который планируется резерв.

Промежутки времени между возникновением спроса (наработками ЛЗМ до отказа детали) на зарезервированные ЗПЧ или ЭМ являются независимыми случайными величинами,

обычно имеющими одно из распределений: нормальное, логнормальное, Вейбулла и реже экспоненциальное.

В основе структуры функционирования математической модели определения величины резерва ЗПЧ и ЭМ используется дискретно-событийное имитационное моделирование,

отражающее развитие модели системы во времени с использованием подхода «продвижения времени от события к событию».

Графическая интерпретация математической модели многономенклатурного резервирования запасных частей и эксплуатационных материалов приведена на рис. 2.

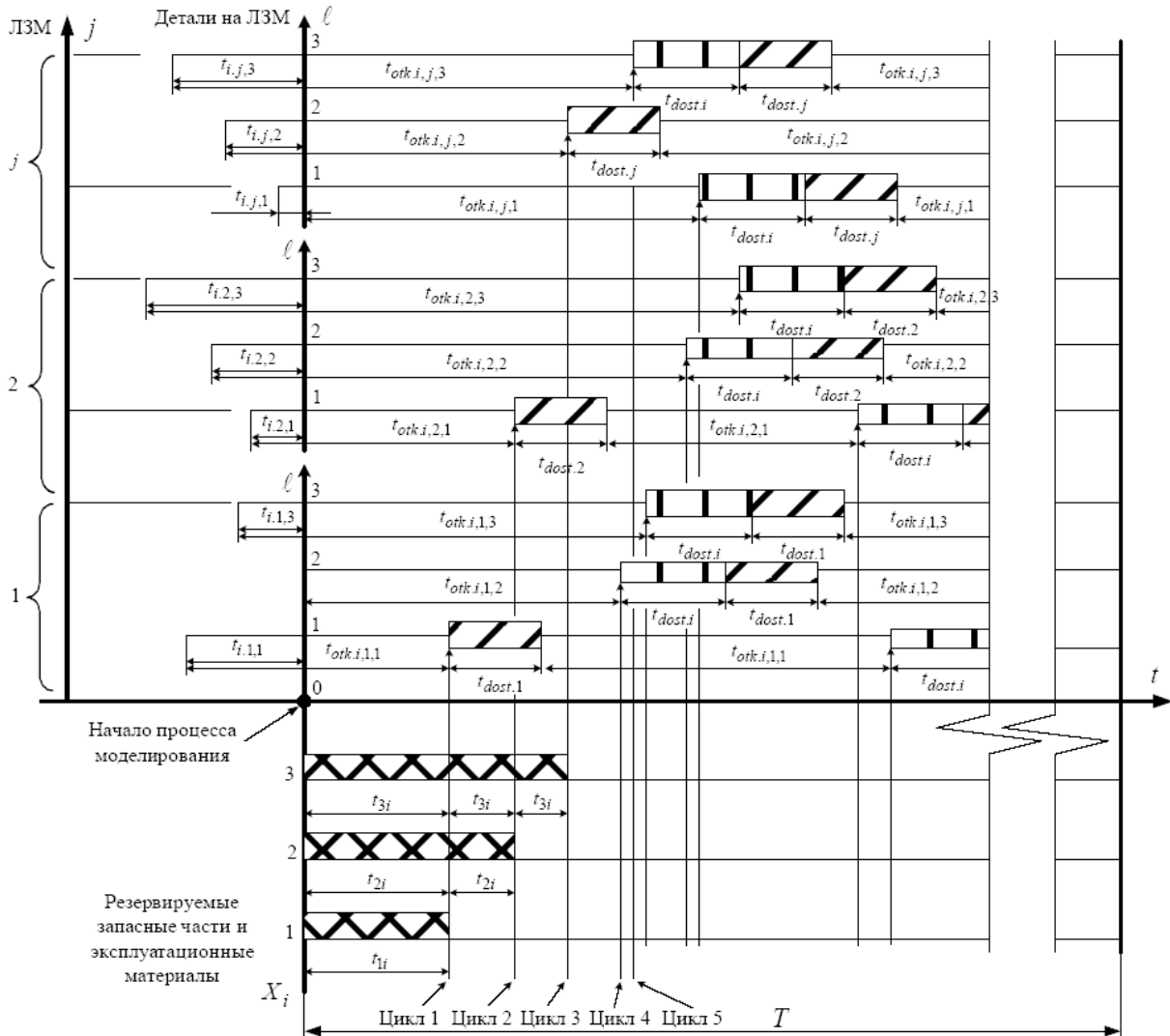


Рис. 2. Графическая интерпретация математической модели многономенклатурного резервирования ЗПЧ и ЭМ

Эффективность процесса распределения ЗПЧ по пунктам хранения можно оценить следующей функцией потерь времени при устранении отказов (общий вид):

$$T^*(\bar{X}_i) = \sum_i \min T(\bar{X}_i), \quad (3)$$

где $\bar{X}_i$ – вектор оптимального распределения количества ЗПЧ i -х наименований, соответствующих минимуму суммарных потерь времени на устранение отказов ЛЗМ.

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

$$\bar{X}_i = \{x_1, x_2, \dots, x_m, \dots, x_M\}, \quad (4)$$

где $x_1, \dots, x_m, \dots, x_M$ – количество запасных частей на каждом m -м пункте хранения, шт. ($m = 0, M$).

Суммарные потери времени на снабжение территориально распределенных ЛЗМ при возникновении отказа за счет распределенных по

пунктам хранения ЗПЧ i -го наименования можно представить следующей целевой функцией:

$$T_{xi} = t_{i,j} + t_{1,m,j} + t_{2i} \rightarrow \min, \quad (5)$$

где $t_{i,j}$ – затраты времени на доставку необходимой ЗПЧ i -го наименования, находящейся непосредственно на месте эксплуатации j -й ЛЗМ, час; $t_{1,m,j}$ – затраты времени на доставку необходимой ЗПЧ i -го наименования, находящейся

на ближайшем пункте хранения m , до j -й ЛЗМ, у которой произошел отказ, час; t_{2i} – 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 «продвижения времени от события к событию».

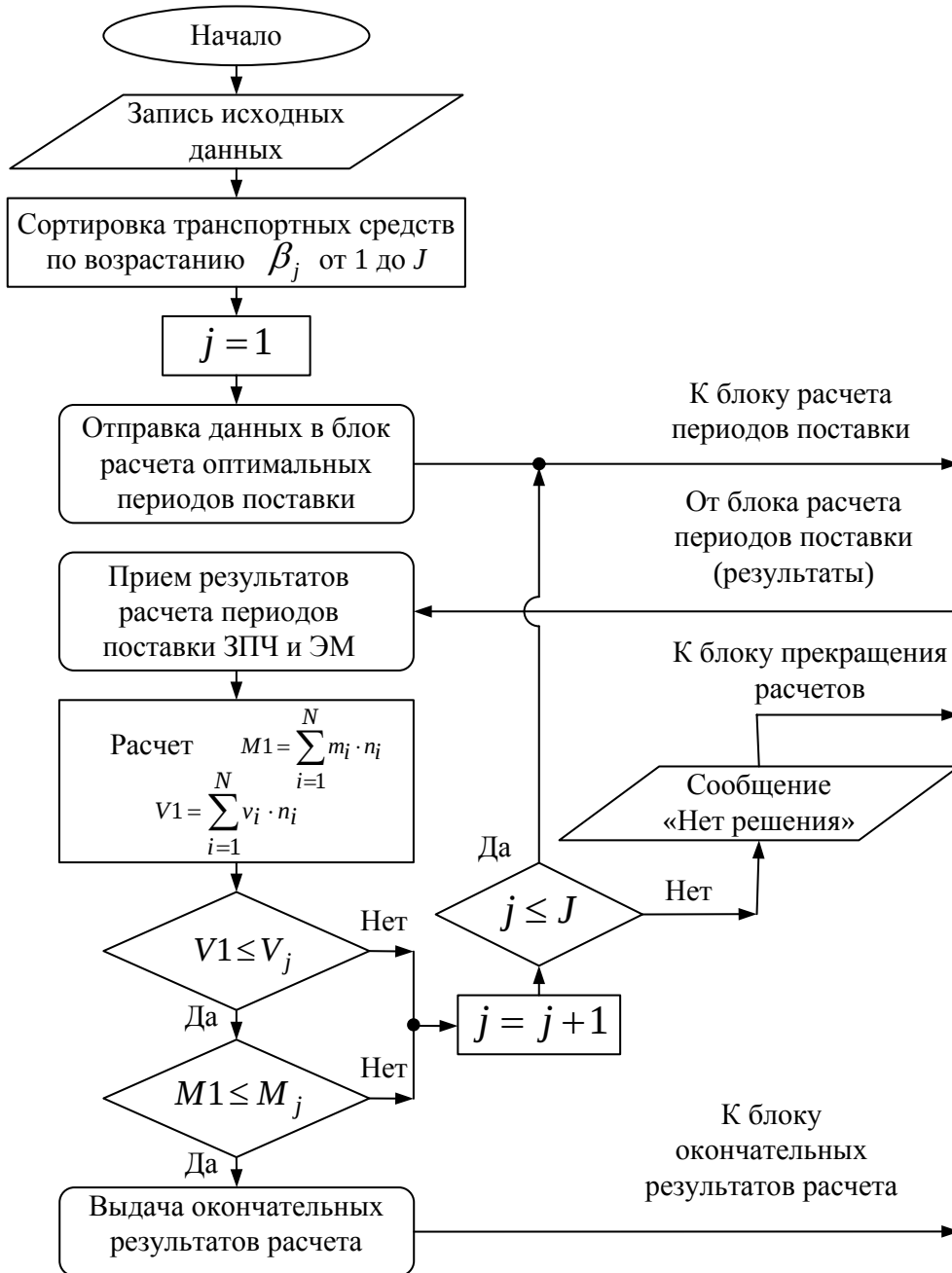


Рис. 3. Алгоритм поиска оптимального транспортного средства для доставки многономенклатурного комплекта ЗПЧ и ЭМ

Применение имитационного моделирования исключает возможность аналитического решения задачи классическими методами дифференциального и вариационного исчисления. Следует заметить, что целевая функция (3) может иметь множество экстремумов и вектор управляемых переменных может принимать только дискретные значения. При возможности существования множества экстремумов существует необходимость поиска глобального экстремума, который реализуется методом случайного поиска.

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

$$L = \frac{1}{2} \cdot T \cdot \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot s_i \cdot k_i + \frac{g \cdot \beta_j}{T} \left(\gamma \cdot \sum_{i=1}^N \frac{1}{k_i} + 1 \right) \rightarrow \min, \quad (6)$$

где L – суммарные затраты в единицу времени на обеспечение снабжения лесозаготовительного предприятия многономенклатурным резервом ЗПЧ и ЭМ по системе кратных периодов, руб.; T – периодичность осуществления поставок, мес.; n – число одновременно поставляемых от поставщика ЗПЧ и ЭМ i -го наименования ($n = 1, N$); μ_i – средний спрос за месяц, шт./мес.; s_i – цена хранения в течение месяца, руб./мес.; k_i – кратность включения в комплект поставки ЗПЧ или ЭМ i -го наименования ($k = 1, 2, \dots$); g – стоимость поставки ЗПЧ и ЭМ (постоянная составляющая затрат на организацию поставки), руб.; γ – коэффициент увеличения стоимости поставки ЗПЧ и ЭМ в зависимости от их числа при поставке, шт.⁻¹; β_j – доля дополнительных затрат при поставке ЗПЧ и ЭМ в зависимости от используемого j -го вида транспортного средства доставки ($j = 1, J$). При решении задачи необходимо определить оптимальный период поставки T и произвести распределение всех наименований ЗПЧ и ЭМ на множество групп поставок n , чтобы

сумма затрат на обеспечение снабжения L была минимальной.

Средний спрос (потребность) на ЗПЧ или ЭМ i -го наименования μ_i определяется по статистическим данным наблюдений или по результатам расчетов математической модели многономенклатурного резервирования ЗПЧ и ЭМ.

Количество ЗПЧ или ЭМ при каждой поставке рассчитывается после определения оптимальных периодов поставки многономенклатурных комплектов ЗПЧ и ЭМ по следующему выражению:

$$n_i = \mu_i \cdot T_i, \quad (7)$$

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:

$$\sum_{i=1}^N m_i \cdot n_i \leq M_j, \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^N v_i \cdot n_i \leq V_j, \quad (9)$$

где m_i – вес i -го наименования ЗПЧ или ЭМ, кг; M_j – грузоподъемность j -го транспортного средства, используемого для поставок, кг; v_i – физический объем i -го наименования ЗПЧ или ЭМ, м³; V_j – вместимость j -го транспортного средства, используемого для поставок, м³.

Согласно условиям (8) и (9), необходимо выбрать из имеющегося парка транспортное средство с конкретными характеристиками M_j , V_j и β_j .

Графическая схема алгоритма выбора оптимального транспортного средства доставки приведена на рис. 3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шиловский В. Н., Гольштейн Г. Ю., Саливоник А. В. К вопросу управления эксплуатационной эффективностью лесозаготовительных машин // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2002. № 1 (март). С. 114–116.