

# МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ МАШИН ДЛЯ СКВОЗНЫХ ПРОЦЕССОВ ЗАГОТОВКИ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Щеголева Людмила Владимировна

диссертация на соискание ученой степени  
доктора технических наук

по специальностям:

05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок  
и лесного хозяйства;

05.13.18 – Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ

## Цель исследований

Обоснование оптимальных комплектов систем машин и режимов их работы, повышающих эффективность сквозных процессов заготовки, транспортировки и переработки круглых лесоматериалов в рамках территориально распределенных лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий лесопромышленного региона, увязывающих сезонность проведения лесосечных работ, вариантность направлений использования круглых лесоматериалов и транспортную инфраструктуру

# Структура разработанных методик

## Методики

Математические модели

Программный комплекс

Формирование технологических цепочек

Базы данных

Электронные карты

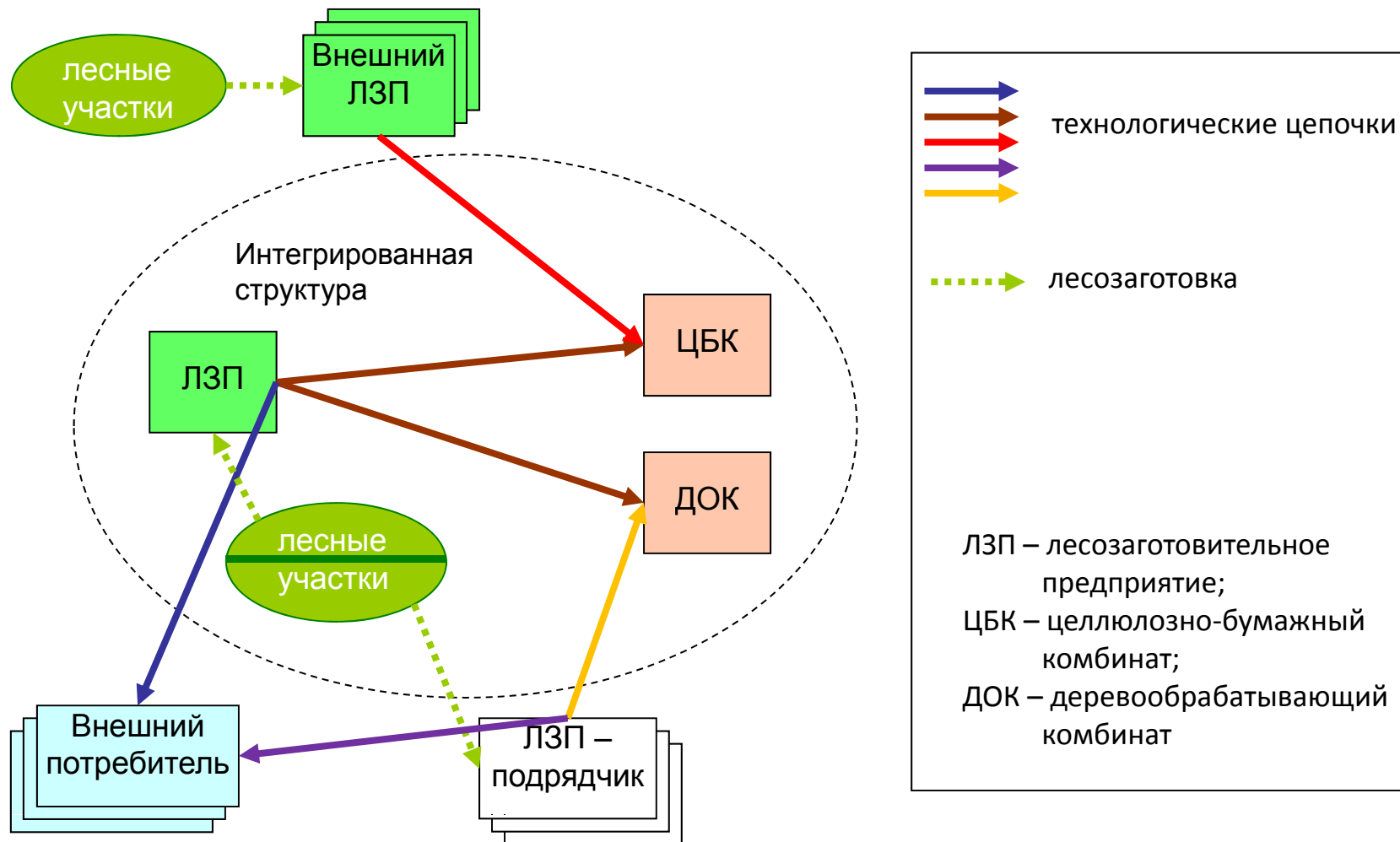
Выбор комплектов систем машин и режимов их работы

Комплектование маршрутов

Для лесосечных работ

Для производства топливной щепы

# Технологические цепочки для интегрированной структуры предприятий



# Обозначения в модели

- U – количество различных систем машин и оборудования
- N – количество участков заготовки ЛЗП
- M – количество перерабатывающих производств
- K – количество видов лесоматериалов
- $K_j$  – множество видов лесоматериалов, которые необходимо поставить на перерабатывающее предприятие  $j$
- S1 – количество внешних покупателей
- S2 – количество внешних поставщиков
- $C1_{ijk}$  – затраты на перевозку  $k$ -го вида лесоматериалов от участка  $i$  до перерабатывающего производства  $j$  (руб./ м<sup>3</sup>)
- $C2_{isk}$  – затраты на перевозку  $k$ -го вида лесоматериалов от участка  $i$  до покупателя  $s$  (руб./ м<sup>3</sup>)
- $C3_{sjk}$  – затраты на перевозку  $k$ -го вида лесоматериалов от поставщика  $s$  до перерабатывающего производства  $j$  (руб./ м<sup>3</sup>)
- $C5_u$  – затраты на обслуживание системы машин  $u$  зимой (руб./м<sup>3</sup>)
- $C6_u$  – затраты на обслуживание системы машин  $u$  летом (руб./м<sup>3</sup>)
- $G1_u$  – производительность системы машин  $u$  зимой (м<sup>3</sup>/день)
- $G2_u$  – производительность системы машин  $u$  летом (м<sup>3</sup>/день)
- $P1_{jk}$  – цена закупки  $k$ -го вида лесоматериалов перерабатывающим производством  $j$  (руб./ м<sup>3</sup>)
- $P2_{sk}$  – цена закупки  $k$ -го вида лесоматериалов покупателем  $s$  (руб./ м<sup>3</sup>)
- $P3_{sk}$  – цена закупки  $k$ -го вида лесоматериалов у внешнего поставщика  $s$  (руб./ м<sup>3</sup>)
- $P4_k$  – цена продажи  $k$ -го вида лесоматериалов подрядчику (руб./ м<sup>3</sup>)
- $P5_k$  – цена покупки  $k$ -го вида лесоматериалов у подрядчика (руб./ м<sup>3</sup>)

# Обозначения в модели

- $P6_u$  – стоимость приобретения системы машин и оборудования  $u$  (руб.)
- $P7_u^t$  – сумма выплат по кредиту системы машин и оборудования  $u$  в год  $t$  (руб.)
- $P8_u^t$  – сумма лизингового платежа системы машин и оборудования  $u$  в год  $t$  (руб.)
- $R_u$  – количество имеющихся на предприятии систем машин и оборудования  $u$
- $V_{ik}^t$  – запас  $k$ -го вида лесоматериалов на участке  $i$  в год  $t$  (м<sup>3</sup>)
- $F_{jk}^t$  – объем поставки  $k$ -го вида лесоматериалов на перерабатывающее производство  $j$  в год  $t$  (м<sup>3</sup>)
- $E_{sk}^t$  – максимальный объем покупки  $k$ -го вида лесоматериалов у внешнего поставщика  $s$  в год  $t$  (м<sup>3</sup>)
- $A_{ik}^t$  – процент покупки  $k$ -го вида лесоматериалов у подрядчика на участке  $i$  в год  $t$  (%)
- $T$  – период дисконтирования (год)
- $T1$  – продолжительность зимнего сезона (дни)**
- $T2$  – продолжительность летнего сезона (дни)
- $D1$  – минимальный объем лесосечных работ для зимнего сезона (%)
- $D2$  – максимальный объем лесосечных работ для зимнего сезона (%)
- $\alpha 1^t$  – коэффициент дисконтирования в год  $t$  для стоимости лесоматериалов
- $\alpha 2^t$  – коэффициент дисконтирования в год  $t$  для затрат на лесозаготовку
- $\alpha 3^t$  – коэффициент дисконтирования в год  $t$  для выплат по кредиту
- $\alpha 4^t$  – коэффициент дисконтирования в год  $t$  для выплат по лизингу
- $\alpha 5^t$  – коэффициент дисконтирования в год  $t$  для выплат по аренде

# Переменные

- $Y1_u$  – количество приобретенных систем машин  $u$  за счет собственных средств
- $Y2_u$  – количество приобретенных систем машин  $u$  в кредит
- $Y3_u$  – количество приобретенных систем машин  $u$  при лизинге
- $X11_{ijk}^t$  – объем  $k$ -го вида лесоматериалов, заготавливаемый самостоятельно и реализуемый производству  $j$  с участка  $i$  в зимний период в год  $t$  ( $m^3$ )
- $X12_{ijk}^t$  – объем  $k$ -го вида лесоматериалов, заготавливаемый самостоятельно и реализуемый производству  $j$  с участка  $i$  в летний период в год  $t$  ( $m^3$ )
- $X21_{isk}^t$  – объем  $k$ -го вида лесоматериалов, заготавливаемый самостоятельно и реализуемый покупателю  $s$  с участка  $i$  в зимний период в год  $t$  ( $m^3$ )
- $X22_{isk}^t$  – объем  $k$ -го вида лесоматериалов, заготавливаемый самостоятельно и реализуемый покупателю  $s$  с участка  $i$  в летний период в год  $t$  ( $m^3$ )
- $X3_{sjk}^t$  – объем  $k$ -го вида лесоматериалов, покупаемый у внешнего поставщика  $s$  для перерабатывающего производства  $j$  в год  $t$  ( $m^3$ )
- $X4_{ik}^t$  – объем  $k$ -го вида лесоматериалов, реализуемый подрядчику с участка  $i$  в год  $t$  ( $m^3$ )
- $X5_{ijk}^t$  – объем  $k$ -го вида лесоматериалов с участка  $i$ , покупаемый у подрядчика для перерабатывающего производства  $j$  в год  $t$  ( $m^3$ )
- $Z^t$  – процент от лесного фонда для самостоятельного освоения в год  $t$  (%)
- $W^t$  – процент от лесного фонда для освоения в зимний период года  $t$  (%)
- $\beta 1_u^t$  – количество дней работы систем машин  $u$  в зимний период в год  $t$
- $\beta 2_u^t$  – количество дней работы систем машин  $u$  в летний период в год  $t$

# Ограничения

$$\sum_{i=1}^N X11_{ijk}^t + \sum_{i=1}^N X12_{ijk}^t + \sum_{s=1}^{S2} X3_{sjk}^t + \sum_{i=1}^N X5_{ijk}^t \geq F_{jk}^t$$

выполнение обязательств по поставкам сырья

$$\sum_{j=1}^M X11_{ijk}^t + \sum_{j=1}^M X12_{ijk}^t + \sum_{s=1}^{S1} X21_{isk}^t + \sum_{s=1}^{S1} X22_{isk}^t + X4_{ik}^t \leq B_{ik}^t$$

запасы лесоматериалов

$$\sum_{j=1}^M X3_{sjk}^t \leq E_{sk}^t$$

привлечение внешних поставщиков лесоматериалов

$$\sum_{j=1}^M X11_{ijk}^t + \sum_{j=1}^M X12_{ijk}^t + \sum_{s=1}^{S1} X21_{isk}^t + \sum_{s=1}^{S1} X22_{isk}^t \leq Z_i^t \cdot B_{ik}^t$$

привлечение организаций-подрядчиков

$$\sum_{j=1}^M X5_{ijk}^t \leq A_{ik}^t \cdot X4_{ik}^t \quad Z_i^t \leq 1$$

$$\sum_{u=1}^U (R_u + Y1_u + Y2_u + Y3_u) \cdot G1_u \cdot \beta1_u^t \geq \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K X11_{ijk}^t + \sum_{i=1}^N \sum_{s=1}^{S1} \sum_{k=1}^K X21_{isk}^t$$

учет сезонности заготовок

$$\sum_{u=1}^U (R_u + Y1_u + Y2_u + Y3_u) \cdot G2_u \cdot \beta2_u^t \geq \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K X12_{ijk}^t + \sum_{i=1}^N \sum_{s=1}^{S1} \sum_{k=1}^K X22_{isk}^t$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K X11_{ijk}^t + \sum_{i=1}^N \sum_{s=1}^{S1} \sum_{k=1}^K X21_{isk}^t \leq W^t \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K Z_i^t \cdot B_{ik}^t$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K X12_{ijk}^t + \sum_{i=1}^N \sum_{s=1}^{S1} \sum_{k=1}^K X22_{isk}^t \leq (1 - W^t) \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K Z_i^t \cdot B_{ik}^t$$

$$0 \leq D1 \leq W^t \leq D2 \leq 1$$

$$\beta1_u^t \leq T1 \quad \beta2_u^t \leq T2 \quad Y1_u, Y2_u, Y3_u \text{ принимают целые значения}$$

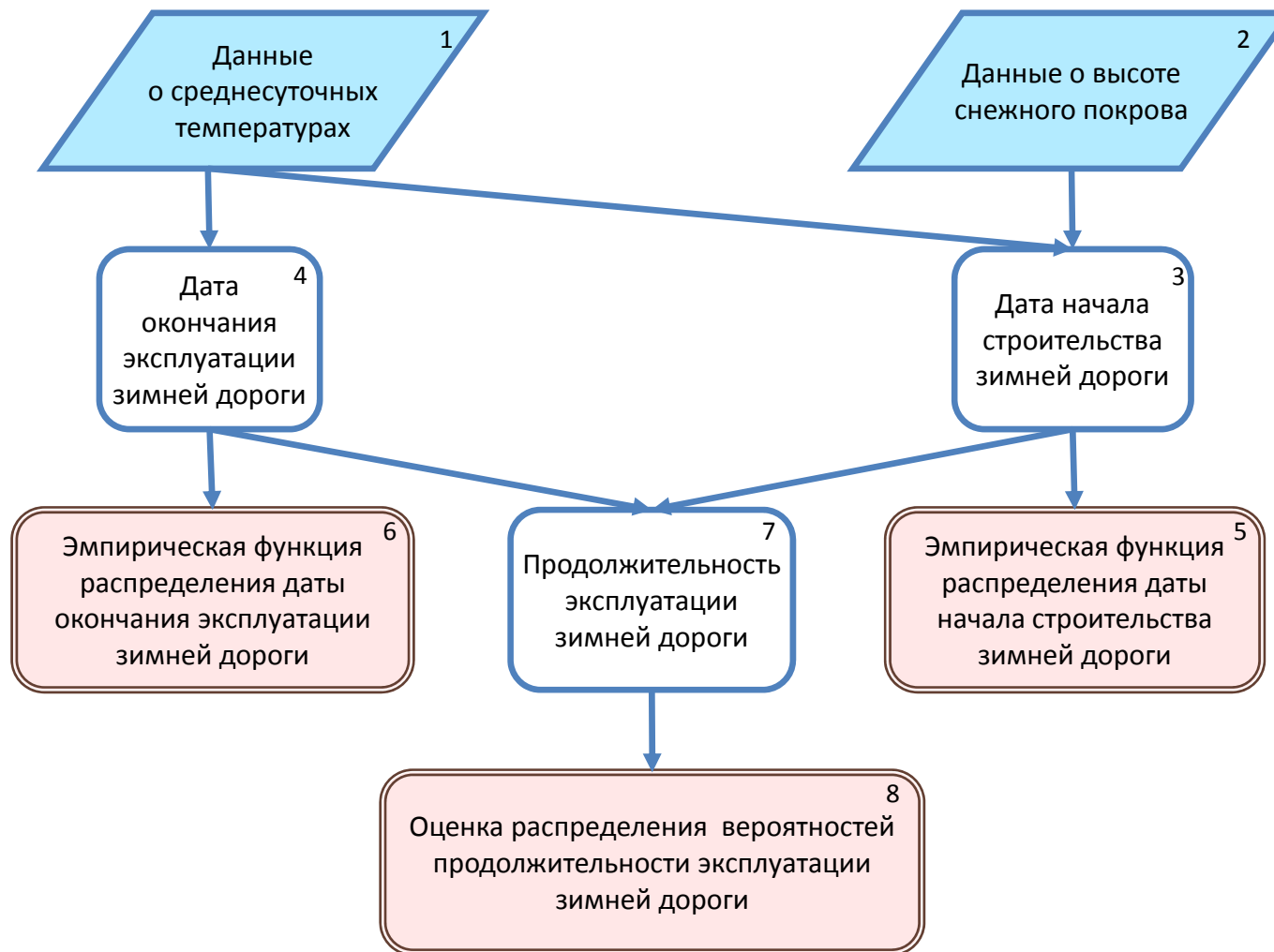


# Целевая функция

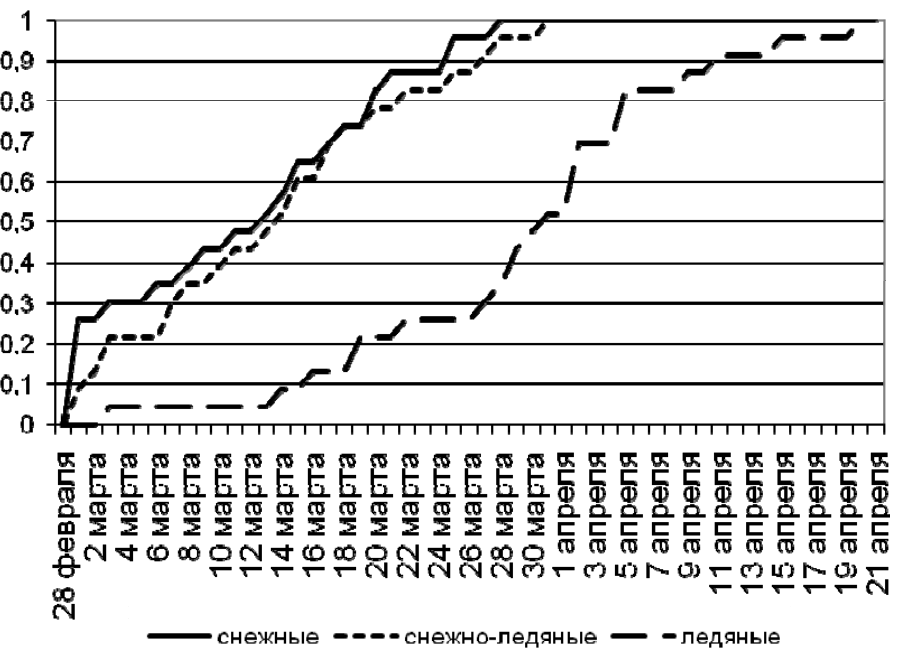
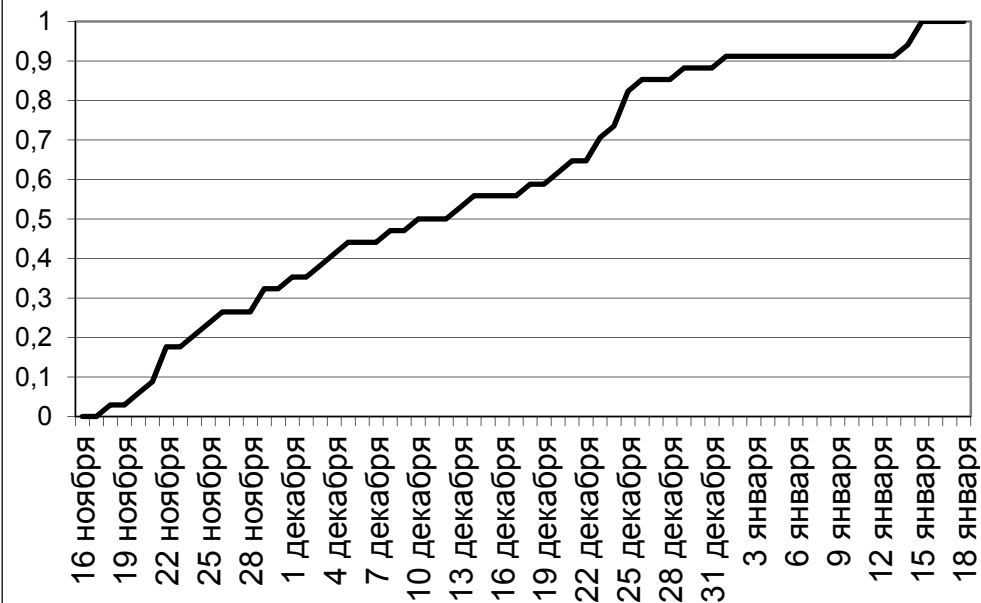
$$\begin{aligned}
 & \sum_{t=1}^T \alpha 1^t \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K (P1_{jk} - C1_{ijk}) \cdot (X11_{ijk}^t + X12_{ijk}^t) + \\
 & + \sum_{t=1}^T \alpha 1^t \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{s=1}^{S1} \sum_{k=1}^K (P2_{sk} - C2_{isk}) \cdot (X21_{isk}^t + X22_{isk}^t) + \\
 & + \sum_{t=1}^T \alpha 1^t \cdot \sum_{s=1}^{S2} \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K (-P3_{sk} - C3_{sjk}) \cdot X3_{sjk}^t + \\
 & + \sum_{t=1}^T \alpha 5^t \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K P4_k \cdot X4_{ik}^t + \sum_{t=1}^T \alpha 5^t \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K (-P5_k - C1_{ijk}) \cdot X5_{ijk}^t - \\
 & - \sum_{t=1}^T \alpha 2^t \cdot \left( \sum_{u=1}^U G1_u \cdot \beta 1_u^t \cdot C5_u \cdot (R_u + Y1_u + Y2_u + Y3_u) \right) - \\
 & - \sum_{t=1}^T \alpha 2^t \cdot \left( \sum_{u=1}^U G2_u \cdot \beta 2_u^t \cdot C6_u \cdot (R_u + Y1_u + Y2_u + Y3_u) \right) - \\
 & - \sum_{u=1}^U P6_u \cdot Y1_u - \sum_{t=1}^T \left( \alpha 3^t \cdot \sum_{u=1}^U P7_u^t \cdot Y2_u \right) - \sum_{t=1}^T \left( \alpha 4^t \cdot \sum_{u=1}^U P8_u^t \cdot Y3_u \right) \rightarrow \max
 \end{aligned}$$

ЧИСТЫЙ ДИСКОНТИРОВАННЫЙ ДОХОД

# Методика оценки продолжительности зимнего сезона

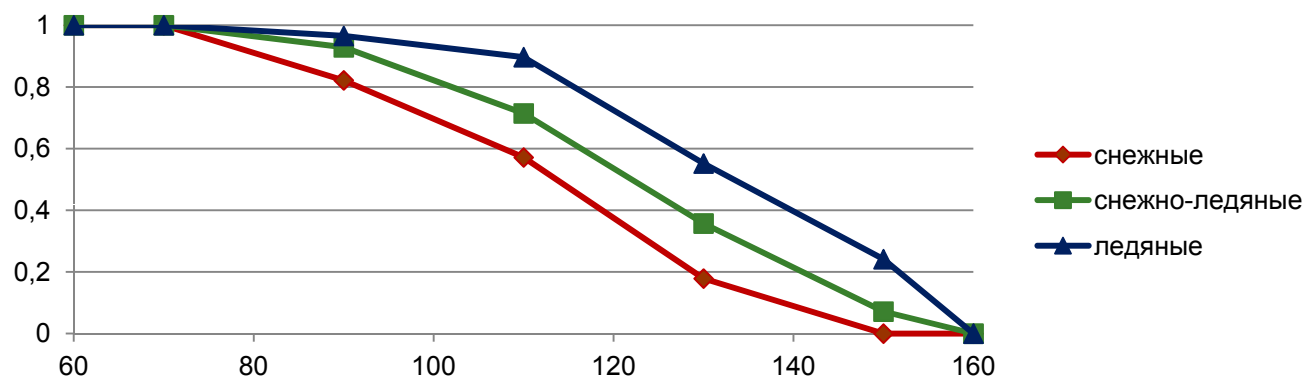


# Эмпирические функции распределения даты начала и даты окончания эксплуатации зимних дорог



# Оценки распределения вероятностей количества дней вывозки

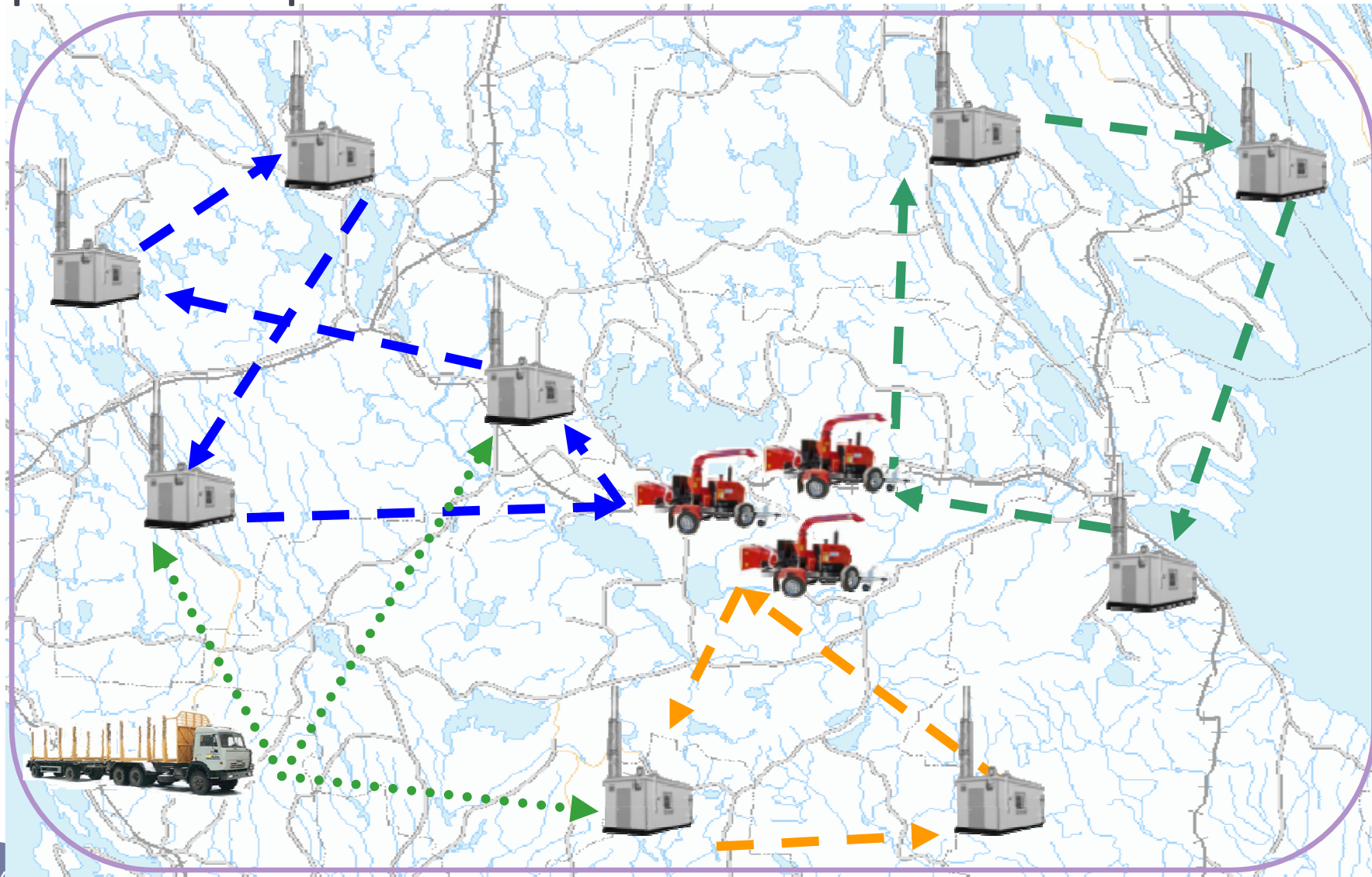
Тип покрытия зимней дороги	Количество дней				
	70	90	110	130	150
Снежное	0,18	0,25	0,39	0,18	0,00
Снежно-ледяное	0,07	0,21	0,36	0,29	0,07
Ледяное	0,03	0,07	0,34	0,32	0,24



# Методика оптимального выбора систем машин и режимов их работы для сквозных технологических процессов

- Построение оценок продолжительности эксплуатации зимних дорог
- Выбор степени риска, выбор типа зимней дороги и расчет значений параметров модели T1 и T2
- Выбор рассматриваемых систем машин и оборудования, выбор форм их приобретения, расчет сумм выплат
- Формирование списка возможных внешних поставщиков лесоматериалов
- Формирование списка возможных внешних покупателей лесоматериалов
- Расчет значений остальных параметров модели
- Решение оптимизационной задачи выбора систем машин и режимов
  - количество систем машин и оборудования и режимы их работы
  - технологические цепочки и объемы грузопотоков
- Решение оптимизационной задачи выбора маршрутов

# Задача определения оптимального количества и режимов работы мобильных машин

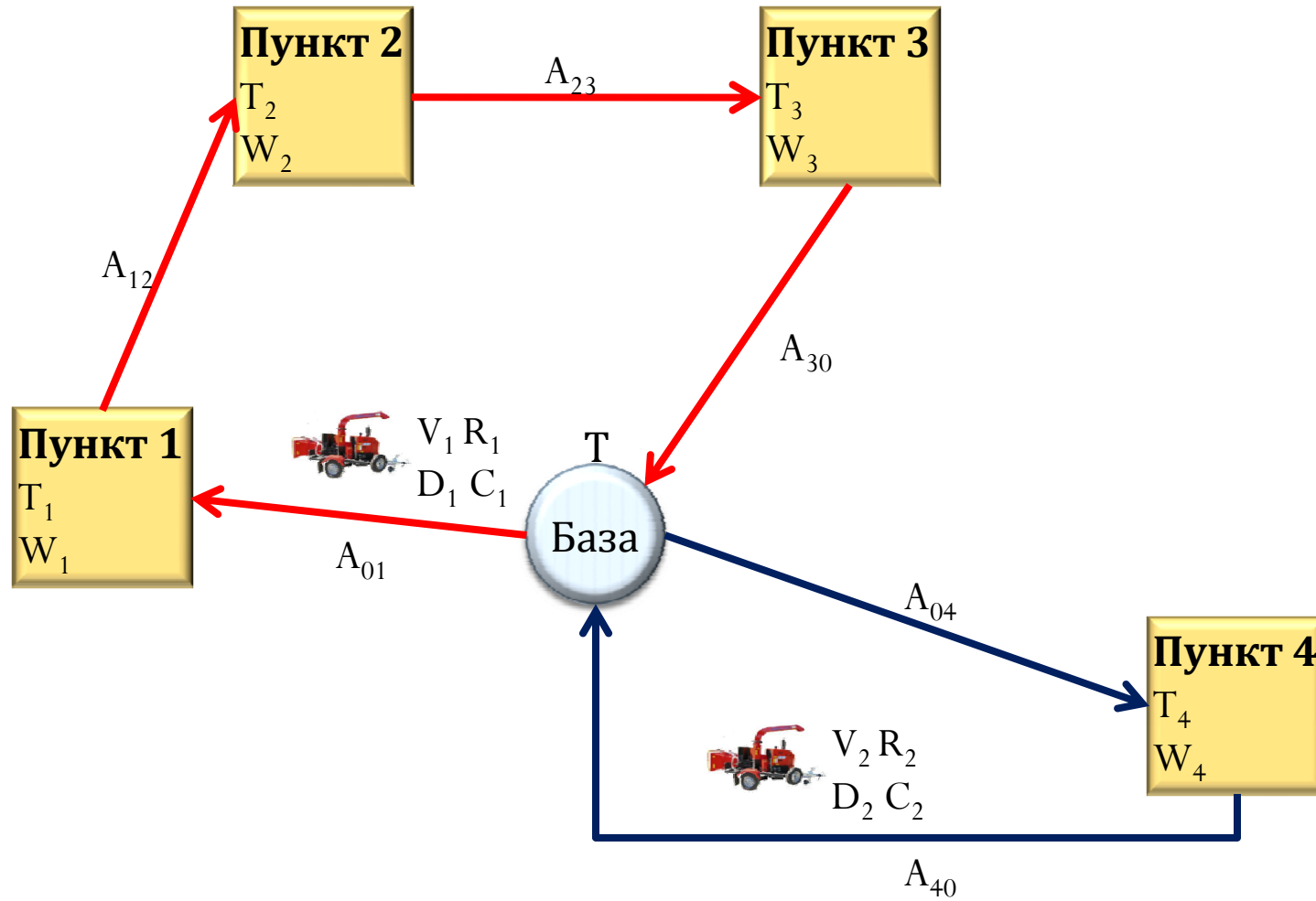


# Обобщение задачи определения режимов работы мобильных машин – задача маршрутизации

расширения задачи маршрутизации с временными окнами и одной базой

- модель без повторных посещений
- модель с одним дважды посещаемым пунктом

# Модель без повторных посещений

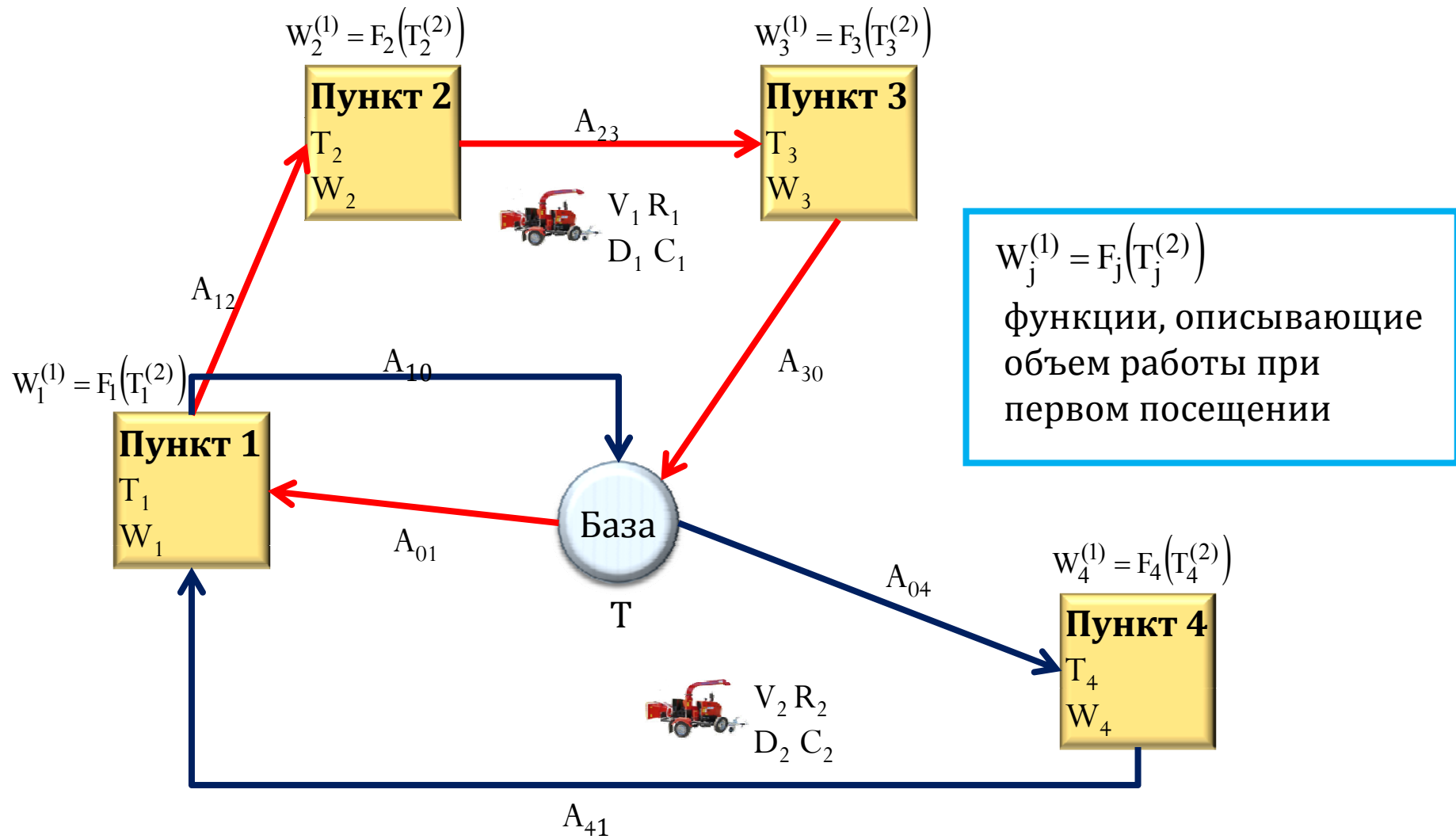




## Особенности задачи маршрутизации – модель без повторных посещений

- время, затрачиваемое на выполнение работы, зависит от производительности машины
- время, затрачиваемое на перемещение машины, зависит от скорости движения машины
- затраты на перемещение и выполнение работы зависят от технических характеристик машины
- целевая функция минимизирует затраты на перемещение машины и на выполнение работы в каждом пункте

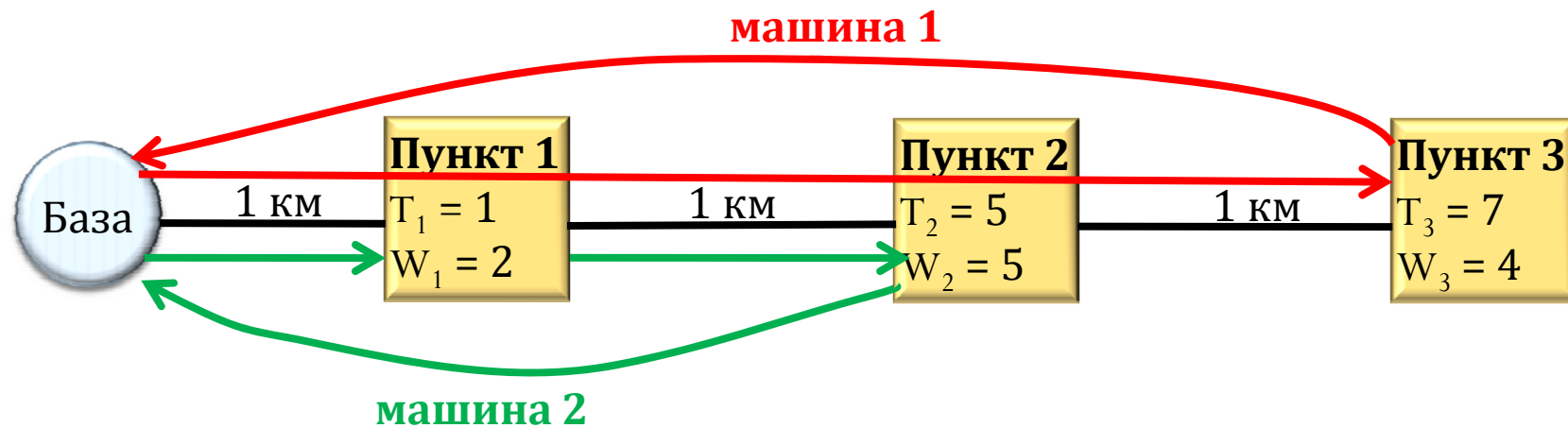
# Модель с одним дважды посещаемым пунктом



## Особенности задачи маршрутизации – модель с одним дважды посещаемым пунктом

- время, затрачиваемое на выполнение работы, зависит от производительности машины
- время, затрачиваемое на перемещение машины, зависит от скорости движения машины
- затраты на перемещение и выполнение работы зависят от технических характеристик машины
- целевая функция минимизирует затраты на перемещение машины и на выполнение работы в каждом пункте
- время второго прибытия в пункт должно быть согласовано с объемом работы, выполненным при первом посещении

# Пример – решение задачи без повторных посещений



Затраты – 20,3 руб.

$T = 14$  часов

$V_1 = V_2 = 1$  км/час

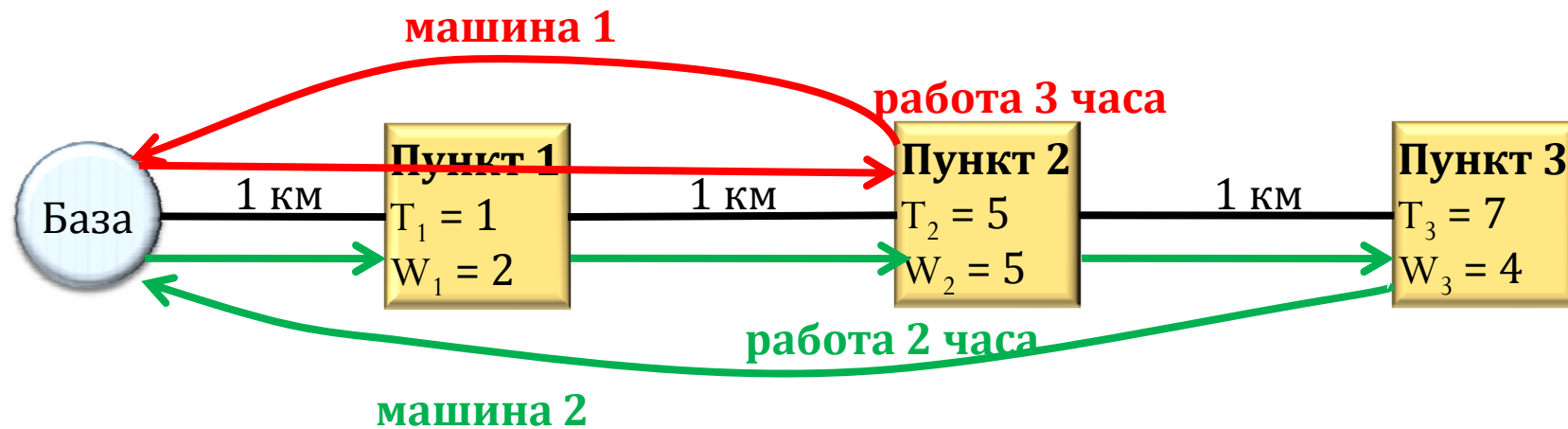
$R_1 = R_2 = 1$  л/час

$D_1 = D_2 = 1$  руб./км

$C_1 = 1$  руб.

$C_2 = 0,9$  руб.

# Пример – решение задачи с одним дважды посещаемым пунктом



Затраты – 20,2 руб.

$T = 14$  часов  
 $V_1 = V_2 = 1$  км/час  
 $R_1 = R_2 = 1$  л/час  
 $D_1 = D_2 = 1$  руб./км  
 $C_1 = 1$  руб.  
 $C_2 = 0,9$  руб.

# Переменные в модели задачи без повторных посещений

$P$  – разбиение множества пунктов  $M$  на подмножества  $P_k$ :

$$\bigcup_{k=1}^n P_k = M \quad P_k \cap P_r = \emptyset$$

$z^k = (i_1^k, i_2^k, \dots, i_{m_k}^k)$  – перестановка элементов множества  $P_k$

$t_j$  – момент прибытия машины в пункт  $j$  (целые и неотрицательные)

# Ограничения и целевая функция модели задачи без повторных посещений

$$0 \leq t_j \leq T_j \quad (1)$$

$$t_{i_1^k} \geq \frac{A_{0i_1^k}}{V_k} \quad (2)$$

$$t_{i_j^k} + \frac{W_{i_j^k}}{R_k} + \frac{A_{i_j^k i_{j+1}^k}}{V_k} \leq t_{i_{j+1}^k} \quad (3)$$

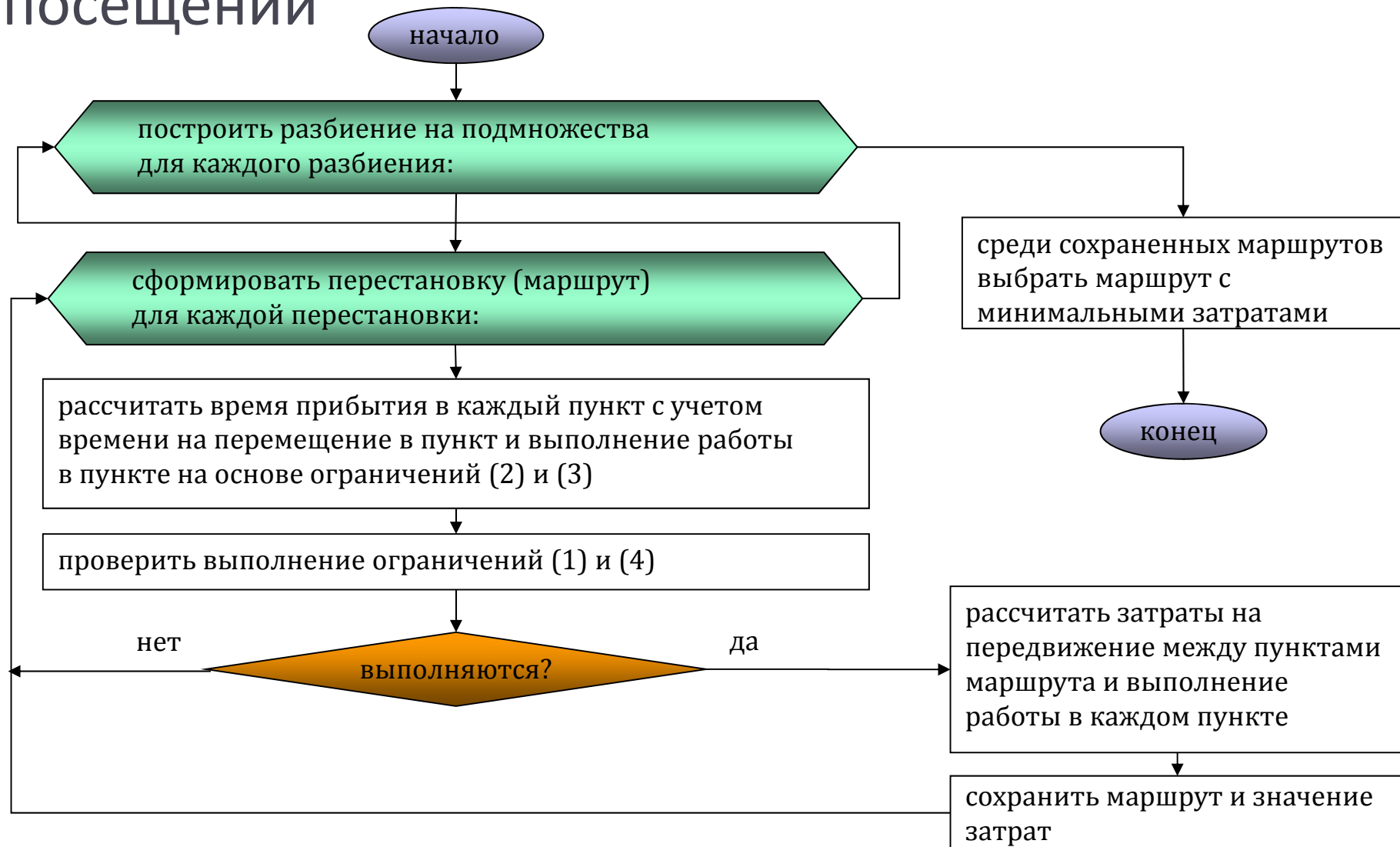
$$t_{i_{m_k}^k} + \frac{T_c \cdot W_{i_{m_k}^k}}{R_k} + \frac{A_{i_{m_k}^k 0}}{V_k} \leq T \quad (4)$$

ограничения на время прибытия в каждый пункт

$$\sum_{k=1}^n A_{0i_1^k} \cdot D_k + \sum_{k=1}^n A_{i_{m_k}^k 0} \cdot D_k + \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^{m_k-1} A_{i_j^k i_{j+1}^k} \cdot D_k + \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^{m_k} W_{i_j^k} \cdot C_k \rightarrow \min$$

минимизация затрат на перемещение между пунктами и выполнение работы в каждом пункте

# Алгоритм решения задачи без повторных посещений





# Метод решения задачи без повторных посещений

**СЛОЖНОСТЬ:**

$$B(m, n) = \sum_{i=0}^m \left( C_m^i \cdot i! \cdot B(m-i, n-1) \right)$$

$$B(m, 1) = m!$$

$$B(m, 2) = (m+1)!$$

$$B(m, 3) = (m+1)! \cdot \left( 1 + \frac{m}{2} \right)$$

## Сокращение числа вариантов перебора

- если в разбиении  $P_s$  ни одна перестановка  $P_{sk} = \{ i_1^{sk}, i_2^{sk}, \dots, i_{m_{sk}}^{sk} \}$  не удовлетворяет ограничениям (1) и (4), то разбиения  $P_{sk} \cup \{ i_1, i_2, \dots, i_q \}$ ,  $i_j \in M \setminus \{ i_1^{sk}, i_2^{sk}, \dots, i_{m_{sk}}^{sk} \}$ ,  $q = 1, \dots, (m - m_{sk})$  не рассматриваются.
- если в разбиении  $P_s$  для перестановки  $P_{sk} = \{ i_1^{sk}, i_2^{sk}, \dots, i_{m_{sk}}^{sk} \}$  для пункта  $i_j^{sk}$  не выполняется условие (4), то перестановки  $P_{sk} = \{ i_1^{sk}, i_2^{sk}, \dots, i_j^{sk}, < \text{перестановка} > \}$  не рассматриваются.

## Эвристические методы решения

- Упорядочение по времени самого позднего прибытия в пункт
- Перестановка соседних пунктов

## Переменные в модели задачи с одним дважды посещаемым пунктом

$P$  – разбиение множества пунктов на подмножества  $P_k$ :

$$\bigcup_{k=1}^n P_k = M; \quad \exists j \in M : \exists P_k, P_r : P_k \cap P_r = \{j\}; \quad P_k \cap P_r = \emptyset$$

$z^k = (i_1^k, i_2^k, \dots, i_{m_k}^k)$  – перестановка элементов множества  $P_k$

$t_j$  – момент прибытия машины в пункт  $j$

$$W_j^{(1)} = F(T_j^{(2)}) \quad (5)$$

# Алгоритм решения задачи с одним дважды посещаемым пунктом



# Результаты экспериментов

время работы программы (часы : минуты : секунды)

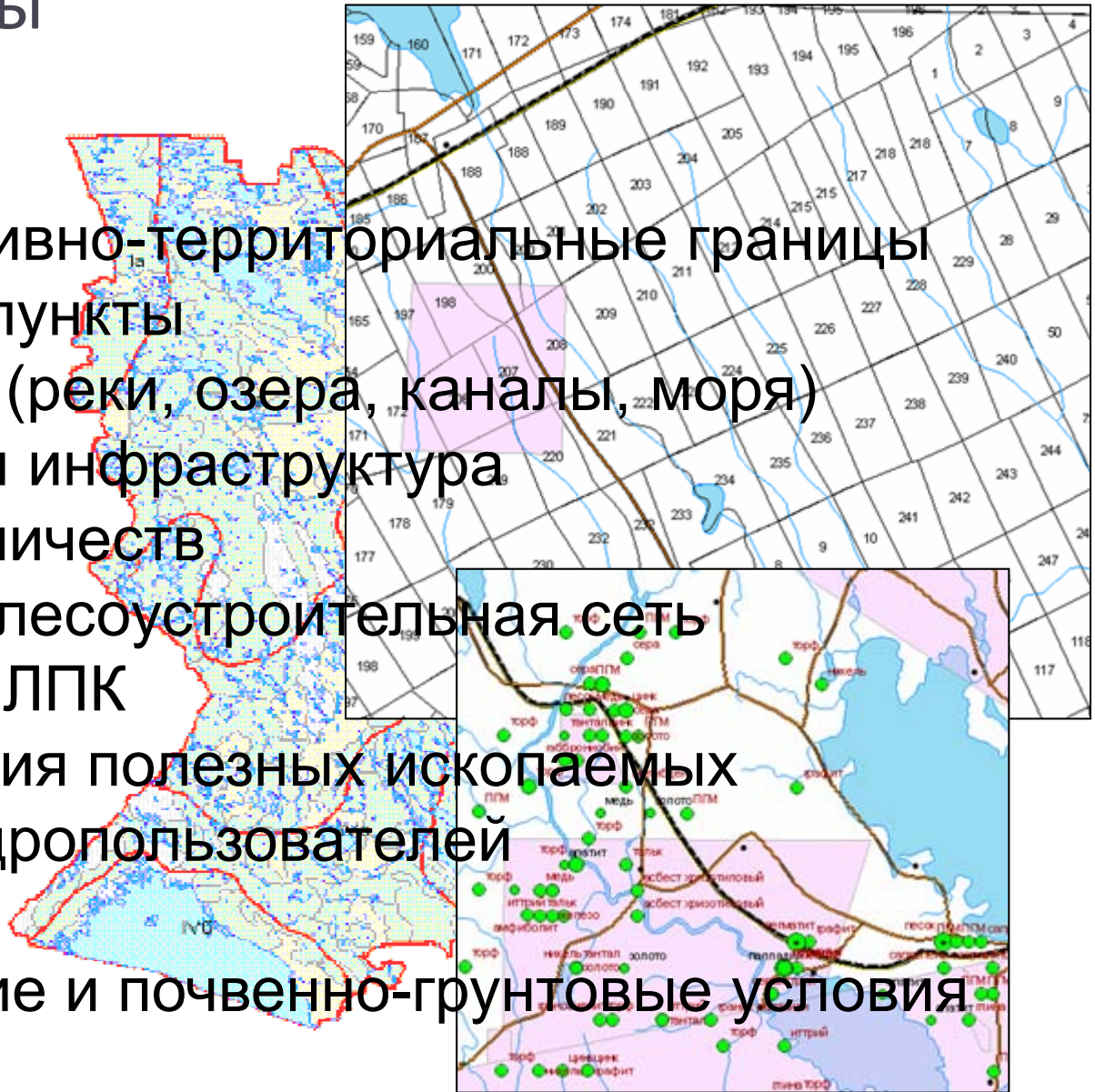
Количество пунктов	Количество машин					
	2			3		
	с повторным посещением	без повторного посещения	эвристический без повторного посещения	с повторным посещением	без повторного посещения	эвристический без повторного посещения
8	0:00:13	0:00:00	0:00:00	0:01:09	0:00:01	0:00:00
9	0:01:54	0:00:01	0:00:00	0:16:01	0:00:07	0:00:00
10	0:35:24	0:00:13	0:00:00	4:02:54	0:01:32	0:00:02
11	–	0:03:06	0:00:00	–	0:25:21	0:00:06
12	–	0:39:57	0:00:00	–	5:21:03	0:00:24
13	–	–	0:00:00	–	–	0:01:07
14	–	–	0:00:00	–	–	0:04:57
15	–	–	0:00:00	–	–	0:16:22
16	–	–	0:00:01	–	–	1:08:23
17	–	–	0:00:02	–	–	4:36:39
18	–	–	0:00:04	–	–	13:57:55

# Структура программного комплекса



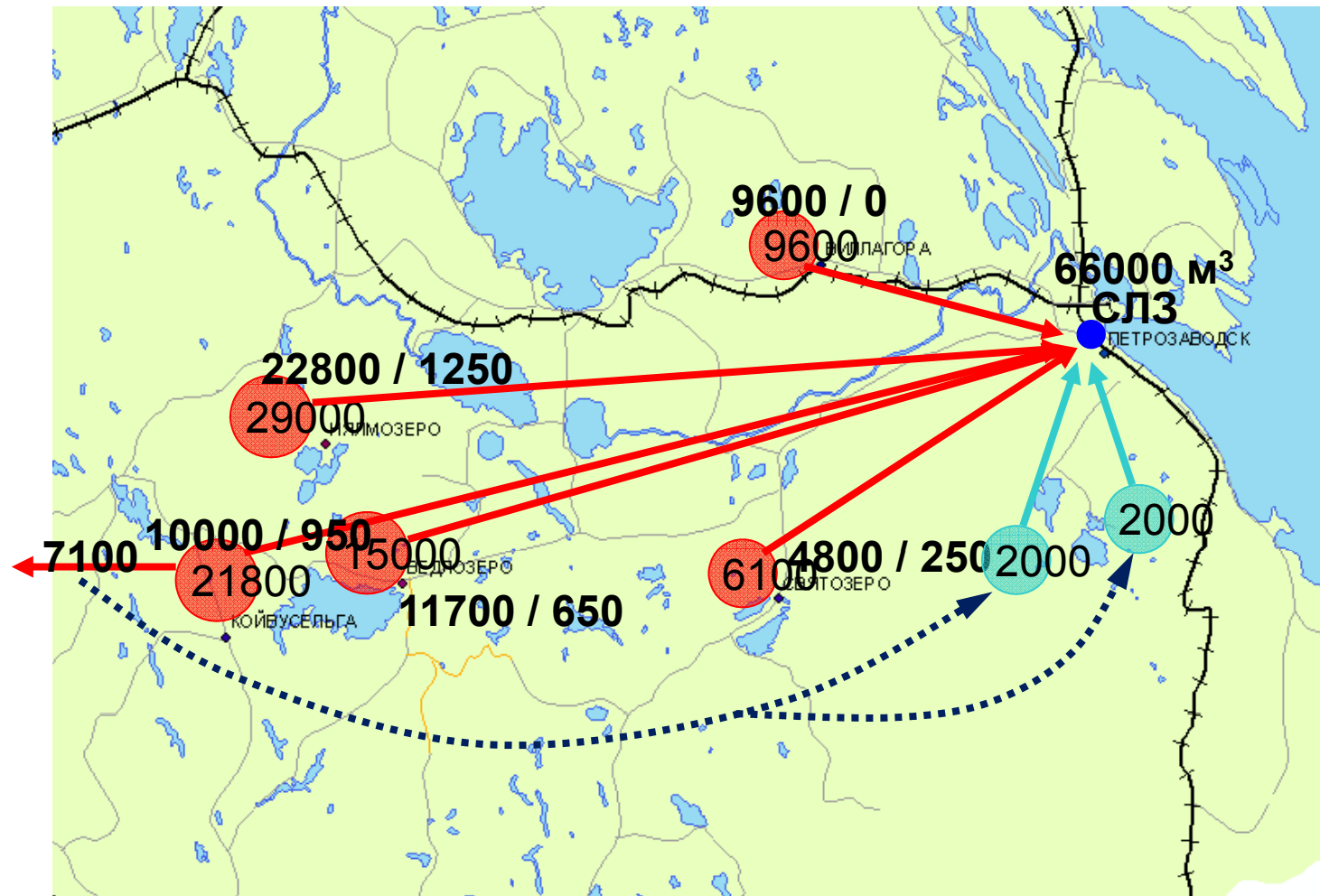
# Электронные карты

- административно-территориальные границы
- населенные пункты
- гидрография (реки, озера, каналы, моря)
- транспортная инфраструктура
- границы лесничеств
- квартальная лесоустроительная сеть
- предприятия ЛПК
- месторождения полезных ископаемых
- лицензии недропользователей
- ЛЭП
- климатические и почвенно-грунтовые условия





# Технологические цепочки ЗАО «Шуялес» по поставке пиловочника на ЗАО «Соломенский лесозавод» (СЛЗ)



# Схема маршрута рубительной машины УРП-500



# Акты о внедрении

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор Санкт-Петербургской государственной  
лесотехнической академии имени С. М. Кирова,  
д.т.н., профессор  
А. В. Саргвонкин  
« 29 » \_\_\_\_\_ 2010 г.



АКТ  
о внедрении результатов диссертационного исследования Щеголевой Л.В.  
в учебный процесс СПбГЛТА

Заведующий кафедрой технологии лесозаготовительных производств СПбГЛТА  
В. И. Патякин, профессор И. В. Григорьев, доцент С. В. Авдашкевич составили настоящий  
акт о том, что в учебном процессе СПбГЛТА, по дисциплинам «Комплексное  
использование древесины», «Технология лесопромышленных производств»,  
«Технологические процессы лесопромышленных производств», использованы  
следующие разработки Л. В. Щеголевой, выполненные в рамках ее диссертационного  
исследования:

1. Щеголева Л. В. Теория и практика формирования баз данных регионального лесопромышленного комплекса. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2006. – 88 с.
2. Щеголева Л. В. и др. Оценка транспортного освоения лесных ресурсов с учетом сезонности: методические указания. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008. – 40 с.
3. Щеголева Л. В., Шегельман И. Р. Формирование и оценка инвестиций проектов в ЛПК: методическое пособие. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005. – 42 с.
4. Шегельман И. Р., Щеголева Л. В. и др. Биотопливо: состояние и перспективы использования в теплоэнергетике Республики Карелия. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2006. – 88 с.
5. Воронин А. В., Щеголева Л. В. и др. Теория и практика оптимальных решений для предприятий лесопромышленного комплекса. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008. – 220 с.
6. Шегельман И. Р., Щеголева Л. В., Садовский С. В. Формирование электронной базы данных «Динамика развития ЛПК». Методические указания. – Петрозаводск: КарНИИЛПК ПетрГУ, 2004. – 16 с.
7. Шегельман И. Р., Щеголева Л. В., Пономарев А. Ю. Формирование электронной базы данных «Предприятия лесопромышленного комплекса»: учебное пособие. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005.

Зав. каф. ТЛЭП, д.т.н., профессор

Профессор, д.т.н.

Доцент, к.т.н.

*В. И. Патякин* В. И.  
*И. В. Григорьев* И. В.  
*С. В. Авдашкевич* С. В. А.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ Щеголевой Людмилы Владимировны

Настоящим актом подтверждается, что результаты диссертационных исследований Л. В. Щеголевой, включающие методики, рекомендации, математические модели, алгоритмы, базы данных и электронные карты, были использованы Карельским НИИ лесопромышленного комплекса ПетрГУ в рамках государственных контрактов по заказам Министерства экономического развития Республики Карелия, Министерства природных ресурсов Республики Карелия, Министерства лесного комплекса Республики Карелия, Государственного комитета Республики Карелия по реформированию жилищно-коммунального хозяйства:

- при обосновании перспектив развития лесопромышленного комплекса Республики Карелия;
- при обосновании баланса древесного сырья в Республике Карелия на период до 2015 года и его распределения на планируемые объемы переработки;
- при построении перспективных схем развития сети потребителей щепы энергетического назначения в системе ЖКХ Республики Карелия;
- при разработке целевой программы по использованию топливно-энергетических ресурсов с целью обоснования перехода котельно-печного оборудования жилищно-коммунальных хозяйств на местные виды топлива;
- при обосновании перспектив инновационного развития лесного и горнопромышленного комплексов Республики Карелия.

Зам. директора  
КарНИИЛПК ПетрГУ

Зав. отделом НИИ  
КарНИИЛПК ПетрГУ

22 декабря 2008 г.

*П. Е. Мощевикин* П. Е. Мощевикин

*В. Н. Горностаев* В. Н. Горностаев

ОАО «Карельская мебельная компания»  
Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Андропова, 2,  
тел./факс. (8142) 70-69-65, karel.furniture@mail.ru

## Акт об использовании результатов исследований и научных положений КарНИИЛПКа

г. Петрозаводск

26 февраля 2005 г.

ОАО «Карельская мебельная компания», именуемое в дальнейшем Заказчик, и КарНИИЛПК ПетрГУ, именуемый в дальнейшем Исполнитель, составили настоящий акт об использовании результатов научного исследования.

Со стороны Заказчика в проекте участвовали генеральный директор Лаурила Калеви Хенрик, помощник генерального директора Путтонен Елена Юрьевна, старший менеджер Анацкая Елена Сергеевна.

Со стороны Исполнителя в проекте участвовали директор КарНИИЛПКа, д. т. н. Шегельман Илья Романович, руководитель проекта Пономарев Антон Юрьевич, зав. лабораторией, к. т. н. Щеголева Людмила Владимировна.

Целью проекта было определение схемы сквозного технологического процесса, включающего лесозаготовку, производство пиломатериалов, с одновременным производством щепы, производство клееного щита, с одновременным производством топливных гранул, производство мебельных компонентов на территории Республики Карелия.

Заказчик подтверждает то, что им были использованы следующие результаты научных исследований Исполнителя:

- рекомендации по формированию и выбору оптимальных процессов производства и потребления древесного сырья в условиях Заказчика;
- результаты анализа оценки предмета труда при выборе оптимальных процессов для Заказчика;
- результаты исследования влияния различных факторов, определяющих эффективность сквозных технологических процессов на оценку производства и переработки древесного сырья в Карелии;
- комплексные электронные базы данных для принятия решений при выборе сквозных процессов с учетом специфики производителей и потребителей древесных ресурсов, методология их формирования, анализа и представления данных.

В результате произведенного исследования были определены места и мощности размещения основных производственных единиц, а также оптимальные схемы транспортировки древесного сырья и полуфабрикатов для производства мебельных компонентов и инвестором принято решение о создании на базе Карельской мебельной компании холдинговой структуры, включающей лесозаготовительное производство, лесопиление и производство мебели. Строительство фабрики по производству мебели и лесозаводов будет начато в мае 2005 г.

*Лаурила К. Х.* Лаурила К. Х.  
*Путтонен Е. Ю.* Путтонен Е. Ю.  
*Анацкая Е. С.* Анацкая Е. С.  
*Шегельман И. Р.* Шегельман И. Р.  
*Пономарев А. Ю.* Пономарев А. Ю.  
*Щеголева Л. В.* Щеголева Л. В.



## Результаты, выносимые на защиту по специальности 05.21.01 – технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства

1. Методика выбора комплектов систем машин и оборудования и определения оптимальных режимов их работы при формировании рациональных технологических цепочек, включающих заготовку, транспортировку и переработку круглых лесоматериалов с учетом природно-климатических условий лесозаготовки.
2. Математическая модель задачи выбора систем машин и определения режимов их работы в условиях сезонности лесозаготовок, учитывающая продолжительность эксплуатации зимних дорог, формы приобретения оборудования, привлечение организаций-подрядчиков для выполнения лесозаготовительных работ, а также функционирование лесозаготовительного предприятия в рамках интегрированной структуры.
3. Методика определения режимов работы оборудования для углубленной переработки круглых лесоматериалов в качестве вторичных ресурсов для предприятий теплоэнергетики региона.
4. Математические модели и методы решения задачи построения графика работы мобильных машин, обслуживающих территориально распределенные пункты, с учетом фактора времени и характеристик работы машин.
5. Геоинформационная система инфраструктуры лесопромышленного комплекса Республики Карелия, увязывающая данные о территориальном размещении лесных и минерально-сырьевых ресурсов, транспортной сети, природно-климатических условиях региона.

## Результаты, выносимые на защиту по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1. Математические модели, описывающие работу комплекта машин, обслуживающих территориально удаленные пункты, учитывающие время прибытия в каждый пункт, время выполнения работы в каждом пункте, зависящее от характеристик машин, с ограничениями на количество посещений пунктов и с минимальными затратами на перемещение и выполнение работы, обобщенные в виде расширений задачи маршрутизации с временными окнами.
2. Методы решения расширений задачи маршрутизации с временными окнами и с ограничениями на количество посещений пунктов, реализованные в виде комплекса программ.
3. Программный комплекс, объединяющий базы данных, электронные карты и алгоритмы решения оптимизационных задач, предназначенный для принятия решений по выбору комплектов оборудования и определению режимов их работы, по формированию технологических цепочек, позволяющий осуществлять мониторинг работы предприятий лесопромышленной отрасли региона.

## Публикации

- Всего – 107
- По теме диссертации – 77
  - статьи – 43
    - в журналах списка ВАК – 15
  - тезисы – 25
  - монографии – 4
  - учебно-методические – 5

## Статьи в журналах ВАК

1. Математическая модель задачи оптимизации производства и потребления древесного сырья в лесопромышленном регионе // ИВУЗ. «Лесной журнал». – 2004. – №5. – С. 117–120.
2. Математическая модель выбора сквозных потоков заготовки, транспортировки и переработки древесного сырья. // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – СПб: СПбГЛТА. – 2005. – Вып. 172. – С. 32–36. (соавторы: И. Р. Шегельман, А. Ю. Пономарев)
3. О механизме обеспечения однозначной аутентификации данных // Открытое образование. – 2005. – № 6. – С. 30–33. (соавторы: Р. В. Воронов, В. В. Поляков)
4. Опыт формирования ГИС-карты с данными о горно-минеральных и лесных ресурсах региона. // Вестник Поморского университета. – 2006. – № 3. – С. 131 – 133.
5. Задача оптимизации функционирования передвижной рубительной машины для производства щепы в топливно-энергетическом комплексе Республики Карелия. // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – СПб: СПбГЛТА. – 2006. – Вып. 178. – С. 120–125. (соавторы К. В. Полежаев)
6. Процесс лесопромышленного производства с использованием вторичных ресурсов биомассы дерева. // ИВУЗ. «Лесной журнал». – 2007. – №1. – С. 152–156.
7. Обоснование периода эксплуатации зимних лесовозных дорог.// ИВУЗ. «Лесной журнал». – 2007. – №2. – С. 54–58. (соавторы: И. Р. Шегельман, В. М. Лукашевич)
8. Постановка задачи оптимизации перевозок лесных грузов с учетом влияния крупных горно-промышленных предприятий на загруженность транспортной сети.// Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – СПб: СПбГЛТА. – 2007. – Вып. 180. – С. 132–139. (соавторы: И. Р. Шегельман, П. О. Щукин)

## Статьи в журналах ВАК

9. Применение ГИС-технологий в изучении климатических и почвенно-грунтовых условий Республики Карелия // Вестник Поморского университета. Серия «Естественные и точные науки». – 2007. – №1. – С. 22–27. (соавторы: И. Р. Шегельман, В. М. Лукашевич)
10. К вопросу о размещении трелевочных волоков на лесосеке // Вестник Московского государственного университета леса. – М: изд-во МГУЛ, 2008. – № 6. – С. 121–124. (соавторы: М. А. Пискунов, А. Н. Воропаев)
11. Задачи управления лесными ресурсами с учетом освоения горно-минеральных ресурсов Республики Карелия // Труды Института системного анализа РАН. Т.39. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. – С. 469–476. (соавторы: П. О. Щукин)
12. Многоэтапная транспортно-производственная задача с учетом перевалки продукции ЛПК // Вестник Московского государственного университета леса. – М: изд-во МГУЛ, 2009. – № 4. – С. 116–118. (соавторы: А. В. Воронин, В. А. Кузнецов, П. О. Щукин)
13. Задача формирования парка машин и оборудования для проведения лесозаготовительных работ при разделении лесосечного фонда на зоны летней и зимней вывозки // Вестник Московского государственного университета леса. – М: изд-во МГУЛ, 2009. – № 4. – С. 119–121. (соавторы: В. М. Лукашевич)
14. Экспертная оценка факторов, характеризующих сквозные технологии лесозаготовок // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – СПб.: СПбГЛТА, 2009. – Вып. 189. – С. 89–95. (соавторы: И. Р. Шегельман, П. О. Щукин, А. Ю. Пономарев)
15. Задача построения графика работы нескольких передвижных установок // Ученые записки ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – Вып. 8. – С. 93–98.



# Монографии

1. Теория и практика формирования баз данных для регионального лесопромышленного комплекса. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2006. – 88 с.
2. Биотопливо: состояние и перспективы использования в теплоэнергетике Республики Карелия. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2006. – 88 с. (соавторы: И. Р. Шегельман, К. В. Полежаев, П. О. Щукин)
3. Теория и практика принятия оптимальных решений для предприятий лесопромышленного комплекса. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008. – 226 с. (соавторы: А.В.Воронин, В.А.Кузнецов, И. Р. Шегельман)
4. Стратегия и опыт создания комплексной электронной базы данных лесных и минеральных ресурсов региона; Петр. гос. ун-т. – Петрозаводск, 2005. – 215 с.: ил. – Библиогр.: 75 назв. – Рус. – Деп. в ВИНТИ 15.07.05 № 1041–В2005. (соавторы: И.Р.Шегельман)

# Апробация работы

- Научно-практический семинар «Инновационная экономика Карелии: возможные пути поддержки и развития» (Петрозаводск, 2004)
- Международная научно-техническая конференция «Новые информационные технологии в ЦБП и энергетике» (Петрозаводск, 2004, 2006, 2008, 2010)
- III Международная научно-практическая конференция «Темпы и пропорции социально-экономических процессов в регионах Севера» (Апатиты, 2005)
- Ежегодная международная научно-практическая конференция «Проблемы совершенствования бюджетной политики регионов и муниципалитетов России и стран Северной Европы» (Петрозаводск, 2005, 2006)
- Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» (Вологда, 2005, 2007, 2010)
- Международный научный семинар «Передовые методы информационно-коммуникационных технологий» (Annual International Workshop «Advances in Methods of Information and Communication Technology» (AMICT'2006, '2007)) (Петрозаводск, 2006, 2007)
- Russian-Scandinavian Symposium «Probability Theory and Applied Probability» (РТАР'2006) (Петрозаводск, 2006)
- VII Всероссийская школа-семинар «Прикладные проблемы управления макросистемами» (Апатиты, 2008)
- Республиканская научно-практическая конференция «Структурная перестройка лесного комплекса Республики Карелия» (Петрозаводск, 2008)
- Конференция «Рациональное природопользование и перспективы устойчивого развития лесного сектора экономики» (Великий Новгород, 2008)
- Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления (Петрозаводск, 2009)