

На правах рукописи



**ФАМ НГОК ЛИНЬ**

**ОБОСНОВАНИЕ СОВМЕЩЕНИЯ ТРЕЛЕВКИ И  
ТРАНСПОРТИРОВКИ СОРТИМЕНТОВ ТРАКТОРНЫМИ  
СОСОРТИМЕНТОПОДБОРЩИКАМИ В УСЛОВИЯХ  
РЕСПУБЛИКИ ВЬЕТНАМ**

05.21.01 – «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства»

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург  
2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»

- Научный руководитель – Валяжонков Владимир Дмитриевич,  
кандидат технических наук, доцент
- Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор  
Иванов Николай Алексеевич, профессор кафедры транспортных и технологических машин и оборудования, Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный университет»,  
05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства.
- кандидат технических наук Васякин Евгений Алексеевич, директор НТЦ «Лесные технологии и машины»,  
05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства.
- Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет».

Защита диссертации состоится «08» июня 2018 г. в 15 часов на заседании диссертационного Совета Д 212.220.03 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер. 5, главное здание, зал заседаний).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского лесотехнического университета им. С. М. Кирова и на сайте: <http://spbftu.ru/dissertatsionnye-sovety-po-spetsialnostyam/d-212-220-03/zashhity-dissertatsij/>

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь  
диссертационного Совета,  
доктор технических наук,  
профессор



Алексей Романович  
Бирман

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Леса Республики Вьетнам являются одним из основных источников жизнедеятельности ее населения. Древесина заготавливается малообъемными выборочными рубками. Применяются безотходные технологии с глубокой переработкой древесины. Происходит механизация технологических процессов заготовки и восстановления леса, а также его сохранения с применением двухмодульных агрегатов, создаваемых на базе универсальных колесных тракторов технологических машин и оборудования.

Производственная эксплуатация машин является основным этапом цикла их жизненной деятельности. Только в рамках производственной эксплуатации открывается возможность установить уровень приспособляемости технических средств к реализации технологического процесса, оценить их совершенство и эффективность использования.

С данных позиций представляет интерес рассмотреть рациональность применения тракторных колесных сортиментоподборщиков (ТКСП) на трелевке и транспортировке сортиментов от выборочных рубок леса в условиях Республики Вьетнам. Обоснование совмещения выполнения видов работ в единый технологический процесс представляет научно-практический интерес и является актуальным, так как оно направлено на повышение механизации выборочных рубок. Развитие этого направления обеспечивает снижения затрат ресурсов, качество их использования и сбережения экологии лесной среды.

**Цель работы** является обоснование совмещения трелевки и транспортировки сортиментов при выполнении выборочных рубках в условиях Республики Вьетнам путем применения тракторного колесного сортиментоподборщика.

### **Задачи исследования.**

1. Разработать методику моделирования вероятностно-статистических характеристик параметров тракторных колесных сортиментоподборщиков, позволяющую установить и оценить значения статистических характеристик параметров и показателей ТКСП с целью их совершенствования.

2. Создать методику тенденции развития параметров эксплуатационных свойств современных ТКСП, открывающую возможности прогнозирования совершенствования эксплуатационных свойств сортиментоподборщиков.

3. Разработать методику вероятностно-статистического определения и оценки использования энерго-временных затрат трелевочно-транспортного цикла сортиментов с использованием ТКСП, применимую для совершенствования и прогнозирования энерго-временных ресурсов при выполнении технологического процесса.

4. Создать методику прогнозирования эксплуатационной производительности ТКСП под воздействием технолого-технических факторов, позволяющую установить эффективность применения сортиментоподборщика на выполнении трелевочно-транспортного технологического процесса перемещения сортиментов как в течение цикла, так и на отдельных его фазах;

5. В производственных условиях эксплуатации экспериментально подтвердить адекватность результатов теоретических исследований.

**Научная новизна:** созданы с применением математического моделирования и исследованы методики:

- тенденций развития эксплуатационных свойств современных ТКСП, открывающих возможность прогнозировать совершенствования эксплуатационных свойств сортиментоподборщиков;

- прогнозирования эксплуатационной производительности ТКСП под воздействием технолого-технических факторов, позволяющую установить эффективность применения сортиментоподборщиков на выполнении трелевочно-транспортного технологического процесса перемещения сортиментов как в течение цикла, так и на отдельных его фазах.

**Значимость для теории и практики:**

- методика моделирования вероятностно-статистических характеристик параметров ТКСП позволяет установить и оценить значения статистических характеристик параметров и показателей всего многообразия современных моделей ТКСП с целью их совершенствования и выбора;

- методика тенденции развития эксплуатационных свойств современных ТКСП, открывает возможности прогнозировать теоретическими исследованиями пути совершенствования эксплуатационных свойств сортиментоподборщиков;

- методика прогнозирования эксплуатационной производительности ТКСП под воздействием технолого-технических факторов, позволяет проанализировать эффективность применения сортиментоподборщика на выполнении трелевочно-транспортного технологического процесса перемещения сортиментов как в течение цикла, так и на отдельных его фазах.

**Научные положения выносимые на защиту:**

- методика тенденции развития эксплуатационных свойств современных ТКСП, открывающих возможности прогнозирования совершенствования эксплуатационных свойств сортиментоподборщиков;

- структурная схема трелевочно-транспортного процесса перемещения сортиментов ТКСП от выборочных рубок леса в условиях Вьетнама, представляющая собой единство устойчивых взаимосвязей между ее элементами;

- методика вероятностно-статистического определения и оценки использования энерго-временных затрат трелевочно-транспортного цикла сортиментов с применением ТКСП, которая применима для совершенствования и прогнозирования энерго-временных ресурсов при выполнении технологического процесса;

- методика прогнозирования эксплуатационной производительности ТКСП под воздействием технолого-технических факторов, позволяющая установить эффективность применения сортиментоподборщика на выполнении трелевочно-транспортного технологического процесса перемещения сортиментов, как в течение цикла, так и на отдельных его фазах;

- адекватность результатов математического моделирования эксплуатационных свойств и режимов работы ТКСП при выполнении трелевочно-

транспортного технологического процесса перемещения сортиментов и экспериментальных результатов.

**Достоверность** выводов и результатов исследований, изложенных в диссертации, обеспечивается применением методов математической статистики, проведением экспериментальных исследований в производственных условиях, подтверждением адекватности полученных моделей удовлетворительной сходимостью экспериментальных и теоретических данных.

**Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации:** предложена идея научной работы, определены цель и задачи ее реализации, выполнены научно-практические решения задач и дан анализ их результатов.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Санкт - Петербургского государственного лесотехнического университета (2015-2017 гг.), на международной конференции «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» в 2017г, г. Вологда.

**Публикации.** По результатам выполненного исследования опубликовано семь научных статей в изданиях, указанных в перечне ВАК.

**Структура и объем диссертации.** Работа состоит из введения, пяти разделов, основных выводов и рекомендаций, списка использованных источников, приложения. Общий объем работы составляет 121 страницу.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** дано обоснование актуальности темы диссертации, определена цель исследования сформулированы задачи ее реализации, представлены научная новизна и значимость для теории и практики, основные положения, выдвигаемые на защиту.

**Первый раздел** посвящен обзору научно-практических работ, направленных на обоснование целесообразности трелевочно-транспортного совмещения перемещения сортиментов от выборочных рубок в условиях лесов Республики Вьетнам с применением тракторных колесных сортиментоподборщиков. В нем представлен анализ компоновочных и конструктивных особенностей ТКСП и установлено, что они по своим эксплуатационным свойствам обладают хорошей приспособляемостью к производственной эксплуатации в различных природно-производственных условиях таежных лесов. Отмечено, что условия эксплуатации трелевщиков сортиментов в условиях таежной зоны следует отнести к тяжелым. Рассмотрены также влияния движителей колесных машин на лесную среду и эколого-лесоводственные последствия их применения.

Значительный научный вклад в развитие производственной эксплуатации лесосечных машин сделан В.А. Александровым, Г.М. Анисимовым, И.М. Бартеневым, Ю.Ю. Герасимовым, И.В. Григорьевым, А.В. Жуковым, В.А. Горбачевским, В.М. Котиковым, В.Г. Кочегаровым, А.М. Кочневым, С.Ф. Орловым, В.Б. Прохоровым, И.Р. Шегельманом, Ю.А. Шерниным и др.

На основании проведенного аналитического обзора установлена целесо-

образность: осуществлять на малообъемных проходных выборочных рубках трелевку и транспортировку сортиментов единым технологическим процессом от пня непосредственно потребителю; реализацию трелевочно-транспортной технологии необходимо выполнять с применением тракторных колесных сортиментоподборщиков; исследовать тенденцию развития параметров тракторных колесных сортиментоподборщиков.

**Второй раздел.** Рынок тракторных колесных прицепов для трелевки сортиментов предлагает потребителям модели с диапазоном грузоподъемности 3000-15000 кг. Хороший спрос имеет продукция фирм ОАО «Мозырский машиностроительный завод», Farmi Forest Corporation, концерна Kesla, EiFO Foresttechnik GmbH, Junkkari Patruuna, ONIAR и ряд других. Прицепы агрегируются с полноприводными колесными тракторами классической компоновки класса тяги 6-20 кН. Насчитывается около 140 двухмодульных сортиментоподборщиков сформированных на базе данной техники, которые представлены минимум 18 моделями различных классов. Большое различие в параметрах техники с необоснованностью ее приспособляемости к природно-производственным условиям отрицательно отражается как на производственной, так и технической эффективности ее эксплуатации. Кроме того, затруднен потребителю выбор ТКСП.

Выполнена классификация ТКСП по грузоподъемности  $G_T$ , являющейся главным параметром ТКСП, на машины легкого, среднего и тяжелого класса. Основное назначение сортиментоподборщика легкого класса является трелевка сортиментов от прочистки и прореживания насаждений. ТКСП среднего класса относятся к универсальным машинам, так как они, кроме своего прямого назначения выполнения трелевочных работ при проходных и выборочных рубках, могут успешно применяться на прореживании и сплошных рубках. Основное назначение ТКСП тяжелого класса является трелевка сортиментов от выборочных и сплошных рубок. Распределение моделей по классам грузоподъемности представлено диаграммой на рисунке 1.

Статистическая характеристика эксплуатационных параметров отдельных классов и всей совокупности машин ТКСП представлена в таблице 1. Полученные данные дают полное представление о главном и основных параметрах эксплуатационных свойств грузоподъемности  $G_T$ , мощности  $N_e$ , массы  $M_{СП}$  и цены  $C_s$  сортиментоподборщиков. Судя по коэффициенту вариации  $C_v$ , значения параметров ТКСП каждого класса имеют низкую изменчивость. Однако, если рассматривать данную изменчивость применительно к общей совокупности машин, то она в 2-6 раза выше. Это объясняется резким различием уровней значений параметров каждого класса между собой.

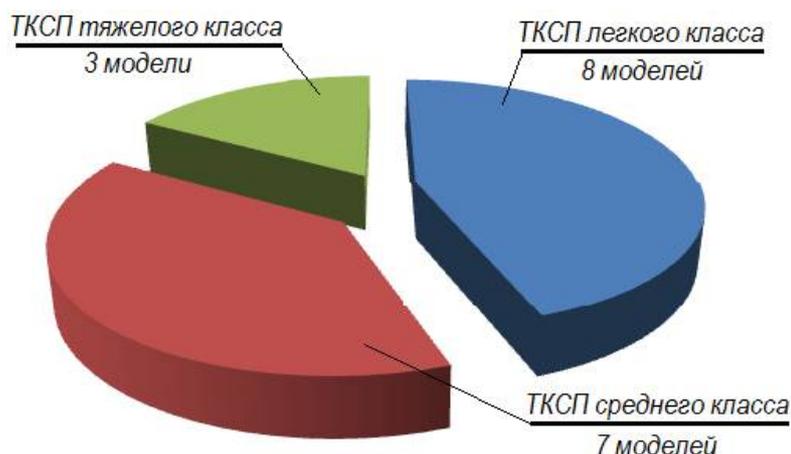


Рисунок 1. – Диаграмма распределения количества моделей тракторных колесных сортиментоподборщиков по классам грузоподъемности

Таблица 1. – Значения статистических характеристик параметров эксплуатационных свойств тракторных колесных сортиментоподборщиков

Показатель	Значение показателя							
	$\bar{X}$	$\frac{X_{min}}{X_{max}}$	$\sigma$	$C_v, \%$	$\bar{X}$	$\frac{X_{min}}{X_{max}}$	$\sigma$	$C_v, \%$
	легкий класс				средний класс			
$G_T, кг$	5000,0	$\frac{3000,0}{7000,0}$	666,7	6,6	9500,0	$\frac{7000,0}{12000,0}$	833,3	5,4
$N_e, кВт$	47,5	40,0/55,0	2,5	5,3	65,0	55,0/75,0	3,33	5,1
$M_{СП}, кг$	3790,0	$\frac{2660,0}{4920,0}$	376,7	9,9	6335,0	$\frac{4920,0}{7750,0}$	471,7	7,4
$Ц_{\$}, \$$	39800,0	$\frac{32400,0}{47200,0}$	2467,0	5,3	56450,0	$\frac{47200,0}{65700,0}$	3083,0	5,5
	тяжелый класс				общая выборка			
$G_T, кг$	13500,0	$\frac{12000,0}{15000,0}$	500,0	3,7	9000,0	$\frac{3000,0}{15000,0}$	2000,0	22,2
$N_e, кВт$	82,5	75,0/90,0	2,5	3,0	65,0	40,0/90,0	8,33	12,8
$M_{СП}, кг$	8595,0	$\frac{7750,0}{9440,0}$	281,7	4,1	6050,0	$\frac{2660,0}{9440,0}$	1130,0	18,7
$Ц_{\$}, \$$	71250,0	$\frac{65700,0}{76800,0}$	1850,0	2,6	54600,0	$\frac{32400,0}{76800,0}$	7400,0	13,5

В таблице 2 приведены средние значения параметров тракторных колесных сортиментоподборщиков и аналогичные данные специальных колесных форвардерных машин (КФМ) для трелевки сортиментов компаний Eco Log, John Deere, KOMATSU, Ponsse, Sampro и др. Результаты сравнения показывают, что значения главного и основных параметров у ТКСП ниже, чем у КФМ. Понижения составляют: по грузоподъемности в 1,1-1,4, по мощности в 1,6-1,8, по массе в 1,8-2,7 и по цене в 6,1-7,1 раза. По удельным параметрам ТКСП имеет следующие преимущества: по  $K_{G/M} = G_T/M_{СП}$  в 1,7-2,0 и по  $K_{N/M} = N_e/M_{СП}$  в 1,1-1,6 раза выше, по  $K_{Ц/M} = Ц_{\$}/M_{СП}$  в 2,7-3,4 раза ниже.

Таким образом, главный и основные параметры наиболее эффективно реализуются у тракторных сортиментоподборщиков. Специализированные колесные форвардеры с более высокими значениями рассматриваемых пара-

метров лучше приспособлены к работе на сплошных рубках. Наиболее выгодным применением для ТКСП являются малообъемные выборочные рубки. При этом они могут доставлять сортименты с лесосеки прямо потребителю. КФМ к большим пробегам не приспособлены.

Таблица 2. – Данные сравнения средних значений главного и основных параметров колесных тракторных и специальных сортиментоподборщиков

Показатель	Значение показателя					
	легкий класс		средний класс		тяжелый класс	
	ПКСП	КФМ	ПКСП	КФМ	ПКСП	КФМ
грузоподъемность $G_T$ , кг	5000	6800	9500	11370	13500	14400
мощность $N_e$ , кВт	47,5	76	65	110	82,5	140
масса $M_{СП}$ , кг	3790	10100	6335	13200	8595	15500
цена $C_{\$}$ , \$	39800	283200	56450	370080	71250	434620
удельн. грузоподъемн. $K_{GM}$ , кг/кг	1,32	0,67	1,5	0,86	1,57	0,93
удельная мощность $K_{NM}$ , Вт/кг	11,87	7,52	10,26	8,33	9,54	9,03
удельная цена $K_{CM}$ , \$/кг	10,5	28,04	8,91	27,98	8,29	27,92

Установлена вероятность распределения выпускаемых лесных прицепов. На основании ее анализа предлагается снизить номенклатуру прицепов и производить их со следующим числовым рядом грузоподъемности:

5,0т, 7,5т, 10,0т и 13,0т.

Снижение номенклатуры создаст благоприятные условия для формирования парка машин для ведения лесосечных работ в условиях Республики Вьетнам. Данный числовой ряд не претендует на типо-размерность моделей в России и Вьетнаме. Для обоснования создания параметрического ряда ТКСП необходим углубленный системный подход, объединяющий комплекс технико-экономических исследований.

В процессе анализа установлены статистические характеристики параметров тракторных колесных сортиментоподборщиков принятого числового ряда, которые сведены в таблице 3. Полученные данные представляют собой информацию для выбора сортиментоподборщиков с рациональными параметрами для трелевки древесины в конкретных природно-производственных условиях. Кроме того, они могут использоваться как исходный материал при создании машин подобного типа.

В результате проведенного анализа получена методика моделирования вероятностно-статистических характеристик параметров тракторных колесных сортиментоподборщиков, которая позволяет установить и оценить значения статистических характеристик параметров и показателей ТКСП.

В методике прогнозирования совершенствования эксплуатационных свойств сортиментоподборщиков на основании регрессионного анализа создан комплекс математических моделей. Он позволяет выявить характер и степень взаимовлияния таких параметров ТКСП, как грузоподъемность, мощность, масса, цена, объем сортиментов, вылет стрелы манипулятора и габаритов машины, а также удельные показатели грузоподъемности, мощности и цены сортиментоподборщика. Ряд моделей со значениями показателей эффективности оценивающих их точность приведены в таблице 4.

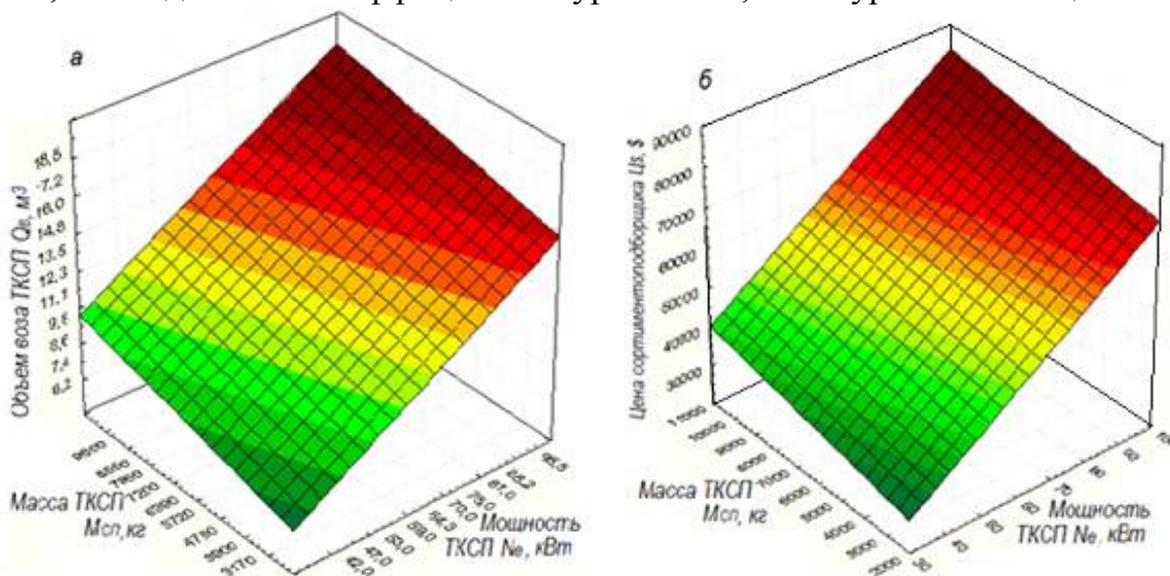
Таблица 3. – Статистические характеристики параметров тракторных колесных сортиментоподборщиков принятого числового ряда

Показатель	Значение показателя							
	5,0 т		7,5 т		10,0 т		13,0 т	
	$\bar{X}$	$\frac{X_{min}}{X_{max}}$	$\bar{X}$	$\frac{X_{min}}{X_{max}}$	$\bar{X}$	$\frac{X_{min}}{X_{max}}$	$\bar{X}$	$\frac{X_{min}}{X_{max}}$
$G_{Г}, кг$	4500	$\frac{4000}{5000}$	7500	$\frac{7000}{8000}$	10000	$\frac{9500}{10500}$	13000	$\frac{12500}{13500}$
$N_e, кВт$	40	$\frac{35}{45}$	50	$\frac{45}{55}$	70	$\frac{65}{75}$	90	$\frac{85}{95}$
$M_{СП}, кг$	3000	$\frac{2500}{3500}$	4500	$\frac{4000}{5000}$	6500	$\frac{6000}{7000}$	8500	$\frac{8000}{9000}$
$Ц_{\$}, \$$	40000	$\frac{38000}{42000}$	50000	$\frac{48000}{52000}$	60000	$\frac{58000}{62000}$	70000	$\frac{68000}{72000}$

Таблица 4. – Модели эксплуатационных свойств сортиментоподборщиков со значениями показателей эффективности оценивающих их точность

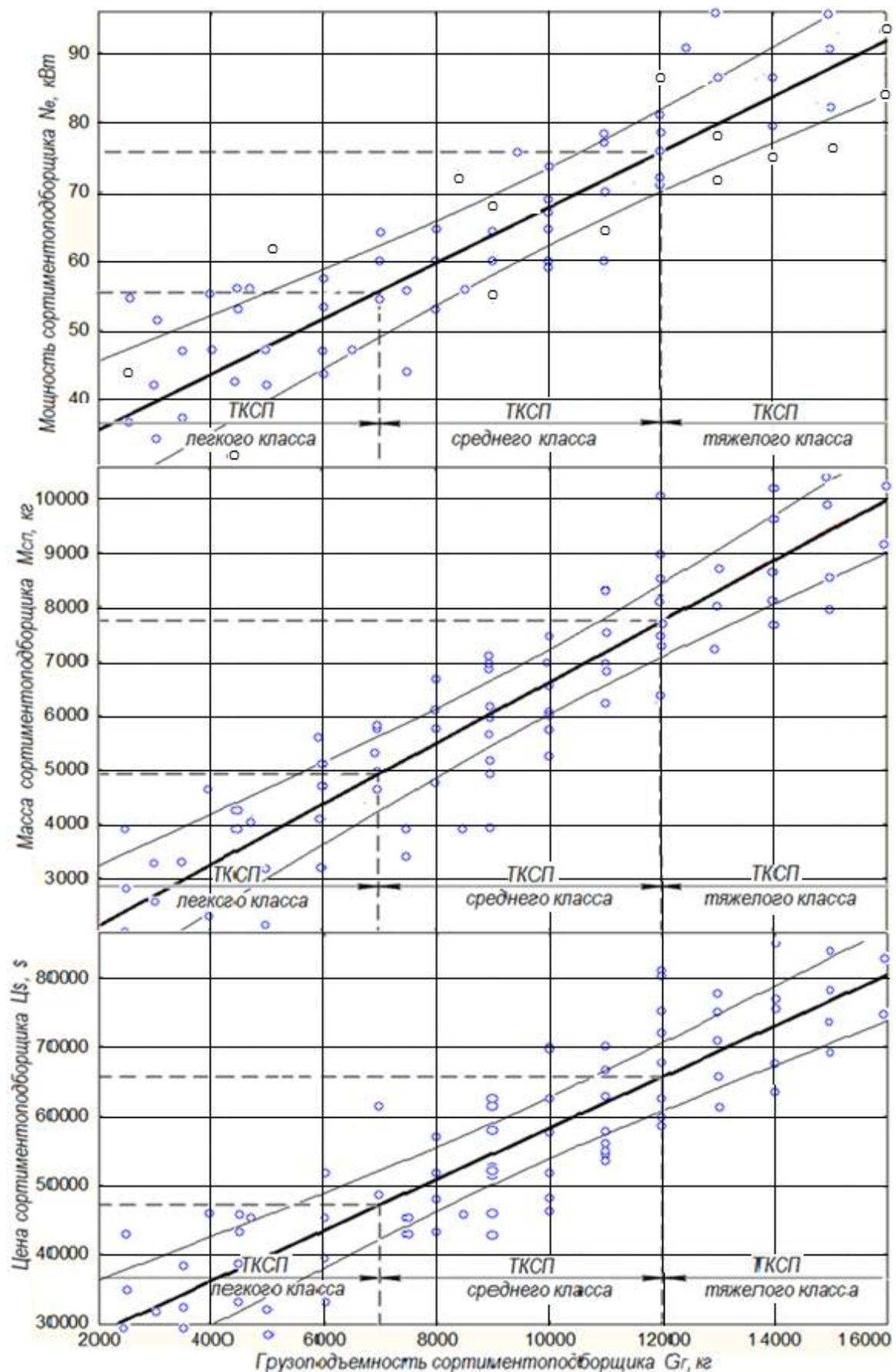
Модель	Значение показателей					
	$r$	$R$	$a$	$b$	$b_1$	$b_2$
$N_e = 27,404 + 0,004 G_{Г}$	0,903	0,811	0,000	0,000	-	-
$M_{СП} = 967,7 + 0,565 G_{Г}$	0,914	0,834	0,044	0,000	-	-
$Ц_{\$} = 21331,05 + 3,7 G_{Г}$	0,875	0,798	0,000	0,000	-	-
$K_{GM} = 2,29 - 0,0001 M_{СП}$	-0,795	0,683	0,000	0,000	-	-
$K_{NM} = 15,78 - 0,0008 M_{СП}$	-0,741	0,649	0,004	0,000	-	-
$K_{ЦМ} = 13,51 - 0,0007 M_{СП}$	-0,780	0,663	0,021	0,000	-	-
$Q_B = 1,99 + 0,124 N_e + 0,004 M_{СП}$	0,803	0,755	0,028	0,036	0,043	0,017
$Ц_{\$} = 7181,3 + 626,2 N_e + 1,3 M_{СП}$	0,810	0,763	0,011	0,032	0,023	0,037

Судя по коэффициентам корреляции  $r$  и детерминации  $R$ , параметры имеют тесную связь и точки хорошо ложатся на прямую и плоскость. Уровни значимости t-критерия и F-критерия менее 0,05, что указывает на достоверность, как отдельных коэффициентов уравнений, так и уравнений в целом.



Зависимости: а –  $Q_B = f(N_e, M_{СП})$ , и б –  $Ц_{\$} = f(N_e, M_{СП})$

Рисунок 2 – Зависимости изменения объема ввоза сортиментов и цены сортиментоподборщика от совместного влияния его мощности и массы



Зависимости:  $N_e = f(G_r)$ ,  $M_{сп} = f(G_r)$ ,  $Ц_s = f(G_r)$

Рисунок 3 – Зависимости изменения мощности, массы и цены сортировщика от его грузоподъемности.

Графическая интерпретация моделей представлена на рисунках 2 и 3. Графики показывают, что с увеличением грузоподъемности и массы ТКСП наблюдается рост параметров таких важных эксплуатационных свойств, как мощность, объем трелеваемых сортиментов, габаритных размеров машины, а также ее цена. Иной характер влияния отмечается при увеличении массы сортиментоподборщика на удельные его показатели грузоподъемности, мощности и цены. Значения данных показателей понижается. Если снижение  $K_{N/M}$  и  $K_{Ц/M}$  следует отнести к положительной тенденции, то понижение  $K_{G/M}$  относится к отрицательному развитию.

Уровень воздействия влияющих параметров на переменные отражает угловой коэффициент прямой. Его величина определяет «скорость» изменения значений переменного параметра, что открывает возможности прогнозирования совершенствования эксплуатационных свойств сортиментоподборщиков. Данный подход заложен в основу методики тенденции развития параметров эксплуатационных свойств современных ТКСП.

Технологический цикл трелевочно-транспортного перемещения сортиментов по строению и форме организации имеет свою отличительную структуру с четырехуровневым построением. Модель структурной схемы технологического цикла трелевки и транспортировки сортиментов ТКСП от выборочных рубок леса для условий Вьетнама представлена на рисунке 4. В модели приведены все элементы структуры и даны их обозначения.

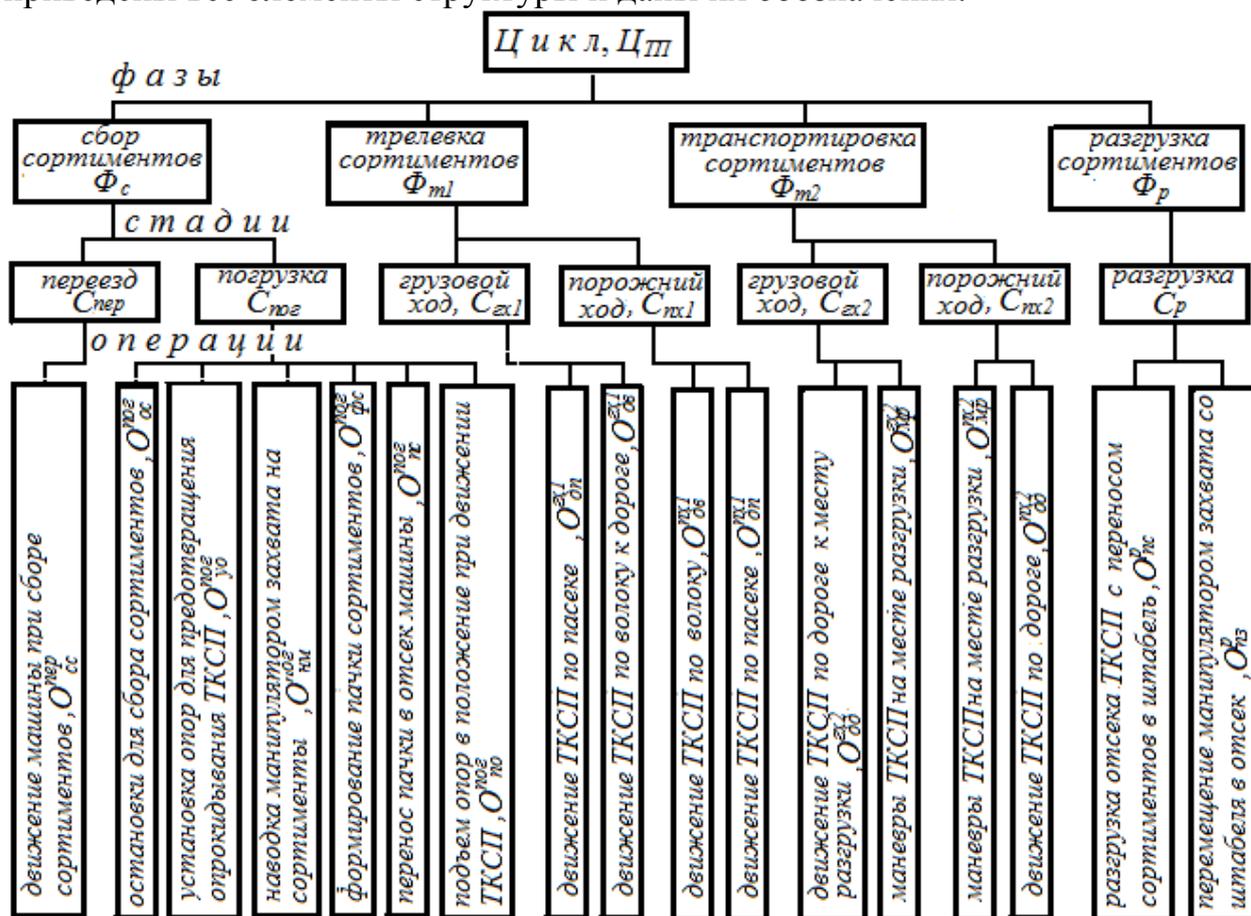


Рисунок 4 – Структурная схема технологического цикла трелевки и транспортировки сортиментов колесным сортиментоподборщиком

Приведенная структура технологического цикла трелевки сортиментов ТКСП позволяет: отразить в единой целостности все составляющие цикла и порядок пооперационного их исполнения; служить программой для определения затрат ресурсов на выполнение как отдельных составляющих цикла, так и в целом цикла; для эффективной реализации потенциальных возможностей способов и средств технологического обеспечения вскрыть пути совершенствования ТП на всех этапах развития цикла; вскрыть распределение потоков затрат ресурсов на выполнение каждого элемента структуры.

Многоуровневая структура позволяет вскрыть пути совершенствования ТП на всех этапах развития цикла. Она представляет собой единство устойчивых взаимосвязей между ее элементами. Данный подход открывает возможность выявить наиболее эффективную реализацию потенциальных возможностей способов и средств технологического обеспечения.

Для определения и оценки использования энерго-временных затрат трелевочно-транспортного цикла сортиментов с применением ТКСП разработана методика. В основе ее анализа использован вероятностно-статистический подход построения математических моделей соответствующих структурной схеме цикла. В результате анализа получены модели распределения времени  $T_{ТП}^U$  и энергии  $\mathcal{E}_{ТП}^U$  цикла и фаз сбора ( $T_{\Phi c}^U, \mathcal{E}_{\Phi c}^U$ ) трелевки ( $T_{\Phi m1}^U, \mathcal{E}_{\Phi m1}^U$ ), транспортировки ( $T_{\Phi m2}^U, \mathcal{E}_{\Phi m2}^U$ ) и разгрузки сортиментов ( $T_{\Phi p}^U, \mathcal{E}_{\Phi p}^U$ ) ТП.

В обобщенном виде их можно представить следующими выражениями:

$$m(T_{ТП}^U) = \sum_{i=1}^{n=4} m(T_{\Phi i}^U) = \sum_{j=1}^{n=17} m(t_{Oj}^{\Phi}) \quad \text{и} \quad m(\mathcal{E}_{ТП}^U) = \sum_{i=1}^{n=4} m(\mathcal{E}_{\Phi i}^U) = \sum_{j=1}^{n=17} m(\mathcal{E}_{Oj}^{\Phi}) \quad (1)$$

Здесь  $m(T_{\Phi i}^U)$  и  $m(\mathcal{E}_{\Phi i}^U)$ ,  $m(t_{Oj}^{\Phi})$  и  $m(\mathcal{E}_{Oj}^{\Phi})$  математические ожидания затрат времени и энергии соответственно на выполнение  $i$ -ой фазы и  $j$ -ой операции.

Каждый элемент структуры цикла ТП имеет свою весомость по продолжительности выполнения, которую объективно представляет вероятность их появления в рамках отдельных уровней:

$$P_{ТП}^U = \sum_{i=1}^{n=4} P_{\Phi i}^U = \sum_{f=1}^{n=17} P_{\Phi f}^U \quad (2)$$

Обозначения  $P(T_{ТП}^U)$  и  $P(\mathcal{E}_{ТП}^U)$ ,  $P(T_{\Phi i}^U)$  и  $P(\mathcal{E}_{\Phi i}^U)$ ,  $P(t_{Oj}^{\Phi})$  и  $P(\mathcal{E}_{Oj}^{\Phi})$  являются вероятностями затрат времени и энергии соответственно технологического цикла и вероятностей появления его  $i$ -ой фазы и  $j$ -ой операции.

Для оценки эффективности полезного использования энерго-временных затрат воспользуемся моделями, представляющие собой коэффициенты полезного использования затрат данных ресурсов:

$$\begin{aligned} & - \text{цикла} \quad m(\eta_{ТП}^{ПЭ}) = m(T_{ТП}^{ПЭ}) / m(T_{ТП}), \quad m(\eta_{ТП}^{ПЭ}) = m(\mathcal{E}_{ТП}^{ПЭ}) / m(\mathcal{E}_{ТП}); \\ & - \text{фаз:} \quad m(\eta_{\Phi c}^{ПЭ}) = m(T_{\Phi c}^{ПЭ}) / m(T_{\Phi c}), \quad m(\eta_{\Phi m1}^{ПЭ}) = m(T_{\Phi m1}^{ПЭ}) / m(T_{\Phi m1}), \\ & \quad m(\eta_{\Phi m2}^{ПЭ}) = m(T_{\Phi m2}^{ПЭ}) / m(T_{\Phi m2}), \quad m(\eta_{\Phi p}^{ПЭ}) = m(T_{\Phi p}^{ПЭ}) / m(T_{\Phi p}); \\ & \quad m(\eta_{\Phi c}^{ПЭ}) = m(\mathcal{E}_{\Phi c}^{ПЭ}) / m(\mathcal{E}_{\Phi c}), \quad m(\eta_{\Phi m1}^{ПЭ}) = m(\mathcal{E}_{\Phi m1}^{ПЭ}) / m(\mathcal{E}_{\Phi m1}), \\ & \quad m(\eta_{\Phi m2}^{ПЭ}) = m(\mathcal{E}_{\Phi m2}^{ПЭ}) / m(\mathcal{E}_{\Phi m2}), \quad m(\eta_{\Phi p}^{ПЭ}) = m(\mathcal{E}_{\Phi p}^{ПЭ}) / m(\mathcal{E}_{\Phi p}). \end{aligned} \quad (3)$$

При этом для рационального расхода ресурсов необходимо:

- минимизировать:  $T_{ТП}^U, T_{ТП}^{ПЭ}, T_{\Phi c}^{ПЭ}, T_{\Phi m1}^{ПЭ}, T_{\Phi m2}^{ПЭ}, T_{\Phi p}^{ПЭ} \rightarrow \min$  ;

$$\begin{aligned} & \mathcal{E}_{\Pi\Pi}^{\Pi}, \mathcal{E}_{\Pi\Pi}^{\Pi\Pi}, \mathcal{E}_{\Phi_c}^{\Pi\Pi}, \mathcal{E}_{\Phi_{m1}}^{\Pi\Pi}, \mathcal{E}_{\Phi_{m2}}^{\Pi\Pi}, \mathcal{E}_{\Phi_p}^{\Pi\Pi} \rightarrow \min . \\ - \text{максимизировать: } & \eta_{\Pi}^{\Pi\Pi}, \eta_{\Phi_c}^{\Pi\Pi}, \eta_{\Phi_{m1}}^{\Pi\Pi}, \eta_{\Phi_{m2}}^{\Pi\Pi}, \eta_{\Phi_p}^{\Pi\Pi} \rightarrow \max ; \quad (4) \\ & \eta_{\Pi}^{\Pi\Pi}, \eta_{\Phi_c}^{\Pi\Pi}, \eta_{\Phi_{m1}}^{\Pi\Pi}, \eta_{\Phi_{m2}}^{\Pi\Pi}, \eta_{\Phi_p}^{\Pi\Pi} \rightarrow \max . \end{aligned}$$

Индексы  $\Pi\Pi$ ,  $\Pi\Pi$  и  $\Pi\Pi$  указывают на полезную часть затрат ресурсов.

Полученные модели позволяют установить энерго-временные режимы выполнения цикла и вскрыть пути рационального распределения потоков затрат с одновременной их минимизацией и определить качество их использования. Методику можно применять для совершенствования и прогнозирования энерго-временных затрат цикла.

Методика прогнозирования эксплуатационной производительности ТКСП позволяет под воздействием технолого-технических факторов установить эффективность применения сортиментоподборщика на выполнении трелевочно-транспортного технологического процесса перемещения сортиментов как в течение цикла, так и на отдельных его фазах. Реализацию данной возможности обеспечивает разработанный комплекс математических моделей, состоящий из моделей производительности фаз сбора  $\Pi\Pi_{\Phi_c}$ , трелевки  $\Pi\Pi_{\Phi_{m1}}$ ;

$$\begin{aligned} m(\Pi\Pi_{\Phi_c}^{\Pi}) &= \frac{m(Q_{B3})}{m(T_{\Phi_c}^{\Pi})} = \frac{m(Q_{B3})}{m(n_{nep}) \left[ \frac{m(\lambda_{cc}^{nep})}{m(v_{cc}^{nep})} + m(T_o^{noz}) \right] + m(n_{noz}) \cdot m(T_{pm}^{noz})} ; \\ m(\Pi\Pi_{\Phi_{m1}}^{\Pi}) &= \frac{m(Q_{B3})}{m(T_{\Phi_{m1}}^{\Pi})} = \frac{m(Q_{B3})}{m(L_{\Phi_{m1}}^{\Pi}) \left[ \frac{m(\varphi_{\partial e}^{nx1})}{m(v_{\partial e}^{nx1})} + \frac{m(\varphi_{\partial n}^{nx1})}{m(v_{\partial n}^{nx1})} + \frac{m(\varphi_{\partial n}^{zx1})}{m(v_{\partial n}^{zx1})} + \frac{m(\varphi_{\partial e}^{zx1})}{m(v_{\partial e}^{zx1})} \right]} ; \\ m(\Pi\Pi_{\Phi_{m2}}^{\Pi}) &= \frac{m(Q_{B3})}{m(T_{\Phi_{m2}}^{\Pi})} = \frac{m(Q_{B3})}{m(L_{\Phi_{m2}}^{\Pi}) \left[ \frac{m(\varphi_{mp}^{nx2})}{m(v_{mp}^{nx2})} + \frac{m(\varphi_{\partial\partial}^{nx2})}{m(v_{\partial\partial}^{nx2})} + \frac{m(\varphi_{\partial\partial}^{zx2})}{m(v_{\partial\partial}^{zx2})} + \frac{m(\varphi_{mp}^{zx2})}{m(v_{mp}^{zx2})} \right]} ; \quad (5) \\ m(\Pi\Pi_{\Phi_p}^{\Pi}) &= \frac{m(Q_{B3})}{m(T_{\Phi_p}^{\Pi})} = \frac{m(Q_{B3})}{m(n_p) [m(\tau_{nc}^p) + m(\tau_{n3}^p)]} ; \\ m(\Pi\Pi_{\Pi\Pi}^{\Pi}) &= \frac{m(Q_{B3})}{m(T_{\Pi\Pi}^{\Pi})} = \frac{m(Q_{B3})}{\left\{ m(n_{nep}) \left[ \frac{m(l_{cc}^{nep})}{m(v_{cc}^{nep})} + m(T_{cc}^{nep}) \right] + m(n_{noz}) \cdot m(T_{pm}^{noz}) \rightarrow \right. \\ & \left. + m(L_{\Phi_{mm}}^{\Pi}) \left[ \frac{m(\varphi_{\partial e}^{nx1})}{m(v_{\partial e}^{nx1})} + \frac{m(\varphi_{\partial n}^{nx1})}{m(v_{\partial n}^{nx1})} + \frac{m(\varphi_{\partial n}^{zx1})}{m(v_{\partial n}^{zx1})} + \frac{m(\varphi_{\partial e}^{zx1})}{m(v_{\partial e}^{zx1})} + \right. \right. \\ & \left. \left. \frac{m(\varphi_{mp}^{nx2})}{m(v_{mp}^{nx2})} + \frac{m(\varphi_{\partial\partial}^{nx2})}{m(v_{\partial\partial}^{nx2})} + \frac{m(\varphi_{\partial\partial}^{zx2})}{m(v_{\partial\partial}^{zx2})} + \frac{m(\varphi_{mp}^{zx2})}{m(v_{mp}^{zx2})} \right] + \right. \\ & \left. + m(n_p) [m(\tau_{nc}^p) + m(\tau_{n3}^p)] \right\}} \end{aligned}$$

транспортировки  $P^U_{\Phi m2}$  и разгрузки сортиментов  $P^U_{\Phi p}$ , а также технологического цикла  $P^U_{IT}$ :

Учитывая, что  $m(Q_{B3}) = m(G_T) / \gamma \cdot g$  можно установить также влияние на производительность ТКСП рейсовой нагрузки.

В моделях объединены технолого-технических факторы, оказывающие наибольшее влияние на производительность. Это главный параметр эксплуатационных свойств ТКСП грузоподъемность  $G_T$ , а также его преобразование в объем ваза  $Q_{B3}$  перемещаемых сортиментов.

Учитывая трелевочно-транспортное назначение сортиментоподборщика в качестве влияющих факторов, представлен пройденный им путь в характерные по условиям сложности участков. Прежде всего, это длина пути пройденного ТКСП за цикл  $L^U_{\Phi mm}$  и его составляющих фаз трелевки  $L^U_{\Phi m1}$  и транспортировки  $L^U_{\Phi m2}$ . Кроме того, длина пройденного пути по пасеке  $l^{nx1}_{\partial n}$  и  $l^{ex1}_{\partial n}$ ,  $l^{nx2}_{\partial n}$  и  $l^{ex2}_{\partial n}$ , волоку  $l^{nx1}_{\partial в}$  и  $l^{ex1}_{\partial в}$ ,  $l^{nx2}_{\partial в}$  и  $l^{ex2}_{\partial в}$ , дороге  $l^{nx1}_{\partial \partial}$  и  $l^{ex1}_{\partial \partial}$ ,  $l^{nx2}_{\partial \partial}$  и  $l^{ex2}_{\partial \partial}$ , при маневрах  $l^{nx1}_{\partial p}$  и  $l^{ex1}_{\partial p}$ ,  $l^{nx2}_{\partial n}$  и  $l^{ex2}_{\partial n}$  представлены в относительном виде коэффициентами использования пути  $\varphi^i_j = l^i_j / L^U_{\Phi s}$ . В данном случае коэффициент  $\varphi^i_j$  в обобщенном виде представляет собой долю пройденного пути ТКСП на  $j$ -ом участке при работе в  $i$ -ом режиме.

Важными влияющими факторами на производительность являются скоростные режимы движения при выполнении грузового хода сортиментоподборщиком по пасеке  $v^{ex1}_{\partial n}$ , волоку  $v^{ex1}_{\partial в}$ , дороге  $v^{ex2}_{\partial \partial}$  и при маневрах  $v^{ex2}_{\partial p}$ , а также подобные движения при выполнении порожнего хода  $v^{nx1}_{\partial n}$ ,  $v^{nx1}_{\partial в}$ ,  $v^{nx2}_{\partial \partial}$  и  $v^{nx2}_{\partial p}$  на данных участках.

Влияющие факторы, отражающие затраты времени на выполнение операций фаз сбора и разгрузки сортиментов, представлены в относительном виде коэффициентами использования времени на сбор сортиментов  $\tau^{nep}_{cc} = T^C_{nep} / T^U_{\Phi C}$ , на остановки  $\tau^{noz}_o = T^{noz}_o / T^U_{\Phi C}$ , и на работу манипулятора при погрузке сортиментов  $\tau^{noz}_{pm} = T^{noz}_{pm} / T^U_{\Phi C}$ , на перенос сортиментов при разгрузке  $\tau^p_{nc} = t^p_{nc} / T^U_{\Phi p}$ , на перемещение захвата манипулятора  $\tau^p_{n3} = t^p_{n3} / T^U_{\Phi p}$ .

**Четвертый раздел** посвящен разработке программы и методики проведения экспериментальных исследований. Программой предусмотрено определение вероятностно-статистических характеристик технолого-технических параметров трелевочно-транспортного процесса и энерго-временных затрат на его выполнение с использованием ТКСП и установление информации для выявления эффективности использования сортиментоподборщика и экспериментально доказать адекватность закономерностей установленных с помощью математических моделей реальным условиям эксплуатации.

Для осуществления программы предложена методика выполнения экспериментов, определены необходимые параметры и показатели и средства их измерения, подобрано методическое обеспечение обработки экспериментальных данных. В методике представлен выбор условий испытаний и объектов исследования, кинематики движения ТКСП по цикловому трелевочно-транспортному пути, проведения наблюдений в соответствии со структурной схемой технологического цикла трелевки и транспортировки сортиментов.

Обработка экспериментальных данных выполнена с помощью пакета прикладных программ STATGRAPHICS и MS Excel.

**Пятый раздел.** Экспериментальные исследования выполнены в соответствии с разработанной программой и методикой. Они проводились в вегетационный период на склонах невысоких холмов и гряд лесных площадей Велико-Устюгского лесничества Вологодской области. Данные площади имеют некоторое подобие хвойно-лиственным древостоям на склонах северного Вьетнама. Эксперименты выполнялись в производственных условиях. Трелевка и транспортировка сортиментов осуществлялась проходной выборочной рубкой леса с сохранением подроста при ширине пасек 15-20 м.

Таблица 5. – Статистические характеристики параметров и показателей режимов выполнения технологического процесса

Показатель	Значение			
	$m(X)$	$mini-max$	$m(\sigma_x)$	$m(K_v)\%$
вес ТКСП эксплуатационный $G_M$ , кН	65,25	48,90-81,60	5,448	8,35
вес воза сортиментов $G_B$ , кН	70,84	49,65-92,03	7,063	9,97
вес ТКСП с возом сортиментов $G_{MB}$ , кН	136,1	95,15-177,05	12,65	10,03
объем трелеваемого воза $Q_B$ , м <sup>3</sup>	12,46	9,63-15,29	0,942	7,56
сила сопротивл. движению ТКСП с возом, кН:				
по пасеке $P_n^{MB}$ ,	17,71	17,49-17,93	0,740	4,18
по волоку $P_{\theta}^{MB}$ ,	21,25	18,21-24,29	1,043	4,91
по дороге $P_{\delta}^{MB}$	2,125	1,782-2,368	0,081	3,83
сила сопротивл. движению ТКСП без воза, кН:				
по пасеке $P_n^M$ ,	14,31	13,31-19,31	1,000	6,13
по волоку $P_{\theta}^M$ ,	17,58	15,31-20,85	1,424	7,27
по дороге $P_{\delta}^M$	1,958	1,658-2,258	0,099	5,04
скорость грузового хода ТКСП, км/ч:				
по пасеке $v_n^{ex}$ ,	3,35	2,615-4,085	0,275	8,21
по волоку $v_{\theta}^{ex}$ ,	3,63	2,634-4,626	0,332	9,15
по дороге $v_{\delta}^{ex}$ ,	17,33	14,07-20,59	1,087	6,27
при маневрах $v_M^{ex}$	3,97	2,458-4,582	0,204	5,13
скорость порожнего хода КСП $v_{nx}$ , км/ч:				
по пасеке $v_n^{nx}$ ,	3,91	3,010-4,810	0,300	7,68
по волоку $v_{\theta}^{nx}$ ,	4,12	3,073-5,167	0,349	8,47
по дороге $v_{\delta}^{nx}$ ,	19,14	15,53-22,75	1,204	6,29
при маневрах $v_M^{nx}$	5,32	4,507-6,133	0,271	5,09
длина переезда при сборе сортиментов $\ell_{пер}$ , м	31,0	23,41-38,59	2,530	8,16
длина пути порожнего движения ТКСП, м:				
по пасеке $\ell_n^{nx}$ ,	58,0	43,35-72,65	4,884	8,42
по волоку $\ell_{\theta}^{nx}$ ,	456,0	352,9-559,1	34,38	7,54
по дороге $\ell_{\delta}^{nx}$ ,	12260	9752-14768	836,1	6,82
при маневрах $\ell_M^{nx}$	73,0	60,43-85,57	4,489	6,15
длина пути грузового движения ТКСП, м:				
по пасеке $\ell_n^{ex}$ ,	94,0	68,25-119,75	8,582	9,13
по волоку $\ell_{\theta}^{ex}$ ,	456,0	356,3-555,72	33,24	7,29
по дороге $\ell_{\delta}^{ex}$ ,	12260	9811-14710	816,5	6,66
при маневрах $\ell_M^{ex}$	47,0	38,43-55,57	2,858	6,08
длина пути движения ТКСП за цикл $L_{ц}$ , м	25860	18180-33540	2560,1	9,90

Согласно теоретическому исследованию, наибольший спрос на малообъемных выборочных рубках имеют ТКСП среднего класса. Они создаются на базе тракторов класса тяги 14 или 20 кН и прицепов грузоподъемностью 9,0-12,0 т. Исходя из этого, для проведения экспериментальных работ сформирован сортиментоподборщик МТЗ-952.4+ ONIAR 12Т WD с колесной формулой 4К4+4К4, грузоподъемностью 12,0 т и мощностью 72,0 кВт.

В таблице 5 приведены статистические характеристики параметров и показателей режимов выполнения технологического процесса. Приведенные данные дают полное представление об основных технолого-технических параметрах, что дает возможность судить об уровне нагрузочно-скоростных режимах работы ТКСП и длительности пути совершаемой им. Кроме того, получены данные о ширине диапазонов изменения параметров и выявлены характеристики их изменчивости.

Полученные значения статистических характеристик параметров могут использоваться в качестве исходной информации при изучении характера и степени влияния действующих факторов на критерии эффективности выполняемого технологического процесса.

В соответствии с методикой вероятностно-статистического определения и оценки использования энерго-временных затрат трелевочно-транспортного цикла сортиментов с применением ТКСП установлены распределения энерго-временных затрат на выполнение фаз и операций технологического цикла, которые представлены диаграммами распределения и табулированы на рисунке 5 и в таблице 6.

Как видно из диаграмм, наибольшее количество затрат времени и энергии приходится на фазу транспортировки сортиментов, что составляет соответственно 63,0 и 68,2 % общих затрат на цикл. Фаза сбора сортиментов осуществлена с использованием 18,0 % времени цикла при затратах энергии 8,8%. При этом на фазу трелевки потребовалось 19,9 % энергии при расходе времени 13,0 %.

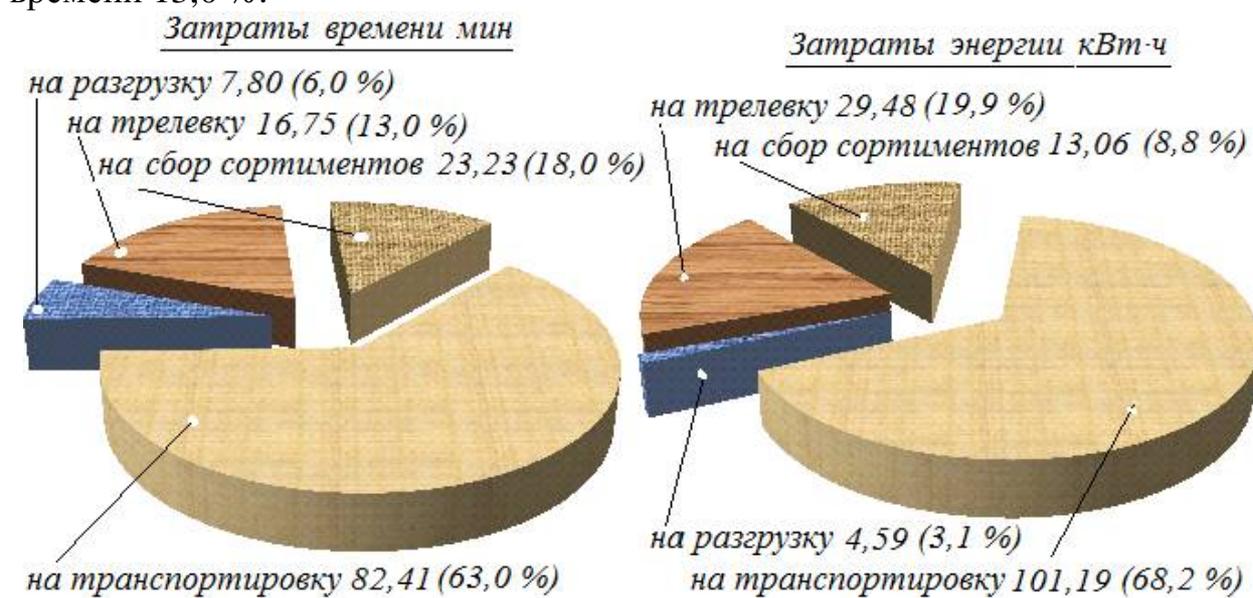


Рисунок 5. – Диаграммы распределения энерго-временных затрат на выполнение фаз технологического цикла

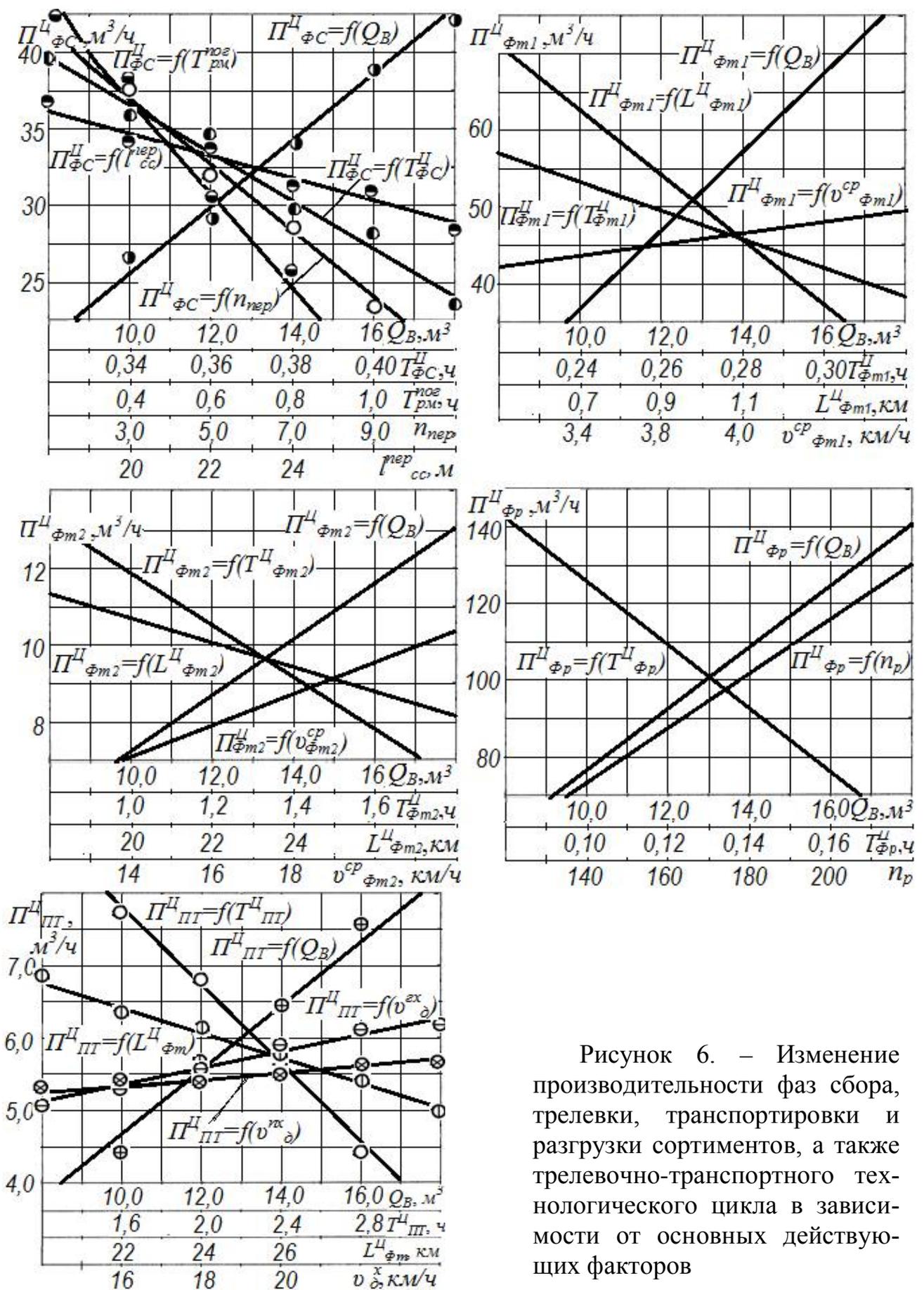


Рисунок 6. – Изменение производительности фаз сбора, трелевки, транспортировки и разгрузки сортиментов, а также трелевочно-транспортного технологического цикла в зависимости от основных действующих факторов

Таблица 6. – Распределение энерго-временных затрат на выполнение операций технологического цикла

Операция процесса	Значения показателя затрат					
	время			энергия		
	$\bar{X}$ , мин	$Cv$ , %	$P_x$	$\bar{X}$ , кВт	$Cv$ , %	$P_x$
порожние маневры на месте разгрузки	0,82	14,56	0,006	8,65	13,47	0,058
порожнее движение ТКСП по дороге	38,43	14,11	0,295	33,53	13,13	0,226
порожнее движение ТКСП по волоку	6,64	18,06	0,051	7,04	17,26	0,047
порожнее движение ТКСП по пасеке	0,89	19,33	0,007	8,60	18,53	0,058
переезд при сборе сортиментов	4,46	20,51	0,034	3,30	19,31	0,022
остановка для погрузки сортиментов	0,52	22,34	0,004	0,20	21,28	0,001
установка опор устойчивости ТКСП	2,27	17,92	0,017	0,89	16,82	0,006
наводка манипулятора на сортименты	2,93	19,18	0,022	1,18	17,21	0,008
формирование пачек сортиментов	7,46	20,11	0,035	3,75	19,09	0,025
погрузка пачек сортиментов	4,53	15,82	0,035	2,99	14,77	0,020
подъем опор устойчивости ТКСП	1,91	16,37	0,015	0,75	15,41	0,005
грузовое движение ТКСП по пасеке	1,68	18,79	0,013	2,51	17,66	0,017
грузовое движение ТКСП по волоку	7,54	17,06	0,058	11,33	16,10	0,076
грузовое движение ТКСП по дороге	42,45	12,83	0,326	58,18	10,78	0,392
грузовые маневры на месте разгрузки	0,71	15,07	0,005	0,83	14,27	0,006
перемещение сортимент.при разгрузке	5,37	14,14	0,054	3,66	13,28	0,025
перемещение захвата манипулятора	2,44	13,83	0,019	0,93	12,76	0,006
суммарные цикловые затраты	130,19	9,79	1,0	148,33	10,5	1,0

Что касается распределения энерго-временных затрат по отдельным операциям, то наибольшее их количество, как уже отмечалось, приходится на транспортировку сортиментов. На выполнение грузового и порожнего хода по дороге в сумме потребовалось времени 1,35 ч и 91,7 кВт×ч энергии, что составляет соответственно 62,1 и 61,8 % общих затрат. Вероятность появления затрат на выполнение остальных операций в среднем составляет 2,5 %.

Полученные данные о энерго-временных затратах дают четкое представление о распределении ресурсов на выполнение всех составляющих структуры ТП. При применении разработанной методики открывается возможность управлять ими в количественном и качественном использовании.

Для оценки работоспособности методики прогнозирования эксплуатационной производительности ТКСП выполнена проверка адекватности разработанного в ней комплекса математических моделей производительности фаз сбора  $P^u_{\phi_c}$ , трелевки  $P^u_{\phi_{m1}}$ , транспортировки  $P^u_{\phi_{m2}}$  и разгрузки сортиментов  $P^u_{\phi_p}$ , а также технологического цикла  $P^u_{\text{ТТ}}$  экспериментальным данным, полученных в производственных условиях. Средние расхождения не превышают 5 %, максимальные – не более 7 %. Результаты адекватности проиллюстрированы графически на рисунке 6 изменениями производительностей в зависимости от основных действующих факторов.

## **ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.**

1. Разработана методика моделирования вероятностно-статистических характеристик параметров тракторных колесных сортиментоподборщиков, позволяющая установить и оценить значения статистических характеристик параметров и показателей ТКСП с целью их совершенствования. С помощью данной методики доказана необходимость разработки параметрического ряда ТКСП по главному параметру его назначения.

2. Создана методика тенденции развития эксплуатационных свойств современных ТКСП, открывающая возможности прогнозировать совершенствование эксплуатационных свойств сортиментоподборщиков.

3. Разработана методика вероятностно-статистического определения и оценки использования энерго-временных затрат трелевочно-транспортного цикла сортиментов с использованием ТКСП, дающая возможность совершенствовать и прогнозировать энерго-временные ресурсы при выполнении технологического процесса.

4. Создана методика прогнозирования эксплуатационной производительности ТКСП под воздействием технолого-технических факторов. Методика позволяет установить эффективность применения сортиментоподборщика на выполнении трелевочно-транспортного процесса перемещения сортиментов как в течение цикла, так и на отдельных его фазах.

5. Экспериментами в производственных условиях эксплуатации подтверждена адекватность результатов теоретических исследований.

6. На основании выполненного в работе обоснования совмещение трелевки и транспортировки сортиментов при выполнении выборочных рубок с использованием ТКСП технологический процесс рекомендуется к применению в лесном хозяйстве Республики Вьетнам.

### **Основное содержание диссертации опубликовано в работах**

#### **Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК.**

1. Фам Нгок Линь. Имитационное моделирование древостоев с целью совершенствования лесосечных работ и параметров лесных машин / Фам Нгок Линь, В.Д. Валяжонков, А.М. Иванов А.М. и др. // Вестник КрасГАУ. Выпуск № 10 - 2016. – С. 107-113.

2. Фам Нгок Линь. Моделирование тенденции изменения параметров массы и габаритов наилегчайших сортиментоподборщиков / Фам Нгок Линь, В.Д. Валяжонков, С.А. Демидов // Вестник КрасГАУ. Выпуск № 11 - 2016. – С. 45-53.

3. Фам Нгок Линь. Многомодульное построение лесных колесных машин для лесного хозяйства Вьетнама / Фам Нгок Линь // «Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии» Выпуск № 218 - 2017. - С.145 - 152.

4. Фам Нгок Линь. Система оценки эффективности применения способов и средств технологического обеспечения лесосечных работ / Фам Нгок Линь, Ю.И. Беленький, С.А. Демидов, Гусев А.В.// Вестник КрасГАУ. Выпуск № 4–2017. – С. 126 – 130.

5. Фам Нгок Линь. Структурное построение технологических процессов лесосечных работ / Фам Нгок Линь, В.Д. Валяжонков, С.А. Демидов // «Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии» Выпуск № 219 - 2017. - С. 135 - 142.

6. Фам Нгок Линь. Вероятностно-статистическая оценка режимов трелевки леса / Ю.И. Беленький, С.А. Демидов, Фам Нгок Линь.// Вестник КрасГАУ. Выпуск № 11 - 2017. – С. 105 – 111.

7. Фам Нгок Линь. Способы и средства выполнения выборочных рубок леса в республике Вьетнам / Фам Нгок Линь// Вестник КрасГАУ. Выпуск № 2 - 2018. – С. 300 – 305.

#### Статьи и материалы конференций.

1. Фам Нгок Линь. Многомодульное построение лесных колесных машин для лесного хозяйства Вьетнама. Научная конференция кафедры лесного машиностроения, сервиса и ремонта, ИТМ и ТЛ, СПб ГЛТУ. – 23/01/2017.

2. Фам Нгок Линь. Целесообразность применения на выборочных рубках лесов Вьетнама тракторных сортиментоподборщиков / Фам Нгок Линь // «Актуальные проблемы развития лесного комплекса»: Материалы международной научно-технической конференции. - Вологда: - 05/12/2017. –С. 129-132.

Просим Вас принять участие в работе диссертационного совета Д.212.220.03 или представить отзыв на автореферат Фам Нгок Линь в двух экземплярах с указанием фамилии, имени, отчества, почтового адреса, адреса электронной почты, наименования организации, должности, шифра, и наименования научной специальности в соответствии с номенклатурой, по которой защищена диссертация составителя отзыва, с подписью и печатью.

Просим направлять отзыв по адресу: 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д.5., СПб ГЛТУ им. С.М. Кирова, Ученый совет.

ФАМ НГОК ЛИНЬ

АВТОРЕФЕРАТ

Подписано в печать с оригинал-макета 20.03.2018.  
Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать трафаретная.  
Уч.-изд. л. 1.0. Печ. л. 1.25. Тираж 100 экз.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
Издательско-полиграфический отдел СПб ГЛТУ  
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 3.