

634.982  
М-60

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР  
БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. С. М. КИРОВА

---

На правах рукописи

В. В. МИЛЯКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ  
ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ  
НАДЕЖНОСТИ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

Специальность 05.420

«Машины, механизмы и технология лесоразработок,  
лесозаготовок и лесного хозяйства»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Брянск — 1970

634.982

M-60

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. С. М. КИРОВА

---

На правах рукописи

В. В. МИЛЯКОВ



ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ  
ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ  
НАДЕЖНОСТИ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ

Специальность 05.420

«Машины, механизмы и технология лесоразработок,  
лесозаготовок и лесного хозяйства»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



Брянск — 1970

2509 ар.

Работа выполнена в Центральном научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте механизации и электрификации лесной промышленности (ЦНИИМЭ) и Брянском технологическом институте.

Научный руководитель — кандидат технических наук доцент **А. В. Серов**.

**Официальные оппоненты:**

1. Доктор сельскохозяйственных наук профессор **А. Ф. Пронин**.

2. Кандидат технических наук доцент **А. В. Жуков**.

Ведущее предприятие — Оленийский леспромхоз ЦНИИМЭ.

Автореферат разослан « 6 » октября 1970 г.

Защита диссертации состоится « 2 » декабря 1970 г. на заседании ученого совета Белорусского технологического института им. С. М. Кирова (г. Минск, ул. Свердлова, 13-а, IV корпус, аудитория № 220).

Просим Ваши отзывы по автореферату **обязательно в двух экземплярах с заверенными подписями** направлять в адрес совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь совета  
кандидат технических наук доцент  
**И. М. ПЛЕХОВ.**

*10/15*

10/15  
10/15

## Состояние исследуемого вопроса

XXIII съезд КПСС выдвинул в качестве одной из самых важных задач по созданию материально-технической базы в нашей стране — обеспечение высокого технического уровня надежности и качества отечественной промышленности. Высокая надежность является одним из основных требований, предъявляемых к современной технике.

Оптимальная надежность машин должна обеспечиваться научно обоснованными методами как при проектировании и производстве (изготовлении), так и в эксплуатации.

Вопросу повышения надежности машин путем конструктивных усовершенствований, применения различных методов упрочнения поверхностных слоев деталей посвящены работы Г. М. Яковлева, Б. Р. Назаренко, Н. А. Карасева, М. И. Кузьмина, М. М. Кобриня, А. Л. Честнова, Б. М. Фиттермана, С. Л. Ананьева, М. А. Елизаветина, М. А. Халфина и др. Этим вопросам большое внимание уделяют научно-исследовательские институты ВНИТИ, ВНИИ МПС, ЦНИИТМАШ.

При эксплуатации машин важнейшее значение для повышения надежности имеет организация соответствующих профилактических мероприятий.

Первые попытки определить основные принципы правильной технической эксплуатации машин были предприняты в нашей стране уже в 1924 году. К этому времени относится первая научная работа специальной комиссии ЦУМТ в составе Н. Р. Брилинга, Е. А. Чудакова, Б. Э. Шпринка и др., в которой были приведены данные, характеризующие затраты труда и стоимость технического обслуживания автомобилей и необходимое число рабочих.

Исследования эксплуатационных износов деталей машин, выполненные в 1940 году научными сотрудниками ЦНИИАТ под руководством В. В. Ефремова позволили установить научно обоснованные нормы межремонтных пробегов автомо-

билей и их агрегатов. По данным исследования Р. В. Кугеля, И. И. Маликова, А. М. Половко, время безотказной работы и сроки службы агрегатов машин могут иметь нормальный, экспоненциальный, логарифмический и другие законы распределения. Периодичность постановки машины на техническое обслуживание зависит от времени безотказной работы ее деталей при определенной надежности или уровне вероятности безотказной работы.

Объективную оценку наивыгоднейшей периодичности технического обслуживания дает технико-экономический метод, разработанный Г. В. Крамаренко. Дальнейшее развитие вопросы корректировки режимов технического обслуживания получили в работах Е. С. Кузнецова, А. М. Шейнина, Л. С. Приходько и др.

Обоснованию режимов ТО и исследованию влияния их на надежность и долговечность машин большое внимание уделяют В. И. Казарцев, А. И. Селиванов, Г. В. Веденяпин, В. Н. Трейер, Б. Н. Боголюбов, Ю. Н. Артемьев, Л. Н. Давидович, а также научно-исследовательские, проектные и учебные институты: ГосНИТИ, НИИАТ, МАДИ, ЦНИИМЭ и др.

Значительно меньше в научно-исследовательской литературе отражены вопросы методов проведения технического обслуживания, т. е. вопросы о том, как (каким образом) производить тот или иной вид технического ухода в различных условиях эксплуатации.

Наибольшее количество работ по выявлению рациональных методов организации технического обслуживания проведено институтом НИИАТ. Значительные работы в этом направлении провели Л. И. Несвитский, В. П. Карташов, И. В. Барашков, Н. А. Казаков, Г. Н. Михеев, Г. Т. Прохонский. В системе министерства лесной промышленности значительные исследования по повышению эксплуатационной надежности машин путем рациональной организации технического обслуживания проведены А. В. Серовым.

### **Обоснование и задачи исследования**

Проведенный анализ существующих работ позволяет сделать следующие основные выводы:

а) эксплуатационная надежность машин обуславливается тремя основными факторами: конструктивными, технологическими и профилактическими.

Повышение надежности машин может быть обеспечено

научно обоснованными мероприятиями на всех трех стадиях. Между различными путями повышения надежности машин существуют взаимные связи и зависимости. Между тем наиболее существенные резервы повышения эксплуатационной надежности действующих машин при минимальных затратах и, в основном, за счет внутренних резервов заключены в организации и механизации процессов технического обслуживания;

б) многолетним опытом эксплуатации машин накоплены данные по существующим формам организации технического обслуживания (внутрифирменная и межфирменная, централизованная и децентрализованная, индивидуальная и агрегатная). Однако до настоящего времени эти формы и методы организации ТО применяются шаблонно, без учета особенностей эксплуатации машин на предприятиях;

в) научные исследования в области технического обслуживания направлены на решение вопросов повышения эксплуатационной надежности машин путем разработки оптимальных режимов обслуживания; исследования же возможности повышения надежности путем рациональной организации технического обслуживания в различных условиях эксплуатации весьма немногочисленны.

Наиболее обстоятельные из них — работы Г. В. Крамаренко, А. В. Серова, И. В. Барашкова — не имеют достаточно разработанных показателей для практического использования при планировании организации ТО машин. Поэтому исследование возможности повышения эксплуатационной надежности машин в лесной промышленности путем рациональной организации технического обслуживания имеет важное производственное и научное значение;

г) время безотказной работы деталей, узлов и агрегатов машины в действительных условиях эксплуатации подчиняется как нормальному, так и отличному от нормального законам распределения.

Следовательно, при изучении влияния организации ТО на изменение эксплуатационной надежности необходимо использовать более общие законы распределения, позволяющие правильно определять наиболее вероятные значения и действительные изменения исследуемых показателей. Для этой цели необходимо выявить действительные законы распределения основных показателей технического состояния машин в реальных условиях эксплуатации.

Специфика лесозаготовительных работ предъявляет жест-

кие требования к эксплуатационной надежности машин. Эксплуатация трелевочных тракторов отличается от эксплуатации других машин чрезвычайным разнообразием и непрерывным изменением факторов, влияющих на надежность как отдельных сопряжений, узлов и агрегатов, так и трактора в целом.

По данным ЦНИИМЭ, использование тракторов по времени составляет около 53%, фактический коэффициент технической готовности — 70—75%. В лесозаготовительных предприятиях страны постоянно не используется более 45% трелевочных тракторов; почти 25% тракторов находится в неисправном состоянии.

Настоящая работа посвящена исследованию возможности повышения эксплуатационной надежности трелевочных тракторов для различных условий эксплуатации путем рациональной организации технического обслуживания.

При выполнении данной работы были поставлены следующие задачи:

1. Разработать классификацию основных методов организации технического обслуживания трелевочных тракторов, наиболее широко применяемых в условиях эксплуатации.

2. Определить пределы изменения показателей технического состояния тракторов, их вероятностные значения и законы распределения при различных методах организации технического обслуживания в реальных условиях эксплуатации.

3. Выявить обобщающие показатели распределения рационального метода организации технического обслуживания.

4. Разработать методику определения рациональной организации технического обслуживания при планировании, с учетом условий эксплуатации трелевочных тракторов.

5. Разработать конкретные рекомендации по рациональной организации технического обслуживания трелевочных тракторов в леспромхозах.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов и рекомендаций.

### **Теоретические исследования оптимального управления техническим обслуживанием**

Так как согласно технологическому процессу производства машин на машиностроительных и ремонтных предприятиях период приработки должен выполняться до их получения экс-

плуатационными предприятиями, то предметом нашего исследования является период нормальной эксплуатации, который может быть назван участком постепенного накопления остаточных изменений.

Остаточные изменения имеют обычно необратимый характер, а поэтому величина остаточных изменений  $Q$ , накопившихся за время работы машины  $t$ , может быть выражена следующим равенством:

$$Q(t) = \int_0^t \text{tg } \alpha(t) dt; \quad (1)$$

где:  $\text{tg } \alpha(t)$  — интенсивность износа сопряжений машины, представляющая собой непрерывную случайную величину. Ввиду необратимости процесса накопления остаточных изменений

$$\text{tg } \alpha(t) > 0.$$

Для нормальной эксплуатации машины необходимо, чтобы в течение всего времени работы суммарная величина остаточных изменений не превышала бы некоторого предела  $S_{max}$ , т. е.  $Q(t) < S_{max}$ .

Случайность процесса накопления остаточных изменений вызывает случайные вариации времени  $t$ , потребного для достижения уровня остаточных изменений  $S_{max}$  и, следовательно, случайные вариации межремонтного срока службы машины. Однако, намечая ту или иную организацию ТО, можно управлять этим процессом, т. е. влиять на интенсивность изменения технического состояния машин.

Задачей рационального планирования является выбор такого метода организации ТО, чтобы некоторый критерий эффективности  $W$  обратился в максимум или минимум:

$$M = \left\{ \begin{array}{l} W \rightarrow \text{КТГ}_{об} \rightarrow \text{max} \\ \quad \rightarrow \text{П} \rightarrow \text{max} \\ \quad \rightarrow \text{T} \rightarrow \text{min} \\ \quad \rightarrow \text{С} \rightarrow \text{min} \end{array} \right. \quad (2)$$

Здесь:  $M$  — рациональный метод организации ТО,  
 $\text{КТГ}_{об}$  — обобщенный коэффициент технической готовности. Предложен к. т. н. А. В. Серовым, учитывает все виды простоев и определяется по формуле:



$$K\Gamma\Gamma_{об} = \frac{MЧ_c - \Sigma MЧ_{п(ту+р)}}{MЧ_c} = \frac{MЧ_c - (MЧ_{cy} + MЧ_{ny} + MЧ_{tp} + MЧ_{py})}{MЧ_c} \quad (3)$$

$\Pi$  — производительность на машино-смену, м<sup>3</sup>.

$T$  — трудозатраты на выполнение ТО, чел.-час.

$C$  — стоимость выполнения технического обслуживания, руб.—коп.

Изучение вопроса выбора организации технического обслуживания с точки зрения геометрической интерпретации позволило нам прийти к заключению, что при определении рациональной организации ТО может быть применен метод динамического программирования, при котором значение  $W$ , достигнутое за весь процесс, получается простым алгебраическим суммированием частных значений того же критерия  $\omega_i$ , достигнутых на отдельных шагах (переходах):

$$W = \sum_{i=1}^m \omega_i \quad (4)$$

Если принять за «переход» время работы машин до достижения какого-то определенного износа, то рациональная организация ТО увеличивает это время и в результате всего периода за  $m$  переходов получается «доход»:

$$W = \sum_{i=1}^m \omega_i(S_{i-1}; M_i); \quad (5)$$

где:  $\omega_i(S_{i-1}; M_i)$  — доход на  $i$ -м переходе, зависящий, естественно, от предыдущего состояния системы (машины)  $S_{i-1}$  и выбранного метода технического обслуживания.

Использование метода динамического программирования для нахождения последовательности решений, максимизирующих ожидаемые доходы, возможно благодаря последовательной структуре полумарковских процессов с доходами. Но так как полумарковские процессы могут быть применены для технических систем с конечным числом возможных состояний и стратегий (методов) технического обслуживания, в диссертационной работе нами определены семь основных, наиболее распространенных методов организации технического обслуживания, иначе стратегий, за трелевочными тракторами (табл. 1).

Таблица 1

**Основные, наиболее распространенные методы организации  
технического обслуживания**

Методы организации технического обслуживания (стратегии)	Виды обслуживания			
	ЕУ	ТУ-1	ТУ-2	ТР
I	В межсменное время	В межсменное время на месте стоянки	Во внутрисменное время централизованно	50% в межсменное, 50% во внутрисменное время
Ia	В межсменное время	В межсменное время централизованно	Во внутрисменное время централизованно	50% в межсменное, 50% во внутрисменное время
II	В межсменное время	Во внутрисменное время централизованно	Во внутрисменное время централизованно	50% в межсменное, 50% во внутрисменное время
IIa	В межсменное время	Во внутрисменное время на месте стоянки	Во внутрисменное время централизованно	50% в межсменное, 50% во внутрисменное время
III	Во внутрисменное время комплексной бригадой	Во внутрисменное время централизованно	Во внутрисменное время централизованно	50% в межсменное, 50% во внутрисменное время
IIIa	Во внутрисменное время комплексной бригадой	Во внутрисменное время на месте стоянки	Во внутрисменное время централизованно	50% в межсменное, 50% во внутрисменное время
IV	Во внутрисменное время трактористом	Во внутрисменное время на месте стоянки	Во внутрисменное время централизованно	50% в межсменное, 50% во внутрисменное время

Выражение для определения среднего дохода системы при ее эксплуатации имеет вид:

$$W_{\text{ср}} = q_{s_0} + \sum_{s'_k=1}^m tg \alpha_{s_0 s'_k} W_{s'_k} \quad (6)$$

( $S_0=1, 2, \dots, m$ ),

где:  $q_{s_0}$  — норма выручки,

$S_0$  — область начального состояния системы,

$S'_k$  — область промежуточного состояния системы.

Следовательно, определив относительное время пребывания системы в исправном состоянии при определенном методе организации ТО, можно определить средний доход системы в единицу времени для каждого метода и выбрать тот метод, который обеспечивает наибольший доход.

Очевидно, что наибольший доход обеспечивается при минимальной интенсивности износа сопряженной машины, а уменьшение интенсивности износа влечет за собой уменьшение и интенсивности «регулярных» отказов  $\omega(t)$ :

$$\omega(t) = \frac{n(t)}{N \cdot \Delta t}, \quad (7)$$

что в свою очередь увеличивает наработку на отказ:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (8)$$

где:  $n(t)$  — число отказов в интервале времени  $t - \frac{\Delta t}{2}$  до

$$t + \frac{\Delta t}{2},$$

$\Delta t$  — интервал времени,

$N$  — количество машин, находящихся на испытании,

$t_i$  — время исправной работы между  $(i-1)$  и  $i$ -м отказами,

$n$  — число отказов за некоторое время  $t$ .

Устранение каждого отказа в процессе эксплуатации машинно-тракторного парка связано с определенными затратами. Таким образом, если взять за «убыток» среднее значение ущерба от простоев тракторов на внеплановых ремонтах (случайные отказы), то при рациональной организации технического обслуживания

$$W_t = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^{i_t} (Z_i + \Pi_i) \rightarrow \min, \quad (9)$$

где:  $W_t$  — среднее значение «убытка» от простоев за время  $t$ ,

$i_t$  — число отказов за период работы,

$Z_i$  — затраты на устранение каждого отказа,

$\Pi_i$  — ущерб от каждого отказа, связанный с тем, что машина перестает выполнять присущие ей функции.

Так как для отказа машины необходимым и достаточным условием является отказ любой детали, то, представляя отказ каждой детали случайным, независимым событием, вероятность безотказной работы машины можно представить в виде:

$$P(t) = p_1(t) \cdot p_2(t) \cdot \dots \cdot p_{n_g}(t) = \prod_{i=1}^{n_g} p_i(t); \quad (10)$$

так как 
$$p_i(t) = e^{-\int_0^t \lambda_i(t) dt}, \quad (11)$$

то 
$$P(t) = e^{-\sum_{i=1}^{n_g} \int_0^t \lambda_i(t) dt}. \quad (12)$$

Здесь:  $p_i$  — вероятность безотказной работы  $i$ -го элемента (детали),

$n_g$  — число элементов (деталей) в машине,

$\lambda_i$  — интенсивность отказов  $i$ -го элемента (детали).

Совместным решением двух уравнений при рассмотрении промежутка времени от  $t$  до  $(t + \Delta t)$ :

$$\begin{aligned} P_1(t + \Delta t) &= P(t) e^{-\lambda \Delta t} \\ P_2(t + \Delta t) &= [1 - P(t)] [1 - e^{-\mu \Delta t}] \end{aligned} \quad (13)$$

на основании теоремы о полной вероятности нами установлена зависимость между коэффициентом технической готовности машин и вероятностью того, что они находятся в исправном состоянии в любой момент времени  $t$ :

$$KTF = P(t), \quad (14)$$

где:  $\mu$  — интенсивность восстановления.

Следовательно, в самом общем виде, в условиях нормальной эксплуатации коэффициент технической готовности является равнозначным с характеристикой надежности и основным критерием, который на практике дает возможность оце-

нить эффективность принятой организации ТО машинно-тракторного парка.

Однако обобщенный КТГ в практических условиях может быть получен лишь по истечении определенного времени работы машинно-тракторного парка по тому или иному методу организации ТО. Поэтому при планировании необходима определенная система показателей, дающих предварительную оценку эффективности различных методов ТО в зависимости от типа леспромхоза.

Рациональная организация технического обслуживания должна обеспечить ряд технических и экономических требований, наиболее общими из которых являются:

1. Требуемый уровень безотказной работы машин

$$P_{\text{тр}} = f(M; \alpha). \quad (15)$$

2. Заданная готовность машин, определяемая коэффициентом технической готовности

$$КТГ_{\text{рас}} = \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{раб}} + t_{\text{ту}} + p}. \quad (16)$$

3. Допустимые экономические затраты на проведение технического обслуживания

$$\gamma_{\text{э}} = \frac{C_{\text{пл}}}{C_{\text{пл}} + C_{\text{доб}}}. \quad (17)$$

Таким образом, выбор рациональной организации технического обслуживания предлагается производить по коэффициенту рациональности:

$$K_p = КТГ_{\text{рас}} \cdot \gamma_{\text{э}} \cdot \alpha \leq 1; \quad (18)$$

$M$  — метод организации технического обслуживания;

$\alpha$  — коэффициент качества. Поправочный коэффициент, учитывающий повышение надежности при рациональной организации ТО;

$КТГ_{\text{рас}}$  — расчетный (плановый) коэффициент технической готовности, зависящий от метода организации ТО;

$\gamma_{\text{э}}$  — коэффициент экономической целесообразности применения того или иного метода организации ТО в зависимости от типа леспромхоза;

$$\gamma_{\text{э}} = \gamma_{\text{еу}} \cdot \gamma_{\text{ту}-1} \cdot \gamma_{\text{ту}-2}; \quad (19)$$

$C_{\text{пл}}$  — плановые удельные затраты на единицу продукции;

$C_{\text{доб}}$  — дополнительные затраты на единицу дополнительной продукции.

Плановый КТГ и  $\gamma_{\text{э}}$  определены предварительно, аналитическим путем, для каждого конкретного случая в зависимости

сти от метода организации ТО. Коэффициенты качества —  $\alpha$  определены на основании экспериментального исследования.

### Методика экспериментального исследования

Анализ таблицы 1 позволил нам прийти к выводу, что исследование для сравнительной оценки влияния различных методов организации ТО на надежность и долговечность тракторов достаточно провести по трем методам, которые наиболее полно отражают изменение в формах технического обслуживания (рис. 1).

Экспериментальные исследования выполнялись в производственных условиях Оленинского леспромхоза Калининской области. Число наблюдений определялось по формуле:

$$n = \frac{v^2 t^2}{P^2}, \quad (20)$$

где:  $v\%$  — коэффициент изменчивости. Для расчетов принят 40%;

$P\%$  — показатель точности. Принят равным 10%;

$t$  — показатель достоверности, определяемый интегралом уровня вероятности

$$P_v = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (21)$$

Принятому для расчетов уровню вероятности  $P_v=0,95$  соответствует показатель достоверности  $t=1,96$ .

Расчеты показали, что исследование достаточно провести в течение 62 дней. С целью получения более достоверных данных экспериментальное исследование проводилось четыре периода по 62 дня каждый (всего 248 дней), т. е. охватывало все времена года.

Для исследования были выделены тракторы с сопоставимой эксплуатационной надежностью, т. е. для обеспечения репрезентативности выборки в каждой группе был применен типический отбор.

Данные наблюдений ежемесячно обрабатывались с помощью методов математической статистики, и результаты заносились в сводные помесячные ведомости-таблицы — на каждый трактор в отдельности, как и средняя величина на исследуемую группу тракторов.

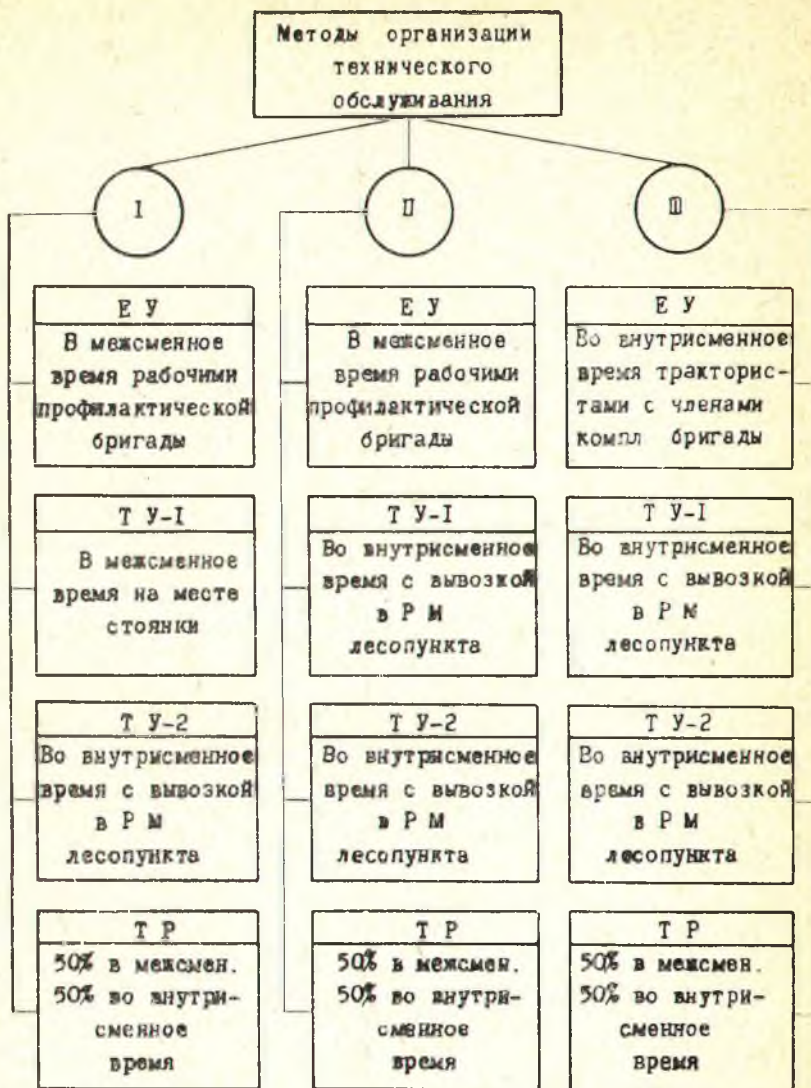


Рис. 1. Методы организации (стратегии) технического обслуживания трелевочных тракторов, принятые для экспериментального исследования

## Результаты экспериментального исследования и их анализ

Применение математической статистики и элементов теории вероятностей при исследовании влияния организации технического обслуживания на эксплуатационную надежность трелевочных тракторов позволило нам выявить действительные законы изменения каждого показателя технического состояния в отдельности при конкретной организации технического обслуживания, определить их наиболее вероятностные значения и колебания относительно этих значений.

Характерные законы распределения зависимости изменения технического состояния машин от метода организации ТО изучались с помощью изображения вариационных рядов в виде кривых распределения (рис. 2).

Близость характеристик асимметрии и эксцесса к нулю (отношение показателей асимметрии и эксцесса к их ошибкам, за редким исключением, значительно менее трех) позволяет предположить, что распределение опытных значений большинства показателей надежности тракторов соответствует нормальному закону распределения случайных величин.

Оценка соответствий экспериментальных значений плотности распределения показателей теоретическому распределению произведена по критерию согласия Пирсона.

Установлено, что в результате влияния случайных факторов величина  $\chi^2$  принимает значение не меньше, чем вычисленное по данным выборки  $\chi^2_{\alpha}$ . При принятом уровне значимости 0,05 минимальная вероятность  $P(\chi^2 > \chi^2_{\alpha})$  равна 0,15.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что для всех методов организации технического обслуживания одноименные показатели изменяются по аналогичным законам. Следовательно, сравнение полученных данных по различным методам организации ТО может производиться по статистическим характеристикам, вычисленным одним из способов математической статистики. Представление о средней величине изучаемого показателя дает среднее арифметическое (табл. 2).

По полученным данным определены коэффициенты качества —  $\alpha$  для основных методов организации технического обслуживания трелевочных тракторов в леспромхозах (табл. 3)



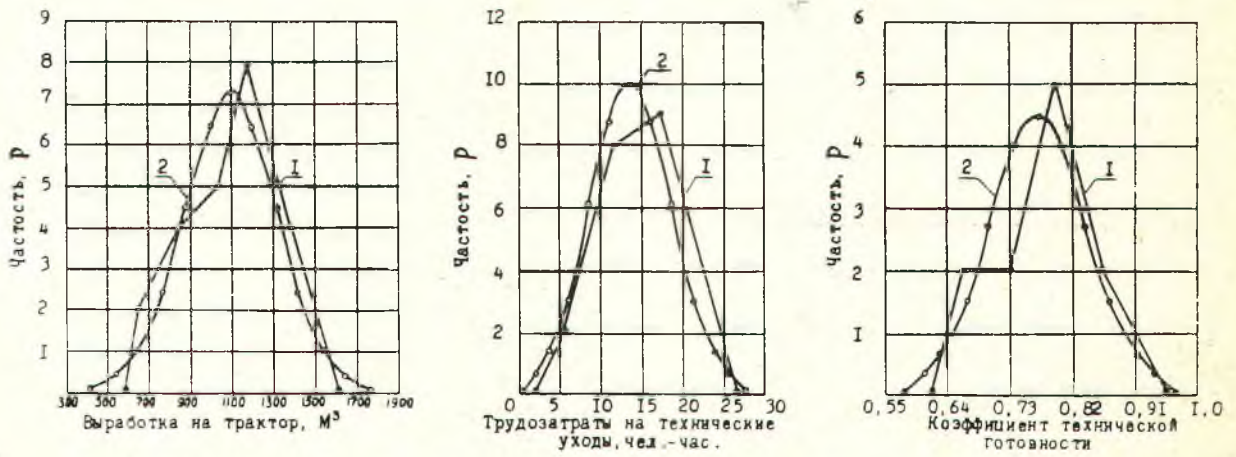


Рис. 2. Кривые распределения ряда показателей технического состояния трелевочных тракторов:  
 1 — многоугольник частот по данным эксперимента;  
 2 — теоретическая кривая распределения частот.

2509 ар.

Таблица 2

Сводные данные экспериментального исследования, приведенные к 1000 м³ древесины

Метод технического обслуживания	Среднемесячные данные за период исследования									Распределение трудозатрат в %		Производительность на тракторосмену, м³	Обобщенный КТГ
	колич. часов работы	выработка, м³	стоим. израсходован. запчастей и материалов, руб — коп.	простой в часах при выполнении			трудозатраты в чел.-час. на выполнение			на технические уходы	на текущие ремонты		
				технических уходов (ЕУ+ТУ)	текущих ремонтов	общее	технических уходов (ЕУ+ТУ)	текущих ремонтов	общее				
I	141,05	1170,5	24-70	9,22 9,1	21,4	9,22 30,4	28,4	46,7	75,1	37,8	62,2	66,4	0,80
II	133,5	1103,2	29-80	3,71 13,1	25,8	3,71 38,9	26,8	56,0	82,8	32,4	67,6	66,0	0,77
III	128,4	935,0	43-60	14,0	35,6	49,6	25,4	76,3	101,7	25,0	75,0	58,3	0,75

Примечание: Числитель — межсменное обслуживание, знаменатель — внутрисменное обслуживание.

Б-ка БТИ им. С. М. Кирова  
 г. Минск, Свердлова, 13

Таблица 3

Коэффициенты качества для различных методов организации технического обслуживания

Метод организации технического обслуживания	Величина $\alpha$	Метод организации технического обслуживания	Величина $\alpha$
I	0,89	III	0,78
Ia	1,00	IIIa	0,70
II	0,86	IV	0,68
IIa	0,76		

При планировании рациональной организации технического обслуживания необходимо провести расчеты с целью учета особенностей работы лесозаготовительного предприятия. В диссертационной работе приведены формулы для определения величин, входящих в выражение коэффициента рациональности (18). В качестве примера приводится вспомогательная таблица для определения рациональной организации технического обслуживания трелевочных тракторов ТДТ-60, ТДТ-75 (табл. 4).

Обозначения:

- $P_{\text{час}}$  — производительность трактора в м<sup>3</sup>/час,
- $V$  — скорость передвижения транспортных средств,
- $l_{\text{ср}}$  — среднее расстояние между мастерскими участками,
- $L$  — среднее расстояние от ремонтной мастерской до мастерского участка (участков),
- $n_y$  — количество мастерских участков,
- $n_t$  — количество тракторов на лесопункте,
- $Z'_{\text{доп}}$  — средняя дневная тарифная ставка рабочего профилактической бригады.

Таблица 4  
Вспомогательная таблица для определения рационального метода организации технического обслуживания трелевочных тракторов ТДТ-60, ТДТ-75

Метод организации технического обслуживания	Расчетный КПД	Коэффициент экономичности проведения ежесменного ухода	Коэффициент экономичности проведения технического ухода № 1	Коэффициент качества $\alpha$
I	0,90	$\eta_{\text{еу}} = \frac{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} [7,7V - l_{\text{ср}}(n_y - 1)]}{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} [7,7V - l_{\text{ср}}(n_y - 1)] + 2VZ'_{\text{доп}}}$	Количество тракторов до 8 единиц: $\eta_{\text{ту}-1} = \frac{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} n_t}{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} n_t + 1,25 Z'_{\text{доп}}}$	0,89
Ia	0,90	$\eta_{\text{еу}} = \frac{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} [7,7V - l_{\text{ср}}(n_y - 1)]}{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} [7,7V - l_{\text{ср}}(n_y - 1)] + 2VZ'_{\text{доп}}}$	Количество тракторов свыше 8 единиц: $\eta_{\text{ту}-1} = \frac{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} n_t + 0,125 Z'_{\text{доп}}}{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} n_t + 0,125 Z'_{\text{доп}}}$	1,00
II	0,80	$\eta_{\text{еу}} = \frac{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} [7,7V - l_{\text{ср}}(n_y - 1)]}{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} [7,7V - l_{\text{ср}}(n_y - 1)] + 2VZ'_{\text{доп}}}$	Количество тракторов до 8 единиц: $\eta_{\text{ту}-1} = \frac{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} n_t (4V - L) + 0,5VZ'_{\text{доп}}}{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} n_t (4V - L)}$	0,86
IIa	0,80	$\eta_{\text{еу}} = \frac{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} [7,7V - l_{\text{ср}}(n_y - 1)]}{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} [7,7V - l_{\text{ср}}(n_y - 1)] + 2VZ'_{\text{доп}}}$	Количество тракторов свыше 8 единиц: $\eta_{\text{ту}-1} = \frac{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} n_t (4V - L) + 0,5VZ'_{\text{доп}}}{C_{\text{пл}} P_{\text{час}} n_t (4V - L)}$	0,76
III	0,74	$\eta_{\text{еу}} = 1$		0,78
IIIa	0,74	$\eta_{\text{еу}} = 1$		0,70
IV	0,74	$\eta_{\text{еу}} = 1$		0,68

## Эффективность применения рациональной организации технического обслуживания машин

На основании экспериментального исследования установлена зависимость изменения сменной производительности от обобщенного коэффициента технической готовности (рис. 3):

$$P_{см} = 80,5 KТГ_{об} \quad (22)$$

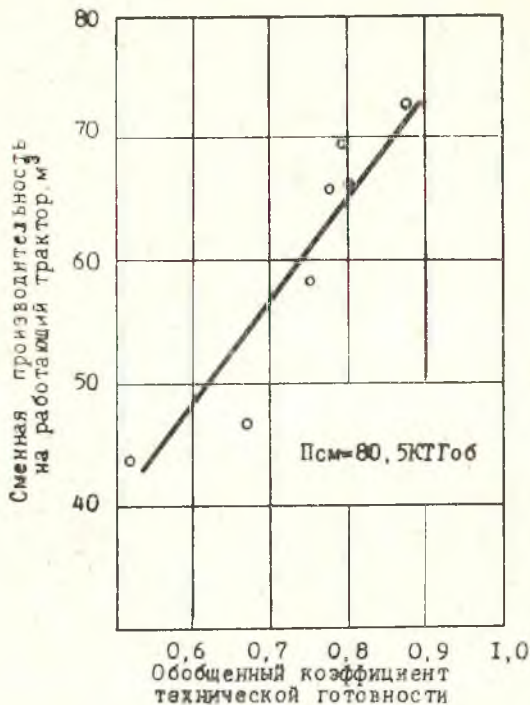


Рис. 3. Зависимость изменения сменной производительности от обобщенного коэффициента технической готовности

Из выражения (22) следует, что повышение  $KТГ_{об}$  на 0,01 дает увеличение сменной производительности на трактор в пределах  $0,805 \text{ м}^3$ , или на каждые 100 работающих тракторов —  $80,5 \text{ м}^3$ .

При условно принятой производительности трактора  $58,3 \text{ м}^3$  за 100% увеличение сменной производительности на

0,805 м<sup>3</sup> позволит высвободить 1,38 трактора на каждые 100 работающих. Приняв стоимость трактора в среднем 5700 руб., получим экономию в 7866 руб.

Ввиду идентичности изменения обобщенного КТГ и  $K_p$  от стратегии обслуживания (рис. 4), можно сделать вывод, что повышение коэффициента рациональности —  $K_p$  на 0,01 дает экономический эффект в сумме 7,9 тыс. руб. на каждые 100 работающих тракторов (только за счет уменьшения количества списочных машин).

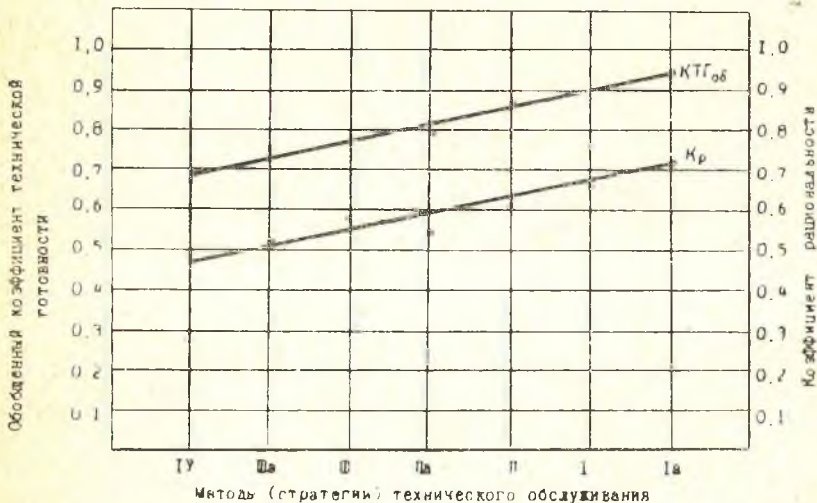


Рис. 4. Динамика изменения обобщенного коэффициента технической готовности и коэффициента рациональности от стратегии обслуживания

### Общие выводы и рекомендации

1. Разработанная классификация основных методов организации технического обслуживания трелевочных тракторов позволяет выбрать рациональный метод для того или иного типа леспромхоза и рекомендуется для практического использования в различных лесозаготовительных предприятиях лесной промышленности.

2. Изменение основных характеристик надежности подчиняется нормальному закону распределения. Следовательно, сравнение различных методов организации технического обслуживания

служивания может производиться по статистическим характеристикам.

3. Для выбора рациональной организации ТО можно использовать метод динамического программирования, в частности, полумарковский процесс с непрерывным временем. Установлено, что метод организации ТО является рациональным при выполнении условия (2).

4. В условиях нормальной эксплуатации коэффициент технической готовности является равнозначным с характеристикой надежности (14), и величина обобщенного КТГ (3) может явиться критерием для оценки организации технического обслуживания.

5. Предлагаемая методика определения рациональной организации ТО трелевочных тракторов в зависимости от условий эксплуатации учитывает возможность повышения эксплуатационной надежности тракторного парка при минимальных затратах на техническое обслуживание.

6. При планировании рациональной организации технического обслуживания необходимо определить коэффициент рациональности для каждого метода организации ТО с целью учета особенностей работы лесозаготовительного предприятия по формуле (18).

По наибольшему коэффициенту выбирается метод организации ТО, являющийся рациональным (оптимальным) для данного типа леспромхоза.

Приведены необходимые вспомогательные формулы, облегчающие расчет.

7. Установлено, что повышение коэффициента рациональности на 0,01 дает экономический эффект только за счет уменьшения количества списочных машин в сумме 7,9 тыс. руб. на каждые 100 работающих.

8. Результаты исследования рекомендуются для практического использования при планировании организации технического обслуживания трелевочных тракторов в леспромхозах.

*Основное содержание диссертации отражено в следующих работах автора:*

1. Механизмы в надежных руках. Журн. «Лесная промышленность», 1962, № 7.

2. Справочник тракториста леспромхоза. Изд-во «Лесная промышленность», 1964.

3. Рационально организовать техническое обслуживание машин. Журн. «Лесная промышленность», 1965, № 10.

4. Рациональная организация технического обслуживания гредловочных тракторов в леспромхозах. Вопросы механизации лесозаготовок и лесного хозяйства. Выпуск I. Изд-во «Лесная промышленность», 1967.

5. Ежедневный уход — основа профилактического обслуживания машин. Сб. реферативной информации ЦНИИТЭИ-леспрома, ЛЛЭ, № 19, 1967.

Основные разделы диссертации и работа в целом докладывались на научно-технических конференциях Брянского технологического института в 1965—1968 гг.

Предложение «Совершенствование использования машин и механизмов» получило III премию за 1965 год на Всесоюзном конкурсе НТО лесной промышленности и лесного хозяйства. Журн. «Лесная промышленность», 1966, № 3.

РМ 01516. Подписано к печати 21 сентября 1970 г.  
Формат бумаги  $60 \times 84^{1/16}$ . Объем 1,5 п. л. Тираж 120. Зак. 4350.

---

Брянская областная типография управления по печати,  
г. Брянск, ул. Станке Димитрова, 40.