

63083  
А 66

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени С. М. КИРОВА

На правах рукописи

**А Н Д Р У Щ Е Н К О**  
Марат Сергеевич

**ТЕХНОЛОГИЯ ТРЕЛЕВКИ ТРАКТОРАМИ  
И ОБОСНОВАНИЕ ИХ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ДЛЯ УСЛОВИЙ МЕЛКИХ ЛЕСОСЕК УССР**

05.21.01 — «Технология и механизация лесного хозяйства  
и лесозаготовок»

**А в т о р е ф е р а т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск — 1982

Работа выполнена во Львовском лесотехническом институте на кафедре механизации лесоразработок.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент  
Ю. Г. САВИЦКИЙ

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Т. Т. МАЛЮГИН;  
кандидат технических наук, доцент  
М. В. ХОДОСОВСКИЙ.

Ведущая организация: Львовское областное управление лесного хозяйства и лесозаготовок

Защита состоится « 17 » мая . . . 1982 г. в  
. 14. час на заседании специализированного совета К-056.01.01 по присуждению ученой степени кандидата наук в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте им. С. М. Кирова по адресу: 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13-а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского ордена Трудового Красного Знамени технологического института им. С. М. Кирова.

Автореферат разослан « 14 » апреля . . . 1982 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент

И. Э. РИХТЕР

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" указано, что необходимо на основе использования достижений науки и техники "повышать в оптимальных пределах единичные мощности машин и оборудования при одновременном уменьшении их габаритов, металлоемкости, энергопотребления и снижения стоимости на единицу конечного полезного эффекта, обеспечить освоение в короткие сроки серийного производства новых конструкций машин, оборудования, средств автоматизации и приборов, позволяющих использовать в широких масштабах высокопроизводительные, энерго- и материалосберегающие технологии во всех отраслях народного хозяйства, а также производства необходимой техники, соответствующей специфическим условиям эксплуатации в различных районах страны".

В лесозаготовительном производстве трелевка леса является одним из самых трудоемких процессов в составе лесосечных работ. Наиболее широкое применение в СССР на трелевке леса получили трелевочные тракторы. В настоящее время конструкторы тракторных заводов ведут работы по дальнейшему совершенствованию трелевочных тракторов.

В связи с этим особую актуальность приобретает исследование работы трелевочных тракторов в различных специфических лесозаготовительных зонах и обоснование их оптимальных параметров, что в значительной мере позволит уменьшить металлоемкость, энергопотребление трелевочных тракторов при одновременном снижении стоимости трелевочных работ.

Цель работы. Настоящая работа посвящена исследованию работы гусеничных трелевочных тракторов в равнинных условиях Украинской ССР и обоснованию их оптимальных параметров, а также определению оптимальных параметров лесосек с целью уменьшения металлоемкости, энергопотребления трелевочных тракторов и снижения приведенных затрат на трелевке леса.

Научная новизна. Впервые на основе комплексных исследований системы: конечный продукт - лесосека - человек - трелевочный трактор разработана математическая модель процесса трелевки в

6330 ар



условиях равнинных лесов Украинской ССР с целью определения оптимальных параметров гусеничных трелевочных тракторов (мощности двигателя, эксплуатационной массы, рейсовой нагрузки, рабочей скорости). Обоснованы оптимальные параметры гусеничных трелевочных тракторов для лесозаготовительных условий мелких разобраных лесосек Украины, определены оптимальные размеры лесосек. Полученные аналитические и статистические зависимости, представляющие частные математические модели процесса трелевки леса, могут быть использованы для других научных исследований процесса трелевки.

Практическая ценность. Методика определения оптимальных параметров трелевочных тракторов может быть использована проектно-конструкторскими организациями при прогнозировании параметров новых трелевочных тракторов на этапе их проектирования. Определение оптимальных значений параметров трелевочных тракторов позволит Министерству лесного хозяйства Украинской ССР использовать в лесхозагах серийные типы гусеничных трелевочных тракторов, имеющие параметры наиболее близкие к оптимальным. Рекомендации по определению оптимальных рейсовых нагрузок и оптимальных размеров лесосек могут быть использованы работниками лесхозов с целью рациональной эксплуатации серийных гусеничных тракторов.

Экономическая эффективность. Внедрение на предприятиях Минлесхоза УССР трелевочных тракторов с оптимальными параметрами при годовой программе трелевки в 2 млн. м<sup>3</sup> предполагает годовой экономический эффект при замене тракторов ТДТ-40М около 175,8 тыс. руб., ТДТ-55 - 326,6 тыс. руб. При этом трелевочные тракторы с оптимальными параметрами позволят снизить удельную металлоемкость в 2,2 раза против металлоемкости ТДТ-40М и в 3 раза - ТДТ-55. Удельная энергоемкость процесса трелевки тракторами с оптимальными параметрами снизится в 1,6 раза по сравнению с тракторами ТДТ-40М и в 2 раза по сравнению с тракторами ТДТ-55.

Реализация результатов исследований. По результатам исследований разработаны и переданы Минлесхозу УССР и Минлесхозу МССР рекомендации по обоснованию оптимальных параметров гусеничных трелевочных тракторов для рационального комплектования трелевочного тракторного парка. Методика и результаты исследований использованы Львовским филиалом ПКТИ Минлеспрома УССР при проекти-

ровании: машины для подтаскивания древесины к магистральному волоку. Изготовление экспериментального образца трактора предлагается на Майковском машиностроительном заводе в первом полугодии 1982 года.

Рекомендации по оптимальным рейсовым нагрузкам и оптимальным размерам лесосек внедрены в 1960 году в Бродовской и Нестеровском лесхозагах Львовского областного управления лесного хозяйства и лесозаготовок. Годовой экономический эффект от внедрения составил 4,2 тыс.руб.

Апробация работы. По материалам диссертации сделаны доклады на научно-технических конференциях Львовского лесотехнического института в 1969-1979 годах; на республиканской конференции аспирантов и молодых ученых, г.Харьков, 1972.

• Результаты исследований обсуждались в управлениях лесозаготовок Министерств лесного хозяйства УССР, 1979 год, Министерства лесного хозяйства МССР, 1980 г.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 6 научных статей.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 189 страницах машинописного текста, в том числе 26 рисунков и 13 таблиц. Список литературы (102 наименования) на 8 стр., приложения на 33 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### I. Состояние вопроса и анализ совершенствования гусеничных трелевочных тракторов в СССР

Вопросу обоснования параметров тракторов посвящен ряд научных работ. Обширные исследования по выбору оптимальных параметров сельскохозяйственных тракторов ведутся во Всесоюзном институте сельскохозяйственного машиностроения в тесном сотрудничестве с учеными научно-исследовательского автотракторного института.

В СССР известны научные работы по определению отдельных оптимальных параметров трелевочных тракторов М.В.Плаксина, К.И.Зороницына, В.Г.Кочегарова, П.А.Депенцова, И.И.Бабушкина, Г.Н.Пет-

руши, В.Б.Прохорова, Н.Н.Литвинчука и других авторов. За рубежом также ведутся исследования по рациональному выбору параметров тракторов на трелевке леса. Из этих работ следует отметить исследования *X. Megill, P. Haschke, M. G. Bekker, J. Vesel'sky, L. Johnson, J. Anderson*.

Обзор работ показал, что при установлении главных параметров трелевочных тракторов были приняты разные критерии оптимальности, целый ряд допущений, в силу чего, рекомендуемые оптимальные параметры имеют значительный разброс, а то и противоречивые значения отдельных параметров (мощность двигателя, рабочая скорость трактора). Изучение специальной литературы по вопросам тракторной трелевки позволило установить, что в большинстве исследований рассматриваются лесозаготовительные условия трелевки в многолесных районах СССР.

Специфические особенности работы трелевочных тракторов в условиях мелких разобраных лесосек равнинной части УССР и других подобных регионов исследованы недостаточно, а оптимальные параметры трелевочных тракторов до настоящего времени не определены.

Анализ совершенствования гусеничных трелевочных тракторов показал, что мощность трелевочных тракторов Онежского тракторного завода увеличилась на 59%, эксплуатационная масса - на 61%, оптовая цена возросла на 37%, в то время как выработка на списочную машину повысилась всего лишь на 9%, энергонасыщенность тракторов уменьшилась на 2%. У трелевочных тракторов Алтайского тракторного завода за последние 10 лет мощность увеличилась на 84%, эксплуатационная масса - на 16%, оптовая цена - на 48%, а выработка всего лишь на 24%. Все это указывает на то, что попытка решить проблему значительного повышения производительности за счет внедрения на трелевке более мощных и тяжелых тракторов оказалась неэффективной. Внедрение более мощных машин привело к росту их стоимости, что при незначительном росте производительности сказалось на снижении фондоотдачи и рентабельности лесозаготовительной промышленности в десятой пятилетке.

В связи с вышеизложенным, в работе поставлена основная задача исследовать работу гусеничных трелевочных тракторов в условиях мелких разобраных лесосек равнинной части Украинской ССР

и установить их оптимальные параметры, определить оптимальные размеры лесосек.

## II. Общая методика выполнения работы

Одним из главных принципов методики обоснования параметров трелевочных тракторов принимается принцип их оптимизации. Этот принцип вытекает из закона хозяйственного строительства - достижения наибольших результатов при наименьших затратах труда и средств. Реализация этого принципа требует установления таких параметров трелевочных тракторов, которые наиболее полно соответствовали бы условиям их применения, так как последние характеризуются большим разнообразием и предъявляют дифференцированные требования к лесозаготовительной технике и в силу этого оказывают существенное влияние на эффективность ее использования.

В качестве основного критерия при обосновании оптимальных параметров трелевочных тракторов были приняты удельные приведенные затраты на трелевке.

Процедура выработки рекомендаций по значениям оптимальных параметров трелевочных тракторов представлена на рис. I в виде укрупненной блок-схемы.

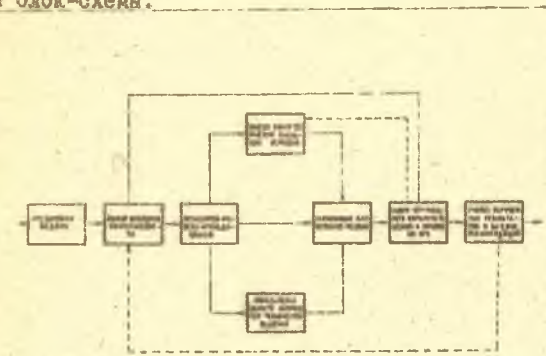


Рис. I. Блок-схема процесса технико-экономического анализа.

Сплошными стрелками на схеме показана последовательность выполнения отдельных этапов процесса, а пунктирными - обратные связи между некоторыми этапами, заключающиеся в проверке оптимального решения на устойчивость, а также в изменении самого критерия, если логический анализ выявил несостоятельность полученных результатов.

Программа определения оптимальных параметров трелевочных тракторов включает:

1. Натурное изучение условий мелких разобленных лесосек Украинской ССР и на основании подобия таксационных показателей, породного состава, рельефа и природных условий установление характерных лесозооплуатационных зон.

2. Теоретические исследования технологического процесса трелевки гусеничными тракторами и разработка математической модели этого процесса.

3. Экспериментальные исследования по определению затрат времени на формирочно-отцепочные операции при трелевке.

4. Установление типовариантов трелевочных тракторов по массе и мощности двигателя.

5. Расчет удельных приведенных затрат для каждого варианта трелевочного трактора при различных рабочих скоростях и рейсовых нагрузках на выполнение трелевочных работ в конкретной подзоне Украинской ССР.

6. Графоаналитическое определение оптимальных параметров гусеничных трелевочных тракторов при работе их в каждой лесозооплуатационной зоне Украины.

7. Определение оптимальных размеров лесосек при тракторной трелевке в условиях равнинных лесов I и II группы.

8. Определение экономической эффективности использования трелевочных тракторов с оптимальными параметрами.

### III. Теоретические исследования процесса трелевки гусеничными тракторами

Общая математическая модель процесса трелевки гусеничными тракторами имеет вид:

- характеристика процесса:

$$\begin{aligned}
 U_o &= f_1(G, N); & Q &= f_2(N, G, V_p); \\
 \delta &= f_3(G, Q); & t_{\text{фр}} &= f_4(Q, \varphi, n); \\
 R &= f_5(R, V_p, \xi_{\text{ср}}, t_{\text{фр}});
 \end{aligned}$$

- функция цели:  
 $U = f_0(U_o, R)$

- ограничения:  
 $Q > 0; V_p < V_{\text{кон}}; \frac{8122 \cdot \varphi \cdot N}{g \cdot V_p} \leq (G + \kappa Q \cdot 10^3 \cdot \delta) \varphi_{\text{сц}};$

- где
- $U_o$  - общие приведенные затраты;
  - $G$  - эксплуатационная масса трактора;
  - $N$  - мощность двигателя;
  - $\delta$  - коэффициент буксования;
  - $Q$  - рейсовая нагрузка трактора;
  - $V_p$  - рабочая скорость движения трактора;
  - $\xi_{\text{ср}}$  - среднее расстояние трелевки;
  - $t_{\text{фр}}$  - затраты времени на формовочно-отцепочные операции;
  - $\varphi$  - средний объем хлыста;
  - $n$  - количество приемов формирования рейсовой нагрузки;
  - $R$  - сменная производительность трелевочного трактора;
  - $U$  - удельные приведенные затраты;
  - $V_{\text{кон}}$  - конечное максимальное значение рабочей скорости;
  - $\gamma$  - объемная масса древесины;
  - $\kappa$  - коэффициент, учитывающий распределение рейсовой нагрузки между дилом трактора и волоком;
  - $\varphi_{\text{сц}}$  - коэффициент сцепления двигателей трактора с почвой.

В результате решения уравнений блока характеристик для каждого значения  $V_p$  вычисляются текущие значения  $U$  и  $\delta$ . Затем проверяется ограничение  $V_p < V_{\text{кон}}$  и, если  $V_p$  не превосходит норму, вычисляется значение  $Q$ . Полученное значение  $Q$  проверяется на соблюдение при этом значении неравенств  $Q > 0$ ;

$\frac{8122 \cdot \varphi \cdot N}{g \cdot V_p} \leq (G + \kappa Q \cdot 10^3 \cdot \delta) \varphi_{\text{сц}}$ . Если неравенства при данном значении  $Q$  выполняются, то производится вычисление функции цели  $U$  и осуществляется переход к решению уравнений характеристик процесса при следующем значении  $V_p$ .

Балансовая стоимость трелевочного трактора может быть определена исходя из его преysкурантной стоимости.



Преискурантная стоимость трелевочных тракторов установлена на основании статистической зависимости, характеризующей изменение затрат на изготовление тракторов с изменением их технических параметров (мощности и эксплуатационной массы). Качественный анализ позволил выявить существование определенной математической зависимости между стоимостью трактора, его мощностью и массой. Общее уравнение имеет вид:

$$C_{пр} = 1349 + 72,7N + 0,0311G, \quad (I)$$

где  $C_{пр}$  - преискурантная стоимость, руб.;  
 $N$  - мощность двигателя, кВт;  
 $G$  - эксплуатационная масса трактора, кг.

При этом коэффициент множественной корреляции составил  $R_{123} = 0,957$ , что свидетельствует о тесной взаимосвязи преискурантной стоимости, эксплуатационной массы и мощности трелевочного трактора. График зависимости между величинами  $C_{пр}$ ,  $N$  и  $G$  представлен на рис. 2.

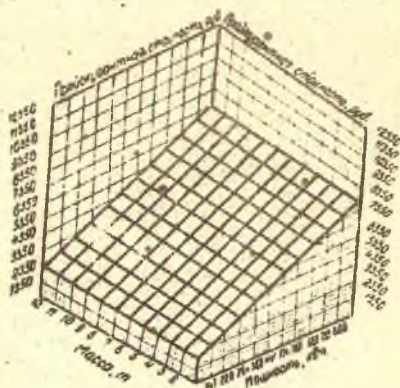


Рис. 2. Зависимость между преискурантной стоимостью трелевочного трактора, его мощностью и массой.

Величина рейсовой нагрузки на трелевочный трактор определена из энергетического баланса трелевочного трактора:

$$Q = \frac{4849N - 4849N \cdot V \cdot G(\omega_r + P) - G \cdot V_p(\omega_r + P)}{10^3 \cdot \gamma (4849N \cdot V + V_p [\kappa(\omega_r + P) + (1 - \kappa)(\omega_c^2 + P)])}, \quad (2)$$

- где  $V$  - величина, характеризующая конструкции двигателей и условия их работы;
- $P$  - критерий проходимости, учитывающий временное сопротивление для преодоления местных труднопроезжаемых участков и подъемов, для разгона трактора;
- $\omega_r$  - коэффициент сопротивления передвижению трактора и части хлыстов, находящихся на щите;
- $\omega_c$  - приведенный коэффициент сопротивления передвижению хлыстов;
- $\gamma$  - объемная масса древесины.

#### IV. Экспериментальные исследования процесса трелевки гусеничными тракторами

Исследование затрат времени на формировочно-отцепочные операции при тракторной трелевке проводилось рядом авторов, однако все исследования проводились при трелевке в эксплуатационных условиях многолесных районов. Работа трелевочных тракторов в условиях мелких разобнесенных лесосек Украинской ССР изучена недостаточно. Для определения степени влияния технологических и таксационных факторов на время формировочно-отцепочных операций были проведены экспериментальные исследования в зоне Полесья (Обручский, Бродовский, Дитомирский и Дубровицкий лесхоззаги) и зоне Лесостепи (Винницкий, Кимеринский и Крижопольский лесхоззаги).

Суммарные затраты формировочно-отцепочного времени равны

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{м}}^{\text{ср}} + t_{\text{р}} + t_{\text{ч}} + t_{\text{ср}}^{\text{с}} + t_{\text{ср}}^{\text{д}} + t_{\text{с}}, \quad (3)$$

- где  $t_{\text{м}}^{\text{ср}}$  - среднее время на маневровые работы на лесосеке;
- $t_{\text{р}}$  - время на разматывание собирающего каната и подачу его к поваленным деревьям;
- $t_{\text{ч}}$  - время чокеровки;
- $t_{\text{ср}}^{\text{с}}$  - время сбора рейсовой нагрузки;
- $t_{\text{ср}}^{\text{д}}$  - дополнительное время на сбор рейсовой нагрузки при

многоприемном формировании;

$t_o$  - время на отцепку.

Как показали хронометражные наблюдения за работой тракторов ТДТ-40, ТДТ-40М и ТДТ-55, затраты времени на маневровые работы не зависят от таксационной характеристики древостоя, а зависят от типа трактора, технологических приемов валки деревьев и состояния волока. На основании статистической обработки данных среднее время на маневровые работы трактора составляет

$$t_{\text{ср}} = 1,66 \text{ минут на рейс.}$$

Время оттаскивания собирающего каната зависит, в основном, от расстояния оттаскивания и степени захламленности лесосски и может быть выражено уравнением

$$t_p = 0,25 + 0,035 l_o \quad (4)$$

где  $l_o$  - расстояние оттаскивания собирающего каната с комплектом чокоеров.

Затраты времени на океровку хлыстов при одноприемном формировании рейсовой нагрузки трактора равны

$$t_v = \left( \frac{0,26}{q} + 0,423 \right) Q^I \quad (5)$$

где  $q$  - средний объем хлыста;  
 $Q^I$  - рейсовая нагрузка, сформированная за один прием.

Как показали данные эксперимента определенной зависимости между временем на сбор и натаскивание рейсовой нагрузки на погрузочный щит, средним объемом хлыста и величиной рейсовой нагрузки не наблюдается. Средние затраты времени на сбор и натаскивание на щит, при длине собирающего каната не более 30 м  $t_{\text{ср}} = 2,1$  минуты. Затраты времени на отцепку зависят от среднего объема хлыста, величины рейсовой нагрузки и количества рабочих, участвующих в отцепке, и могут быть представлены зависимостью

$$t_o = (1,64 - 1,85 q) Q \quad (6)$$

Дополнительные затраты времени, связанные с многоприемным формированием рейсовой нагрузки, можно выразить формулой

$$t_{\text{ср}}^{\text{п}} = Q \left( \frac{1,64}{n} - \frac{1,85q}{n} + \frac{3,8}{Q} \right) (n-1) \quad (7)$$

где  $n$  - количество приемов формирования рейсовой нагрузки.

Общие затраты времени по циклу "формирование-отцепка"

$$t_{\text{ф.о.}} = 4,71n + Q \left[ \frac{0,26}{Q} + 2,003 - 1,85Q + \left( \frac{1,84}{n} - \frac{1,85Q}{n} + \frac{3,0}{Q} \right) (n-1) \right] \quad (8)$$

Экспериментальными исследованиями в условиях равнинных лесов Украины выявлены оптимальные значения рейсовых нагрузок по удельным затратам времени на формирование и отцепку при различных средних объемах хлыста на лесосеке (рис. 3).

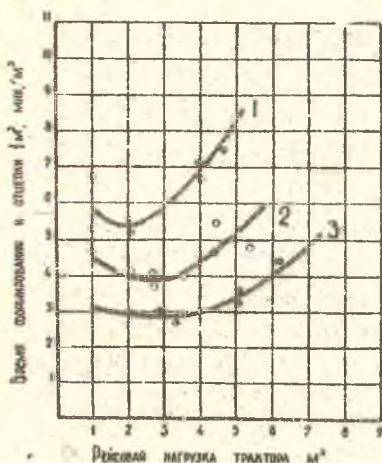


Рис. 3. Зависимость удельных затрат времени на формирование и отцепку от величины рейсовой нагрузки:

- 1 -  $Q = 0,16 + 0,20 \text{ м}^3$ ; 2 -  $Q = 0,21 + 0,29 \text{ м}^3$ ;  
 3 -  $Q = 0,30 + 0,40 \text{ м}^3$ .

У. Исследование работы трелевочных тракторов в условиях мелких разобденных лесосек на математической модели процесса

Математическая модель технологического процесса трелевки трелевочными тракторами имеет вид

$$U = \frac{1000(V_p + V_k) + \frac{2470 \cdot Q \cdot V_p \cdot V_k}{Q} + Q \cdot V_p \cdot V_k \left[ \frac{0,26}{Q} + 2,053 - 1,859 + \dots \right]}{T \cdot \varphi \cdot V_p \cdot V_k} \dots$$

$$\dots \frac{\left( \frac{18,42 - 18,50^2 + 2,6}{Q} \left( \frac{Q}{100} - 1 \right) \right) \left( 28,52 + 0,429N + 1,3 \cdot 10^{-6}G \right)}{Q}, \quad (9)$$

где  $T$  - длительность смены;

$\varphi$  - коэффициент использования времени смены.

Для определения оптимальных пар метров трелевочных тракторов были установлены основные лесозекономические зоны на территории Украинской ССР. Определяющими признаками установления лесозекономических зон приняты: географическое размещение лесного фонда, рельеф местности, состав и группа лесов, таксационные характеристики древостоя. Изучение эксплуатационного лесного фонда сплош и перестойных древостоев равнинной части Украины показало, что на протяжении многих лет лесосечный фонд размещался в двух основных районах: зоне Полесья и зоне Лесостепи. На основании анализа структуры лесосечного фонда Минлесхоза УССР за 1960, 1965, 1980 годы, а также, используя данные литературных источников, в каждой зоне можно выделить три группы насаждений: хвойные, твердолиственные и мягколиственные.

Около 70% всех лесосек имеют площадь до 2 га с запасом древесины до 500 м<sup>3</sup>. Транспортируется древесина по многочисленным лесным дорогам, а также кварталным просекам, примыкающим непосредственно к лесосекам, поэтому среднее расстояние трелевки в лесозагатах редко превышает 150 м.

Исходную совокупность типоразмеров трелевочных тракторов, из которых выбираем оптимальные, составляем путем задания ряда эксплуатационных масс тракторов  $G$  (2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0). При этом в каждом тяговом классе рассматриваем семь уровней энергонапряженности  $\frac{N}{G}$  (2,9; 4,4; 5,8; 7,4; 8,8; 10,3; 11,8  $\frac{\text{кВт}}{\text{т}}$ ). Подсчет удельных приведенных затрат для каждого типоразмера трелевочного трактора проводили при различных рабочих скоростях движения  $V_p$ . Диапазоны изменения  $V_p$  составили 10 - 100 м/мин с шагом 10 м/мин. Работу трелевочных тракторов исследовали в двух основных лесозекономических зонах: Полесья и Лесостепи при средних расстояниях трелевки 100, 200 и 300 м.

В результате подсчета на ЭЦВМ получены численные значения

удельных приведенных затрат при трелевке в различных типах насаждений каждой из зон. На основании этих значений построены графики изменения удельных приведенных затрат. Анализируя эти графики можно сделать следующие выводы:

1. Для каждого типоваарианта трактора по  $N$  и  $C$  существует минимум удельных приведенных затрат в зоне при определенной рабочей скорости  $V_p$ , которая в данном случае является оптимальной -  $V_{opt}$ . Каждому значению  $V_{opt}$  соответствует определенное значение рейсовой нагрузки  $Q_{opt}$ .

2. При уменьшении рабочей скорости  $V_p$  по отношению к  $V_{opt}$  удельные приведенные затраты возрастают, поскольку с уменьшением рабочей скорости движения трактора при  $N=const$  и  $C=const$  увеличивается возможное по тяговому усилию рейсовые нагрузки, вызывающие в свою очередь как увеличение потерь рабочего времени на формирующе-отцепочные операции, так и увеличение потерь мощности трактора на буксование. Потери мощности на буксование могут увеличиться настолько, что при определенной рабочей скорости, а значит и при определенной рейсовой нагрузке наступит полное буксование трелевочного трактора.

3. При увеличении рабочей скорости  $V_p$  по сравнению с  $V_{opt}$  удельные приведенные затраты также резко возрастают, так как расход мощности трактора на самопередвижение составляет значительную величину, особенно при движении трактора на повышенных скоростях. Величина возможной по тяговому усилию рейсовой нагрузки резко падает, вызывая снижение сменной производительности трактора.

4. Увеличение эксплуатационной массы трактора приводит к значительному росту удельных приведенных затрат для трелевочных тракторов всех типоразмеров ввиду увеличения потерь мощности на самопередвижение, а также роста балансовой стоимости трелевочного трактора.

5. При увеличении эксплуатационной массы трактора минимум удельных приведенных затрат смещается в сторону меньших рабочих скоростей и меньшей энергонасыщенности трелевочного трактора.

6. Каждый типоваариант трактора по  $C$  характеризуется оптимальной энергонасыщенностью, при которой удельные приведенные затраты минимальны, и этот минимум соответствует оптимальной

рейсовой нагрузке и определенной скорости рабочего хода.

7. С увеличением эксплуатационной массы трактора величина оптимальной энергонасыщенности уменьшается, а реализация оптимальных рейсовых нагрузок достигается при меньших рабочих скоростях.

8. Увеличение среднего расстояния трелевки в диапазоне 100-300 м вызывает смещение точки минимума удельных приведенных затрат в сторону высших рабочих скоростей движения и больших уровней энергонасыщенности трелевочных тракторов.

Минимальные удельные приведенные затраты для всей зоны подсчитывали, исходя из численных значений удельных приведенных затрат на трелевку каждым типовариантом трактора в различных видах насаждений зоны. При этом учитывали удельный вес каждого насаждения в зоне. Вычисленные минимальные удельные затраты были варьированы в зависимости от уровня энергонасыщенности трелевочного трактора, его эксплуатационной массы и среднего расстояния трелевки в зоне.

Для графического определения оптимальных параметров тракторов построены графики изменения минимальных удельных приведенных затрат (рис. 4). Как видно из графиков, оптимальные параметры трелевочных тракторов для работ в Полесье и Лесостепи могут быть рекомендованы одинаковыми.

Оптимальная мощность трелевочного трактора несколько снижается с уменьшением среднего расстояния трелевки. Это вызвано тем, что экономически рациональнее иметь меньшую мощность трелевочного трактора и реализовать оптимальную рейсовую нагрузку на меньших скоростях, чем увеличивать оптимальную мощность с целью повышения рабочих скоростей.

При оптимальных рейсовых нагрузках для лесоэксплуатационных условий равнинных лесов Украины ( $3 - 3,5 \text{ м}^3$ ), а также учитывая рекомендацию проф. С.Ф. Орлова, что  $Q \approx 6$  трелевочный трактор должен иметь массу около 2 - 3 т. Оптимальная мощность трактора составит 22-26 кВт при  $\frac{H}{B}$  (8,7 - II кВт/т), что соответствует малым удельным приведенным затратам и достаточно высокой производительности трактора при рейсовых рабочих скоростях 60 - 70 м/мин.

ЛЕСОСТЕПЬ

ПОЛЕСЬЕ

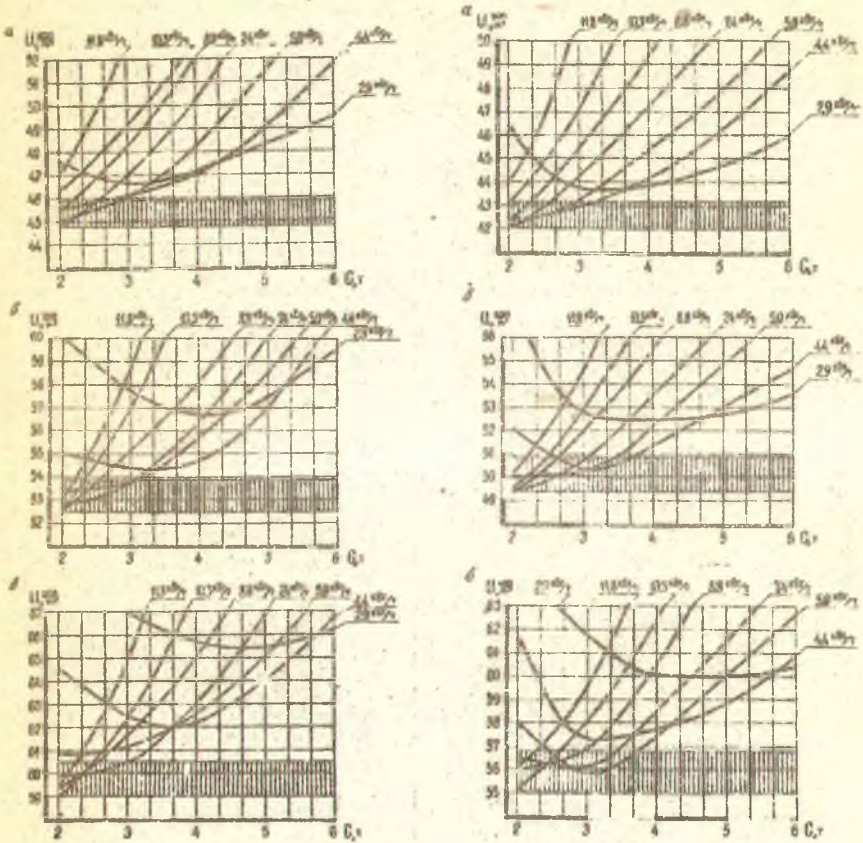


Рис. 4. Изменение минимальных удельных приведенных затрат

на тралёвке в Лесостепи и Полесье при

- а)  $l_{cp} = 100\text{m}$  ;
- б)  $l_{cp} = 200\text{m}$  ;
- в)  $l_{cp} = 300\text{m}$  ;

 - оптимальная зона.



VI. Оптимальные размеры лесосек при трелёвке тракторами с оптимальными параметрами в условиях равнинных лесов Украинской ССР

В соответствии с правилами рубок главного пользования в лесах I и II группы (в зоне смешанных лесов) для сосновых и дубовых насаждений предусмотрены лесосеки шириной до 100 м, а для мягколиственных насаждений - до 250 м. Таким образом, определение оптимальных размеров лесосек в равнинных лесах I и II групп сводится к определению оптимальной длины лесосек для сосновых, дубовых и мягколиственных насаждений.

При определении оптимальной длины лесосеки учитывали стоимостные расходы на подготовку и содержание магистральных трелевочных волоков, на строительство и содержание погрузочных пунктов, на перебазирование с учетом затрат на демонтаж оборудования, а также удельные приведенные затраты на трелёвку.

Оптимальная длина лесосек при трелёвке тракторами к одному погрузочному пункту равна

$$L = \sqrt{\frac{4(B + k_0 \ell_0 + k_1 \ell_1) T \cdot \varphi \cdot Q \cdot V_0 \cdot V_1}{C_0 (V_0 + V_1) \cdot S \cdot \delta_0}} \quad (10)$$

- где  $B$  - стоимостные расходы на устройство погрузочной площадки с учетом затрат на перебазирование лесозаготовительного оборудования;
- $k_0$  - стоимость устройства и содержания I м магистрального волока;
- $\ell_0$  - общая длина магистральных волоков;
- $k_1$  - стоимость строительства и содержания I м лесовозного уса;
- $\ell_1$  - длина уса лесовозной дороги;
- $S$  - ширина лесосеки;
- $\delta_0$  - удельный запас древесины.

Оптимальные значения длины лесосек при трелёвке тракторами к нескольким погрузочным пунктам (погрузка самопогружающимися машинами или челюстными погрузчиками) равны

$$L = \sqrt{\frac{4(n_0 B + k_1 \ell_1) T \cdot \varphi \cdot Q \cdot V_0 \cdot V_1}{C_0 (V_0 + V_1) \cdot S \cdot \delta_0}} \quad (11)$$

где  $n_0$  - количество погрузочных пунктов.

УП. Экономическая эффективность использования  
трелевочных тракторов с оптимальными параметрами

Для оценки экономической эффективности трактора с оптимальными параметрами, как основной показатель, принят годовой экономический эффект и другие специфические показатели, характеризующие эффективность новой техники. Расчет и оценку экономической эффективности трактора с оптимальными параметрами произвели по сравнению с тракторами типа ТДТ-40М и ТДТ-55.

Расчет годового экономического эффекта использования трактора произведен на основании следующих исходных данных:

- а) зона трелевки - Полесье;
- б) среднее расстояние трелевки - 200 м;
- в) годовой объем трелевки - 2 млн.м<sup>3</sup>.

Показатели экономической эффективности использования тракторов приведены в табл. I.

Таблица I

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Тип трактора		
			трактор с оптим. параметрами	ТДТ-40М	ТДТ-55
1.	Удельные приведенные затраты	руб./м <sup>3</sup>	0,51	0,57	0,62
2.	Годовой экономический эффект от замены трактора	тыс.руб.	-	175,8	326,6
3.	Удельная металлоемкость	кг/м <sup>3</sup>	78,46	83,33	115,38
4.	Удельная энергоемкость	кВт/м <sup>3</sup>	0,283	0,452	0,585

Экономический эффект, получаемый при использовании трактора с оптимальными параметрами будет еще значительнее за счет снижения размеров площадей с уничтоженным подростом и уменьшения эрозионных процессов почвы.

Основные выводы и рекомендации

I. Изучение имеющихся научных работ по обоснованию отдельных параметров трелевочных тракторов позволяет сделать вывод об отсутствии в них системного подхода к определению оптимальных параметров.

2. Наиболее точные результаты дает предложенная нами методика определения оптимальных параметров тракторов, отражающая комплексные исследования основных составляющих системы: конечный продукт - лесосека - человек - трелевочный трактор.

3. Анализ совершенствования гусеничных трелевочных тракторов показал, что применяемые в настоящее время в условиях разобденных лесосек УССР, трелевочные тракторы ТДТ-55 позволили увеличить выработку на списочную машину на 9% по сравнению с тракторами ТДТ-40, в то время, как мощность двигателя возросла на 59%, эксплуатационная масса на 38% и оптовая цена на 61%. Это указывает на то, что попытка добиться значительного роста производительности за счет роста мощности трелевочных тракторов оказалась неэффективной.

4. Уравнение связи между преискурантной стоимостью трелевочного трактора, его мощностью и эксплуатационной массой, полученное в результате исследований, с достаточной для практических целей точностью, выражается зависимостью

$$C_{np} = 1349 + 72,7 N + 0,0311 G.$$

5. В результате экспериментальных исследований и обработки данных методами математической статистики получена эмпирическая формула для определения общих затрат формирующе-отцепочного времени для любых практических значений рейсовой нагрузки

$$t_{\text{фо}} = 4,71n + Q \left[ \frac{0,26}{q} + 2,053 - 1,95q + \left( \frac{1,64}{n} - \frac{1,05q}{n} + \frac{3,8}{Q} \right) (n-1) \right].$$

6. Зависимость между общими приведенными затратами, мощностью и эксплуатационной массой трелевочного трактора имеет вид

$$C_o = 28,62 + 0,429 N + 1,3 \cdot 10^{-4} G.$$

7. Оптимальными параметрами и режимами работы гусеничных трелевочных тракторов для равнинных лесов УССР являются: мощность двигателя - 22-26 кВт; эксплуатационная масса - 2-3 т; энергонасыщенность - 8,7-11 кВт/т; рейсовая нагрузка - 3-3,5 м<sup>3</sup> и рабочая скорость движения 60-70 км/мин.

8. В условиях разобденных лесосек УССР наиболее близкими к оптимальным являются параметры серийного трелевочного трактора ТДТ-404, а его применение в таких условиях наиболее экономично. Однако, эксплуатационная масса этого типа трактора значительно превышает оптимальное значение.

9. Трелевочный трактор с оптимальными параметрами имеет удельную металлоемкость в 2,2 раза меньше, чем трактор ТДТ-40М и в 3 раза меньше, чем трактор ТДТ-55.

10. Удельная энергоемкость процесса трелевки тракторами с оптимальными параметрами меньше в 1,6 раза, чем тракторами ТДТ-40М и в 2 раза ниже, чем тракторами ТДТ-55.

11. Оптимальная длина лесосек при трелевке тракторами с оптимальными параметрами к одному погрузочному пункту для сосновых и дубовых насаждений на основании зависимости (I0) составляет около 560 м, а для мягколиственных - 480 м; при трелевке тракторами и погрузке самонагружающимися автомобилями или челюстными погрузчиками для всех видов насаждений на основании зависимости (II) составляет около 370 м.

12. При фактической длине лесосек, превышающей оптимальное значение, следует определять потребное количество погрузочных пунктов или верхних складов по предложенной методике с целью снижения стоимостных затрат при трелевке.

13. Годовой экономический эффект использования тракторов с оптимальными параметрами при работе их в зоне Полесья и годовом объеме трелевки 2 млн. м<sup>3</sup> по сравнению с тракторами ТДТ-55 составляет 326,6 тыс. рублей, а по сравнению с тракторами ТДТ-40М - 175,8 тыс. рублей.

14. Годовой экономический эффект от внедрения трелевочного трактора с оптимальными параметрами будет еще значительнее, если учесть сбережения на лесосеках подроста и почвы.

15. Математическая модель процесса трелевки леса гусеничными тракторами, полученная нами в результате исследований, с некоторым уточнением может быть использована при определении оптимальных параметров бесчokerных и колесных трелевочных тракторов.

Основные положения диссертации отражены в следующих публикациях:

1. Андрущенко М.С. Установление места расположения погрузочного пункта на лесосеке. - Сб. "Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность", Киев, Будивельник, 1970, вып. 7, с. 198-201.
2. Андрущенко М.С. К методике определения оптимальных параметров трелевочных тракторов в условиях мелких разобнесенных лесосек. -

Сб. "Лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность", Киев, Будивельник, 1972, вып. 9, с. 8-12.

3. Андрущенко М.С., Савицкий Ю.Г. Экономико-математическая модель оптимизации процесса трелевки в условиях равнинных лесов УССР. - Сб. "Повышение эффективности лесных предприятий", Львов, Камсняр, 1974, с. 193-194.
4. Литвинчук Н.Н., Савицкий Ю.Г., Андрущенко М.С. Исследование затрат времени на формирование и отцепку тракторного веза в условиях лесхоззагов УССР. - Сб. "Повышение эффективности лесных предприятий", Львов, Камсняр, 1974, с. 195-197.
5. Андрущенко М.С., Савицкий Ю.Г. Оптимальные параметры трелевочных тракторов для условий равнинных лесов УССР. - "Лесной журнал", Архангельск, издательство ВУЗ, 1975, № 1, с. 48-51.
6. Андрущенко М.С., Саркисян Н.А. О величине рейсовых нагрузок при трелевке тракторами в условиях малых лесосек УССР. - Сб. - "Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность", Киев, Будивельник, 1976, вып. 7, с. 50-51.

БГ 09203. Подписано к печати 5.IV. 1982 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Объем 1 п. л.  
Зак. 50. Тираж 100 экз. Бесплатно.

---

Ротап rint типографии ХОЗО УВД Львовского облисполкома.  
Львов, Кривонсса, 1.