

Р III-1497966

СЕВЕРНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ
ИНСТИТУТ

Инж. С. А. СЫРОМЯТНИКОВ

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
РАСЧЕТ
ЛЕСНОГО
ТРАНСПОРТА

СЕВЕРНОЕ КРАЕВОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

СЕВЕРНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ
ИНСТИТУТ

Инж. С. А. СЫРОМЯТНИКОВ

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
РАСЧЕТ
ЛЕСНОГО
ТРАНСПОРТА

Р III - 1497966

СЕВЕРНОЕ
КРАЕВОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

ОГИЗ



РСФСР

АРХАНГЕЛЬСК

ВОЛОГОДСКАЯ
областная библиотека
им. И. В. Бабушкина

65.34
С 95

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
I. Концентрация и механизация рубок	3
II. Общий аналитический расчет	
1. Вывод формулы себестоимости	5
2. Определение минимума себестоимости (наивыгоднейшего расстояния выволакивания)	10
III. Краткая характеристика систем подвозки (подтаскивания)	14
1. Гужевая подвозка (на санях)	15
2. Подтаскивание тракторами	21
3. Подтаскивание канатными установками	23
IV. Характеристика механизированных дорог	25
1. Ледяные дороги с коьной тягой	27
2. Ледяные дороги с тракторной тягой	28
3. Лежневые дороги	29
4. Автолежневая дорога (американского типа)	30
5. Однорельсовые подвесные дороги	30
6. Узкоколейные железные дороги	30
V. Пример сравнительного расчета	31
VI. Влияние расстояния от массива до магистрали	37
VII. Определение размера капиталовложений и расходы металла по исчислению на 1 м ³ вывезенной древесины	39
VIII. Краткий обзор других работ по аналитическим работам	
Приложения:	
I. Метод построения номограмм	47
II. Расчет наивыгодного расстояния гужевой подвозки к однорельсовым дорогам	48

Редактор А. В. Малетин
Техредактор А. А. Веселовская

Севкрайлит № 1847—сент. 1931 г.
НИ, Огиз № 103 (Сев. кр. изд.), Зак. № 2523
Стат. форм. бум. 73 x 104, 16°, 3¹/₄, п. л. 4¹/₂ а. л.
Тираж 5200

Сдано в производство 5 июля 1931 г.
Подписано к печати 25 ноября 1931 г.

Отпечатано в тип. Севкрайполиграфтреста № 2
„Северный Печатник“, Вологда, ул. Маркса, 70

I. КОНЦЕНТРАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ РУБОК

Индустриализация лесной промышленности, особенно в части лесозаготовок, резкий недостаток рабочей силы, низкая производительность труда, сезонный характер работы и целый ряд других моментов поставили со всей остротой требование проведения механизации. В этом направлении построены и основные решения коммунистической партии и советского правительства по этим вопросам [постановление ЦК ВКП(б) от 25 декабря 1929 г. о механизации 40—50% лесозаготовок Северного края в 1931 г., постановление сессии ВЦИК, решение СТО от 26 января и 26 марта 1931 г.].

Для последнего времени основным видом механизации лесного транспорта являлись ледяные дороги с конной и тракторной тягой. Работа этих дорог, вследствие целого ряда причин, дала неудовлетворительные результаты (высокая себестоимость, большое невыполнение программы, быстрый износ тракторов).

Отметим основные причины неудач.

а) Разбросанность проводимой механизации (при недостатке кадров и капиталовложений).

б) Осуществление механизации транспорта при значительном отставании других процессов, весьма трудоемких (подвозка, погрузочные работы, валка, заготовка), дало в результате увеличение рабгужсилы, вместо экономии (в связи с увеличением среднего расстояния возки и введением погрузки-разгрузки).

в) Несоблюдение со стороны хозорганов элементарных основ организации производственных предприятий (отсутствие промфинпланов, переменная работа, непереведение на хозрасчет).

г) Плохое проектирование (неудачный выбор массива, неправильная трассировка, с превышением установленных предельных подъемов, отсутствие воды и т. д.).

д) Лесохозяйственные ограничения.

Первые три причины общеизвестны и достаточно освещались в прессе. Особого внимания заслуживают вопросы увязки механизации лесотранспорта с лесоустройством.

С точки зрения механизатора, идеальным случаем была бы сплошная рубка, без всяких ограничений в течение нескольких лет (5-10-15), лесного массива высших бонитетов с максимальным запасом заготавливаемой древесины на гектар. Это соображение подсказывает здравый смысл и, как будет показано ниже, подтверждается аналитическим расчетом.

В американской лесозаготовительной практике это стремление нашло особенно резкое выражение. Гигантское развитие промышленности вызвало резкое увеличение спроса на древесину. Переход от сплава к железным дорогам специального типа, введение мощных лебедок (скиддеров и ярдеров), погрузочных кранов позволило вести заготовки в течение всего года, значительно повысило производительность и разрешило затруднения американских условий (крупный лес, пересеченный рельеф). Вся эта система, как правило, требует неограниченной рубки. Если в последнее время и появились течения за переход к выборочным рубкам, то это вызвано

исключительно весьма значительным понижением производительности выволакивающих лебедок при заготовке мелких бревен (для американских условий с кубатурой 1-2 и 5-6 м³, а также их разрушительным действием на лесовозобновление (уничтожение подроста и семенников). На ряду с выборочной рубкой, за последние годы широко стало применяться, для избежания этих отрицательных явлений, выволакивание тракторной тягой (тракторы не мешают лесовозобновлению и дают меньше понижение производительности при мелких бревнах, применяя выволакивание хлыстами).

Иначе обстоит дело в Германии, где значительная часть потребности в древесине покрывается вывозом из-за границы. Густая транспортная сеть (водные пути, железные дороги) при густой населенности, при стремлении увеличить лесную площадь (принцип постоянства пользования) не вызывает серьезных затруднений при решении лесозаготовительной проблемы.

Наше старое (нового, к сожалению, почти не существует) лесоустройство, находящееся, как известно, под значительным влиянием немецкой школы, создало такую систему, которая находится в явном противоречии с задачами настоящего дня в отношении механизации лесотранспорта.

Так, в отношении сплошных рубок (даже в отношении северных лесов где имеется около 75% перестойной древесины) наше лесоустройство допускает одновременную заготовку не более 25-30% древостоя (шахматное расположение лесосек с примыканием не менее чем в 10 лет).

Для иллюстрации достаточно обратиться к книге Махнушкина и Гурвича—«Составление плана рубок» (издание «Лесное хозяйство и лесная промышленность», Ленинград 1930 г.). Книга знакомит с лесоустроительной практикой Севзаплеспрома, который является одним из наших крупнейших лесозаготовительных объединений. Авторы в качестве отправной точки цитируют соответствующие места из капитального труда руководителей старой школы лесоустройства проф. М. М. Орлова (см. Гурвич и Махнушкин, стр. 12). В дальнейшем нами будет показано, что выполнение старых лесоустроительных норм вызывает увеличение транспортных расходов на 30—50%. Эти противоречия настолько значительны, что в лесозаготовительной практике Северного края требования лесоустройства фактически не проводятся, и в местах механизации (тракторные базы рубка производится сплошная, без всяких ограничений, но с сохранением семенников и очисткой лесосек, что, по мнению многих лесоводов, вполне достаточно для обеспечения лесовозобновления. Заболачивание лесосек которое, якобы, может возникнуть при такой системе рубки, является весьма спорным вопросом.

Наконец, обеспечение лесовозобновления для хвойных насаждений которые достигают спелости через 160-180 лет, при современных темпах техники и социалистического строительства, ставит под значительное сомнение целесообразность широкого возобновления хвойных пород.

Развитие химической переработки древесины (целлюлоза, мёсонит и т. д.) заставит через 10-20 лет почти совершенно отказаться от лесопиления.

Приведенные соображения требуют пересмотра нашего лесоустройства. Введение новых транспортных средств (лежневых, подвесных и других дорог) вызывает необходимость проведения тщательного экономического анализа при выборе наиболее выгодного транспорта.

Наконец, подвозка (подтаскивание, выволакивание), производимая нас исключительно гужевой тягой, при уменьшении расстояния между механизированными путями,—удешевляется, но зато повышаются затраты на постройку дорог и их эксплуатацию.

Выбор наивыгоднейшего расстояния, т.е. обеспечивающего минимум себестоимости, также требует тщательного экономического анализа.

Экономический анализ, таким образом, имеет три основные задачи: а) увязку с лесоустройством, б) выбор типа механизированного транспорта и в) определение наивыгоднейшего расстояния подвозки. Для разрешения этих проблем мы приводим ниже общий аналитический анализ и разбор основных типов механизированных дорог на работу с различными системами подвозки, применяемыми у нас и за границей.

При наличии многих переменных величин (характер насаждения, запас на гектар, лесоустроительные требования, различные типы дорог и подвозки)—универсального решения задачи, конечно, не существует. Задача настоящей работы заключается в разработке методики этого анализа.

II. ОБЩИЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

1. Вывод формулы себестоимости

Себестоимость доставки одного кубометра древесины до магистрали (железной дороги, сплавной реки) складывается из стоимости перенесения (постройки дороги с ее амортизацией), приходящегося на 1 м³ вывозимой древесины плюс стоимость выволакивания и доставки по механизированной дороге до магистрали.

Таким образом имеем:

$$x = a + b + c \dots (1),$$

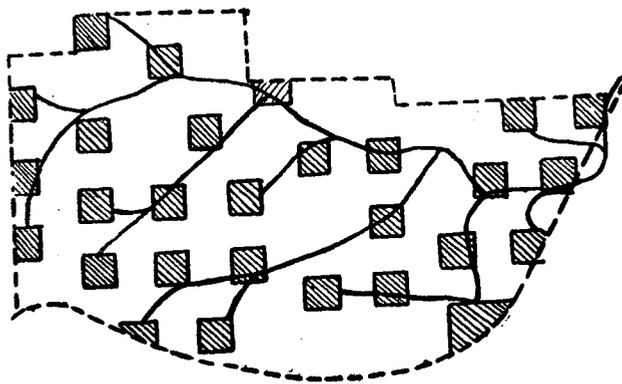
где x —общая себестоимость доставки 1 м³ до магистрали (в рублях);

a —стоимость постройки (перенесения) дороги, падающая на 1 м³ вывозимой древесины;

b —стоимость выволакивания 1 м³;

c —стоимость перевозки по механизированной дороге до магистрали.

Разберем каждый элемент отдельно. Для этой цели построим примерную схему эксплуатации годовой рубки определенного массива. Выше мы



Чертеж № 1
Расположение лесосек
и схема механизиро-
ванных путей

видели, что механизация транспорта и лесохозяйственные принципы находятся между собой в известном противоречии. Транспорт требует сплошной рубки, в то время как старый лесохозяйственный принцип по-прежнему требует, для обеспечения естественного лесовозобновления, шахматного расположения лесосек. На чертеже № 1 изображена такая компромиссная схема.

С точки зрения механизации, мы должны стремиться к освоению большого массива, который мы можем эксплуатировать в течение нескольких лет с применением неограниченных сплошных рубок. Лесохозяйственные требования характеризуются, как мы видели, коэффициентом концентрации.

Случай, изображенный на черт. 1, взят из книги Невесского—«Новые методы составления планов эксплуатации». Заштрихованные квадраты относятся к сплошной рубке, при среднем запасе в 250 м³ на га, промежутки охвачены выборочной рубкой.

В среднем, по зарубу заготавливается 125 м³ с га, т.-е. с коэффициентом концентрации, равным 2.

Продолжительность эксплуатации массива зависит от годовой лесосеки. Границы массива должны, в основном, определяться по тяготению к путям сообщения и требованиями социалистического строительства, а не лесохозяйственными положениями.

В том случае, когда массив слишком велик, чтобы быть использованным в течение ближайших 2-3 ревизионных периодов (по 10 лет каждый),—размер заруба квадрата будет определяться общим предельным отпуском с данного массива (в год в м³), запасом заготавливаемой древесины на га (*A* в м³) и коэффициентом концентрации. Легко определить, что площадь квадрата будет составлять:

$$Q = \frac{B \cdot f}{A},$$

$$\text{откуда } G = \sqrt{\frac{B \cdot f}{A}} \dots (2),$$

в данном случае $f=2$. При сплошной лесосеке f равнялось бы единице

Определим протяжение каждой ветки в пределах квадрата. Нетрудно установить, что это протяжение будет равняться стороне квадрата минус среднее предельное расстояние выволакивания, так как в задних делянках выволакивание производится от границы массива по направлению ветки. Легко установить, что благодаря лучевому расположению дорожек для подвозки среднее предельное расстояние будет составлять на 15% больше по сравнению с обычной подвозкой, которая имеет перпендикулярное направление к подъездному пути, т.-е. $l_{\text{пред.}} = \frac{\sum l_n}{n} = 1,15 l$.

Поэтому для сохранения одинакового расстояния подвозки x должен составлять $\frac{l}{1,15}$ (см. черт. 2).

Кроме того, при шахматном расположении делянок, часть квадратов, находящихся в предпоследнем ряду, уменьшат среднее расстояние (в нашем случае—на $\frac{2}{16} = 12,5\%$). В среднем влияние последнего фактора не имеет серьезного значения. Поэтому длина одной ветки в пределах квадрата

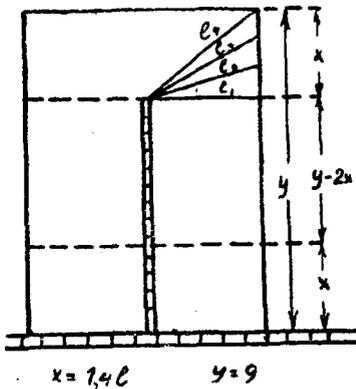
$$p = y - x = g - \frac{l_{\text{пред.}}}{1,15} \dots (3).$$

Следует заметить, что в подавляющем большинстве случаев контур рельефа будет определяться действительными очертаниями предназначенного к эксплуатации массива.

Карта массива (к сожалению, мы в основных лесных районах Северного края и др. не имеем точного картографического материала с горизонталями и характеристикой лесных насаждений) даст нам возможность определить примерную длину механизированной ветки в пределах массива.

Для определения стоимости перенесения (постройки) механизированной дороги, проходящей на 1 м³ вывозимой древесины, представим себе участок размером в 1 га, ширина которого равна двойному предельному расстоянию выволакивания (см. черт. 3).

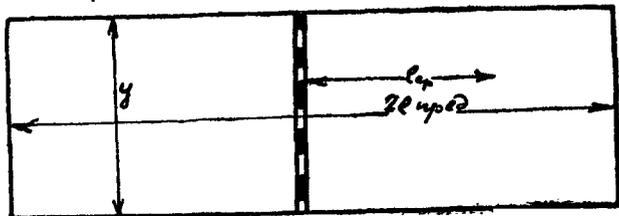
Тогда длина механизированной дороги в пределах этого гектара составит



Чертеж № 2

$$y = \frac{100}{2l_{\text{пред.}}} = \frac{50}{l_{\text{пред.}}} \dots (3),$$

где l — предельное расстояние выволакивания в сотнях метров.



Чертеж № 3

$$y \times 2 l_{\text{пред.}} = 10\,000 \text{ м}^2 (1 \text{ га})$$

$$l_{\text{ср.}} = 0,6 l_{\text{пред.}}$$

Среднее расстояние в американской практике принято считать в 0,6 от предельного.¹ В наших условиях обычно измеряют расстояние от середины делянки до середины катища. Условимся, что будет более правильным считать среднее расстояние за 0,6 предельного.

Тогда $l = 0,6 l_{\text{пред.}}$

Затраты по постройке дороги, падающие на 1 м³, составят

$$a = \frac{y \cdot l}{A} \quad (4)$$

или, делая подстановку из (3) и (4) уравнений, получаем

$$a = \frac{30 b}{l \cdot A} \dots (5),$$

где l — стоимость постройки 1 м механизированной дороги в рублях.

При шахматном расположении размер затрат увеличится. Множителем будет коэффициент концентрации f .

¹ См. Крюгер. Tractor Logging in California Pine Region. 1929.

Коэффициент концентрации также должен учитывать и безлесные площади в пределах квадрата.

Благодаря уменьшению протяжения ветки (уса) на x

$$x = \frac{l_{\text{пред.}}}{1,15} = 1,15 \cdot \frac{l}{0,6} = \approx 1,4 l$$

размер амортизации будет понижен.

Это понижение в среднем определится соотношением

$$\frac{g - 0,14 l}{g} = 1 - \frac{0,14 l}{g} = s.$$

При расположении магистрали в середине массива, что очевидно является более выгодным, вместо g берем половинную величину.

Обозначая через r_1 —протяжение магистрали в пределах массива, r_2 —длину магистрали от массива до конечного пункта и через B —общий запас древесины в разработанном массиве, получим суммарную амортизацию на 1 м³ заготавливаемой древесины:

$$a = \frac{30 b \cdot f \cdot s}{l \cdot A} + \frac{b}{B} (r_1 + r_2) \dots \dots (6).$$

Стоимость выволакивания, в основном, зависит от расстояния. Влияние других факторов (средней кубатуры и т. д.) будет нами разобрано в дальнейшем при рассмотрении существующих систем выволакивания.

Стоимость выволакивания является в общем случае функцией $f(l)$, при чем, в пределах действия данной системы выволакивания, эта функция будет непрерывной и станет изменяться по линейной и степенным зависимостям. В общем случае будет, при линейной зависимости,

$$c = d l + k \dots \dots (7),$$

а при степенной зависимости

$$c = d l^n \dots \dots (8),$$

где d —стоимость выволакивания на расстоянии 100 метров (в рублях).

Степенная зависимость относится к таким сложным выволакивающим установкам, как канатные лебедки (американские скиддеры и ярдеры).

При выволакивании (подвозка) гужевой или тракторной тягой (по земле или на прицепке) можно доказать, что себестоимость будет представлять линейную функцию.

Продолжительность 1 рейса оборота складывается из двух элементов: основного времени (передвижение с грузом и порожняком), обозначим t_h , вспомогательного времени t_n (навалка, свалка для гужевой тяги, прицепка, отцепка, навалка для тракторов) и времени потерь t_v (застревание в пути, поломки, ремонт и т. д.), которое начисляется в процентах по отношению к сумме основного и вспомогательного времени (10-15%).

Основное время определяется путем деления среднего расстояния l на среднюю скорость $v_{\text{ср.}}$, которая, в свою очередь, определяется по формуле:

$$V_{\text{ср.}} = 2 \frac{v_{\text{гр.}} \cdot v_{\text{пор.}}}{v_{\text{гр.}} + v_{\text{пор.}}} \dots \dots (9),$$

где $v_{\text{гр.}}$ —скорость с грузом

$v_{\text{пор.}}$ — » порожняком.

Обозначая через T продолжительность рабочего дня, определим количество рейсов в день x .

$$x = \frac{T}{t_r} = \frac{T}{\frac{0,2 l}{v_{\text{ср}}} t_n + t_v} \dots \dots (10),$$

где t_r — продолжительность одного рейса.

При средней нагрузке на воз в $z \text{ м}^3$, дневная производительность определяется путем перемножения на количество рейсов. Приняв расчетную дневную стоимость подвозки единицы (лошади, трактора с прицепами) в w рублей, себестоимость выволакивания c выразится следующей формулой:

$$c = \frac{w}{T \cdot z} \left(\frac{0,2 l}{V_{\text{ср}}} + t_n + t_v \right) \dots \dots (11).$$

В этой формуле для данной организации производства все величины кроме l , являются постоянными, т.е., другими словами, себестоимость выволакивания, в общем виде, выражается формулой (7)

$$c = dl + k,$$

$$\text{где } d = \frac{0,2 w}{T \cdot z \cdot V_{\text{ср}}}, \text{ а } k = \frac{w}{T \cdot z} (t_n + t_v).$$

Следует со всей резкостью подчеркнуть, что развертывание рационализации дает нам возможность значительно повысить производительность подвозящих установок. Рассматривая формулу (11), мы видим, что основными объектами должны явиться увеличение воза и уменьшение вспомогательного времени.

Этот вопрос будет нами более подробно рассмотрен при разборке гужевой подвозки, где введение свальщиков, навальщиков, уширение ширины колеи, саней, предварительная подвозка к лесосеке дает значительное увеличение производительности (на 50-60%).

При определении стоимости перевозки по подъездному пути следует принять во внимание, что часть древесины (см. черт. 2) будет подвозиться (с расстояния $x = 1,4 l$) прямо к магистрали. Для установления средне-взвешенного расстояния возки остальной древесины участок разбиваем на две части: 1) длиной в x и 2) в $y - 2x$ (шириной и запасом, как постоянными величинами, пренебрегаем).

Для первого случая среднее расстояние перевозки до магистрали составит $y - x$, а для второго — $\frac{y}{2}$. Тогда средне-взвешенное расстояние будет выражаться:

$$L = x \frac{(y - x) + (y - 2x)}{x + y - 2x} \frac{y}{2};$$

вводя поправку на уменьшение количества древесины по соотношению $\frac{y-x}{y}$, окончательно имеем:

$$L = \frac{xy - x^2 + \frac{y^2}{2} - xy}{y} = \frac{y^2}{2} - \frac{x^2}{y}$$

Подставляя вместо $x = 0,14 l$ и $y = g$,

$$\text{получаем } L = \frac{g}{2} - \frac{0,02 l^2}{g}.$$

Общее уравнение стоимости перевозки составит:

$$l = m \left(L + \frac{r_1}{2} + r_2 \right),$$

где m — стоимость перевозки $1 \text{ м}^3/\text{км}$.

Подставляя вместо L полученное значение, имеем:

$$c = m \left(\frac{g}{2} + \frac{r_1}{2} + r_2 - \frac{0,02 l^2}{g} \right) \dots \dots (12),$$

где m — стоимость провоза 1 м^3 по механизированной дороге на расстояние 1 километра (в рублях).

Обращаем внимание, что стоимость перевозки 1 м^3 на один километр по механизированной дороге также является величиной переменной и зависящей, в основном, от размеров грузооборота. Объяснение заключается в том, что эксплуатационные затраты по каждой механизированной дороге складываются из двух элементов: твердых расходов (амортизации, процентов на капитал, страховых взносов, повременной зарплаты водителям и т. д.), переменных расходов на 1 км пробега (горючее, смазка, сдельная зарплата, текущий ремонт, износ бандажей, шин, гусениц и т. д.).

По мере увеличения грузооборота, удельный вес твердых расходов на $1 \text{ м}^3/\text{км}$ уменьшается, и соответственно понижается стоимость $1 \text{ м}^3/\text{км}$.

Подставляя в (1) уравнение полученные выражения, находим общее уравнение себестоимости доставки 1 м^3 от пня до конечного пункта:

$$X = a + C + l = \frac{30 b \cdot f \cdot s}{A \cdot l} + \frac{b}{B} (r_1 + r_2) + \\ + dl^n + m \cdot \left(\frac{g}{2} + 0,5 r_1 + r_2 + \frac{0,02 l^2}{g} \right) \dots \dots (13).$$

Кроме того, в стоимость должны быть включены расходы по погрузке и разгрузке. При ширококолейных железных дорогах, примыкающих к магистрали, будет получаться экономия на перевалочных операциях (до 20-25 коп. за 1 м^3).

2. Определение минимума себестоимости (наивыгоднейшего расстояния выволакивания)

Рассмотрение формулы показывает, что себестоимость находится в прямой зависимости от коэффициента концентрации.

Таким образом, при прочих равных условиях, минимальная себестоимость будет при $f=1$, когда наш годовой сектор представляет сплошную лесосеку. Из этого положения вытекает необходимость предельного уменьшения коэффициента концентрации. Задача лесоводов — работать над этой проблемой. Для сплошных рубок в настоящее время этот коэффициент очень высок. Так, для последних двух разрядов лесоустройств ¹ пре-

¹ См. Гурвич и Махнушкин. Составление плана рубок. Стр. 24-25.

ельный размер клетки 4 км² — при расположении в шахматном порядке и роке примыкания более 10 лет и при обязательном соблюдении расстояния между одновременно назначаемыми в рубку не менее 3-5 км.

Отсюда коэффициент концентрации в 3-4 единицы (см. черт. 1).

Правда, при условии сплошных рубок этот коэффициент достигает единицы, но за счет кубатуры заготавливаемой древесины (А).

Формула показывает, что себестоимость находится в обратной зависимости по отношению к запасу, заготавливаемому на 1 га древесины. Поэтому, например, в том случае, когда при условно сплошных рубках вырубается 60% запаса, коэффициент концентрации выразится в 1,66 (1:0,6), что составляет меньшую величину по сравнению со сплошными рубками.

При увеличении расстояния выволакивания, затраты на постройку дороги, падающие на 1 м³, уменьшаются, но зато, очевидно, повышаются расходы на выволакивание 1 м³. При рассмотрении формулы (13) это становится вполне ясным, так как в выражение *a* среднее расстояние выволакивания *l* входит знаменателем, а в стоимость выволакивания — числителем.

Задача заключается в определении минимума себестоимости, т.е. в установлении наивыгоднейшего расстояния выволакивания, принимая все остальные факторы за величины постоянные.

Для этой цели, по правилам высшей математики, определим минимум функции $X = f(l)$.

Дифференцируем уравнение (13) по *l*, т.е. находим первую производную и приравниваем нулю:

$$x = \frac{30 b \cdot f}{Al^2} + ndl^{n-1} - 0,04 \frac{ml}{g} = 0 \dots (14).$$

Для проверки на минимум, находим вторую производную

$$\begin{aligned} x' &= \frac{30 b \cdot f}{Al} (-2l^{-3}) + dn (n-1) l^{n-2} - 0,04 \frac{m}{g} \\ &= \frac{60 b \cdot f}{Al^3} + n (n-1) dl^{n-2} - 0,04 \frac{m}{g} \dots (15). \end{aligned}$$

В этом выражении отрицательную величину мог бы иметь только коэффициент *n*, т.е. в том случае, когда стоимость выволакивания уменьшалась бы с увеличением расстояния (последний постоянный член существенного значения не имеет благодаря своей малой абсолютной величине).

Такой системы выволакивания не существует, да и с математической стороны выражение $n(n-1)$ даже при отрицательном *n* имело бы знак плюс. Поэтому вторая производная имеет положительное значение, а следовательно наше уравнение (16) дает минимум себестоимости.

При линейной зависимости для формулы выволакивания ($c = dl + k$, т.е. при $n = 1$) уравнение (14) минимума себестоимости примет следующий вид:

$$\frac{30 b}{Af l^2} + d - 0,04 \frac{m}{g} l = 0,$$

$$\text{где } Af = \frac{A}{f}.$$

Помножив это уравнение на l^3 и сделав элементарные преобразования, получаем:

$$l^3 - \frac{25 d \cdot g}{m} l^2 + \frac{750 b \cdot g}{m A f} = 0 \dots (16).$$

Для решения этого уравнения третьей степени удовлетворительного аналитического метода не существует (имеющиеся формулы, как чрезвычайно громоздкие, слишком бы затруднили вычисления). Поэтому применяем графический метод, разработанный одним американским профессором.¹

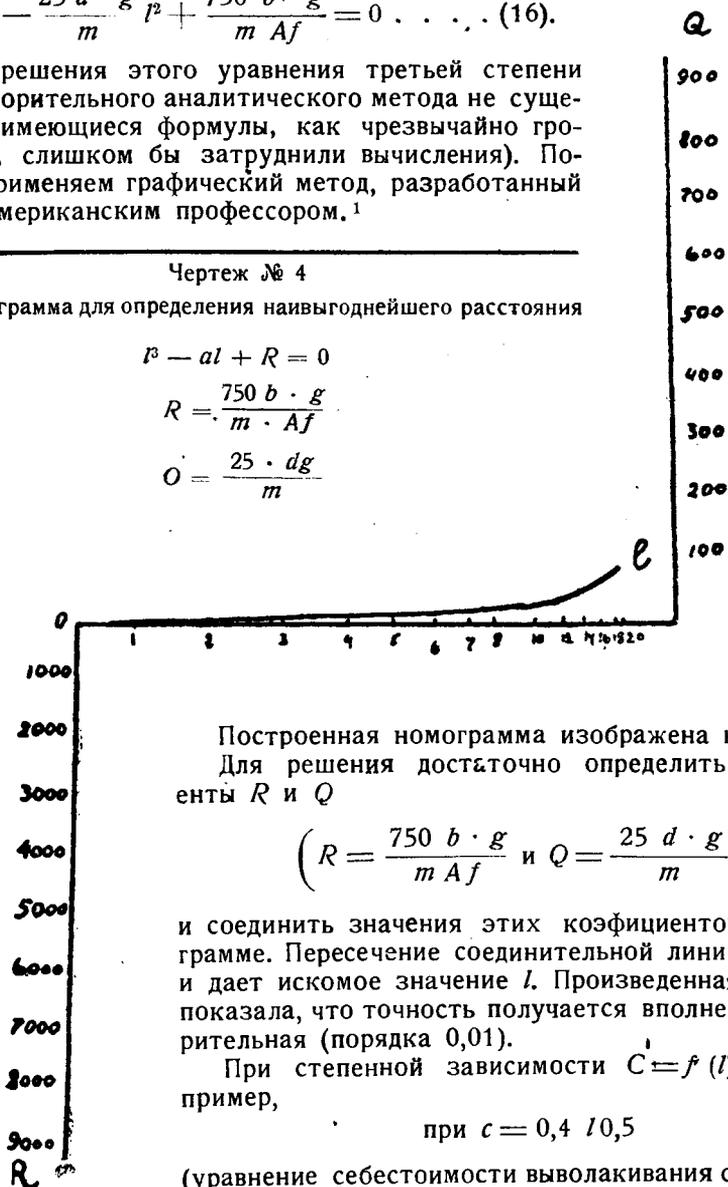
Чертеж № 4

Номограмма для определения наивыгоднейшего расстояния подвозки

$$l^3 - al + R = 0$$

$$R = \frac{750 b \cdot g}{m \cdot A f}$$

$$Q = \frac{25 \cdot dg}{m}$$



Построенная номограмма изображена на фиг. 4.

Для решения достаточно определить коэффициенты R и Q

$$\left(R = \frac{750 b \cdot g}{m A f} \text{ и } Q = \frac{25 d \cdot g}{m} \right)$$

и соединить значения этих коэффициентов на номограмме. Пересечение соединительной линии с кривой и дает искомое значение l . Произведенная проверка показала, что точность получается вполне удовлетворительная (порядка 0,01).

При степенной зависимости $C = f(l)$, как, например,

$$\text{при } c = 0,4 \text{ и } 10,5$$

(уравнение себестоимости выволакивания скиддерами, по американским данным, применительно к нашим условиям; см. стр. 25).

Общее уравнение себестоимости примет следующий вид:

$$l^3 - Ql^{1,5} + R = 0 \dots (17).$$

¹ См. S w e i t t. Construction of Alignment Chart. N.-Y. 1928.

$$\text{где } R = \frac{750 l \cdot g}{m Af}$$

$$Q = \frac{5g}{m}$$

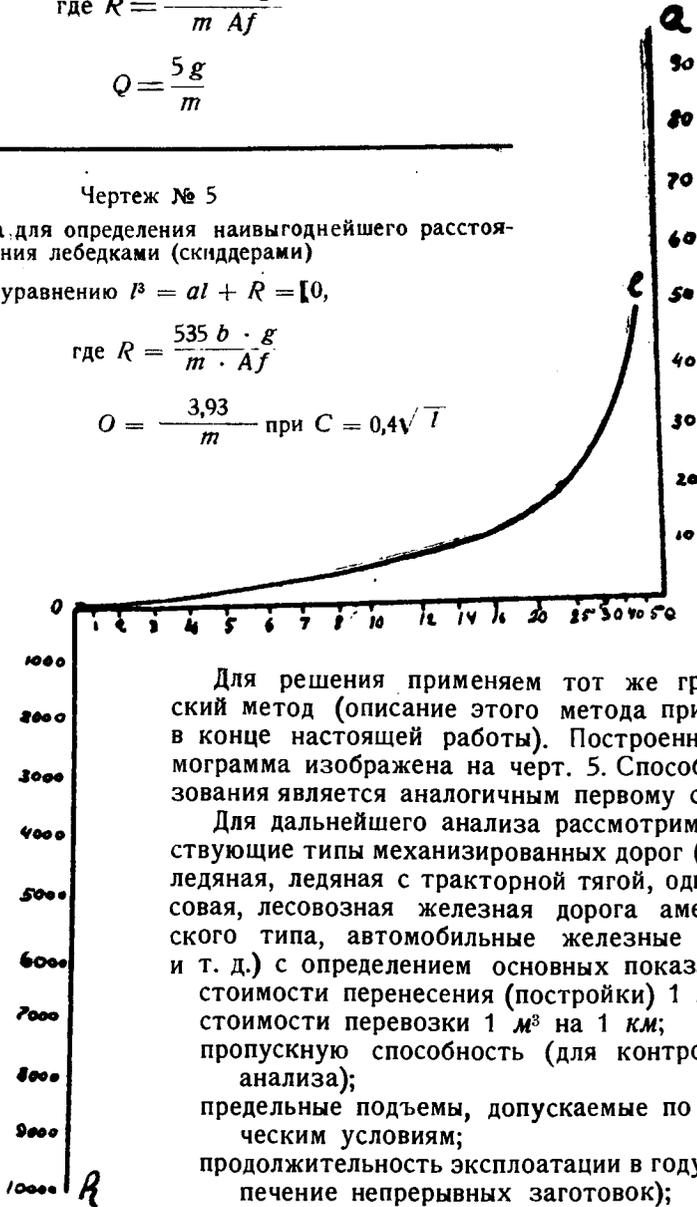
Чертеж № 5

Номограмма для определения наивыгоднейшего расстояния подталкивания лебедками (скиддерами)

по уравнению $B = al + R = 0$,

$$\text{где } R = \frac{535 b \cdot g}{m \cdot Af}$$

$$O = \frac{3,93}{m} \text{ при } C = 0,4\sqrt{T}$$



Для решения применяем тот же графический метод (описание этого метода приведено в конце настоящей работы). Построенная номограмма изображена на черт. 5. Способ пользования является аналогичным первому случаю.

Для дальнейшего анализа рассмотрим существующие типы механизированных дорог (конно-ледяная, ледяная с тракторной тягой, однорельсовая, лесовозная железная дорога американского типа, автомобильные железные дороги и т. д.) с определением основных показателей: стоимости перенесения (постройки) 1 м (км); стоимости перевозки 1 м³ на 1 км; пропускную способность (для контрольного анализа); предельные подъемы, допускаемые по техническим условиям; продолжительность эксплуатации в году (обеспечение непрерывных заготовок); стоимость погрузочных и перегрузочных расходов и т. д.

Для выволакивания наша лесозаготовительная практика знает пока один дедовский метод—гужевую подвозку (или трелевку), в то время как за границей, помимо этого способа, имеется целый ряд других систем выволакивания (в Америке—лебедками—скиддерами и ярдерами, тракторами—по земле, гидравлическими тележками и арочными тележками с лебедками; в Германии—гужевой тягой, при помощи специальных приспособлений—конусов, барабанов и салазков).

Индустриализация лесной промышленности настоятельно требует введения механизации выволакивания. Поэтому все системы, применяемые за границей для выволакивания, должны быть испытаны нашими исследовательскими организациями для внедрения в лесозаготовительную практику.

Однако, иностранные литературные источники дают возможность определения примерной формулы для вычисления стоимости выволакивания в зависимости от расстояния. Ниже нами приводится вывод для большинства систем выволакивания, при чем почти во всех случаях выявилась определенная закономерность (линейная—для гужевой подвозки и выволакивания тракторами по различным системам, и степенная—для подтаскивания лебедками американского типа—скиддерами, ярдерами).

Это обстоятельство подтверждает правильность наших предположений при общем анализе первичного лесотранспорта.

Само собой разумеется, что все показатели как для механизированных дорог, так и для различных систем выволакивания являются ориентировочными. Дальнейшая работа в этом направлении создаст более прочную базу для этих расчетов, которые имеют весьма серьезное значение при разработке путей механизации нашего лесотранспорта.

Пользуясь этими формулами и вспомогательными графиками и номограммами, мы будем в состоянии дать исчерпывающий анализ для любого массива.

Определив все расчетные коэффициенты (размер массива, годовой лесосеки, запас на гектар, ширину разрабатываемой полосы, степень концентрации и т. д.), устанавливаем по номограммам наиболее выгодные расстояния выволакивания для различных типов механизированных дорог и систем подтаскивания (конечно, совместимых между собой, а не занимаясь, например, выволакиванием на тяжелых лебедках или тракторах к конно-ледяной дороге).

Подставляя эти значения в уравнение (13), определяем минимум общей себестоимости для различных комбинаций.

После контрольного анализа, в соответствии с техническими условиями постройки и эксплуатации механизированных дорог и систем подтаскивания (рельеф местности, характер грунта, пропускная способность, обеспечение амортизации магистрали и т. д.),—минимума-минимум (т.е. наименьшее значение минимума себестоимости) даст нам наиболее выгодную систему механизированной дороги и подтаскивания. После этого приступаем к изысканиям для трассировки. Подъездные пути должны быть рассчитаны в отдельности, так как средний запас и ширина полосы в разных частях массива будут иметь переменные значения.

III. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ПОДВОЗКИ (ПОДТАСКИВАНИЯ)

Производительность подтаскивающей установки зависит, в основном от следующих факторов:

- 1) от расстояния (определяется минимумом себестоимости);
- 2) от скорости движения (зависит от рельефа, состояния и типа дороги и характера тяги);
- 3) от средней кубатуры бревна (при гужевой подвозке влияние этого фактора не превышает 10-20%, в то время как у механизированных установок эта зависимость выражена очень сильно—с полным обратным соотношением между кубатурой и производительностью);

4) размеров вспомогательного времени на погрузку и разгрузку (определяется организацией работы и степенью ее механизации);

5) простоев.

Ниже рассматриваются гужевая подвозка (на санях), выволакивание тракторами (по земле и на арочных тележках) и подтаскивание американскими лебедками (скиддерами и ярдерами).

Выбор типа подвозки (выволакивание, помимо себестоимости, определяется, в значительной части, местностью), например, в горных лесах можно применять только канатные установки и выволакивание по земле гужевой тягой. В северных лесах зимой можно применять все виды подвозки (выволакивания), а летом, вследствие болотистой почвы, только повидимому, канатные установки и, главным образом, гусеничные тележки с тракторами.

1. Гужевая подвозка (на санях)

Эта система является пока почти единственной, которая применяется на наших лесозаготовках, особенно в северных лесах.

Для иллюстрации рассмотрим нормы треста «Северолес».

Расчетные величины приняты следующие:

Сумма вспомогательного времени (навалка и свалка, производимые самим возчиком) и простоев:

$$tn + tv = 1 \text{ час.}$$

Скорость с грузом $V_{гр} = 3,5 \text{ км/час}$

» порожняком $V_{пор} = 5,5 \text{ » »}$

Средняя нагрузка на воз колеблется для различных сортиментов в следующих величинах (в M^3)

Пиловочные бревна 1,2 Балансы, пропсы долготьем . . 1,1

Сухостой (поделочник) . . 1,44 Средневзвешенная 1,15

Расчетная ставка для возчика с лошастью в день 3 р. 20 к. + 30% на накладные расходы.

Продолжительность рабочего дня—8 часов.

Определяем среднюю скорость:

$$V_{ср.} = 2 \cdot \frac{3,5 \cdot 5,5}{3,5 + 5,5} = 4,27 \text{ км/час.}$$

Подставив эти значения в формулу (11), получим уравнение себестоимости:

$$l = \frac{3,2}{0,8 \cdot 1,15} \cdot 1,3 \left(\frac{0,2 l}{4,27} + 1 \right) = 0,021 l + 0,47 \dots \dots \dots (18),$$

где l — среднее расстояние в сотнях метров.

Основными мероприятиями для поднятия производительности гужевой подвозки являются:

1) введение свальщиков и навалщиков (сокращает сумму вспомогательного времени и простоев до 0,5 часа, позволяет применять в качестве возчиков малосильную рабсилу—женщин, подростков; позволяет увеличить размеры воза);

2) организация сквозных бригад, состоящих из группы рубщиков и нескольких возчиков (повышает трудовую дисциплину при помощи общественного воздействия, облегчает свалку и навалку, так как древесина не заносится снегом, и делаются излишними окучивание и трелевка);

3) предварительная подвозка древесины к зимнику (возчики берут 2-3 бревна на лесосеке и окончательную нагрузку заканчивают на зимнике, накладывая мелкотоварник, который предварительно подвозится одной из лошадей), что повышает на 30-40% среднюю нагрузку воза

4) увеличение ширины колеи (обычно эта ширина составляет 55—70 см, доведя же ширину колеи до 90-100 см, можно значительно повысить устойчивость саней и благодаря этому увеличить среднюю нагрузку воза)

5) правильная планировка катищ (устроив подъездные пути для возов на известном возвышении, по сравнению со свалками, можно значительно сократить время свалки (использование силы тяжести);

6) рациональная организация приемки (так, производя приемку на карантине, т.-е. у въезда на катище, можно избавиться от устройств отдельных свалок по каждому сортименту для каждой бригады или отдельного возчика), это мероприятие сокращает размеры катища и про бег возов.

Эффективность этих мероприятий весьма значительна. Так частично проведение такой рационализации в Северном крае повысило в сезон 30/31 года среднюю дневную производительность лошади до 3,9 м³ (в март 31 г.) по сравнению с 1,9 м³ в прошлом году, на то же число.

Детальное исследование было произведено нами на Чулмохорской тракторной базе в марте 1931 г. (Емецкий лесопромхоз Северолеса).

Сводные результаты приведены в таблице № 1.

Несмотря на низкое качество лошадей, введение свальщиков и навалщиков обеспечило значительную переработку установленных норм (для 1,3 км—6,0 м³). Так, до введения навалщиков выполнение нормы составляло 125%, с навалщиком—242%, с навалщиком и свальщиком—247%

Норма выработки навалщика—40-45 м³ (5-6 коп. на 1 м³) в день а свальщика—90-100 м³ (2,5-3 коп. на 1 м³).

Для эти нормы на нормы вывозки, легко определить потребное количество лошадей на 1 навалщика или свальщика для данного расстояния возки.

Следует заметить, что установленные Северолесом нормы выработки свальщика и навалщика чрезвычайно низки. Так, для бревен на навалку установлена норма 17 м³ (расц. 10 коп.), а на свалку—20,4 м³ (8,4 коп.) то-есть всего 18,4 коп. за 1 м³. Однако, это дало возможность ликвидировать окучивание, которое обходилось в 17 коп. за 1 м³. Поэтому в дальнейших расчетах стоимостью навалки и свалки пренебрегаем.

Такая система работы дает возможность значительно повысить коэффициент Северолеса, даже для малосильных лошадей:

$$\text{средняя скорость } v_{\text{ср.}} = 5 \text{ км/час.}$$

$$\text{нагрузка } z = 1,25 \text{ м}^3.$$

Сумма вспомогат. времени и потерь $t_n + t_v$ 0,5 часа (25 м³ навалки 6 м³ свалки и 6 м³ потерь).

Расчетная ставка (10% роста) за счет роста (производительности труда)—3 р. 52 к.

Тоже с накладными расходами (30%)—4 р. 57 к.

Наблюдения над работой группы возчиков сквозной бригады (3 лошади)

Количество оборотов 11 марта 31 г.—11 об. Среднее расст. подвозки (от середины делянки до середины катища)—1,3 км
» 12 » 31 г.—13 »

	Навалка ¹		Пробег с грузом		Свалка ²		Пробег по рожняком		Общая продолжительность 1 оборота		Число часов работы		Средняя нагрузка на водит. в день воз в м ³		Общ. произ-водит. в день в м ³		Тоже за 8 ч. раб. в день в м ³		Средняя скорость к.м/час	
	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
1	18,0	14,5	16,4	18,5	9,5	6,1	13,8	13,5	57,7	52,6	11,4	11,4	1,00	1,25	11,0	16,3	7,8	18,5	—	—
2	18,7	11,8	17,3	17,3	11,2	7,2	13,8	15,6	61,8	51,9	11,3	11,3	1,09	1,40	12,0	18,2	8,5	12,9	—	—
3	14,3	11,8	15,6	18,9	10,1	4,2	13,5	14,4	53,5	49,2	9,9	10,8	1,20	1,13	13,2	14,7	10,7	10,8	—	—
	17,0	12,7	16,5	18,2	10,3	5,8	13,7	14,5	38,0	51,2	10,9	11,2	1,10	1,29	12,1	16,4	8,9	11,7	5,2	4,8

Примечания: 1) Сокращение продолжительности навалки объясняется заменой более сильным рабочим;

2) 11 марта работа производилась без свальщика, который был введен 12 марта;

3) Работа навалщика 11/III-31 г. $17,11 \cdot 3 = 9,3$ час.; свальщика 12/III-31 г. $5,8 \cdot 39 = 38$ час.,
12/III-31 г. $12,7 \cdot 13,3 = 8,2$.

4) Средняя выработка 1 лошади за период с 10/1 по 28/II-31 г.

(работа без навалщика и свальщика)

составл. 7,5 м³

(при работе навалщика со 2 марта по 8 марта)

14,5 м³

1497966

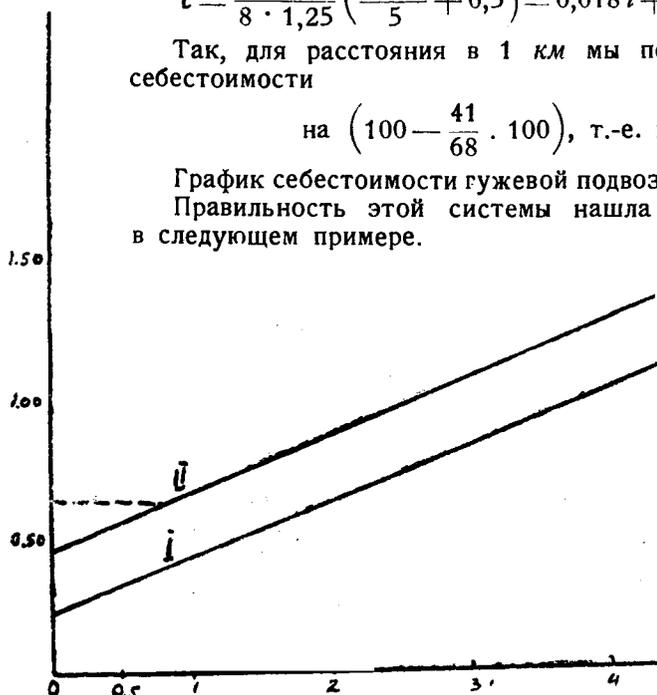
Подставив эти величины в формулу (11), получаем следующее уравнение себестоимости подвозки (вывозки) 1 м³ древесины:

$$c = \frac{4,57}{8 \cdot 1,25} \left(\frac{0,2 l}{5} + 0,5 \right) = 0,018 l + 0,23 \dots (19).$$

Так, для расстояния в 1 км мы получили бы снижение себестоимости

$$\text{на } \left(100 - \frac{41}{68} \cdot 100 \right), \text{ т.е. на } 40\%.$$

График себестоимости гужевой подвозки приведен на черт. 6. Правильность этой системы нашла яркое подтверждение в следующем примере.



Чертеж № 6
Себестоимость гужевой подвозки
I—при работе со свальщиками и навалыщиками
 $C I = 0,2 l + 0,23$
II—при старом способе возки (по расценкам Северолеса при 30% накладных расходов)
 $C II = 0,2 l + 0,45$

На той же Чулмохотской базе на подвозке работала бригада возчиков Скирева. Анализ выработки этой бригады приведен в таблице № 2.

ТАБЛИЦА № 2
Чулмохотская база (Емецкого леспромхоза)
Производительность бригады возчиков (Скирева) — 4 малосильных лошади. Среднее расстояние подвозки — 1 км

Период	Отработано подвододней	Число дней календарных	Среднее колич. отработанных дней	Вывезено в м ³	Средняя производит. 1 лошади в день		Примечание
					м ³	%	
1/I по 28/I . .	91	28	22,7	492	5,42	101	Работы без свальщика и навалыщ.
29/I по 28/II . .	90,5	30	22,6	471	5,22	96,5	
1/III по 13/III . .	45	13	11,3	264	5,85	108	
С 1/I по 13/III	226,5	71	59,6	1227	5,41	100	С 1 навалыщиком и 1 свальщиком * а также введена подвозка к зимнику для подброски
14/III	3	1	0,75	31,0	10,32	191,5	
15/III	3	1	0,75	34,4	11,45*	211,5	

¹ Средняя нагрузка на воз—1,15 м³

До рационализации средняя выработка одной лошади составляла всего 5,4 м³ (ниже нормы, установленной по тарифному соглашению).

После введения навалщиков и свальщиков производительность поднялась на 91%.

15 марта 31 года дополнительно была организована подвозка к зимнику для подброски. Подвозка производилась каждой лошадейю поочередно на расстояние, в среднем, 250 м (длина лесосеки—500 м). Путь по зимнику составлял 900 м и по катищу 140 м.

Благодаря подброске производительность увеличилась на 20%.

Лошади в бригаде—малосильные, с плохой упитанностью. Для средних лошадей эффективность этого мероприятия будет еще более значительной. Этот метод был нами применен на Орлецкой базе, где также дал блестящие результаты для большого количества лошадей (более 100). Сравнительные данные по одной бригаде приведены в таблице № 3.

ТАБЛИЦА № 3

Орлецкая база

Подвозка древесины бригадой Замятина

Дата	Количество лошадей Колич. рейсов	Число часов работы в день	Средняя нагрузка на 1 воз м ³	Вывезено за факт. день м ³	Вывезено за 8 ч. день		Среднее расстоян. км	Количество вывозки	
					м ³	%		Навалщиков	Свальщиков
20-24/III.	6	7,5	—	8,9	9,5	100	0,35	(не было)	
25/III . .	6/39	2,75	0,84	6,6	19,2	202	0,35	2	1
26/III . .	5/88	7,25	0,92	16,2	17,8	187	0,25	2	1
27/III . .	5/71	6,1	1,08	15,4	20,2	213	0,50	2	1
28/III . .	5/75	7,5	0,95	14,3	15,2	160	0,50	1½	1

Проведение других мероприятий, перечисленных выше, и новых, выдвигаемых в процессе работы, обеспечит новые резервы снижения себестоимости.

Необходимо заметить, что свальщики и навалщики максимальный эффект дают при небольших расстояниях, так как, по мере увеличения пролета, удельный вес простоев уменьшается.

Данные об эффективности приведены в таблице № 4.

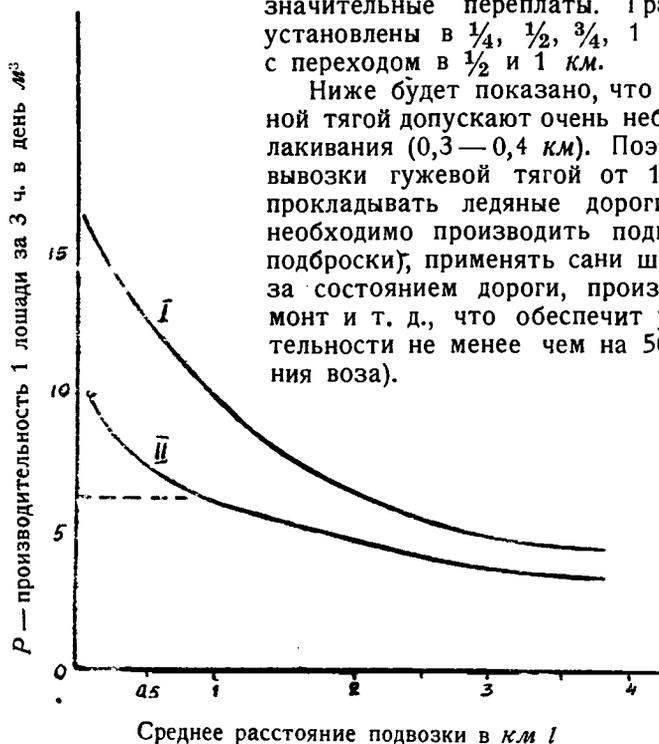
ТАБЛИЦА № 4

Среднее расстояние	Количество оборотов за 8 часов		Повышение производит. в %	Примечание
	Без свальщ. и навалщ.	При свальщ. и навалщ.		
¼	8,1	14,8	83	При свалке и навалке простои приняты в 0,5 часа, а без них—1,0 час
½	7,4	12,5	69	
¾	6,8	10,9	60	
1	6,3	9,6	52	
2	4,8	6,6	38	
3	3,9	5,0	28	
4	3,3	4,0	21	
6	2,8	3,3	18	

График производительности приведен на черт. 7.

Обычно в нормах и расценках первая градация начинается от 1 км (см., например, расценки Северолеса, * Ураллеспрома, Севзаплеспрома). В результате, при подвозке к механизированным дорогам получают значительные переплаты. Градации должны быть установлены в $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1 и затем, как обычно с переходом в $\frac{1}{2}$ и 1 км.

Ниже будет показано, что ледяные дороги с коной тягой допускают очень небольшие пролеты вывозки (0,3—0,4 км). Поэтому при расстоянии вывозки гужевой тягой от 1 км и выше следует прокладывать ледяные дороги. Во всяком случае необходимо производить подвозку к зимнику (для подброски), применять сани широкой колеи, следить за состоянием дороги, производя необходимый ремонт и т. д., что обеспечит увеличение производительности не менее чем на 50% (за счет укрупнения воза).



Чертеж № 7
Производительность гужевого возки:
I—при работе со свалщиками и навалщиками

$$P_I = \frac{207}{10l} + 11,5$$

II—при старом способе возки (по нормам Северолеса)

$$P_{II} = \frac{207}{10l} + 23$$

Действительно, груз, перевозимый лошадей по снежной дороге, исчисляется по формуле:

$$w = \frac{T \cdot l}{(f + i) \rho} \text{ м}^3 \dots (20),$$

где T —тяговое усилие лошади в кг при скорости в 4 км/час—равняется примерно 14% от веса лошади (средняя крестьянская лошадь весит около 500 кг). На коротких пролетах (30-40 м) лошадь может развивать двойное и даже тройное усилие по сравнению с нормальным;

f —сопротивление движению по снежной дороге—0,035;¹

i —средний подъем, принят нами в 0,025 (учитывая тяговую характеристику лошади);

ρ —вес 1 м^3 хвойной древесины = 600 кг.

Подставляя, получаем:

$$w = \frac{500 \cdot 0,14}{0,06 \cdot 600} = 1,95 \approx 2 \text{ м}^3.$$

В Швеции средний размер воза, перевозимого крестьянской лошадью составляет 2—2,5 м^3 , в то время как у нас принято 1—1,25 м^3 .

¹ Окованные сани по снежной дороге.

Причины, как мы видели, заключаются в узкой ширине колеи и равенении на узкое место (перевозка по лесосеке).

Проведение описанной простейшей рационализации обеспечит значительное сокращение рабгужсилы, что, при отсутствующей безработице, имеет решающее значение.

С другой стороны, это лишний раз подтверждает нашу мысль о том, что нельзя рассматривать элементы стоимости статически.

2. Подтаскивание тракторами

Этот метод для нас является совершенно новым, хотя в Америке он получил значительное распространение (на ряду с канатными установками).

По этой причине, для анализа, мы должны будем ограничиться литературными материалами (главным образом из американского лесопромышленного журнала «Timberman» и исследований проф. Калифорнийского университета Крюгера).

Техника этого метода нами подробно освещена в другом месте. Приведем только основные показатели.

Различают три способа использования тракторов для подтаскивания:

по земле

арочными тележками с гидравлическими подъемниками

» » с лебедками.

Тележки, как правило, имеют гусеничный ход.

Тракторы применяются марки «Катерпиллер 60».

Сравнительная характеристика этих методов произведена американским инженером Hughes (см. «The Timberman», Sept. 30, стр. 38).

Приведем основные показатели (см. табл. № 5).

Движение с грузом, повидимому, производится на первой скорости (3 км/час) и порожняком — на второй (4,4 км/час),¹ так как в этом случае средняя скорость

$$v_{\text{ср.}} = 2 \frac{3 \cdot 4,4}{3 + 4,4} = 3,7 \text{ км/час}$$

находится в полном соответствии с фактическими данными.

Для построения формулы нам необходимо установить стоимость содержания трактора при работе в 2 смены и 8 часов.

Учитывая, что основная работа трактора составляет всего около 30% от общей продолжительности рейса

$$\left(\frac{tn}{th + tn + tv} 100 \right),$$

можно принять, что дневное содержание трактора обойдется в 150 руб.

Подставляя полученные значения в формулу (17), имеем:
для выволакивания по земле

$$c = \frac{150}{16 \cdot 5,05} \left(\frac{0,21}{3,7} + \frac{1,89 + 6,48}{60} \right) = 0,11 + 0,26 \text{ (21).}$$

¹ В условиях работы на лесосеке.

ТАБЛИЦА № 5

Распределение элементов времени при различных методах выволакивания тракторами (минуты с сотыми долями) на 1 рейс

О П Е Р А Ц И И	Арочные тележки		Выволакивание по земле
	С лебедками	С гидр. подъемн.	
Холостой пробег.	2,63	2,10	2,00
Пробег с грузом.	2,95	2,50	2,81
Основное время t_h	5,58	4,60	4,81
Вспомогательное время, т.е. маневры (в лесу, на катише, прицепка, отцепка, работа лебедки) t_n	4,46	2,49	1,89
Простои t_v	6,12	8,71	6,48
$t_g = t_h + t_n + t_v$	16,16	15,80	13,18
Средний размер вoза m^3	9,75	9,90	5,05
Затрата времени на 1 m^3	1,66	1,59	2,60
Затрата времени на трелевку на 1 m^3	—	0,98	—
Среднее расстояние выволакивания m	150	150	150
Средняя скорость v_{cp} км/час	3,4	3,9	3,7

Для арочных тележек с лебедками

$$c = 0,06 \cdot l + 0,16 \dots (22)$$

и для арочных тележек с гидравлическими подъемниками

$$c = 0,045 \cdot l + 0,16 \dots (23).$$

Нам могут возразить, что эти методы дают положительные результаты для американских условий, где крупные размеры древесины и мягкий климат, при отсутствии болот и глубокого снежного покрова, дают возможность успешного применения тракторов для выволакивания.

Равным образом, сами исследователи (Крюгер и др.) считают невыгодным производить подтаскивание тракторами мелких бревен, которые по американским условиям считаются тонкомером при средней кубатуре в 1 m^3 . У нас, как известно, такие размеры имеют целый хлыст.

Поэтому большого внимания заслуживает статья Кинцеля (см. «The Timberman» X—29 г., стр. 164), который описывает итоги применения, весьма приближающиеся к нашим заготовкам.

Так, средний запас на гектар составлял 140—170 м³. Кубатура бревна—около 0,8 м³. Среднее расстояние выволакивания составляло 630 м. Работало 4 трактора «Катерпиллер 60» с гидравлическими тележками, которые в течение октября—декабря 1928 года доставили к линии железной дороги 50 000 м³ (253 трактородня и 4626 рейсов). Таким образом, среднее количество рейсов в день на трактор выражалось в 18,2 за 8 часов при средней кубатуре воза в 11 м³.

Уклоны колебались в пределах от 0 до 15% в направлении грузового движения.

Линии железной дороги прокладывались по естественным водостокам.

Средняя толщина снежного покрова составляла около 0,6 метра. Подсчитаем среднюю продолжительность 1 рейса и основного времени:

$$t_h + t_n + t_v = \frac{8}{18,2} = 0,44 \text{ часа.}$$

$$t_h = \frac{2 \cdot 0,63}{3,7} = 0,34 \text{ часа.}$$

Тогда $t_n + t_v = 0,44 - 0,34 = 0,10$ часа или 6 мин.

Для 16 часов работы, при стоимости содержания трактора в 150 руб., получаем следующую формулу себестоимости:

$$c = \frac{150}{16 \cdot 11} \left(\frac{0,2}{3,7} + 0,1 \right) = 0,046 l + 0,085 \dots (24).$$

Сравнивая эту формулу со стоимостью гужевой подвозки, мы видим значительные преимущества тракторной тяги.

В дальнейшем при расчетах, во избежание ошибок, мы пользовались формулой (23).

3. Подтаскивание канатными установками

Этот метод применяется в Америке лет 20-40. Особое значение имеет при проведении лесозаготовок по сильно пересеченной или болотистой местности. Как правило, применяется в сочетании с железнодорожным транспортом (возможность передвижения тяжелых лебедок).

Недостаток этой системы заключается в весьма неблагоприятном влиянии на лесовозобновление (истребление и повреждение подроста, семенников).

В наших условиях этот метод заслуживает внимания при проведении летних заготовок в болотистых лесах Севера или при лесоразработках на Кавказе, Урале и др. гористых местностях.

Различают три основных системы выволакивания канатными установками:

1) подвесная система (с несущим канатом, лебедки носят название скиддеров);

2) полуподвесная система;

3) подтаскивание по земле.

В последних двух случаях лебедки называются ярдерами.

Так же, как и тракторная тяга, канатные установки у нас до сих пор не применялись, если не считать теоретических расчетов Невесского, о которых речь будет ниже.

Поэтому для ориентировочных расчетов мы пользовались данными американской практики.

Так, в журнале «The Timberman» (XI—30 г., стр. 64-65) опубликованы, в статье Branstrom'a, графики затрат на зарплату выволакивания различными канатными установками.

В частности, один из графиков дает затраты на зарплату при выволакивании на различные расстояния бревен переменной кубатуры при помощи скиддеров с переменным натяжением несущего каната.

Учитывая, что для скиддера зарплата в себестоимости составляет около 80-90%, а также высокий абсолютный размер зарплаты (при значительной дороговизне жизни), для пересчета можно принять, что 1 доллар зарплаты равняется 1 рублю себестоимости.

Для установления закономерности нами был построен вспомогательный график с логарифмическими шкалами, при чем на ординате отложена себестоимость в рублях, а на абсциссе расстояния выволакивания— в сотнях метров. Все абсолютные величины взяты из графика Branstrom'a и расположены в таблице № 6.

ТАБЛИЦА № 6
Выволакивание подвесной системой
(скиддер с переменным натяжением несущего каната)

		Себестоимость выполнения в рублях при расстоянии выволакивания					
		0—150	150—300	300—450	450—600	600—750	750—900
0,4	1,0	0,50	0,65	0,80	0,94	1,06	1,15
0,2	2,0	0,26	0,34	0,42	0,49	0,52	0,62
0,15	3,0	0,18	0,24	0,30	0,35	0,41	0,45
0,105	4,0	0,13	0,18	0,22	0,27	0,31	0,35
0,08	5,0	0,10	0,14	0,175	0,210	0,25	0,28
0,07	6,0	0,09	0,12	0,14	0,17	0,20	0,23
Имеем:							
<i>c</i>		0,50	0,65	0,80	0,94	1,06	1,15
<i>l</i>		150	300	450	600	750	900
<i>d</i>				0,4			
<i>lgc</i>		1,70	1,81	1,90	1,97	0,025	0,06
<i>lgd</i>		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
<i>lgc—lgd</i>		0,10	0,21	0,30	0,37	0,425	0,46
<i>lgc</i>		0,175	0,477	0,654	0,78	0,875	0,954
<i>n</i>		0,57	0,45	0,46	0,48	0,48	0,48
<i>n</i>		Средн. 0,49					

Оказалось, что для каждой группы бревен (с одинаковой кубатурой) соответствующие значения себестоимости лежат на одной прямой.

Таким образом, уравнение себестоимости имеет форму:

$$c = dl^n .$$

Пользуясь графиком, определяем значение d для бревен различной кубатуры (эти данные помещены в таблице № 6).

Сопоставляя d с кубатурой бревен, не трудно установить, что d (стоимость выволакивания 1 м³ на первые 100 метров) находится в обратной

зависимости от кубатуры бревна (м³), а именно $d = \frac{0,4}{V} . . (25)$,

где V — объем бревна в м³.

Определим показатель n для бревен объемом в 1 м³, т.-е. для $d = 0,4$ руб.

Логарифмируя уравнение $c = dl^n$, получим

$$\begin{aligned} c &= \lg d + n \lg l, \text{ или} \\ &= \frac{\lg c - \lg d}{\lg l} \end{aligned}$$

Подставляя полученные значения в основное уравнение, получаем

$$c = \frac{0,4}{V} \times l^{0,49} (26).$$

Для дальнейших расчетов нами принята средняя кубатура бревна (хлыста) в 1 м³, тогда общее уравнение будет иметь следующую форму:

$$c = 0,4 l^{0,49} (27).$$

Весь этот расчет является, конечно, сугубо ориентировочным. Задача научно-исследовательских организаций — дать более глубокую проработку этого важного вопроса.

IV. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ДОРОГ

До текущего года основными видами лесотранспорта являлись ледяные дороги с тракторной и конной тягой. Недостаток этих дорог заключается в сезонности, так как эксплуатация может производиться только в зимнее время, при наличии снежного покрова, при температуре ниже нуля. На 1931 год намечено к постройке значительное количество лежневых и однорельсовых дорог, а также расширение сети лесовозных железных дорог.

Несмотря на распространение ледяных дорог, более или менее основательных данных о их работе почти не имеется. Еще меньше сведений можно получить о других видах механизированного транспорта. С другой стороны, показатели, как мы видели выше, не являются стабильными, а изменяются в зависимости от местных условий (профиля дороги, грузооборота, рационализации и т. д.).

Поэтому наша задача заключается в разработке методологии расчета и подборе данных о фактической работе.

Затраты по эксплуатации складываются из двух основных статей: твердых расходов (амортизация, содержание подвижного состава, постоянная зарплата), исчисление производится на единицу времени работы поезда;

переменных расходов (горячее, смазка, износ гусениц, шин и т. д., сдельная зарплата), исчисляются на 1 км пробега.

Очевидно, что, по мере увеличения грузооборота, потребность в подвижном составе растет в меньшей степени, т.е. удельный расход на 1 тонно-километр или 1 м³/км уменьшается. Поэтому при анализе мы должны установить величину твердых расходов на поезд-час для данного грузооборота.

Расчет твердых расходов ведется аналогично выволакиванию, т.е. по формуле:

$$m_{\text{тв.}} = \frac{w_{\text{тв.}}}{t \cdot z} \left(\frac{2l}{v_{\text{ср.}}} + t_n + t_v \right) \dots \dots \dots (28).$$

Для определения переменных расходов необходимо знать размер затрат на 1 км пробега поезда и характера грузооборота (для лесотранспорта мы имеем грузовой поток только в одном направлении, т.е. на каждый 1 м³/км затрачивается 2 км пробега).

Отсюда величина переменных расходов на 1 м³ для данного расстояния вывозки (l) составит:

$$m_{\text{пер.}} = \frac{w_{\text{пер.}}}{z} l \dots \dots \dots (29).$$

Общая стоимость перевозки по механизированной дороге определяется путем суммирования

$$m_{\text{тв.}} + m_{\text{пер.}} = \frac{w_{\text{тв.}}}{t \cdot z} \left(\frac{2l}{v_{\text{ср.}}} + t_n + t_v \right) + \frac{w_{\text{пер.}}}{z} l \dots \dots (30).$$

Для установления затрат на перевозку 1 м³ делим полученное уравнение на l:

$$m = \frac{w_{\text{тв.}}}{t \cdot z \cdot l} \left(\frac{2l}{v_{\text{ср.}}} + t_n + t_v \right) + \frac{w_{\text{пер.}}}{z} \dots \dots \dots (31).$$

Анализ этой формулы показывает, что себестоимость перевозки 1 м³/км может быть понижена следующими путями:

а) Уменьшением величин $w_{\text{тв.}}$ и $w_{\text{пер.}}$, удешевляя эксплуатацию (улучшенный и предупредительный ремонт, понижение расхода горючего и смазки). Прекрасные результаты могут быть достигнуты путем премирования ремонтных бригад за улучшение и сокращение ремонта, водителей—за экономию горючего и смазки, введение спаренной езды.

б) Увеличением нагрузки на воз (z) путем улучшения профиля дороги и ее характера (ледяные, вместо снежных, на тракторных базах). Особое значение для дорог, чувствительных к подъемам (ледяные дороги с конной и тракторной тягой), имеет уменьшение уклонов. Всякая экономия на земляных работах выливается в громадную расточительность при эксплуатации, как это, например, показывает опыт работы тракторных баз Северолеса и др. наших трестов.

в) Увеличением использования тракторов по времени (T), что достигается двух- и трехсменной работой при непрерывной неделе.

г) Уменьшением простоев (t_v) и вспомогательного времени (t_n). Для этой цели необходимо самое широкое применение сдельщины и организации погрузо-разгрузочных работ (механизация, диспетчерская служба и т. д.).

Следует заметить, что, по мере увеличения расстояния вывозки, удельный вес суммы $t_n' + t_v$ уменьшается, что ведет к удешевлению перевозки. Особенно к этому чувствительны быстроходные средства (автомобили, мотовозы).

1. Ледяные дороги с конной тягой

Для этих дорог переменные расходы почти не играют никакой роли (за исключением овса для лошадей при усиленной работе и сдельной оплаты возчиков).

По нормам Северолеса приняты следующие расчетные величины:

	1930 г.	1931 г.
Средняя скорость	5 км/ч	7,15 км/ч
Свалка, навалка, простои (на 1 рейс) 0,95 часа		1,20 час.
Средняя нагрузка на воз	3 м ³	3,6 м ³
Продолжительность рабочего дня	8 час.	8 час.
Зарплата возчика (за 8 ч.)	2 р. 00 к.	2 р. 00 к.
Стоимость содержания лошади с амортизацией (при хорошей кормежке — овсом может работать 16-17 часов, из которых пробег с грузом 7 час., 5 час. порожняком и 5 час. простои)		10 руб.
или на 8 час.		5 »
Общее содержание лошади и возчика при 50% накладных расходов		10 руб. 50 коп.

Примечание: нормы 1931 г. вследствие поздней рассылки (начало апреля 1931 г.) не применялись.

Следует заметить, что нормы 1931 г. являются неверными. В частности, скорость $v_{ср.}$ в среднем надо считать не более $v_{ср.} = 5,5$ км/час.

Сумму $t_n + t_v$ для небольших расстояний (до 5-6 км) следует принять в 0,5 часа, а на большие расстояния — учитывая необходимость кормежки лошади 1 час, а в среднем 0,7.

Нагрузка на воз $z = 4,5$ м³.

Подставляя полученные исправленные значения (нормы 1930 г.) в уравнение (3), получим следующее выражение себестоимости 1 м³/км:

$$m = \frac{10,50}{8+4,5} \left(\frac{2}{5,5} + \frac{0,7}{l} \right) = 0,115 + \frac{0,40}{l}.$$

Составим соответствующую таблицу для различных расстояний

	l	2	4	6	8	10	12	14	км
m	—	0,22	0,18	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14	руб.
m^1	—	0,42	0,29	0,24	0,20	0,19	0,17		

¹ По данным Махнушкина и Гурвича.

Вследствие плохой организации работ фактические затраты были значительно больше, составляя в среднем около 20 коп. за 1 м³/км; поэтому и для этих дорог возможности рационализации весьма значительны.

Стоимость постройки 1 км ледяной дороги можно, в среднем, считать в 0,5 руб. за 1 м.

Предельные подъемы приняты в 1,5%.

2. Ледяные дороги с тракторной тягой

На наших дорогах применяются три марки тракторов:

	II ск.	III ск.
Коммунар мощностью на крюке 35 л. с.	4,75	7,0
Клетрак 40 л. с.	5,8	9,2
Катерпиллер 50 л. с.	4,16	5,9

Определим среднюю скорость:

$$v_{\text{ср.}} = 2 \cdot \frac{v_2 \cdot v_3}{v_2 + v_3}$$

Имеем: для Коммунара $v_{\text{ср.}} = 2 \cdot \frac{4,75 \cdot 9}{4,75 + 9} = 6,2 \text{ км/ч}$

» Клетрака $v_{\text{ср.}} = 2 \cdot \frac{5,8 \cdot 9,2}{5,8 + 9,2} = 6,5$

» Катерпиллера $v_{\text{ср.}} = 2 \cdot \frac{4,16 \cdot 5,9}{4,16 + 5,9} = 4,7$

Средняя нагрузка: для Коммунара $z = 90 \text{ м}^3$

» Клетрака $z = 60 \text{ »}$

» Катерпиллера $z = 120 \text{ »}$

Сумма $t_n + t_v = 0,5$ часа.

Твердые расходы:

для Коммунара и Катерпиллера $W_{tb} = 120 \text{ руб./8 час.}$

» Клетрака $W_{tb} = 100 \text{ » »}$

Переменные расходы $W_{\text{пер.}} = 2 \text{ руб./км.}$

(По данным эксплуатации Северолеса, принимая переменные расходы в 20% от общих затрат).

Режим работы: две смены по 8 часов, в оставшиеся 8 часов производятся смена, заправка, ремонт.

Подставляя, имеем:

Для Коммунара:

$$m = \frac{120}{8,90} \left(\frac{2}{6,2} + \frac{0,5}{l} \right) + \frac{2}{90} = 0,075 + \frac{0,083}{l}$$

Для Катерпиллера:

$$m = \frac{120}{8,120} \left(\frac{2}{4,7} + \frac{0,5}{l} \right) + \frac{2}{120} = 0,070 + \frac{0,062}{l}$$

Для Клетрака:

$$m = \frac{120}{8,60} \left(\frac{2}{6,7} + \frac{0,5}{l} \right) + \frac{2}{60} = 0,097 + \frac{0,104}{l}$$

Стоимость перевозки 1 м³ для разных расстояний приведена в следующей таблице:

Расстояния км	5	10	15	20	25	
Трактор						
Коммунар	9,2	8,3	8,1	8,0	8,0	м ³ /км
Клетрак	11,7	10,7	10,4	10,2	10,1	»
Катерпиллер	8,2	7,6	7,4	7,3	7,2	»
Среднее	25,5	19	16,5	14,5	12,3	»

(по Гурвичу и Махнушкину).

Фактическая себестоимость, вследствие слабой работы, была значительно выше, составляя около 25-35 коп. за м³/км.

Эта таблица показывает, что имеются значительные резервы для снижения. Кроме того, увеличение расстояния возки почти не оказывает влияния на снижение себестоимости. Поэтому тракторная возка может быть выгодной и на малых расстояниях, например, на 5 км.

Средняя стоимость постройки и содержания составляет:

1250 — 1500 руб за км

($b = 1,25 - 1,5$ руб./м).

Предельные уклоны установлены в 1,5⁰/₀.

3. Лежневые дороги

Этот вид транспорта только в этом году получает значительное распространение.

Для примерного расчета возьмем лежневую дорогу системы Видирена, построенную в Березниках (трест Северолес).¹

Ширина колеи—880 мм.

Лежни прямоугольного сечения (180 × 200 мм).

Стоимость постройки дороги (общ. прот. 7 км) 5-6 тыс. руб. за км.

Мотовоз завода «Кр. Путиловец» мощность 20 НР.

Грузоподъемность—20 м³ (3 вагонетки).

Стоимость содержания—50 руб. за 8-час. смену.

Средняя скорость—7 км/час.

Вспомогательное время и простои—0,5 часа.

(Фактически, вследствие недостатка вагонеток, эта сумма составляла 5—5 час., что вызвало резкое увеличение себестоимости—0,29 коп. за м³).

Подставляя полученные величины в уравнение себестоимости, имеем:

$$m = \frac{50}{8 \cdot 20} \left(\frac{2}{4} + \frac{0,5}{l} \right) = 0,09 + \frac{0,16}{l}$$

¹ См. статью С. Иоффе — Звенья индустриализации в газете «Правда Севера», февраль 1931 г.

Составим таблицу себестоимости для различных расстояний во:

<i>l</i>	5	10	15	20	25	км
<i>m</i>	12	10,6	10,1	9,8	9,6	коп. за м ³ /км.

По данным Гурвича и Махнушкина, стоимость эксплуатации соста
20—32 коп. за м³/км.

4. Автолежневая дорога (американского типа)

Эта дорога подробно описана нами в другом месте.
Проведем расчет применительно к нашим условиям:
Для пятитонного грузовика с прицепом.

$$v_{\text{ср}} = 20 \text{ км/час}$$

$$Z = 13 \text{ м}^3.$$

Стоимость содержания $w = 50$ руб./8 час.
Сумма $t_n t_h = 0,5$ часа.

Подставляя в основное уравнение, получим

$$m = \frac{50}{8 \cdot 5} \left(\frac{2}{20} + \frac{0,5}{l} \right) = 0,04 + \frac{0,2}{l}$$

Для разных расстояний возки имеем:

<i>l</i>	5	10	15	20	25	км
<i>m</i>	8,6	5,3	5	4,8	4,8	коп. за м ³ /км.

Стоимость постройки 1 км дороги—5000 руб.

5. Однорельсовые подвесные дороги

Для сокращения приведем только итоговые данные (по книге Гурв
и Махнушкина).

Протяжение возки (км)	При годовой	вывозке	кубич.	метр
	50000	65000	80000	10000
—15	10,0	8,7	7,6	6,1
—20	9,5	8,2	7,3	6,1
—25	9,0	7,9	7,1	6,1

Стоимость постройки без подвижного состава—79 тыс. руб. за км.
» » с подвижным составом—10-14 тыс. »
предельные уклоны—1,5%

6. Узкоколейные железные дороги

По данным той же книги имеем:
Нагрузка не менее 3000 м³/км.
Стоимость эксплуатации:

Расстояние (км)	При перевозке	в год м ³
	50000	100000
15	13,5	6,8
20	12,4	6,5
25	11,9	6,2
30	11,6	6,2

Стоимость постройки с подвижным составом—20-30 тыс. руб. за 1
Предельные уклоны 1½%.

У. ПРИМЕР СРАВНИТЕЛЬНОГО РАСЧЕТА

Пользуясь нашим методом, сделаем примерный расчет для разных механизированных дорог и способов подтаскивания (подвозки). В этом расчете размер массива принят 10×12 км с общим запасом 2,4 млн. m^3 товарной древесины, т.е. с средним запасом $200 m^3/га$. Если ширина разрабатываемой полосы g составит 5 км. Протяжение трассы в пределах массива $r=12$ км. Повышая коэффициент концентрации f , мы уменьшим средний и общий запас. Так:

$$\text{при } f=1; \frac{A}{f} = Af = 200 m^3/га \quad B_1 = 2,4 \text{ млн. } m^3$$

$$f=2; m=0,5 \quad Af = 100 m^3/га \quad B_2 = 1,2 \text{ млн. } m^3$$

$$f=4 \quad Af = 50 m^3/га \quad B_4 = 0,60 \text{ млн. } m^3$$

Для анализа возьмем следующие виды механизированных дорог:

$$1. \text{ Лесовозная ж. д. } b=15 \quad m=0,06$$

$$n = 500\,000 \text{ } m^3/\text{год}$$

с выволакиванием:

$$a) \text{ лебедками (скиддерами) при } c=0,4 \quad l^{0,5} \dots \dots \dots (27),$$

$$b) \text{ тракторами на гидравлических тележках} \\ \text{при } c=0,045 \quad l + 0,17 \dots \dots \dots (23),$$

$$в) \text{ гужевая подвозка при } c=0,021 \quad l + 0,47 \dots \dots \dots (18),$$

$$2. \text{ Лежневая дорога } b=3 \quad m=0,10$$

$$h = 250\,000 \text{ } m^3/\text{год}$$

с выволакиванием: а) тракторами

б) гужевая подвозка.

$$3. \text{ Тракторная ледяная дорога } b=1,5, \quad m=0,11, \quad h=126\,000 \text{ } m^3/га$$

с выволакиванием: а) тракторами

б) гужевая подвозка.

$$4. \text{ Однорельсовая подвесная дорога } b=9, \quad m=0,06, \quad h=200\,000 \text{ } m^3/га$$

с выволакиванием: а) тракторами

б) гужевая подвозка.

$$5. \text{ Конно-ледяная дорога } b=0,5, \quad m=0,15, \quad h=50\,000 \text{ } m^3/га$$

а) гужевой подвозкой.

$$6. \text{ Автолежневая дорога (американского типа) } b=5, \quad m=0,05,$$

$$h = 200\,000 \text{ } m^3/га$$

с выволакиванием: а) тракторами

б) гужевая подвозка.

Для упрощения введем сокращенные обозначения, пользуясь номером дороги и литерой системы подтаскивания. Например, автолежневая дорога гужевой подвозкой получит обозначение ab и т. д.

Вследствие повышения коэффициента концентрации, установленный годовой отпуск дороги будет сильно понижаться (прямо пропорционально f). Поэтому для обеспечения программы мы должны будем вовлекать в эксплуатацию новые массивы, затрагивая дополнительные капиталовложения.

Эти дополнительные затраты при одинаковых условиях для новых мов выразятся величиной $a(f-1)$. Кроме того, из-за пропускной способности отдельных дорог нам придется для вывоза всего годового вы прокладывать несколько линий (i). Это число легко определить по деления годового отпуска на пропускную способность одной линии. В эти величины, применительно к нашему примеру, приведены в следующей таблице.

Тип дороги	Пропускная способность годовая	Срок амортиз.	Полная пропускная способн.	Принятая пропускная способность при $f = 1, 2$
1. Жел. дор.	500 000	5	2,5 млн.	2,4 ¹ (1 ²) 1,2 (0,6 (1))
2. Лежневые с мотовозами .	200 000	5	1 »	1,0 (2) 1,0 (1) 0,6 (1)
3. Тракторная ледяная . .	100 000	5	0,5 »	0,5 (5) 0,5 (2) 0,5 (1)
4. Однорельсовая	200 000	5	1,0 »	½ 1 (1) 0,6 (1)
5. Конно-ледяная	50 000	5	0,25 »	0,25 (10) 0,25 (10) 0,25 (10)
6. Автолежневая	200 000	5	1,0 »	1 (2) 1 (1) 0,6 (1)

Принимая $r_2 = 0$, общее уравнение себестоимости примет следующий вид:

при $f = 1$

$$X = \frac{30 b \cdot s}{200 l} + \frac{b \cdot i \cdot 12}{B_1} + C + m(2,5 + 6 + \frac{0,02 l^2}{5});$$

$$= \frac{0,15 b \cdot s}{l} + 12 \frac{b \cdot i}{B_1} + C + m(8,5 - 0,004 l^2)$$

при $f = 2$.

$$X = 0,3 \frac{b \cdot s}{l} + \frac{12 b \cdot i}{B_2} + C + (8,5 - 0,004 l^2)$$

при $f = 4$.

$$X = 0,6 \frac{b \cdot s}{l} + 12 \frac{b \cdot i}{B_4} + C + (8,5 - 0,004 l^2).$$

Для определения наиболее выгодного расстояния подвозки, вычислим коэффициенты $R = \frac{750 b \cdot g}{m A f}$ и $Q = \frac{25 d \cdot g}{m}$ для решения уравнения $l^3 - Q l^2 + R = 0$.

¹ Устанавливается в соответствии с распределением программы.

² В скобках указано количество путей для полной эксплуатации массива (l).

Кроме случая a_1 , который решаем по уравнению

$-Ql^{1,5} + R = 0$, где $Q = \frac{5g}{m}$, а R имеет ту же формул.

R			Q	l		
$f=1$	$f=2$	$f=4$		$f=1$	$f=2$	$f=4$
$\frac{750 \cdot 15,5}{0,06 \cdot 200}$			а) $\frac{5,5}{0,06} = 415$	5	8,5	14
4700	9400	18800	б) $\frac{125 \cdot 0,045}{0,06} = 100$	7,3	10	15
			в) $\frac{125 \cdot 0,021}{0,06} = 47$	11	18	(30)
$\frac{750 \cdot 3,5}{0,1 \times 250} = 1020$	2040		$\frac{125 \cdot 0,045}{0,1} = 56$	3,3	4,5	6,5
560	1020	2040	$\frac{125 \cdot 0,021}{0,1} = 26$	5	8	13
$\frac{3750 \cdot 1,5}{0,11 \times 200} = 500$	1000		$\frac{125 \cdot 0,045}{0,1} = 51$	2,2	3	5
= 250	500	1000	$\frac{125 \cdot 0,021}{0,11} = 24$	4	5,5	8
$\frac{375 \cdot 0,9}{0,06 \times 250} = 5600$	11200		$\frac{125 \cdot 0,045}{0,06} = 100$	5	8	11
= 2800	5600	11200	$\frac{125 \cdot 0,021}{0,06} = 47$	8	13	20
$\frac{3750 \cdot 0,5}{0,15 \times 200} = 62$	125	250	$\frac{125 \cdot 0,021}{0,15} = 17,5$	2	3	4
$\frac{3750 \cdot 5}{0,05 \times 200} = 3750$	7500		$\frac{125 \cdot 0,045}{0,05} = 112$	4	6	7,5
1875	= 3750	7500	$\frac{125 \cdot 0,021}{0,05} = 52$	6,5	9,5	14

При $f=1$

$$a_1 x = 0,15 \cdot 15 \left(\frac{1}{5} - 0,035 \right) + \frac{15000 \cdot 12}{24000000} + 0,4 \times 5 +$$

$$+ 0,06 \cdot (8,5 - 0,004 \times 5,2^2) = 0,37 + 0,08 + 0,90 + 0,50 = 1,85.$$

$$b_1 = 2,25 \left(\frac{1}{1,3} - 0,035 \right) + 0,08 + 0,045 \times 7,3 + 0,16 +$$

$$+ 0,06 \cdot (8,5 - 0,004 \times 7,3^2) = 2,25 = 0,18 + 0,03 + 0,38 + 0,16 + 0,50 = 1,30.$$

$$v_1 = 2,25 \left(\frac{1}{11} - 0,035 \right) + 0,08 + 0,021 \times 11 + 0,47 +$$

$$+ 0,06 \cdot (8,5 - 0,004 \times 11^2) = 0,12 + 0,08 + 0,23 + 0,47 + 0,47 = 1,37.$$

$$\begin{aligned}
a_2 &= 0,15,3 \left(\frac{1}{3,3} - 0,035 \right) + \frac{3000 \cdot 12^2}{2400000} + 0,045 \cdot 3,3 + 0,16 + \\
&+ 0,1 \cdot (8,5 - 0,004 \cdot 3,3^2) = 0,13 + 0,03 + 0,15 + 0,84 = 1,15. \\
\sigma_2 &= 0,153 \left(\frac{1}{5} - 0,035 \right) + 0,03 + 0,021 \times 5 + 0,47 + \\
&+ 0,1 (8,5 - 0,004 \cdot 5^2) = 0,07 + 0,03 + 0,11 + 0,47 + 0,83 = 1,54. \\
a_3 &= 0,5 \cdot 1,5 \left(\frac{1}{2,2} - 0,035 \right) + \frac{1500 \cdot 12,5}{2400000} + 0,045 \cdot 2,2 + 0,16 + \\
&+ 0,11 (8,5 - 0,004 \cdot 2,2) = 0,10 + 0,04 + 0,10 + 0,16 + 0,93 = 1,39. \\
\sigma_3 &= 0,15 \cdot 1,5 \left(\frac{1}{4} - 0,035 \right) + 0,20 + 0,021 \cdot 4 + 0,47 + \\
&+ 0,11 (8,5 - 0,004 \cdot 14^2) = 0,06 + 0,04 + 0,04 + 0,47 + 0,92 = 1,57. \\
a_4 &= 0,15 \cdot 9 \left(\frac{1}{5} - 0,035 \right) + \frac{9000 \cdot 12,2}{2400000} + 0,045 \cdot 5 + 0,16 + \\
&+ 0,06 (8,5 - 0,004 \cdot 5^2) = 0,22 + 0,09 + 0,23 + 0,16 + 0,50 = 1,20. \\
\sigma_4 &= 0,15 \cdot 9 \left(\frac{1}{8} - 0,035 \right) + 0,22 + 0,21 \cdot 8 + 0,47 + 0,06 (8,5 - 0,004 \cdot 8^2) = \\
&= 0,12 + 0,10 + 0,17 + 0,47 + 0,48 = 1,34. \\
a_5 &= 0,15 \cdot 0,5 \left(\frac{1}{2} - 0,035 \right) + \frac{500 \cdot 12,10}{2400000} + 0,021 \cdot 2 + 0,47 + \\
&+ 0,15 (8,5 - 0,004 \cdot 2^2) = 0,04 + 0,03 + 0,04 + 0,47 + 1,26 = 1,84. \\
a_6 &= 0,15 \cdot 5 \left(\frac{1}{4} - 0,035 \right) + \frac{500 \times 12,2}{2400000} + 0,045 \times 4 + 0,16 + \\
&+ 0,005 (8,5 - 0,004 \cdot 4^2) = 0,17 + 0,05 + 0,18 + 0,16 + 0,42 = 0,98. \\
\sigma_6 &= 0,15 \cdot 5 \left(\frac{1}{6,5} - 0,035 \right) + 0,05 + 0,021 \cdot 6,5 + 0,47 + \\
&+ 0,05 (8,5 - 0,004 \cdot 6,5^2) = 0,10 + 0,05 + 0,13 + 0,47 + 0,41 = 1,16.
\end{aligned}$$

При $f=2$

$$\begin{aligned}
X &= 0,3 b \left(\frac{1}{l} - 0,035 \right) + 12 \frac{b}{B_2} + C + m (8,5 - 0,004 l^2) \\
a_1 &= 0,8 \cdot 15 \left(\frac{1}{8,5} - 0,035 \right) + 12 \cdot \frac{150000}{1200000} + 0,4 (8,5 + \\
&+ 0,06 (8,5 - 0,004 \cdot 8,5^2)) = 0,37 + 0,15 + 1,16 + 0,50 = 2,18. \\
\sigma_1 &= 0,3 \cdot 15 \left(\frac{1}{10} - 0,035 \right) + 0,15 + 0,045 \cdot 10 + 0,16 + \\
&+ 0,06 (8,5 - 0,004 \cdot 10) = 0,29 + 0,15 + 0,45 + 0,16 + 0,48 = 1,53. \\
b_1 &= 4,5 \left(\frac{1}{18} - 0,035 \right) + 0,15 + 0,021 \cdot 18 + 0,47 + 0,06 (8,5 - 0,004 \cdot 18^2) = \\
&= 0,09 + 0,15 + 0,38 + 0,47 + 0,43 = 1,52.
\end{aligned}$$

$$a_2 = 0,3 \cdot 3 \left(\frac{1}{5,1} - 0,035 \right) + \frac{12 \cdot 3000}{1\,200\,000} + 0,045 \cdot 5,1 + 0,16 +$$

$$+ 0,1(8,5 - 0,004 \cdot 5) = 0,15 + 0,04 + 0,23 + 0,16 + 0,84 = 1,42.$$

$$s_2 = 0,9 \left(\frac{1}{8} - 0,035 \right) + 0,04 + 0,021 \cdot 8 + 0,47 + 0,1(8,5 - 0,004 \cdot 8^2) =$$

$$= 0,08 + 0,04 + 0,17 + 0,47 + 0,81 = 1,57.$$

$$a_3 = 0,3 \cdot 1,5 \left(\frac{1}{3} - 0,035 \right) \frac{12 \cdot 1500 \cdot 2}{1\,200\,000} + 0,045 \cdot 3 + 0,16 +$$

$$+ 0,11(8,5 - 0,004 \cdot 3^2) = 0,13 + 0,04 + 0,13 + 0,16 + 0,92 = 1,38.$$

$$s_3 = 0,45 \left(\frac{1}{5,5} - 0,035 \right) + 0,08 + 0,021 \cdot 5,5 + 0,47 +$$

$$+ 0,11(8,5 - 0,004 \cdot 5,5^2) = 0,06 + 0,04 + 0,12 + 0,47 \cdot f - 0,91 = 1,70.$$

$$a_4 = 0,3 \cdot 9 \left(\frac{1}{8} - 0,035 \right) + \frac{12 \cdot 9000}{1\,200\,000} + 0,045 \cdot 8 + 0,16 +$$

$$+ 0,06(8,5 - 0,004 \cdot 8^2) = 0,27 + 0,09 + 0,35 + 0,16 + 0,49 = 1,36.$$

$$s_4 = 2,7 \left(\frac{1}{13} - 0,035 \right) + 0,06 + 0,021 \cdot 13 + 0,47 + 0,06(8,5 - 0,004 \cdot 13^2) =$$

$$= 0,11 + 0,09 + 0,27 + 0,47 + 0,45 = 1,39.$$

$$a_5 = 0,3 \cdot 0,5 \left(\frac{1}{3} - 0,035 \right) + \frac{12 \cdot 500 \cdot 5}{1\,200\,000} + 0,021 + 0,47 +$$

$$+ 0,15(8,5 - 0,004 \cdot 13^2) = 0,04 + 0,03 + 0,06 + 0,47 + 1,26 = 1,86.$$

$$a_6 = 0,3 \cdot 5 \left(\frac{1}{6} - 0,035 \right) + \frac{12 \cdot 5000}{1\,200\,000} + 0,045 \cdot 6 + 0,16 +$$

$$+ 0,05(8,5 - 0,004 \cdot 6^2) = 0,21 + 0,05 + 0,27 + 0,18 + 0,41 = 1,12.$$

$$s_6 = 1,5 \left(\frac{1}{9,5} - 0,035 \right) + 0,05 + 0,021 \cdot 9,5 + 0,47 +$$

$$+ 0,05(8,5 - 0,004 \cdot 9,5^2) = 0,11 + 0,05 + 0,20 + 0,47 + 0,40 = 1,23.$$

При $f = 4$

$$v = 0,6b \left(\frac{1}{f} - 0,035 \right) + \frac{12 \cdot b}{13} + C + m(8,5 - 0,004b^2)$$

$$a_1 = 0,6 \cdot 15 \left(\frac{1}{14} - 0,035 \right) + \frac{12 \cdot 15\,000}{600\,000} + 0,4 \cdot 14 +$$

$$+ 0,06 \left(b + \frac{5 - 0,14 \cdot 14^2}{5} \right) = 0,31 + 0,30 + 1,50 + 0,42 = 2,53.$$

$$\sigma_1 = 9 \left(\frac{1}{1} - 0,035 \right) + 0,30 + 0,045 \cdot 15 + 0,16 + 0,06 (8,5 - 0,004 \cdot 15^2) =$$

$$= 0,28 + 0,30 + 0,17 + 0,045 \cdot 15 + 0,16 + 0,06 (8,5 - 0,004 \cdot 15^2).$$

$$b_1 = 0,30 + 0,30 + 0,021 \cdot 30 + 0,47 + 0,06 \cdot 6 = 0,30 + 0,63 + 0,47 +$$

$$+ 0,36 = 1,76.$$

$$a_2 = 0,6 \cdot 3 \left(\frac{1}{6,5} - 0,035 \right) + \frac{12 \cdot 3000}{600\,000} + 0,045 \cdot 6,5 + 0,16 +$$

$$+ 0,10 (8,5 - 0,004 \cdot 6,5^2).$$

$$a_2 = 0,21 + 0,06 + 0,29 + 0,16 + 0,84 = 1,56.$$

$$\sigma_2 = 1,8 \left(\frac{1}{13} - 0,035 \right) + 0,06 + 0,021 : 13 + 0,47 +$$

$$+ 0,10 \left[6 + \left(\frac{4 - 0,14 \cdot 13^2}{5} \right) \right] = 0,08 + 0,06 + 0,27 + 0,47 + 0,72 = 1,62$$

$$a_3 = 0,60 \cdot 1,5 \left(\frac{1}{5} - 0,035 \right) + \frac{12 \cdot 1500}{600\,000} + 0,045 \cdot 5 + 0,16 +$$

$$+ 0,11 (8,5 - 0,004 \cdot 5^2) = 0,15 + 0,04 + 0,23 + 0,16 + 0,92 = 1,49 +$$

$$+ 0,61 = 2,21.$$

$$\sigma_3 = 0,9 \left(\frac{1}{8} - 0,035 \right) + 10,04 + 0,021 \cdot 8 + 0,47 + 0,11 (8,5 - 0,004 \cdot 8^2) =$$

$$= 0,08 + 0,04 + 0,17 + 0,47 + 0,90 = 1,66.$$

$$a_4 = 0,6 \cdot 9 \left(\frac{1}{11} - 0,035 \right) + \frac{12 \cdot 9000}{600\,000} + 0,045 \cdot 11 + 0,18 +$$

$$+ 0,06 (8,5 - 0,004 \cdot 11^2) = 0,30 + 0,18 + 0,50 + 0,000 + 0,47 =$$

$$= 1,61 + 1,62 = 3,82.$$

$$\sigma_4 = 5,4 \left(\frac{1}{20} - 0,035 \right) + 0,18 + 0,021 \cdot 20 + 0,47 +$$

$$+ 0,06 \left[6 + \left(\frac{5 - 0,14 \cdot 20^2}{5} \right) \right] = 0,03 + 0,18 + 0,42 + 0,47 + 0,39 = 1,49$$

$$a_5 = 0,6 \cdot 0,5 \left(\frac{1}{4} - 0,035 \right) + \frac{12 \cdot 500 \cdot 2}{600\,000} + 0,021 \cdot 4 + 0,47 +$$

$$+ 0,15 (8,5 - 0,004 \cdot 4^2) = 0,06 + 0,03 + 0,08 + 0,47 + 1,25 = 1,87.$$

$$a_6 = 0,6 \cdot 5 \left(\frac{1}{7,5} - 0,035 \right) + \frac{12 \cdot 5000}{600\,000} + 0,045 \times 7,5 +$$

$$+ 0,05 (8,5 - 0,004 \cdot 7,5^2) = 0,29 + 0,10 + 0,34 + 0,16 + 0,40 = 1,29.$$

$$\sigma_6 = 3 \left(\frac{1}{14} - 0,035 \right) + 0,10 + 0,021 \cdot 14 + 0,47 + 0,05 (8,5 - 0,004 \cdot 14^2) =$$

$$= 0,11 + 0,10 + 0,29 + 0,47 + 0,36 = 1,33.$$

Результаты вычислений по стоимости вывозки с подтаскиванием и раз-
меры амортизации затрат на один кубокилометр сведены в таблицу № 7.

ТАБЛИЦА № 7

	Стоимость вывоза и под- таскивания при $f =$			Размер амортизацион- ных затрат на $M^3/км$ при $f =$		
	1	2	4	1	2	4
a_1	1,85	2,18	2,53	0,45	0,52	0,61
b_1	1,30	1,53	1,90	0,26	0,44	0,58
v_1	1,37	1,52	1,76	0,20	0,24	0,30
a_2	1,15	1,42	1,56	0,16	0,19	0,27
b_2	1,54	1,57	1,62	0,10	0,12	0,14
a_3	1,33	1,38	1,49	0,14	0,17	0,19
b_3	1,57	1,60	1,66	0,10	0,10	0,12
a_4	1,20	1,36	1,61	0,31	0,36	0,48
b_4	1,34	1,39	1,49	0,22	0,20	0,21
a_5	1,84	1,86	1,87	0,07	0,07	1,09
a_6	0,98	1,12	1,29	0,22	0,26	0,39
b_6	1,16	1,23	1,33	0,15	0,16	0,21

VI. ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ ОТ МАССИВА ДО МАГИСТРАЛИ

Как мы установили в основной формуле, это расстояние оказывает влияние в отношении удорожания себестоимости по двум элементам:

- 1) по затратам на сооружение дороги, падающим на $1 м^3$, и
- 2) дополнительным расходам на перевозку.

В общей сложности эти расходы выразятся по следующей формуле

$$180) \text{ величиной } M = \frac{b \cdot i r_2}{B} + m; r_2 = \left(\frac{b \cdot i}{B} + m \right) \dots (36).$$

В зависимости от коэффициента концентрации величина B будет, как мы выше видели, меняться. Произведем сравнительный расчет для $f=1$ и $f=4$, приняв для r_2 величины 5, 10, 15, 20, 30 и 50 км.

Значение M для разных типов дорог тогда выразится следующими уравнениями:

1. Лесовозная ж. д.
 $b = 15 m = 0,06$

$$\text{при } f=1 \quad M = r_2 \left(\frac{15}{2400} + 0,06 \right) = 0,66 r_2$$

$$\text{при } f=4 \quad r_2 \left(\frac{15}{600} + 0,06 \right) = 0,85 r_2$$

2. Лежневая дорога
 $b = 3 m = 0,10$

$$\text{при } f=1 \quad M = r_2 \left(\frac{3 \cdot 2}{240} + 0,10 \right) = 0,104 r_2$$

$$\text{при } f=4 \quad r_2 \left(\frac{3}{600} + 0,10 \right) = 0,105 r_2$$

3. Тракторная ледяная
 $b = 1,5 m = 0,11$

при $f = 1$
 $M = r_2 \left(\frac{3 \cdot 5 \cdot 5}{2400} + 0,11 \right) = 0,114 r_2$

при $f = 4$
 $r_2 \left(\frac{1 \cdot 5}{500} + 0,11 \right) = 0,114 r_2$

4. Подвесная однорельсовая
 $b = 9 m = 0,06$

при $f = 1$
 $M = r_2 \left(\frac{9 \cdot 2}{2400} + 0,06 \right) = 0,068 r_2$

при $f = 4$
 $r_2 \left(\frac{9}{6000} + 0,06 \right) = 0,75 r_2$

5. Конно-ледяная
 $b = 0,5 m = 0,15$

при $f = 1$
 $M = r_2 \left(\frac{0,5 \cdot 10}{2400} + 0,15 \right) = 0,152 r_2$

при $f = 4$
 $r_2 \left(\frac{0,5 \cdot 2}{600} + 0,15 \right) = 0,152 r_2$

6. Автолежневая
 $b = 5 m = 0,05$

при $f = 1$
 $M = r_2 \left(\frac{5 \cdot 2}{2400} + 0,05 \right) = 0,054 r_2$

при $f = 4$
 $r_2 \left(\frac{5 \cdot 4}{600} + 0,05 \right) = 0,058 r_2$

Расчеты для различных значений r_2 сведем в таблицу:

ТАБЛИЦА № 8

Тип дороги	Уравнение		$l = 5$		10		15		20		30		50	
	$f = 1$	$f = 4$	$f = 1$	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
1	$0,066 r_2$	$0,085 r_2$	0,33	0,43	0,66	0,85	0,99	1,28	1,32	1,70	1,98	2,55	3,30	4,30
2	$0,104 r_2$	$0,105 r_2$	0,52	0,53	1,04	1,05	1,56	1,58	2,08	2,10	3,10	3,15	5,20	5,30
3	$0,114 r_2$	$0,114 r_2$	0,57	0,57	1,14	1,14	1,70	1,70	2,26	2,26	3,40	3,40	5,70	5,70
4	$0,068 r_2$	$0,075 r_2$	0,34	0,38	0,68	0,75	1,04	1,13	1,36	1,50	2,08	2,25	3,50	3,75
5	$0,152 r_2$	$0,152 r_2$	0,76	0,76	1,52	1,52	2,28	2,28	3,04	3,04	4,56	4,56	7,60	7,60
6	$0,054 r_2$	$0,058 r_2$	0,27	0,29	0,54	0,58	0,82	0,87	1,08	1,16	1,62	1,74	2,70	2,90

Следует заметить, что, при увеличении расстояний, себестоимость перевозки 1 кубокилометра изменяется не в прямой пропорции, так как удельный вес твердых расходов уменьшается.

Для этой цели необходим более тщательный анализ.

Рассмотрение таблицы показывает значительные преимущества лежневых автодорог, подвесных и железных дорог. Значение последних (при широкой колее) увеличивается при примыкании к железнодорожным магистралям. Наоборот, при вывозке сплавными путями или непосредственно к заводам большие преимущества имеют автолежневые и подвесные дороги, которые дают минимальную себестоимость по вывозке в пределах массива. Увеличение коэффициента концентрации очень резко отражается (до 50%) на дорогах дорогих (ж. д., однорельсовые и автолежневые).

Например, при расстоянии вывозки в 10 км (а с передвижением по массиву \sim 20 км) у нас, обычно, при таком запасе заготавливаемой древесины, строят тракторную ледяную дорогу с продолжительностью эксплуатации 4 - 5 лет.

При коэффициенте концентрации $f=4$ (по правилам лесоустройства) себестоимость составляла бы (с гужевой подвозкой) $1,66 + 1,14 = 2,80$. В то же время стоимость вывозки по подвесной дороге обошлась бы в $1,49 + 0,75 = 2,24$ или на 20% дешевле, а по автолежневой дороге — $1,33 + 0,58 = 1,91$, т.-е. с удешевлением на 32%. Для железной дороги имеем $1,76 + 0,85 = 2,61$.

При коэффициенте концентрации, равном единице, себестоимость выразилась бы в следующих величинах:

Для тракторной ледяной дороги	1,57 + 1,14 = 2,71 (97%)
» подвесной дороги	1,84 + 0,68 = 2,52 (90%)
» автолежневой	1,16 + 0,54 = 1,70 (88%)
» железнодорожной	1,42 + 0,66 = 2,08 (80%)

Таким образом, выполнение лесоустроительных норм вызывает удорожание себестоимости от 13 до 20%.

В 1931 году, по постановлению СТО, намечено построить 4000 км однорельсовых дорог, что, при существующей системе отвода лесосек, во многих случаях (к счастью, только на бумаге) может вызвать значительные перерасходы.

VII. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ¹ И РАСХОДА МЕТАЛЛА ПО ИСЧИСЛЕНИЮ НА 1 м³ ВЫВЕЗЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Выявление этого вопроса играет немаловажную роль в индустриализации лесной промышленности, так как выполнение пятилетки по ударным направлениям (уголь, металл, тракторостроение, химия) требует от лесной промышленности экономии капиталовложений и металлов.

Для определения этих величин мы должны установить затраты на постройку дороги, по исчислению на 1 м³ вывезенной древесины, а также долю капиталовложений в эксплуатационных расходах (на подвижной состав).

Затраты на дорогу складываются из двух величин: а) в пределах лесного массива и б) на участок от магистрали до массива. В общей сложности эти расходы могут быть исчислены по (6) формуле:

$$a = \frac{30 \cdot b}{Af} \left(\frac{1}{l} - \frac{0,14}{9} \right) + \frac{b \cdot i}{H} \cdot (r_1 + r_2)$$

При определении размера капиталовложений следует принять во внимание обеспечение годовой программы. При увеличении коэффициента концентрации, как мы видели, прямо пропорционально уменьшается общий объем заготавливаемой древесины. Таким образом, для обеспечения годовой программы мы должны уменьшить срок работы дороги, что является невозможным, так как приведет к увеличению амортизационных отчислений на жилстроительство (поселки). Другой путь может заключаться в освоении нового массива, что потребует громадных капиталовложений. Наконец, в первом случае сокращение срока амортизации вызовет необходимость постройки новых дорог, что вызовет увеличение потребности в рабсиле.

Так, в нашем примере при $f=1$ в сроке амортизации в 5 лет мы могли бы ежегодно заготавливать $\frac{2,4}{5} = 0,5$ млн. m^3

При увеличении коэффициента концентрации до $f=4$ и том же сроке эксплуатации, наша заготовка выразилась бы всего 0,125 млн. m^3 . Для обеспечения программы мы будем вынуждены уменьшить срок амортизации до 1,25 года или приступить немедленно к освоению другого массива т.-е. увеличить в 4 раза размер единовременных капиталовложений. В нашем примере $r_2=10$, $B_1=2,4$ млн. m^3 и $B_4=0,6$ млн. m^3 . Тогда для тракторной ледяной дороги, при гужевой подвозке,

$$a_1 = 0,10 + \frac{1\,400 \cdot 5}{2\,400\,000} \times 10 = 0,13 \text{ (100\%);}$$

$$a_4 = 0,12 + \frac{1\,500 \cdot 1}{600\,000} \cdot 10 = 0,15 \text{ (115\%).}$$

Для однорельсовой дороги (при подтаскивании тракторами):

$$a_1 = \frac{0,31 + 9\,000 \cdot 2 \cdot 10}{2\,400\,000} = 0,39 \text{ (100\%);}$$

$$a_4 = \frac{0,48 + 9\,000 \cdot 10}{600\,000} = 0,63 \text{ (162\%).}$$

Для автолежневой дороги (при подтаскивании тракторами):

$$A_1 = \frac{0,22 + 5\,000 \cdot 2 \cdot 10}{2\,400\,000} = 0,26 \text{ (100\%);}$$

$$a_4 = 0,39 + \frac{5\,000 \cdot 10}{600\,000} = 0,47 \text{ (180\%).}$$

Влияние коэффициента концентрации весьма существенно, составляя в среднем от 15 до 80% увеличения капиталовложений на дороги, по исчислению на 1 m^3 .

Для определения затрат на подвижной состав для тракторных ледяных дорог, по исчислению на один вывезенный m^3/km , необходимо установить срок работы в году, восстановительную стоимость и производительность в кубометрах на единицу времени. ¹

¹ Исходя из норм СТО (пост. от 26 января 1931 года) 4000 m^3/km на 1 тяговую силу за сезон в 2000 часов.

Определив общий грузооборот (S) за год в $м^3/км$, имеем

$$S = B \left(r_2 + 0,5 r_1 + \frac{g}{2} - \frac{0,02 l_2}{g} \right)$$

(последний член, как не имеющий большого значения, можно отбросить). Обозначив через T число часов работы в год, через V — производительность поезда в $м^3/км$ и F — стоимость поезда (тяговой механизм и подвижной состав с запасными единицами), для капиталовложений L на подвижной состав получим следующее уравнение:

$$L = \frac{S \cdot F}{P \cdot T}$$

При увеличении коэффициента концентрации, как мы видели выше, для обеспечения годовой программы нам придется вовлекать в эксплуатацию дополнительные массивы, что приведет к повышению затрат на постройки, не говоря уже о распылении механизации (это распыление явилось одной из причин прорывов).

Для тракторной дороги, работающей на Катерпиллерах,
 $T = 2000 \cdot 40 l_2$, $P = 2 \times 50 = 100 м^3/км$; $F = 12000 + 15300 = 24000$ руб.
 (по нормам Трансстроя).

При гужевой подвозке в нашем примере

$$S = 425\,000 (6 + 10 + 2,5) = 7\,850\,000 м^3/км.$$

$$\text{Тогда } Z = \frac{850\,000 \cdot 24\,000}{100 \cdot 2\,000} = 940\,000 \text{ руб.}$$

или 2 р. 20 к. на 1 $м^3$.

Аналогичным методом ведем расчет для однорельсовой дороги.

$$T = 24 \times 300 = 7\,200 \quad P = 90 м^3/км = 15\,000 + 15 \times 750 = 26\,250.$$

$$L = \frac{7\,850\,000 \cdot 26\,500}{90 \cdot 7\,200} = 330\,000 \text{ руб.}$$

или на 1 $м^3$ 0,78 руб.

Для автотранспорта по американским данным имеем:

$$T = 7\,200 \quad P = 107 м^3/км. \quad F = 13\,400.$$

$$L = \frac{7\,850\,000 \cdot 13\,400}{7\,200 \cdot 107} = 136\,500 \text{ руб.}$$

или на 1 $м^3$ 0,32 руб.

Общие затраты (на дорогу и подвижной состав) сведем в следующую таблицу:

Тип дороги	Затраты на до- рогу при $f =$		Затраты на подвиж- ной состав	Общие затраты по исчисле- нию на 1 $м^3$ при $f =$	
	1	4		1	4
1. Ледяная дорога с тракт. тягой	0,13	0,15	2,20	2,33 (100%)	2,35 (101%)
2. Подвесная до- рога	0,39	0,63	0,78	1,17 (100%)	1,41 (121%)
3. Автолежневая дорога	0,26	0,47	0,32	0,58 (109%)	0,79 (136%)

Таблица показывает, что лесоустроительные нормы вызывают увеличение капитальных затрат от 1 до 36%.

Следующая задача заключается в определении расхода металла. Для тракторных ледяных дорог эти затраты, в основном, сводятся к наибольшим величинам (оковка саней). Еще более ничтожен расход металла для автолежневых дорог. Наоборот, постройка подвесных дорог требует рельсов (около 14,7 м на 1 км), скреплений (около 8% от веса рельсов).

Для определения расхода металла мы должны знать общее протяжение нашей транспортной сети (впрочем, мы можем воспользоваться формулой (6)

$$a_{\text{мет.}} = b \cdot \frac{30}{A \cdot f} \left[\frac{1}{l} - \frac{0,14}{g} + \frac{(r_1 + r_2) l}{B} \right]$$

поставив вместо b расход металла на 1 км). Однако, определение общего протяжения сети имеет значение и в других направлениях.

Для определения общего протяжения путей (W), необходимых для освоения массива с запасом (B), нам достаточно эту формулу помножить на B и разделить на b .

В нашем примере имеем для:

1) тракторной ледяной дороги

$$w_1 = \frac{A_1 \cdot B_1}{1500} = \frac{0,13 \cdot 2\,400\,000}{1500} = 208 \text{ км,}$$

$$w_4 = \frac{0,15 \cdot 600\,000}{1500} = 60 \text{ км,}$$

2) однорельсовой дороги

$$w_1 = \frac{0,39 \cdot 2\,400\,000}{3000} = 104 \text{ км,}$$

$$w_4 = \frac{0,63 \cdot 600\,000}{9000} = 42 \text{ км,}$$

3) автолежневой дороги

$$w_1 = \frac{0,26 \cdot 2\,400\,000}{5000} = 125 \text{ км,}$$

$$w_4 = \frac{0,47 \cdot 600\,000}{5000} = 57 \text{ км.}$$

По удельному расходу металла и протяжению сети не трудно определить общий расход. Следует, однако, учесть, что в эксплуатацию будет входить не вся сеть, а только часть, необходимая для освоения годового задания, т.-е. r_2 , часть r_1 и подъездных путей. Таким образом, расход металла, а также капиталовложений в обоих случаях можно считать одинаковым. Увеличение коэффициента концентрации, в основном, отражается на значительном удорожании себестоимости (за счет амортизационных отчислений и транспортных расходов).

На протяжение сети серьезное влияние может оказать рельеф местности. Следует заметить, что рельеф местности особенно отражается на таких дорогах, которые допускают небольшие предельные подъемы, в частности—тракторные ледяные дороги (1—1,5%).

Существенное значение в этом расчете играет вопрос о возможности летней подвозки, при применении подвесных и автолежневых дорог. При болотистой почве, при отсутствии канатных установок, подвозку придется производить в зимнее время в верхнем катище, с накоплением достаточного запаса для бесперебойной работы дорог круглый год. Во избежание порчи деловой древесины, последнюю следует вывозить в зимнее время, а дровяную—летом. В том случае, когда вывозка производится непосредственно к заводам или по линии железной дороги, возить можно все сортаменты круглый год.

VIII. КРАТКИЙ ОБЗОР ДРУГИХ РАБОТ ПО АНАЛИТИЧЕСКИМ РАСЧЕТАМ

Несмотря на колоссальное значение аналитического расчета для составления планов эксплуатации, литература по этому вопросу весьма бедна.

Первую попытку сделал проф. Калифорнийского университета (САСШ) Крюгер, который в своей брошюре о тракторной подвозке (вывоза по земле и на гидравлических тележках) разбирает вопрос о наивыгоднейшем расстоянии вывоза применительно к американским условиям (лесовозные ж. д. с карданными паровозами). Однако, эта, в общем весьма ценная, работа страдает в части аналитического расчета значительными недостатками. Так, стоимости вывозки по железной дороге Крюгер не учитывает; зависимость между расстояниями вывоза и стоимостью постройки единицы дороги при разных запасах насаждения определяется по Крюгеру эмпирическим путем. Кроме того, Крюгер не учитывает возможности двухстороннего подтаскивания. Для американских условий, с пересеченным рельефом, это является необходимым, в то время как для наших условий, с различным рельефом, можно применять двухстороннее подтаскивание. Подробный разбор работы Крюгера сделаны нами в другом месте.

У нас этими вопросами занимались ижевская и котласская экспедиции Института древесины (ныне ВНИЛИ). Руководитель этих работ инж. Невесский опубликовал в 1930 году методику этих исследований под названием «Новые методы составления планов эксплуатации».¹

Внимательное рассмотрение этой книги приводит к убеждению, что оставленные автором задачи не выполнены и даже несколько запутаны.

Основной порок заключается в сохранении старых методов лесостроительства. Весьма характерен в этом отношении отзыв об этой книге проф. М. М. Орлова.²

Проф. Орлов, являющийся, как известно, оплотом старых течений лесостроительстве, которые ни в коей мере не обеспечивают задач индустриализации лесной промышленности, дает следующую характеристику работы Невесского (приводим конспективное изложение). Так, по заключению Орлова, предлагаемая Невесским система лесостроительства отличается от старой только терминологией. Сектор соответствует урочищу, зарталу, эксплуатационному участку, в пределах которого производится сплошная рубка по очередованию по клеткам в шахматном порядке соединении с выборочной рубкой.

Содержание лесостроительства также остается без изменений. Организация лесостроительства непрактична. Наконец, одновременное проведение

¹ Гостехиздат, Москва, 1930 г.

² «Лесное хозяйство и лесная промышленность», 1930 г., № 9/10, стр. 14.

лесоустройства и плана механизации не доказано. Ижевская экспедиция пользовалась для своей работы лесоустроительным отчетом, составленным в 1915 году. В заключение Орлов, в основном, признает новую методологию, но требует технической экспертизы.

Действительно, пример отвода лесосек в первом секторе (см. черт. 1) показывает, что Невесским принят коэффициент концентрации, равный двум, что, как мы установили выше, вызывает значительное удорожание себестоимости. Известное оправдание для применения выборочной рубки заключается в повышенных требованиях на пиловочник (50% вместо 30%, которые получаются при сплошной рубке). Однако, развитие целлюлозно-бумажной промышленности, облагораживание лесозэкспортной продукции в ближайшие 2-3-4 года уменьшат удельный вес пиловочника в общей массе заготавливаемой древесины.

По методу Невесского массив разбивается на секторы, в которых заготовка и вывозка проводятся в течение одного года, а затем вся механизированная дорога переносится в следующий годовой сектор. Очевидно, что по такой системе неизбежно значительное удорожание себестоимости. Следует заметить, что этот секторальный метод может найти оправдание только с точки зрения лесоводов старой школы. На практике, в частности — в Северном крае, эти лесоустроительные правила почти не соблюдаются, и в радиусе механизированных дорог вырубается все тяготеющие леса.

В отношении аналитического расчета, который при неверной исходной точке вообще не имеет значения, также допущены серьезные дефекты.

Прежде всего, Невесский принимает в пределах массива берет половинное расстояние. Это объясняется, по видимому, просмотром.

В своем расчете Невесский принимает две системы подтаскивания (подвозки) — гужевую и лебедками. В первом случае берется эмпирическая прямая с двумя перегибами, при чем совершенно не учтены как закономерность изменения стоимости подвозки, так и относительное значение абсолютных цифр (влияние рационализации при организации сквозных бригад и т. д.).

Еще более спорный характер имеет «лестница» с пятью перегибами, характеризующая изменение стоимости подтаскивания американскими лебедками. В результате расчет получается весьма громоздким и мало показательным. Способ построения «лестницы» Невесским не показан, что лишает нас возможности разобрать вопрос более глубоко. Однако, нанесение этой «лестницы» на логарифмическую бумагу дало нам возможность вывести формулу себестоимости: $c = 0,12 l + 0,725$, при чем точность отдельных значений получается порядка 3-4%.

Равным образом при гужевой подвозке, путем незначительного выпрямления графика, мы установили формулу следующего вида:

$$c = 0,017 l + 0,62.$$

Точность в данном случае также составляет около 3-4%.

Пользуясь этими формулами, при нашем методе, мы легко можем произвести все необходимые расчеты. Упрощение получается весьма значительное. Расчеты для сокращения не приводим, ограничимся только итоговыми сравнительными данными, как это показано в следующей таблице:

Тип дороги			По Невес-скому	Наш метод	По Невес-скому	Тоже (но исчислено по нашему методу)	Наш метод
1	2	3	4	5	6	7	8
Конно-ледяная дорога	0,7	0,15	0,50	0,23	0,90	0,98	0,90
Тракторная дорога	2	0,10	0,59	0,66	0,87	0,91	0,82
Уравновеш.	3	0,06	0,72	0,90	0,81	0,83	0,79
Ж. д. америк. типа	4	0,035	0,84	1,40	0,79	0,82	0,72
Ж. д. более тяжелого типа	6	0,02	1,04	1,33	0,88	0,89	0,73

В этой таблице значения b и m взяты из книги Невесского.

Применение формул вместо «лестниц» почти не изменило значений минимальной себестоимости (графы 6 и 7).

Однако, при исправлении среднего расстояния (0,6 от максимального пролета) картина изменяется в отношении расстояния между механизированными ветками (графа 5) и минимальной себестоимости (графа 8).

Следует также заметить, что в отношении самих показателей возникают значительные сомнения. Вообще, эти показатели являются преуменьшенными и совершенно необоснованными. Кроме того, в анализе Невесского отсутствуют такие основные типы механизированных дорог, как лежневые и подвесные, которые, по директивам СТО, строят наши лесные тресты.

Наибольшая путаница у Невесского имеется в вопросе о количестве годовых секторов. Так, при площади массива в 700 тыс. га, с запасом спелых насаждений 250 м³ на га, общий запас в массиве составит около 17,5 млн. м³. Принятая Невесским система лесоустройства, как мы видели, допускает рубку около 50% запаса (25% сплошной и 25% выборочной). Легко установить, что предельное количество секторов при

такой системе составит $20 = \frac{17,5}{2 \cdot 0,4}$. Уже при 40 секторах мы будем

иметь сплошную рубку без всяких ограничений, а при 50 (есть и такая цифра в анализе Невесского) нам нехватит всего запаса на секторе. Поэтому снижение себестоимости, которое получается у Невесского при увеличении количества секторов, со всей очевидностью подтверждает правильность наших выводов. Всякое уменьшение коэффициента концентрации (но, конечно, не меньше единицы, как у Невесского при 40 больше годовых секторах) вызывает снижение себестоимости.

Наконец, в рассматриваемом Невесским случае, по ижевской экспедиции годовая заготовка в 400 тыс. м³ не может быть перевезена всеми видами транспорта при наличии одной линии.

Для конно-ледяных и тракторных дорог пришлось бы строить по несколько линий, что вызвало бы дополнительные расходы. Равным образом, не каждая механизированная дорога может быть обслужена для оттаскивания американскими лебедками.

Большое внимание Невеским уделено вопросу трассирования механизированных дорог. Невеский предлагает направлять грузовой поток по направлению естественных водосливов. В отношении ледяных и железных дорог обычного типа это имеет известное оправдание, в силу чувствительности этих дорог к тяжелым подъемам. В то же время американская лесозаготовительная практика, как мы видели, пошла по линии применения паровозов специального типа, которые допускают 6-8-12% подъемы. По расчетам Невеского, наиболее выгодным типом как-раз и являются американские лесовозные железные дороги. В этом случае, следуя естественным водосливам, мы бы не использовали преимуществ дорог этого типа и в то же время увеличили бы затраты и эксплуатационные расходы благодаря удлинению протяжения сети механизированных дорог.

Мы уделили много места методологии Невеского по той причине, что она принята за основу в работах котласской экспедиции по составлению плана эксплуатации этого важного массива, где предположено сосредоточить механизацию на ближайшие годы. Наш анализ со всей очевидностью показывает необходимость коренного пересмотра методологии котласской экспедиции.

За последнее время вопросами сравнительной рентабельности различных лесовозных дорог занялся НК РКИ.

Предварительная схема этой работы показывает, что задачи приняты слишком узкие. Так, механизированная дорога, как правило, должна быть соединена со сплавом. Для подвозки должна применяться исключительно гужевая тяга. Одновременно к выявлению намечены и весьма ценные вопросы, как, например, определение размера капиталовложений и затрат металла на вывезенный кубометр, составление укрупненных показателей для проектирования и т. д. Однако, работа является незавершенной, что, конечно, не дает возможности произвести окончательный анализ.

ПРИЛОЖЕНИЯ

I. Метод построения номограмм

Как мы указывали выше, удовлетворительного аналитического метода решения уравнений высших степеней не существует. Поэтому чрезвычайно ценным является метод, описанный проф. Swett в его книге «Construction of Alignment Chart», N-Y. 1928. Подробной теории мы не приводим, ограничимся основными правилами построения. Для примера возьмем уравнение типа $l^3 - Ql^2 + R = 0$; это уравнение приводится к типу—

$$x + yz^n = z^{n_1}, \text{ где } x = R, y = Q, z = l, n = 2, n_1 = 3.$$

Прежде всего определяем модули для коэффициентов Q и R . Имеем

$$R = \frac{750 \cdot b \cdot g}{m A \cdot f}, \text{ максимальное значение } Q \text{ получим при } b = 15 \text{ (узкоко-$$

лейные ж. д.), $g = 6$ (крупный массив); $m = 0,05$ (наименьшая стоимость перевозки $1 \text{ м}^3/\text{км}$ и $A = 75 \text{ м}^3/\text{га}$ (плохое насаждение). Подставляя,

$$\text{получаем } R = \frac{750 \cdot 25 \cdot 60}{0,05 \cdot 75} = 15\,000.$$

Аналогично для Q имеем $= \frac{25 \cdot d \cdot g}{m} d = 0,01 \text{ руб. м}^3 \times 100 \text{ м}$ (гуже-

вая подвозка). Подставляя $Q = \frac{25 \cdot 0,01 \cdot 5}{0,05} = 100$

Приняв длину шкалы $R = 150$ и $Q = 100 \text{ мм}$

$$M_r = 0,01 \text{ мм}, M_a = \frac{100}{100} = 1 \text{ мм}.$$

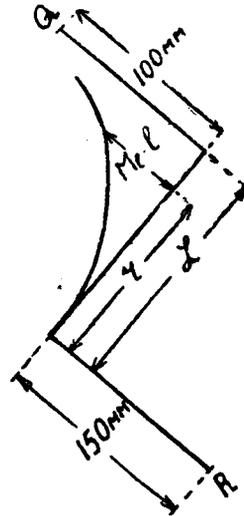
Общий вид номограммы представлен на следующей фигуре.

Для построения кривой, пересечение с которой даст нам искомый корень уравнения, мы должны определить абсциссу и ординату каждого значения. Для исчисления этих координат (абсцисса $= r$, и ордината $= M \cdot l$) проф. Swett выведены следующие две формулы:

$$Mz - C = \frac{Mx \cdot My \cdot C^{n_1}}{Mx \cdot C + My}$$

$$r = \frac{W - C^n - M \times L}{CM + M}, \text{ где } L \text{ — расстояние между шпалами.}$$

$x = R$ и $y = Q$ (в нашем случае $L = 100 \text{ мм}$).



Подставляя принятые значения, получаем:

$$M b \cdot l = \frac{0,01 \cdot 1 l}{0,01 l^2 + 1} = \frac{l^3}{l^2 + 100}$$

$$r = \frac{l^3 \cdot 0,01 \cdot 100}{b^2 \cdot 0,01 + 1} = \frac{100 l^3}{l^2 + 100}$$

Вычисление этих координат приведено в следующей таблице:

l	l^2	l^3	r	$Ml \cdot l$
1	1	1	1	0,01
2	4	8	3,8	0,07
3	9	27	8,2	0,25
4	16	64	13,8	0,5 и т. д.

По этим значениям, пользуясь миллиметровой бумагой, весьма нетрудно построить номограмму. Готовая номограмма изображена на фиг. 4. Для решения уравнения путем подстановки вычисляем коэффициенты. Соединяя на номограмме значение этих коэффициентов линией (или куском кальки с начерченной прямой линией), пересечение кривой и даст нам искомое значение l .

II. Расчет наивыгодного расстояния гужевой подвозки к однорельсовым дорогам

В заключение приведем пример применения нашего метода для решения практических задач. Расчет был сделан по заданию Северной краевой РКИ и дал весьма показательные результаты.

Наивыгоднейшее расстояние, как мы выше видели, определяется стоимостью постройки 1 км подъездного пути (в руб./м), средним запасом заготовленной древесины (A м³/га в разрабатываемой полосе (при ширине = g км), считая от магистрали до периферии массива; стоимость подвозки, изменяющейся от расстояния (d · руб./100 м). Это расстояние l , численное в сотнях метров, вычисляется из следующего уравнения:

$$l^3 - Ql^2 + R = 0 \dots \dots \dots (1),$$

где $Q = \frac{25 dg}{m}$ и $R = \frac{750 \cdot b \cdot g}{m \cdot Af}$

Для решения пользуемся номограммой № 1.

Для проведения подъездных путей (усов) мы будем иметь следующие дополнительные затраты:

- 1) на амортизацию подъездных путей a · руб/м²;
- 2) стоимость перевозки по подъездному пути c руб., при чем —

$$a = \frac{30 b}{Af} \left(\frac{1}{l} - \frac{0,14}{g} \right) \dots \dots \dots (2),$$

$$c = \left(0,5 g - \frac{0,02 l^2}{g} \right) \dots \dots \dots (3),$$

$$a \text{ при } g < 0,33 l \text{ } l = \left(\frac{g - 0,14 l^2}{g} \right) \dots \dots \dots (3 \text{ а}).$$

Стоимость перевозки по расценкам Северолеса составляет:

$$c = dl + 0,47 \dots \dots \dots (4)$$

(при 30% накладных расходов $d=0,02$),

$$\text{а норма выработки: } p_1 = \frac{208}{l+23} \text{ м}^3/\text{день} \dots \dots \dots (5).$$

При сквозных бригадах

$$C_2 = 0,02 d + 0,23 \dots \dots \dots (6).$$

$$P_2 = \frac{208}{l+12} \dots \dots \dots (7).$$

Для Явеньгской дороги коэффициент, по данным объяснительной записки, выражается величинами:

$$Af = 130 \text{ м}^3/\text{га}$$

$$A \text{ в год} = 200\,000 \text{ м}^3$$

$$m = 0,06 \text{ руб./м}^3$$

$$g = 4 \text{ км}$$

$$b = \text{руб./м}$$

(учитывая использование верхнего строения).

Среднее расстояние подвозки l принято в 2 км.

В действительности следует считать $l=0,69$ г — 2,4 км.

Тогда $C_1 = 0,02 \times 24 + 0,47 = 0,95 \text{ руб./м}^3$.

$$P_1 = \frac{208}{24+23} = 4,4 \text{ м}^3$$

Вычисляем коэффициенты Q и R :

$$Q = \frac{25 \cdot 0,02 \cdot 4}{0,06} = 33,5; R = \frac{750 \cdot 7 \cdot 4}{130 \cdot 0,06} = 2700.$$

По номограмме № 4 находим, что $l=11$ и $l=30$;

в данном случае $g > 0,3 l$, поэтому примем уравнение (3а);

при $l=11$ (1,1 км),

и имеем $C_1 = 0,02 \times 11 + 0,47 = 0,69 \text{ руб./м}^3$,

$$P_1 = \frac{208}{11+23} = 6,1 \text{ м}^3$$

$$C_2 = 0,02 \times 11 + 0,23 = 0,45 \text{ руб.},$$

$$P_2 = \frac{208}{11+12} = 9 \text{ м}^3,$$

$$a = \frac{30 \cdot 7}{130} \left(\frac{1}{11} - \frac{0,14}{4} \right) = 0,06,$$

$$l = 0,06 \left(0,5 \times 4 = \frac{0,02 \cdot 11^2}{4} \right) = 0,08$$

$$a + l = 0,14 \text{ руб./м}^3$$

Экономия выразится: I) благодаря выбору экономического расстояния подвозки

$$c_1 - C_1 - (a + l) = 0,95 - 0,59 - 0,14 = 0,12 \text{ руб./м}^3$$

или в год $= 0,12 \times 200\,000 = 24\,000 \text{ руб.}$

$$\text{Рабгужсила: } \frac{200\,000}{100} \left(\frac{1}{4,4} - \frac{1}{6,1} \right) = 130 \text{ подвод (30\%);}$$

II) благодаря выборке экономического расстояния и рационализации:

$$c_1 - C_2 = (a + l) = 0,95 - 0,45 - 0,14 = 0,36$$

или в год $0,16 \times 200\,000 = 72\,000 \text{ руб.}$

Экономия по рабгужсиле выразится:

$$\text{лошадей } \frac{200\,000}{100} \left(\frac{1}{4,4} - \frac{1}{9,0} \right) = 240 \text{ лош. (50\%).}$$

Дополнительные капиталовложения состоят

$$200\,000 \cdot 6 \cdot 0,06 = 72\,000 \text{ руб.}$$

$$\text{или } \frac{72\,000}{7000} = 10 \text{ км подъездных путей.}$$

При $l = 30$ подъездные пути нам не понадобятся, и мы будем иметь случай, принятый в первоначальном проекте, т.-е. менее выгодное сочетание.

Увеличение ширины разрабатываемой полосы до 6-8 км весьма значительно понижает эффективность подъездных путей и рационализации как со всей очевидностью вытекает из следующих расчетов:

Сохраняя прежние показатели (кроме g), получаем

$$g = 6; l = 1,0 \quad (10) \quad l_{\text{гуж}} = 3,6$$

$$g = 8; l = 0,95 \quad (9,5) \quad l_{\text{гуж}} = 4,8$$

при $g = 6$

$$C_1 = 0,02 \times 10 + 0,47 = 0,67,$$

$$P_1 = \frac{208}{10 + 23} = 6,3,$$

$$C_2 = 0,02 \times 10 + 0,23 = 0,43,$$

$$P_2 = \frac{208}{10 + 12} = 9,5,$$

$$a = \frac{30}{130} \left(\frac{1}{10} - \frac{0,14}{5} \right) = 0,125,$$

$$a + l = 0,28$$

$$C_1 = 0,02 \times 36 + 0,47 = 1,19$$

$$P_1 = \frac{208}{36 + 25} = 3,5 \text{ м}^3$$

$$c_1 - C - (a + e) = 1,19 - 0,67 - 0,28 = 0,24$$

$$0,24 \times 200\,000 = 48\,000$$

$$a_1 - C_2 - (a + l) = 0,48; - 200\,000 \times 0,48 = 96\,000.$$

Экономия рабгужсилы выразится:

$$I) \frac{200\,000}{100} \left(\frac{1}{3,5} - \frac{1}{6,3} \right) = 315 \text{ (50\%)}$$

$$II) \frac{200\,000}{100} \left(\frac{1}{3,5} - \frac{1}{9,5} \right) = 420 \text{ (67\%)}$$

Сделаем расчет общего удорожания.

$$C_{1g=4} - C_{1g=6} - (a + b) = 0,95 - 0,67 - 0,28 = 0$$

(удорожаемости не получилось).

Кроме того, имеем экономию по рабгужсиле: при $g = 8$

$$C = 0,02 \times 9,5 + 0,47 = 0,56,$$

$$P_1 = \frac{208}{32 \cdot 5} = 6,4 \quad C_2 = 0,19 + 0,23 = 0,42$$

$$P_1 = \frac{208}{21 \cdot 5} = 9,6 \quad a = \frac{30 \cdot 7}{130} \left(\frac{1}{9,5} - \frac{0,14}{8} \right) = 0,14$$

$$l = 0,06/0,5 \times 8 = \frac{0,02 \cdot 9,5^2}{8} = 0,22$$

$$a + l = 0,36,$$

$$C_2 = 0,02 \times 48 + 0,47 = 1,43,$$

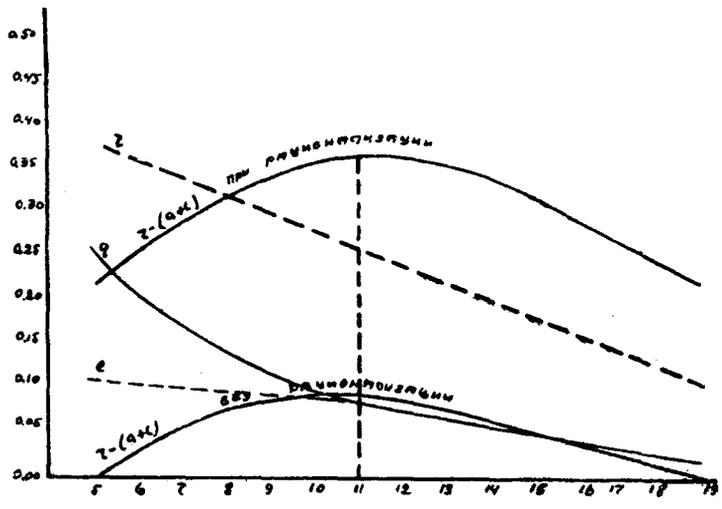
$$P_2 = \frac{208}{48 + 23} = 2,8 \text{ м}^3$$

$$c_1 - C_1 - (a + e) = 1,43 - 0,66 - 0,36 = 0,41,$$

$$0,41 \times 200\,000 = 82\,000 =$$

$$C_1 - C_2 - (a + l) = 0,65; 0,65 \times 200\,000 = 130\,000.$$

Графическое изменение элементов себестоимости показано на фиг. 8. Зависимость между средним расстоянием подвозки и переменными значениями A_f и g представлено на фиг. 9.



Чертеж № 8. Элементы себестоимости подвозки и вывозки по цепи однорельсовой дороги при l перемен

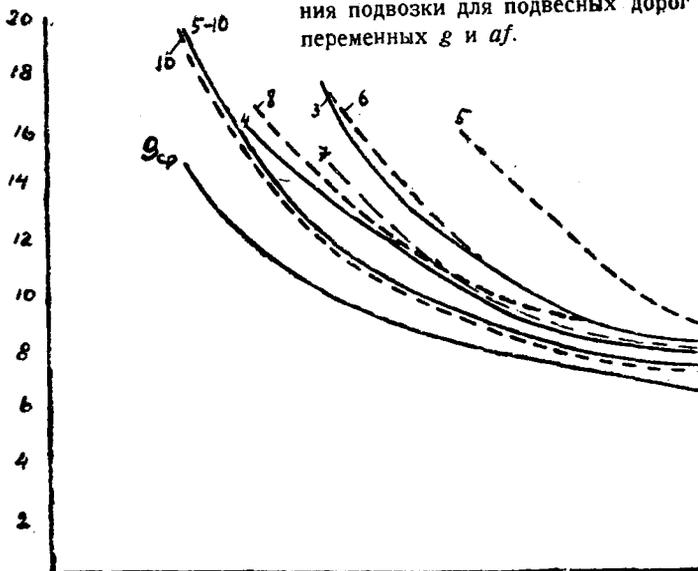
$$r = 0,48 - 0,02 l$$

$$a = \frac{30,1}{130} \left(\frac{1}{c} - \frac{0,14}{4} \right)$$

$$l = 0,06 \cdot 0,5 \times 0,4 - \frac{0,92 l^2}{4}$$

$$r - (a + c) \text{ экономия}$$

Чертеж № 9. Изменения среднего расстояния подвозки для подвесных дорог при переменных g и af .



JD	100	150	200
$g = 5$	l_{cp}	10,06	10,12
$af = 150$	8,5	0,5	16
$g = 6$	8,5	0,5	16

[120]

85 коп.

