

И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник,  
А. В. Кузнецов, А. В. Пладов

# ВЫВОЗКА ЛЕСА АВТОПОЕЗДАМИ ТЕХНИКА ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

Учебное пособие  
для студентов специальностей  
260100 «Лесоинженерное дело»,  
170400 «Машины и оборудование  
лесного комплекса»

*С 1390157*

Санкт-Петербург  
«ПРОФИКС»  
2008

ББК 43 . 9  
Ш-383 В.02  
УДК 630\*36+630\*6  
Ш 383

**Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Кузнецов А.В., Пладов А.В.**  
**Вывозка леса автопоездами. Техника. Технология. Организа-**  
**ция. — СПб.: ПРОФИКС, 2008. 304 с.**

**В книге описаны принципы эффективной организа-**  
**ции автомобильного транспорта леса. Приведены дан-**  
**ные о техническом оснащении процессов погрузки,**  
**вывозки и разгрузки сортиментов, хлыстов и техноло-**  
**гической щепы. Описаны конструкции и даны техни-**  
**ческие характеристики лесовозных автопоездов. Из-**  
**ложены современные методы выбора их эксплуатац-**  
**онно-производственных параметров вывозки леса,**  
**включая расход топлива, скорость и время движения,**  
**нормы выработки, производительность.**

**Работа предназначена для специалистов лесозаго-**  
**товительной отрасли, а также для студентов и аспи-**  
**рантов вузов лесоинженерного профиля.**

## ВВЕДЕНИЕ

В числе важнейших тенденций развития транспорта леса в стране является непрерывное увеличение доли автомобильной вывозки леса и увеличение расстояния транспортировки леса автопоездами. Среднее расстояние вывозки с 1987 г. увеличилось более чем в 1,5 раза, растут объемы транспортировки леса автопоездами в сортиментах с лесосек или промежуточных складов непосредственно потребителям и на нижние лесосклады. Транспортная составляющая в себестоимости продукции высока и достигает 45—48 %.

Все это обостряет проблему обоснованного выбора и рациональных эксплуатационных параметров лесовозных автопоездов из всего многообразия, предлагаемого автомобильными заводами России, Белоруссии, Украины и зарубежными фирмами (Сису, Скания, Вольво и др.) для вывозки леса в хлыстах и сортимента, а также эффективной организации лесовозного автотранспорта и расчета норм выработки.

Проблема обостряется тем, что при определении норм выработки, как правило, руководствуются нормативными скоростями движения без учета особенностей плана и профиля конкретных автодорог. Традиционные методы тяговых расчетов не учитывают многие факторы, влияющие на режимы и скорости движения лесовозных автопоездов, не обеспечивают достаточной точности и достоверности. Это значительно осложняет задачу повышения эффективности работы лесовозного транспорта, выбора рациональных эксплуатационных параметров автопоездов, схем вывозки (одноступенчатая, двухступенчатая), определения рациональной рейсовой нагрузки и технико-экономических показателей работы автопоездов.

Все это обуславливает необходимость повышения эффективности автомобильного транспорта леса путем применения методов тягово-эксплуатационных расчетов, позволяющих моделировать движение лесовозных автопоездов и определять рациональные параметры их движения.

Рекомендации в области повышения эффективности лесовозного транспорта леса разрабатывались известными учеными Я. С. Агейкиным, В. И. Алябьевым, Ю. С. Андриановым, М. И. Андрушиным, Г. М. Анисимовым, М. Г. Беккером, Б. М. Большаковым, А. Н. Борозной, В. С. Волковым, Л. Д. Дараганом, А. В. Жуковым, В. А. Горбачевским, Г. Ф. Греховым, Б. А. Ильиным, П. Д. Клычковым, В. М. Котиковым, А. М. Кочневым, Б. И. Кувалдиным, В. К. Курьяновым, Р. П. Лахно, А. П. Ливановым, В. П. Немцовым, В. А. Носиковым, А. В. Пладовым, В. Ф. Платоновым, Л. А. Рогалюком, Ю. Е. Рыскиным, Э. О. Салминенем, В. М. Удовиченко и др. Методы тяговых расчетов, основанные на способе равновесных скоростей для проектирования лесовозных дорог и организации эксплуатации лесотранспорта, рассмотрены в работах Е. А. Фролова, С. А. Сыромятникова, М. И. Кишинского, М. М. Корунова, Р. П. Лахно, В. А. Горбачевского, Б. А. Ильина и других исследователей.

С учетом этих трудов и исследований авторов [47—54, 62—72] в работе рассмотрены автопоезда отечественных и зарубежных фирм, применяемые на вывозке леса предприятиями Северо-Запада России, проанализированы традиционные и предложены новые эффективные методы выбора параметров и режимов работы лесовозного автотранспорта.

Даны зависимости для расчета показателей неустановившегося движения лесовозных автопоездов с учетом изменения тягового усилия с изменением скорости движения, наличия инерционных сил, непрерывного изменения сопротивления движению на вертикальных кривых, дополнительного сопротивления на горизонтальных кривых, изменения основного сопротивления движению с изменением скорости, сопротивления движению от воздушной среды, а также факторов, учитываемых традиционными методами расчетов для всех возможных режимов движения лесовозных автопоездов.

Применение изложенных в работе рекомендаций повысит эффективность организации автомобильного транспорта леса. Предложенная методология эффективна при обосновании рациональных эксплуатационных параметров лесовозных автопоездов для конкретных автодорог и способствует повышению технико-экономических показателей лесовозного автотранспорта. Разработанные методы расчетов могут быть использованы в проектных организациях, непосредственно на лесопромышленных предприятиях, а также в учебном процессе вузов лесотехнического профиля.

# **1. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ЛЕСА**

К основным особенностям автомобильного транспорта леса относят:

- разветвленность и специфику транспортной сети, в которую входят магистрали, усы и ветки, и односторонность лесного грузопотока: лесные грузы вывозят с лесосеки, в обратном направлении автопоезда движутся без груза (порожняком);
- сбор заготавливаемой древесины с большой площади и доставка его потребителю или на нижний лесосклад;
- перевозка длинномерных лесных грузов (деревьев, хлыстов, сортиментов), обуславливающая определенную компоновку автопоездов;
- растущие с каждым годом расстояния вывозки, перемещение лесозаготовок к отдаленным участкам лесного фонда;
- сезонность эксплуатации многих участков сети лесовозных дорог, часть которых используется только зимой, часть — только летом.

Эти особенности влияют на организацию автомобильного транспорта леса, выбор типов лесовозных дорог и на условия их работы в процессе эксплуатации.

## **1.1. Измерители автомобильного транспорта леса**

К основным показателям, характеризующим использование лесовозных дорог, относят грузооборот дороги, грузовую работу, средневзвешенное (среднее) расстояние вывозки, эксплуатационную длину дороги, коэффициент пробега лесных грузов на дороге, грузонапряженность пути и интенсивность движения [2, 18, 19, 20 и 22].

**Грузооборот дороги** — общее количество леса (хлыстов, сортиментов и др.), вывозимое по дороге за единицу времени (например, день, месяц, год) и измеряемое в тоннах или кубометрах.

При нескольких погрузочных пунктах  $n$  грузооборот  $Q$  дороги равен:

$$Q = q_1 + q_2 + \dots + q_n, \quad (1.1)$$

где  $q_1, q_2, \dots, q_n$  — количество леса, отгружаемое с каждого пункта  $n$ .

**Грузовая работа дороги** — сумма произведений объемов леса, отгружаемого с каждого погрузочного пункта  $n$ , на расстояние вывозки от этого пункта до места разгрузки. Грузовая работа  $R$  равна:

$$R = q_1 l_1 + q_2 l_2 + \dots + q_n l_n, \quad (1.2)$$

где  $l_1, l_2, \dots, l_n$  — расстояние вывозки от соответствующих пунктов  $n$ , км.

От величины грузовой работы зависят количество энергии, затрачиваемой на вывозку леса, количество необходимых автопоездов, потребность в рабочих и т. д.

**Средневзвешенное расстояние вывозки леса** — величина  $l_{\text{ср}}$  (км), определяемая как отношение грузовой работы  $R$  ( $\text{м}^3$ ) к грузообороту дороги  $Q$  ( $\text{м}^3$ ):

$$l_{\text{ср}} = R / Q. \quad (1.3)$$

**Эксплуатационная длина лесовозной дороги ( $L_{\text{эк}}$ )** — общая протяженность находящихся в эксплуатации ее постоянных путей в расчетный период времени.

**Коэффициент пробега грузов по лесовозной дороге** — отношение средневзвешенного расстояния вывозки к эксплуатационной длине дороги:

$$\alpha_{\text{пр}} = l_{\text{ср}} / L_{\text{эк}}. \quad (1.4)$$

**Коэффициент пробега** — показатель, характеризующий, какую долю от общей протяженности путей лесовозной дороги пробегает в среднем каждый кубометр леса.

**Грузонапряженность дороги ( $W_c$ )** — показатель, характеризующий величину грузовой работы, приходящийся на 1 км экс-

платационной длины пути и выражаемый в  $\text{м}^3 \cdot \text{км}$  или  $t \cdot \text{км}$  на 1 км в единицу времени (обычно за год):

$$W = R / L_{\text{ак}}. \quad (1.5)$$

Грузонапряженность вычисляется отдельно для усов, веток и магистрали и характеризует степень использования данного элемента пути на вывозке леса.

Интенсивность движения по лесовозной дороге — количество автопоездов и отдельных тяговых единиц, проходящих по данному участку дороги за единицу времени (сутки) в одном направлении.

## 1.2. Классификация лесовозных автодорог

Для освоения лесосырьевой базы необходима развитая сеть лесовозных дорог, включающая:

- **магистрали** — основные участки лесовозных дорог, связывающие осваиваемый лесной массив с лесопромышленным складом, грузосборочной дорогой (обслуживающей несколько лесозаготовительных предприятий) и дорогой общего пользования или пунктом потребления. Магистрали рассчитаны на весь период эксплуатации лесосырьевой базы предприятия;

- **ветки** — ответвления от магистрали лесовозной дороги, обслуживающие отдельные части лесосырьевой базы предприятия и находящиеся в эксплуатации не менее двух лет;

- **лесовозные усы** — временные лесовозные пути со сроком эксплуатации не более года, примыкающие к ветке или магистрали лесовозной дороги и предназначенные для освоения отдельных лесосек.

Магистрали наиболее основательны по устройству. Ветки пропускают лишь часть лесного грузопотока, работают меньший период времени, чем магистраль, а часть веток работает сезонно. Поэтому конструкция путей на ветках более облегченная. Наиболее просты по конструкции и дешевы по стоимости усы. Односторонность грузопотоков на лесовозных дорогах позволяет применять в негрузовом направлении значительно большие подъемы, чем в грузовом. Перевозка длинномерных грузов требует применения специального подвижного состава.

Для освоения крупных лесных массивов площадью 5—7 тыс.  $\text{км}^2$  и более строят грузосборочные дороги протяжением до 100 км и

более. К ним примыкают обычные лесовозные магистрали с сетью веток и усов.

Различают лесовозные дороги круглогодовые и сезонные (зимние и летние). Лесной массив разбивают на зоны летнего и зимнего действия. К зоне летнего освоения относят участки с плотными грунтами, а к зоне зимнего — лесосеки на переувлажненных и заболоченных участках со слабой несущей способностью грунтов, а также участки лесного массива с разбросанными, слабоконцентрированными запасами, для освоения которых необходима большая протяженность дорог.

На долю усов приходится около 80 %, на ветки — 12—15 %, на магистрали 5—8 % протяженности лесовозной транспортной сети.

Протяженность усов, которые ежегодно необходимо строить, определяют по формуле:

$$L_1 = 0,01 \frac{Q}{\alpha d_1}, \quad (1.6)$$

где  $Q$  — годовой объем вывозки,  $\text{м}^3$ ;  $\alpha$  — ликвидный запас леса на 1 га площади,  $\text{м}^3$ ;  $d_1$  — расстояние между усами, км.

Для вывозки 100 тыс.  $\text{м}^3$  леса в зависимости от запаса на 1 га и расстояния трелевки ЦНИИМЭ рекомендует следующую протяженность усов (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Протяженность усов, необходимая для вывозки 100 тыс.  $\text{м}^3$  леса

Расстояние трелевки до, м	Протяженность усов, км, необходимых для освоения 100 тыс. $\text{м}^3$ леса при запасе на 1 га общей площади			
	50	75	100	125
200	50	33,5	25	20
300	34	22,5	17	13,5
400	25	17,0	12,5	10
500	20	13,5	10,0	8

Годовые объемы строительства лесовозных дорог Гипролестранс рекомендует определять по формуле:

$$L = L_1 + L_2 = \frac{hQ}{100\alpha_0 d_2 k_2}, \quad (1.7)$$

$$L_y = 0,02Q(\alpha_0 + \alpha_y)d_y k_y, \quad (1.8)$$



где  $L_m, L_v$  — соответственно протяженность магистралей и веток, км;  $h$  — коэффициент развития трассы (для средних условий  $h = 1,15$ );  $\alpha_o$  и  $\alpha_s$  — средний ликвидный запас древесины на 1 га общей площади и на 1 га эксплуатационной площади, м<sup>3</sup>/га;  $d_s$  — расстояние между ветками;  $d_y$  — расстояние между усами (для средних условий  $d_s = 5$  км;  $d_y = 0,6$  км);  $k_n$  — коэффициент использования лесосеченого фонда (для районов с условно-сплошными рубками при примыкании к железной дороге или вывозке потребителю  $k_n = 1$ , при примыкании к водным путям с молевым сплавом  $k_n = 1 - xz$  ( $x$  — удельный вес вывозки к водным путям;  $z$  — удельный вес трудносплавляемых пород)).

Для укрупненных расчетов на 1 млн м<sup>3</sup> вывозимого леса объемом строительства постоянных дорог принимают равным 40—43 км (7—8 км магистралей и 33—35 км веток), объем строительства усов — около 170 км.

Автомобильные лесовозные дороги делятся на категории (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Категория автомобильной дороги

Категория дороги	Годовой объем вывозки, тыс. м <sup>3</sup>
I л	Более 1000
II л	От 500 до 1000
III л	От 150 до 500
IV л	До 150

Для каждой категории дорог установлена расчетная скорость движения автомобилей (табл. 1.3), по которой рассчитывают минимальные значения геометрических элементов дорог.

Таблица 1.3

Расчетные скорости движения на лесовозных автодорогах (км/ч)

Категория дороги	Основные	Допускаемые в условиях	
		трудных	особо трудных
<b>Магистральи категорий</b>			
I-л	70	60	40
II-л	60	50	40
III-л	50	40	30
IV-л	40	30	20
<b>Ветки, служебные дороги</b>	30	20	15
<b>Усы</b>	20	15	10

Основные и допускаемые в трудных или особо трудных условиях расчетные скорости устанавливают в зависимости от местных топографических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий.

Под трудными условиями для лесовозных дорог понимают пересеченный или горный рельеф с разницей отметок долин и водоразделов свыше 50 м на расстоянии не более 500 м, наличие глубоких балок с изрезанными, недостаточно устойчивыми откосами.

В особо трудных условиях допускается превышение основных или допускаемых в трудных условиях норм.

### 1.3. Основные элементы лесовозных автодорог

Автомобильная лесовозная дорога — это целый комплекс инженерных сооружений, обеспечивающих бесперебойное и безопасное движение автомобилей и автопоездов с расчетными нагрузками и скоростями.

На лесовозном автотранспорте путь включает в себя лесовозную автомобильную дорогу, состоящую из следующих основных элементов: земляного полотна, искусственных сооружений, дорожной одежды.

Земляное полотно — естественное или искусственно созданное земляное основание, на котором устраивают дорожную одежду или верхнее строение пути.

Искусственные сооружения — водопропускные сооружения, служащие для пропуска воды с одной стороны дороги на другую, и путепроводы, устраиваемые на пересечениях дорог в разных уровнях.

Дорожная одежда — укрепление проезжей части автомобильной дороги, выполненное в виде одного или нескольких слоев различных дорожно-строительных материалов.

Конструкцию автодорог характеризуют тремя проекциями:

- на горизонтальную плоскость (план дорог);
- на вертикальную плоскость, проходящую через ось дороги, т. е. через вертикальный разрез (продольный профиль);
- на вертикальную плоскость перпендикулярно геометрической оси дороги (поперечный профиль).

При проектировании лесовозной дороги ее план с изображением деталей конструкции пути (земляного полотна с насыпями и выемками, мостов, труб, канав, подпорных стен и других специальных инженерных сооружений) составляют лишь на отдельные

участки, где необходимо запроектировать специальные работы по борьбе с оползнями, отводу воды от дороги и т. п. В обычных условиях ограничиваются составлением плана трассы дороги.

Трасса дороги — линия, определяющая местоположение на местности или на карте геометрической продольной оси дороги и состоящая как в плане, так и в профиле из прямых и кривых участков.

Проектирование плана и продольного профиля дороги — важнейший этап разработки проекта лесовозной дороги, заключающийся в правильном пространственном размещении трассы. На продольном профиле трасса совпадает с проектной линией, на поперечном профиле ее положение определяется точкой в пересечении вертикальной оси дороги и линии, соединяющей края земельного полотна (бровки). На участках насыпей трасса располагается выше поверхности земли, а на участках выемок — ниже ее.

Идеальная трасса дороги — это прямая линия, соединяющая заданные точки. Однако такому решению препятствуют реальный рельеф местности (холмы, горы, овраги), водные преграды (реки, ручьи, болота, озера), заповедники, населенные пункты и другие препятствия, для обхода которых при камеральном трассировании дороги на карте или во время изысканий дороги назначаются углы поворота. Для плавного вписывания траектории движения автопоездов по дороге в габаритные пути и безопасности движения на углах поворота устраивают закругления пути, разбивая их по дуге окружности с использованием кривых с постепенно изменяющимся радиусом кривизны (переходные кривые). Назначение углов поворота трассы ведет к ее удлинению, величина которого характеризуется коэффициентом развития  $k_p$  (удлинения) трассы, равным:

$$k_p = L_\phi / L_v, \quad (1.9)$$

где  $L_\phi$  — фактическая длина трассы;  $L_v$  — ее «воздушная» длина, измеряемая по прямой, соединяющей начальную и конечную точку трассы.

Коэффициент развития трассы может служить показателем качества трассирования и составляет для магистральных путей в равнинной местности 1,03—1,08; для пересеченной — 1,08—1,2; более 1,2 для горной местности.

Продольный профиль дороги (рис. 1.1) — важнейший чертеж проекта. Для автомобильных дорог он вычерчивается по установленному образцу в масштабах: вертикальный — 1 : 500 и горизонтальный — 1 : 5000. В горной местности с частыми переломами профиля допускается применение масштаба 1 : 200 и 1 : 2000.

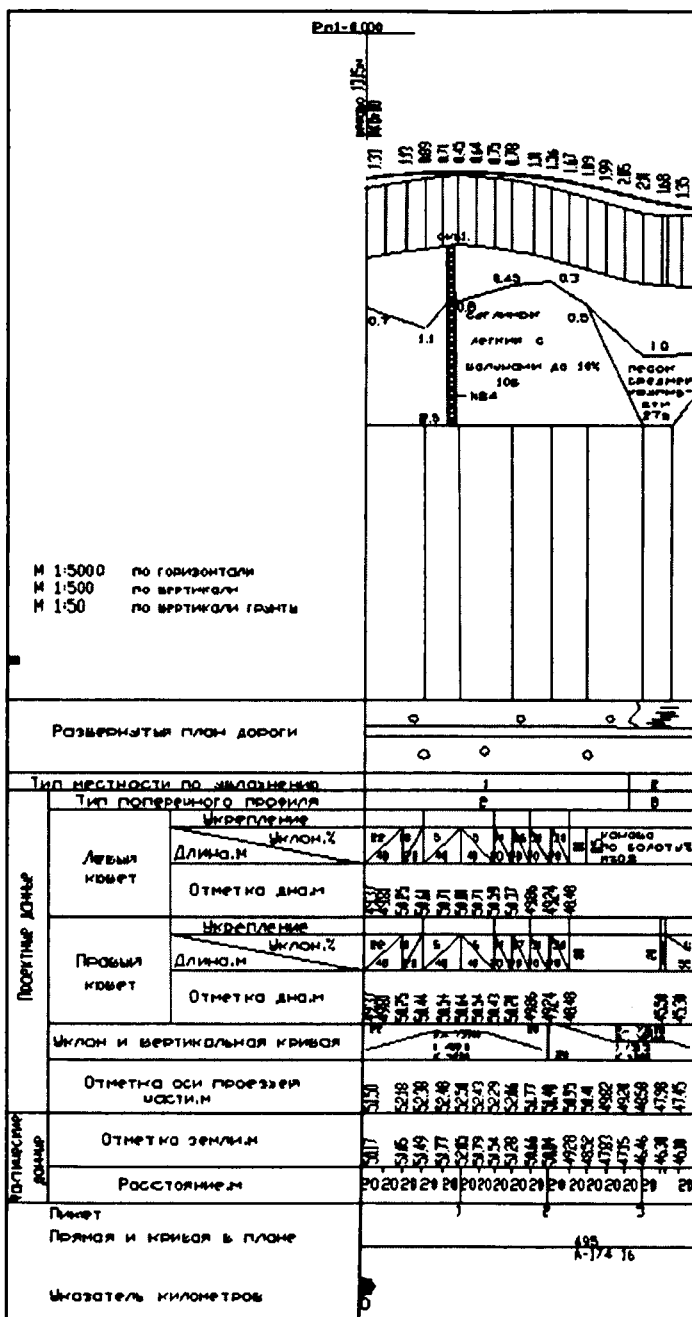


Рис. 1.1. Нормальный продольный профиль дороги

Проектная линия продольного профиля состоит из прямолинейных участков, характеризующихся длиной и величиной уклонов и вертикальных кривых, обеспечивающих плавный переход с одного прямолинейного профиля участка на другой. Вертикальные кривые характеризуются длиной и радиусом. На дорогах высоких категорий проектная линия продольного профиля дороги состоит в основном из сопрягающихся вертикальных кривых.

Каждый элемент дороги характеризуется длиной и уклоном.

Уклоны разделяют на подъемы и спуски в грузовом направлении и площадки (элементы с  $i = 0$ ). Наиболее важными характерными уклонами продольного профиля являются руководящий подъем и максимальный спуск.

Руководящий подъем — затяжной (не менее длины автопоезда) подъем в грузовом направлении, расположенный на прямом участке пути, по которому определяется расчетная масса поезда при движении его с равномерной скоростью.

На автомобильных дорогах руководящий подъем является максимальным подъемом в грузовом направлении.

На продольный профиль наносят необходимые данные проектируемой дороги:

- линию поверхности земли, показывающую естественный рельеф местности;
- проектную линию поверхности дороги;
- отметки поверхности земли и проектные отметки;
- условное изображение уклонов проектной линии с указанием их величины и длины участка;
- грунтовый разрез по оси дороги, вычерчиваемый на основании данных, полученных в результате геологических работ при закладке шурфов и скважин.

Над проектной линией условными знаками обозначают и наносят сведения о нагорных канавах, переездах и пересечениях дорог, искусственных сооружений и др.

Под продольным профилем вычерчивают условный план трассы дороги, на котором все прямые участки независимо от их направления располагают на одной прямой линии с указанием их направления, а закругления показывают условно.

Поперечный профиль дороги — графическое изображение в масштабе 1 : 100 или 1 : 200 поперечного сечения дороги в вертикальной плоскости (рис. 1.1).

Земляное полотно устраняет неровности местности и позволяет выдержать заданный уклон дороги. Конструктивные особенности земляного полотна характеризуются поперечным профилем дороги.

Земляное полотно дороги в зависимости от положения проектной линии продольного профиля может иметь форму насыпи или выемки, а на косогорах — полунасыпи или полувыемки.

**Насыпи** — это участки, где осуществляют подсыпку грунта.

**Выемки** — участки, где его снимают.

**Нулевые места** — это переходы от насыпи к выемке.

**Полунасыпи (полувыемки)** — участки, на которых при строительстве дорог на косогорах грунт частично срезают, частично подсыпают.

**Поперечный профиль земляного полотна** — это его разрез в пределах полосы отвода вертикальной плоскостью, перпендикулярной оси дороги.

Участки дороги, на которых земляное полотно дороги переходит из насыпи в выемку, имеют рабочие отметки, равные нулю, и поэтому называются нулевыми местами. Земляное полотно в насыпи ограничено с боков плоскостями, называемыми откосами.

**Бровка** — это линия пересечения плоскости откоса с поверхностью земляного полотна.

Для отвода воды с поверхности полотна ему придают выпуклую форму (на зимних дорогах это не требуется). Линия, соединяющая бровки земляного полотна с его поверхностью в сечении, образует сливную призму, которая у автодорог обычно имеет треугольную форму.

**Ширина земляного полотна** — это расстояние между бровками.

**Подошва насыпи** — это линия пересечения плоскости откосов с поверхностью земли.

**Высота насыпи (глубина выемки)** — это расстояние от поверхности земли на оси дороги до линии, соединяющее бровки земляного полотна.

**Крутизна откосов** характеризуется отношением высоты откоса к его заложению (горизонтальной проекции) и обозначается  $1 : m$ , где  $m$  — коэффициент крутизны откоса.

**Резервы** — неглубокие выработки вдоль дороги, откуда берут грунт для отсыпки насыпи.

**Дорожное основание** — это несущий слой дорожной одежды.

**Проезжая часть** — это поверхность дорожной одежды, предназначенная непосредственно для движения автомобилей.

**Обочина** — часть дорожного полотна от края проезжей части до бровки, предназначенная для повышения безопасности движения, временной остановки автомобилей и дорожных машин, временного хранения дорожных материалов.

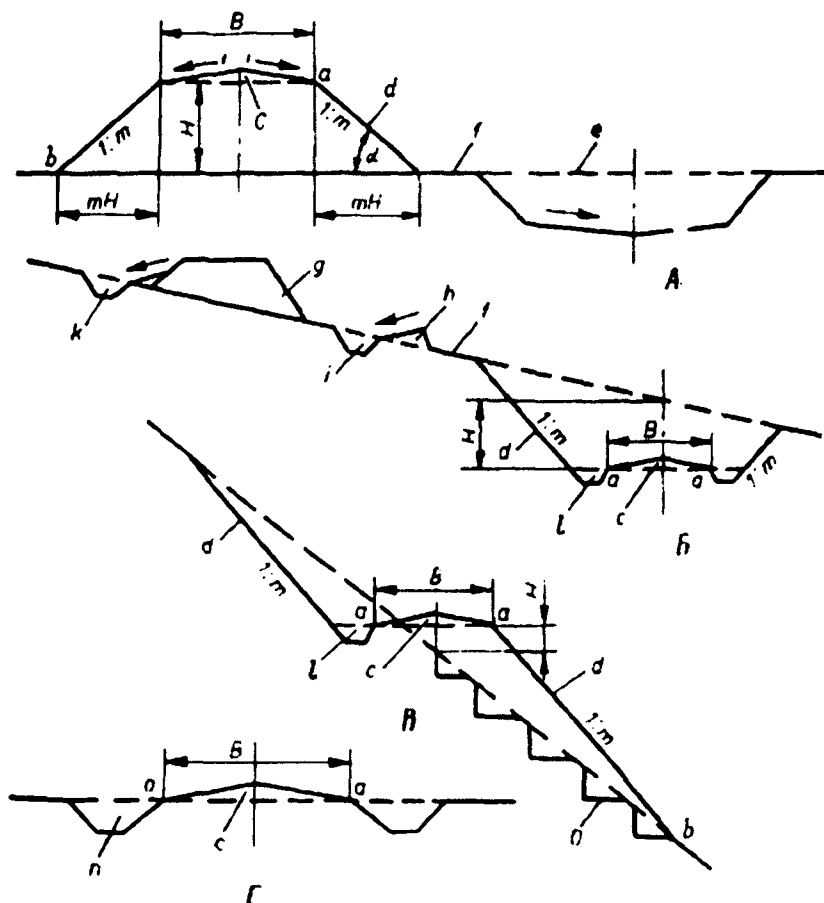


Рис. 1.2. Поперечный профиль земляного полотна:

*A* — насыпь; *B* — выемка (на косогоре); *В* — полунасыпь-полувыемка; *Г* — нулевое место; *a* — бровка земляного полотна; *b* — подошва насыпи; *c* — сливная призма; *d* — откосы насыпи или выемки; *e* — резерв; *f* — берма; *g* — кавальер; *h* — банкет; *l* — забанкетная канава; *k* — нагорная канава; *l* — кювет; *n* — боковая канава; *o* — уступы

Ось дороги — воображаемая линия, проходящая посередине проезжей части.

Обстановка дороги — ограждения, дорожные знаки, разметка, посадочные площадки.

Берма — полоса земной поверхности между подошвой насыпи и откосом резерва.

Кювет — боковая канава между откосом и земляным полотном выемки.

**Кавальер** — отсыпанный грунт, вынутый из выемки, располагаемой с нагорной стороны. Поверхности кавальера придается поперечный уклон в нагорную сторону для стока воды.

**Банкет** — небольшая насыпь между бровкой выемки и кавальером с нагорной стороны с поперечным уклоном от выемки.

**Забанкетная канава** — продольная канава для отвода воды, поступающей с банкета и частично с кавальера.

**Нагорная канава** — канава, расположенная вдоль выемки с нагорной стороны. Назначение ее — не допускать к земляному полотну воду, поступающую с нагорной стороны.

Размеры боковых канав и резервов могут быть установлены из равенства массы грунта, необходимого для возведения насыпи, и массы грунта из канав (резервов).

При устройстве резервов необходимо обеспечить сток воды из него, для чего дну резерва придают требуемые продольный и поперечные уклоны. Грунт, получаемый при разработке выемки и не используемый для отсыпки соседних насыпей, укладывают с нагорной стороны.

Дорожная одежда служит для восприятия нагрузок от проходящего транспорта и передачи их на земляное полотно на автодорогах, обеспечения движения автомобилей и автопоездов заданной массы в различных климатических условиях с установленной скоростью. Дорожная одежда может состоять из одного или нескольких слоев. Верхний слой — это покрытие, которое в свою очередь состоит из основного слоя и периодически возобновляемого в процессе эксплуатации слоя износа. Под покрытием располагают слои основания, которые укладывают или на земляное полотно, или на подстилающий (дренирующий) слой.

Обустройство автомобильных дорог включает сооружения и устройства, предназначенные для обеспечения безопасности движения, обслуживания транспортных средств, водителей и пассажиров.

## **1.4. Нормы проектирования лесовозных автомобильных дорог**

Ширину проезжей части (полосы движения)  $b$  для безопасности разезда встречных автомобилей определяют по формуле:

$$b = 2y + c + d + x, \quad (1.10)$$

где  $y$  — расстояние от крайнего колеса автомобиля до кромки проезжей части, м;  $c$  — ширина колесного хода автомобиля, м;  $d$  —



ширина кузова (коника) автомобиля, м;  $x$  — зазор безопасности движения, м;  $\psi$  — просвет между встречными автомобилями, м;

$$x = \psi + 2h, \quad (1.11)$$

где  $h$  — величина отклонения траектории движения колес автомобиля от продольной оси проезжей части, м.

Значения  $x$  и  $y$  определяют на основании экспериментальных исследований, они зависят от характеристик покрытия, типа автомобиля и, главным образом, от скорости движения. Для ориентировочных подсчетов могут быть использованы формулы Н. Ф. Хорошилова:

$$x = 0,3 + 0,1\sqrt{v_1 + v_2}, \quad (1.12)$$

$$y = \sqrt{0,1 + 0,0075v}, \quad (1.13)$$

где  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v$  — скорости движения автомобилей (автопоездов), км/ч.

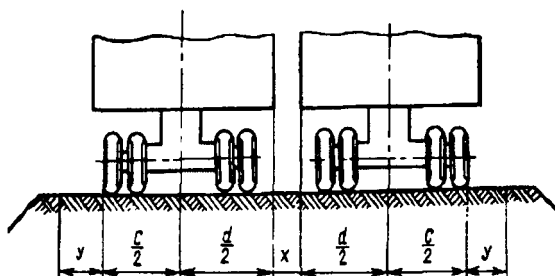


Рис. 1.3. Схема обустройства автомобильных дорог

Автомобильные лесовозные дороги категорий III, IV и IVБ устраивают двухполосными, магистрали V категории, ветки, усы — однополосными. Ширина основных элементов дороги приведена в табл. 1.4.

В качестве расчетных автомобилей при проектировании элементов плана, продольного и поперечного профилей дорог, габаритов мостов и конструкций дорожных одежд принимают автомобили и автопоезда с наибольшими габаритами и осевыми нагрузками, которыми перевозятся не менее 50 % грузов или интенсивность которых составляет не менее 25 % общей интенсивности.

Основные параметры поперечного профиля лесовозных дорог для автомобилей шириной до 2,75 м приведены в табл. 1.4.

## Нормы проектирования лесовозных автомобильных дорог

Параметры поперечного профиля лесовозных дорог	Значение параметров					
	дороги категории				ветки	служебные дороги
	I л	II л	III л	IV л		
Число полос движения	2	2	2	1	1	1
Ширина, м:	8,0/7,5	7,5/7,0	6,5	3,5	3,5	4,5/3,5
проезжей части	2,0/1,5	1,5/1,0	1,0	1,0/0,75	0,75/0,5	1,75/0,5
обочин						
земляного полотна	12,0/10,5	10,5/9,0	8,5	5,5/5,0	5,0/4,5	8/4,5

Ширину земляного полотна и проезжей части двухполосных дорог увеличивают: на 0,5 м при габарите коника от 2,75 до 3,3 м, на 1 м — при габарите коника от 3,4 до 3,8 м.

Для обеспечения двустороннего движения на однополосных дорогах устраивают разъезды длиной не менее 30 м, располагаемые на расстоянии прямой видимости, но не более 500 м. Ширину проезжей части на разъездах принимают по нормам магистралей IVБ категории. Уширение выполняют на протяжении 10 м.

Радиусы кривых в плане устанавливают по условиям устойчивости движения автомобиля (автопоезда) под действием центробежной силы и удобства движения пассажиров. Наименьший допустимый радиус кривой  $R$  (м) и максимально допустимую скорость на кривых  $v$  (км/ч), определяют по формуле:

$$R = v^2 / 127(\mu \pm i), \quad (1.14)$$

$$v = \sqrt{127 R(\mu \pm i)}, \quad (1.15)$$

где  $R$  — радиус горизонтальной кривой, м;  $v$  — скорость движения автомобиля (автопоезда), км/ч;

$$R = \frac{v^2}{9,8(\mu \pm i)}, \quad (1.16)$$

$$v = \sqrt{9,8 R(\mu \pm i)}, \quad (1.17)$$

где  $v$  — скорость движения автомобиля (автопоезда), м/с;  $i$  — поперечный уклон проезжей части (со знаком плюс — при направлении уклона в сторону центра кривой, со знаком минус — при направлении наружу кривой);  $\mu$  — коэффициент поперечной силы (для лесовозных дорог  $\mu = 0,16$ ).

Радиусы кривых в плане назначают в нормальных условиях возможно большими, но не менее: на магистралях III, IVA, IVB, V категорий — 600 м, на ветках, усах и дорогах с незначительным объемом вывозки — 150 м.

В стесненных условиях при технико-экономической целесообразности принимают радиусы в соответствии с табл. 1.5.

Таблица 1.5

Значения наименьших допустимых радиусов кривых в плане на лесовозных автомобильных дорогах

Виды и категории дорог	Наименьшие радиусы кривых, м, при вывозке					
	Хлыстов и деревьев			Сортиментов		
	Основные	На трудных участках		Основные	На трудных участках	
		пересеченная местность	горная местность		пересеченная местность	горная местность
Магистрали категорий						
III	200	125	60	200	125	60
IVA	125	100	60	125	100	60
IVB						
V	60	50	40	60	30	20
Ветки	50	40	30	30	20	15
Усы и разворотные петли	30	30	30	20	15	15

На правых поворотах в грузовом направлении двухполосных дорог при вывозке хлыстов наименьшие радиусы кривых принимают 100 м. Минимальные радиусы кривых на дорогах с колеиным покрытием установлены 150 м, а в особо трудных условиях — 50 м. Основные элементы кривых, м (рис. 1.4), определяют по формулам:

$$K = R \frac{\pi \alpha}{180}, \quad (1.18)$$

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (1.19)$$

$$B = R \left( \sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right), \quad (1.20)$$

$$D = 2T - K, \quad (1.21)$$

где  $K$  — длина кривой, м;  $R$  — радиус кривой, м;  $T$  — тангенс кривой, м;  $B$  — биссектриса;  $D$  — домер;  $\alpha$  — угол поворота, град.

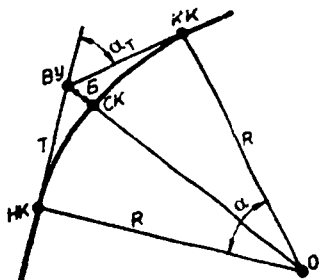


Рис. 1.4. Основные элементы круговых кривых

Чтобы обеспечить движение автомобилей на кривых с расчетной скоростью, поднимают наружный край кривой — устраивают вираж (рис. 1.5) (односкатный поперечный профиль с уклоном  $i_s$  внутрь кривой).

Величину необходимого уклона на вираже определяют по формуле:

$$i_s = \frac{v^2}{127R} - \mu, \quad (1.22)$$

где  $v$  — скорость движения автомобиля (автопоезда), км/ч;  
или

$$i_s = \frac{v^2}{9,81R} - \mu, \quad (1.23)$$

где  $v$  — скорость движения автомобиля (автопоезда), м/с.

Максимальный уклон на вираже принимают 60‰, тогда при  $\mu = 0,16$  и известном радиусе  $R$  (табл. 1.6) можно установить наибольшую допустимую скорость движения по кривым.

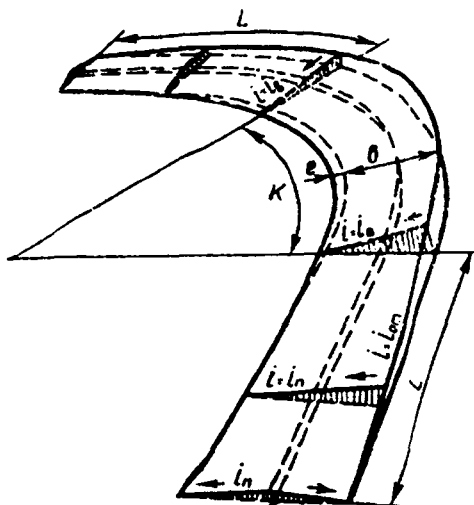


Рис. 1.5. Схема отгона виража на кривых

Таблица 1.6

## Поперечные уклоны покрытий на виражах

Радиусы кривых в плане, м	До 125	150	200	250	400	Более 400
Величина уклона на вираже, ‰	60	50	40	20	30	Вираз не устраивают

Переход от двухскатного профиля на прямых участках к одностатному на виражах осуществляют на протяжении переходной кривой или на прямом участке постепенным поднятием наружной (по кривой) кромки проезжей части до уклона виража без изменения положения внутренней кромки (см. рис. 1.5). Дополнительный продольный уклон (по наружной кромке) на участках отгона виража не должен превышать 20 ‰. В горных условиях, когда центр кривой расположен в сторону обрыва, устраивают уклон до 10 ‰ в сторону горы и соответственно ограничивают скорость движения.

Для обеспечения постепенного нарастания центробежного ускорения от нуля на прямых участках до  $\alpha = v^2/13R$  на кривых устраивают переходные кривые. Расчет их параметров выполняют по формулам:

$$L = v^3/47RI, \quad (1.24)$$

где  $L$  — длина переходной кривой;  $v$  — скорость движения автомобиля (автопоезда), км/ч;  $I$  — величина приращения центробежного ускорения, м/с<sup>3</sup> (принимается 0,6 м/с<sup>3</sup>);

или

$$L = v^3/RI, \quad (1.25)$$

где  $v$  — скорость движения автомобиля (автопоезда), м/с;  $R$  — максимальное смещение круговой кривой за счет введения переходной кривой;

$$p = L^2/24 \cdot R. \quad (1.26)$$

Смещение кривой для магистралей принимают равным 0,2 м, для веток — 0,4 м. Радиус кривых, на которых не требуется устройство переходных кривых, определяют по формуле:

$$R = v^2/13 \cdot a, \quad (1.27)$$

или

$$R = v^2 / 13 \cdot a. \quad (1.28)$$

В зависимости (1.27)  $v$  принимается в км/ч, в зависимости (1.28) — в м/с.

Значения центростремительного ускорения принимают 1,2—1,4 м/с<sup>2</sup>.

Переходные кривые на магистралях устраивают при радиусе кривых 250 м и менее, на ветках и дорогах с незначительным объемом вывозки 100 м и менее (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Длины переходных кривых (м) в зависимости от радиуса кривых и вида дороги

Радиус кривой	15	20	30	50	60	80	100	125	150	200	250
Магистрали	—	25	30	35	40	45	50	55	60	70	50
Ветки и дороги со значительным объемом вывозки	10	15	20	25	25	30	30	—	—	—	—

Расчетное расстояние видимости на автомобильных дорогах определяют из условия возможности остановки автопоезда (автомобиля) после обнаружения препятствия по формуле:

$$S_v = \frac{vt_p}{3,6} + \frac{v^2 k_s}{254(\varphi + \omega \pm i)} + l_0, \quad (1.29)$$

где  $v/3,6$  — путь, проходимый автомобилем за время от обнаружения препятствия до момента ввода в действие тормозов (принимается 1,5 с),  $k_s$  — коэффициент учета неполноты и несвоевременности торможения,  $t_p$  — время реакций водителя,  $v^2/(254(\varphi + f \pm i))$  — тормозной путь автомобиля до полной остановки, м;  $l_0$  — расстояние, на котором автомобиль остановится перед препятствием, м (принимается 5...10 м);  $\varphi$  — коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием;  $f$  — сопротивление движению автомобиля;  $i$  — уклон дороги (подъемы со знаком плюс, спуски со знаком минус). В зависимости (1.29)  $v$  принимается в км/ч.

При  $v$  в м/с расстояние видимости определяется по формуле:

$$S_v = vt_p + \frac{v^2 k_s}{2 \cdot 9,8 \cdot (\varphi + \omega \pm i)} + l_0. \quad (1.30)$$

В нормальных условиях на автомобильных лесовозных магистралях расстояние видимости поверхности дороги принимают не менее 150 м, встречного автомобиля — не менее 300 м, для веток и дорог с небольшим объемом вывозки — соответственно 75 и 150 м. В стесненных условиях принимают значения расчетной видимости.

Руководящие подъемы — наибольшие затяжные подъемы в грузовом направлении, по которым автомобили движутся с постоянными скоростями. В нормальных условиях принимаются равным 0,030, на магистралях III, IV и V категорий, на хозяйственных дорогах — 60. В трудных условиях значение допустимых подъемов увеличивается в соответствии с данными табл. 1.8, 1.9.

Таблица 1.8

Наименьшие расстояния видимости  
на лесовозных автомобильных дорогах

Виды и категории дорог	Расчетные расстояния вывозки, м					
	Основные		На трудных участках местности			
			пересеченной		горной	
	поверхности дороги	встречного автомобиля	поверхности дороги	встречного автомобиля	поверхности дороги	встречного автомобиля
Магистрали категорий						
III	150	300	125	250	75	150
IVA	125	250	100	200	75	150
IVБ	100	200	75	150	50	100
V	75	150	50	100	30	60
Ветки	50	100	30	60	25	50
Усы	30	60	25	50	20	40

Таблица 1.9

Наибольшие продольные уклоны на автомобильных  
лесовозных дорогах

Вид и категория лесовозных дорог	Наибольший продольный уклон, ‰		
	основной	допускаемый в условиях	
		трудных	особо трудных
Магистрали категории I-л, II-л, III-л	30	50	80
Магистрали IV-л категории	40	60	90
Служебные	80	90	100
Ветки и усы с колеиным деревянным покрытием	30	40	50

Наибольшие уклоны в порожнем направлении допускаются при обосновании принимать на 20‰ большими, чем для грузового направления. На затяжных подъемах круче 60‰ через 2—3 км для остановки автомобилей устраивают вставки длиной 50 м с уклоном до 20‰.

На кривых радиусом менее 250 м руководящие подъемы в грузовом направлении уменьшают на 20‰ для дорог с усовершенствованными покрытиями. На правых поворотах двухполосных дорог руководящие подъемы в грузовом направлении 50‰ и более дополнительно уменьшают при радиусах кривой: 40...50 м — на 5‰, 30 м — на 10‰ и 20 м — на 15‰.

Погрузочные пункты на дорогах летнего и зимнего действия располагают на горизонтальных площадках, допускается их размещение на подъемах не круче 20‰ и на спусках не круче 30‰.

На переломах продольного профиля дороги для обеспечения плавности хода, условий видимости поверхности дороги и встречного автомобиля устраивают вертикальные кривые.

Алгебраическая разница уклонов, при превышении которой необходимо устраивать вертикальные кривые, по условиям допустимой перегрузки колес определяется по формуле:

$$\Delta i \leq 254 \cdot p / v^2, \quad (1.31)$$

или

$$\Delta l \leq 2 \cdot 9,8 \cdot p / v^2, \quad (1.32)$$

где  $p$  — допустимые перегрузки колес в долях от статического давления, ( $p = 0,05—0,1$ ; в зависимости (1.31)  $v$  принимается в км/ч, в зависимости (1.32) в м/с).

По условиям обеспечения расчетной видимости на переломах продольного профиля (на выпуклых участках) дороги (рис.1.6)

$$\Delta i \leq h / S, \quad (1.33)$$

где  $h$  — высота глаза водителя над поверхностью дороги, м (для автомобилей ЗИЛ  $h = 1,2$  м, для автомобилей МАЗ и КрАЗ  $h = 2,0$  м);  $S$  — расчетное расстояние видимости поверхности дороги, м.

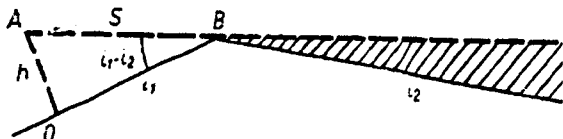
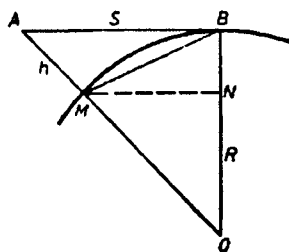


Рис. 1.6. Схема для определения условий устройства вертикальных кривых



Рис. 1.7. Схема для определения радиуса вертикальной кривой по условиям видимости поверхности дороги и расчета элементов вертикальных кривых



Минимальный радиус вертикальной кривой по условиям видимости поверхности дороги (рис. 1.7) определяется по формуле:

$$R = S^2 / 2 \cdot h. \quad (1.34)$$

Обычно предусматривают вертикальные кривые при алгебраической разнице уклонов на магистралях всех категорий более 15 ‰, на ветках и усах — 20 ‰ и более. На магистралях рекомендуют принимать радиусы вертикальных кривых выпуклых — не менее 5000 м, вогнутых — не менее 2000 м, на ветках радиусы вогнутых и выпуклых кривых — не менее 1000 м.

В стесненных условиях радиусы вертикальных кривых принимают с учетом расчетной скорости движения и расстояния видимости (табл. 1.10, 1.11).

Элементы вертикальных кривых, м (рис. 1.8): длину кривой  $K$ , тангенс  $T$ , биссектрису  $B$ , ординаты промежуточных точек ( $y$ ) в зависимости от значений смежных уклонов  $i_1$  и  $i_2$  находят по таблицам [44] или подсчитывают по упрощенным формулам:

$$K = R(i_1 - i_2), \quad (1.35)$$

$$T = R(i_1 - i_2) / 2, \quad (1.36)$$

$$B = T^2 / 2R = K^2 / 8 \cdot R, \quad (1.37)$$

$$y = x^2 / 2R. \quad (1.38)$$

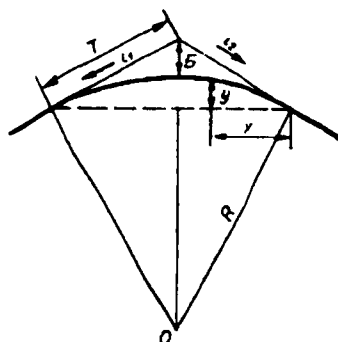
Таблица 1.10

Расчетные скорости движения на автомобильных лесовозных дорогах

Виды и категории дорог	Расчетные скорости движения, км/ч		
	основные	допускаемые в условиях	
		трудных	особо трудных
Магистрали категорий			
I-л	70	60	40
II-л	60	50	40
III-л	50	40	30
IV-л	40	30	20
Ветки, служебные дороги	30	20	15
Усы	20	15	10

**Наименьшие расстояния видимости и радиусы кривых  
в продольном профиле**

Параметры плана и продольного профиля	70	60	50	40	30	25	20	15	10
Расчетное расстояние видимости поверхно- сти дороги встречного автомобиля, м	150	125	100	75	50	40	30	25	20
Наименьшие радиусы кривых в продольном профиле, м	300	250	200	150	100	80	60	50	40
выпуклых при вы- соте глаз водителя над поверхностью дороги, м:									
1,2	5000	4000	2500	1200	600	400	250	150	150
2,0	—	—	2500	1200	600	400	250	150	150
2,5	—	—	2000	1000	500	350	150	150	150
3,0 и более	—	—	1500	800	400	300	150	150	150
вогнутых:									
основные	2000	1500	1200	1000	600	400	250	150	150
допускаемые в трудных условиях	600	300	300	200	100	100	100	100	100



**Рис. 18. Схема элементов верти-  
кальных кривых**

## 1.5. Ограничения скорости движения

На переломах продольного профиля допускаемая скорость движения определяется по формуле:

$$v_{\text{огр}} = \sqrt{\frac{2pg}{\Delta_i}}, \quad (1.39)$$

где  $p$  — допускаемая перегрузка рессор (0,1—0,15);  $\Delta_i$  — алгебраическая разность уклонов.

На вертикальных вогнутых кривых

$$v_{\text{огр}} = \sqrt{Ra}, \quad (1.40)$$

где  $a$  — допускаемое центростремительное ускорение (0,5 м/с).

На конкретных участках дороги ограничения скорости по условиям видимости следует определять с учетом расстояния видимости

$$v_{\text{огр}} = \frac{(\psi + \omega \pm i)}{k_s} \cdot \left[ \sqrt{t_n^2 + \frac{2S_v k_s}{g(\psi + \omega \pm i)}} - t_n \right], \quad (1.41)$$

где  $t_n$  — время реакции водителя;  $S_v$  — расстояние видимости;  $k_s$  — коэффициент учета неполноты и несвоевременности торможения;  $\psi$  — коэффициент торможения — выводится из соотношения:

$$\psi = f_{\text{сц}} (G_1/G), \quad (1.42)$$

где  $f_{\text{сц}}$  — коэффициент сцепления при торможении;  $G_1$  — вес, приходящийся на тормозные оси автопоезда.

При использовании зависимости (1.40) следует иметь в виду, что применять ее нужно лишь при наличии на данном участке ограничений скорости и ни в коем случае не подставлять расчетное расстояние видимости для данной категории дороги, а определять его по формуле (1.40).

Расстояние видимости на переломе продольного профиля определяется по формуле:

$$S_v = h/\Delta_i. \quad (1.43)$$

Если сумма длин элементов на переломе продольного профиля равна определяемой по зависимости (1.42), то видимость обеспечена.

Для вертикальных выпуклых кривых расстояние видимости определяется из выражения

$$S_v = \sqrt{2R_v h - \frac{h^2}{2}} \approx \sqrt{2R_v h}, \quad (1.44)$$

где  $R_v$  — радиус выпуклой вертикальной кривой;  $h$  — превышение глаза водителя над поверхностью дороги.

Зависимости (1.15), (1.17) определяют ограничения скорости движения на горизонтальных кривых по условиям устойчивости движения с учетом величины сцепления колес автомобиля (автопоезда) с дорогой. В условиях закрытой местности (например, в горной местности или при наличии в полосе движения на поворотах деревьев и кустарников) значительно снижается расстояние видимости встречных автомобилей (автопоездов) или поверхности дороги, что сказывается на безопасности движения.

Для обеспечения безопасности движения на кривых в плане (в закрытой местности) необходимо, чтобы водитель, находясь в точке А (рис. 1.9), мог увидеть дорогу или препятствие на ней в точке В, причем расстояние  $AB \geq S_v$ , т. е. установленной расчетной видимости.

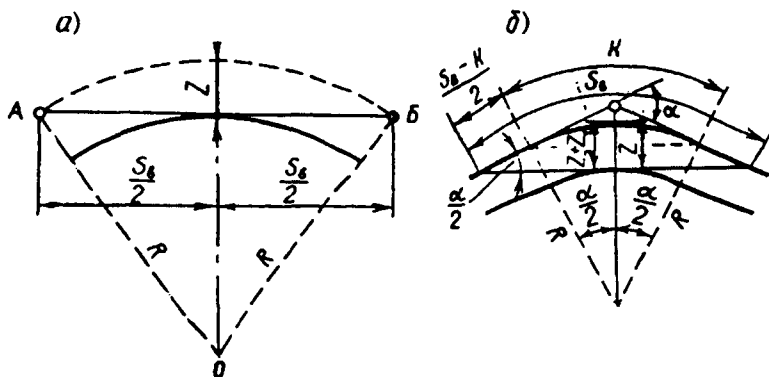


Рис. 1.9. Схемы для определения видимости на горизонтальных кривых

Принимая для упрощения расчетов длину хорды  $AB$  равной расстоянию видимости  $S_v$ , ширину расчистки на середине кривой можно найти из рис. 1.9 соотношения:

$$\frac{S_v^2}{4} = (2R - z)z, \quad (1.45)$$

откуда

$$z = R - \sqrt{R^2 - 0,25S_v^2} \cong \frac{S_v^2}{8R}. \quad (1.46)$$

Если длина кривой меньше расчетного расстояния видимости (см. рис. 1.9), то

$$z = z_1 + z_2, \quad (1.47)$$

$$z_1 = R - R \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (1.48)$$

$$z_2 = \frac{S_v - K}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (1.49)$$

$$z = \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right) + \frac{S_v - K}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (1.50)$$

Если на срезке косогора расчет на требование по обеспечению расчетного расстояния видимости не проведен, то на крутом повороте в закрытой местности, исходя из зависимости (1.45), можно определить фактическое расстояние видимости

$$S_v = \sqrt{8R_v z - 4z^2}, \quad (1.51)$$

где  $z$  — расстояние от бровки покрытия дороги до точки, где закончены срезка откосов выемки или уборка деревьев и кустарников, ограничивающих видимость.

Если длина кривой меньше расстояния видимости, то фактическое расстояние видимости определяется исходя из зависимости по формуле

$$S_v = \frac{z - \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right) \cdot R}{\sin(\alpha/2)}. \quad (1.52)$$

Пересечения автомобильных лесовозных дорог между собой и автомобильными дорогами общего пользования III—V категорий, одностороннее примыкание лесовозных дорог всех видов и категорий выполняют в одном уровне на прямых участках.

В трудных условиях допускается примыкание к внешней стороне кривых радиусом не менее 50 м и к внутренней стороне кривых радиусом не менее 250 м.

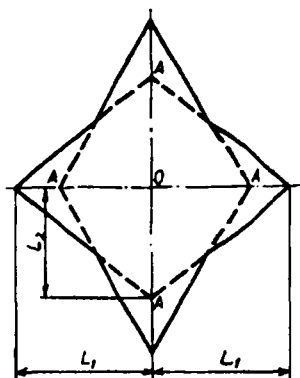
Продольные уклоны на подходах к пересечению или примыканию на участках расчетных расстояний видимости поверхности дороги не должны превышать 40 ‰.

Значения расстояний видимости и радиусов кривых в плане на пересечениях и примыканиях в одном уровне приведены в табл. 1.12.

Таблица 1.12

Ведомость значений расстояний видимости и радиусов, кривых в плане на пересечениях и примыканиях в одном уровне

Показатели видимости и радиусы кривых в плане	Расчетные значения показателей для	
	магистралей I-л...IV-л категорий	веток
Продольная видимость встречного автомобиля ( $L_1, L_2$ — рис. 1.10), м	200	120
То же в стесненных условиях	120	80
Продольная видимость поверхности дороги (OA), м	100	60
То же в стесненных условиях	60	40
Боковая видимость автомобиля (поезда) на перекрестках (OA), м	50	50
То же в стесненных условиях	20	20
Видимость машинистом переезда, м:		
на соединительных путях	200	200
у погрузочно-разгрузочных фронтов	100	100
Радиусы кривых на пересечениях и примыканиях по оси дороги, м, при движении:		
автопоездов (в том числе при вывозке хлыстов)	30	30
одиночных автомобилей	15	15



Все точки соединений, проходящие над лесовозной дорогой, должны возвышаться над поверхностью проезжей части не менее чем на 5 м.

Рис. 1.10. Схема обеспечения видимости на пересечениях и примыканиях

## 1.6. Кинематика движения автопоезда

Для обеспечения безопасности движения на кривых участках дорог производят уширение проезжей части.

Для определения уширения на кривой при движении одиночных автомобилей рассмотрим треугольник  $OMN$  (рис. 1.11).

$$L^2 = R^2 - (R - e_1)^2 = 2Re - e^2. \quad (1.53)$$

Величиной  $e^2$  в сравнении с  $Rl_1$  можно пренебречь, тогда

$$e = L^2 / 2 \cdot R, \quad (1.54)$$

где  $L$  — расстояние между задней осью или центром заднего моста и передним бампером автомобиля, м;  $R$  — радиус горизонтальной кривой, м.

В связи с возможными отклонениями движения автомобиля от средней траектории к величине  $e$  следует прибавить величину уширения, которое зависит от скорости движения

$$e_1 = L^2 / 2 \cdot R + 0,18 \cdot v / \sqrt{R} \quad (1.55)$$

или

$$e_1 = L^2 / 2 \cdot R + 0,05 \cdot \sqrt{R}, \quad (1.56)$$

где в зависимости (1.55)  $v$  принимается в км/ч, в зависимости (1.56) — в м/с.

При расчете необходимой величины уширения для двухполосных дорог величина  $e_1$  удваивается.

При движении автомобиля с роспуском при жестком соединении дышла прицепа с его осью, что имеет место при вывозке сортиментов, величину уширения можно определить исходя из построения на рис. 1.12, 1.13, где введены следующие обозначения:

$R_1$  — радиус поворота середины задней оси двухосного автомобиля или середины оси балансирных рессор трехосного автомобиля, м;

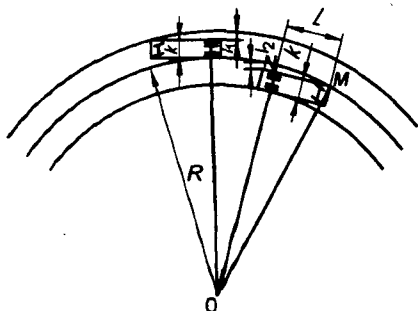


Рис. 1.11. Схема для определения уширения проезжей части на кривой при движении одиночного автомобиля

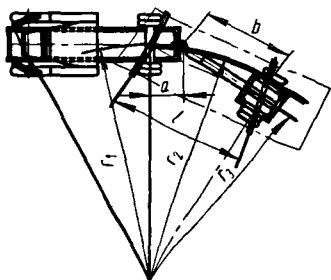


Рис. 1.12. Схема поворота автомобиля с одноосным роспуском (прямая сцепка)

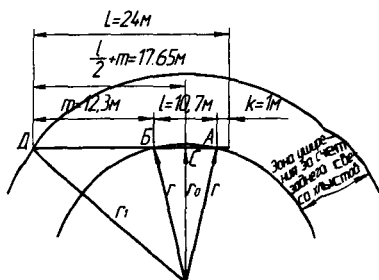


Рис. 1.13. Схема для определения величины уширения проезжей части

$r_1$  — радиус поворота вершин хлыстов;  $r$  — радиус поворота колес автопоезда;  $l$  — расстояние между кониками тягача и роспуска;  $r_0$  — радиус поворота точки  $c$  (половина расстояния между кониками);  $L$  — длина хлыста, м;  $k$  — свес комлей хлыстов за коники автомобиля, м

$R_2$  — радиус поворота центра шкворня буксирного прибора автомобиля, м;

$R_3$  — радиус поворота середины оси одноосного прицепа, или оси балансиров двухосного роспуска, м;

$a$  — расстояние от задней оси автомобиля до буксирного прибора, м;

$l$  — расстояние между кониками автомобиля и коника, м;

$b$  — расстояние от прицепной серьги дышла до оси одноосного прицепа или оси балансиров двухосного роспуска.

$$R_2 = \sqrt{R_1^2 + a^2}; \quad (1.57)$$

$$R_3 = \sqrt{R_1^2 + a^2 - b^2}; \quad (1.58)$$

$$e_1 = \sqrt{R_1^2 + a^2 - b^2 - R_1^2}. \quad (1.59)$$

Таким образом, величина радиуса поворота задней оси прицепа  $R_3$  зависит от соотношения расстояния  $a$  от задней оси автомобиля до буксирного прибора, длины  $b$  дышла прицепа и величины радиуса поворота задней оси автомобиля. При этом, если  $a < b$ , то  $R_3 < R_1$ ; если  $a = b$ , то  $R_3 = R_1$ ; если  $a > b$ , то  $R_3 > R_1$ .

Уширение дороги, при движении автомобиля с роспуском при жестком соединении дышла с его осью, равно уширению на прицеп при движении одиночного автомобиля и величине смещения



оси балансиров роспуска относительно задней оси движущегося автомобиля или середины оси балансиров рессор трехосного прицепа.

$$e = e_1 + e_2. \quad (1.60)$$

При транспортировке сортиментов на автомобиле и прицепе (двухосном, трехосном, четырехосном) задние оси прицепа сдвигаются относительно передних. Эта величина ( $e_n$ ) определяется

$$e_n = L_n^2 / 2 \cdot R_3 + 0,18 \cdot \sqrt{R_3}, \quad (1.61)$$

где  $L_n$  — расстояние от точки крепления прицепных приборов до задней оси двухосного прицепа, или оси балансиров задней тележки, м.

В общем случае на однополосной магистрали при движении автопоездов с прицепами, соединенными с автомобилем жесткой сцепкой

$$y = e_n + e_1 + e_2, \quad (1.62)$$

где  $e_n$  — смещение задних осей прицепа относительно передних;  $e_2$  — смещение середины оси балансиров роспуска относительно задней оси двухосного автомобиля или середины оси балансиров рессор трехосного автомобиля.

На двухполосной магистрали величина  $y$  должна удваиваться.

При транспортировке деревьев и хлыстов для оптимальной загрузки автомобиля и роспуска необходимо увеличивать расстояние между кониками до величины 12—15 м. С увеличением этого расстояния резко увеличивается смещение роспуска, что при небольших радиусах кривых затрудняет эксплуатацию автопоездов. В этих случаях применяют крестообразную сцепку, которая обеспечивает движение колес роспуска по колее автомобиля. Однако из-за большого свеса хлыстов за коник роспуска хлысты выходят за пределы кривой, а на правых поворотах их вершины заходят на встречную (порожняковую) полосу движения.

Величину уширения проезжей части дороги на правых поворотах можно определить исходя из построений, приведенных на рис. 1.13.

$$r_1 = \sqrt{r_0^2 + \left(\frac{l}{2} + m\right)^2} = \sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4} + \left(\frac{l}{2} + m\right)^2}. \quad (1.63)$$

# Уширение коридора

$$r_1 - r = \sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4} + \left(\frac{l}{2} + m\right)^2} - r. \quad (1.64)$$

В таблице 1.13 приведены уширения проезжей части двух полосных дорог на кривых с учетом длин хлыстов.

Таблица 1.13

## Уширение проезжей части двух полосных дорог на кривых участках

Радиус кривой в плане, м	Уширение проезжей части двух полосных дорог			
	При вывозке хлыстов длиной, м			При вывозке сортиментов и на служебных дорогах
	до 20,0	20,0...25,0	25,0...30,0	
15	—	—	—	4,3
20	—	—	—	3,2
30	—	—	—	2,2
40	—	—	—	1,9
50	1,7	1,9	2,2	1,6
75	1,2	1,5	1,7	1,3
100	1,0/1,7	1,1/2,3	1,3/3,0	1,0
150	0,8/1,3	0,9/1,7	1,0/2,1	0,9
250	0,6/0,9	0,7/1,1	0,7/1,4	0,7
300	0,6/0,8	0,6/1,0	0,7/1,2	0,6
400	0,5/0,7	0,5/0,8	0,5/1,0	0,5
500	0,4/0,6	0,5/0,7	0,5/0,8	0,5
600	0,4/0,5	0,4/0,6	0,5/0,7	0,4
700	0,3/0,5	0,3/0,6	0,4/0,7	0,3
800	0,3/0,4	0,3/0,5	0,4/0,6	—
1000	—/0,3	—/0,4	0,3/0,5	—

## 2. ЛЕСОВОЗНЫЕ АВТОПОЕЗДА

Состав лесовозного автопоезда определяется технологическим процессом, применяемым на предприятии. Для вывозки хлыстов и деревьев применяются в основном автопоезда, состоящие из тягача и прицепа-ропуска. Эти автопоезда для обеспечения самопогрузки оборудуют гидроманипуляторами.

К грузовому подвижному составу на лесовозном автотранспорте относятся автомобили, прицепы, прицепы-ропуски, полу-прицепы, кузова.

Автопоезд представляет собой транспортное средство, состоящее из автомобиля и прицепного состава.

Прицеп — транспортное средство, у которого собственная масса и масса груза передаются на дорогу через свои колеса.

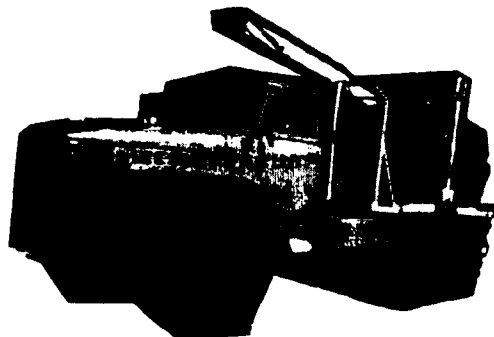
Роспуск — разновидность прицепа, его иногда называют прицепом-ропуском. У роспуска собственная масса передается на дорогу через свои колеса, а масса груза — через свои колеса и колеса тягача. Роспуск соединяется с тягачом дышлом. В конструкции роспуска предусмотрена возможность изменения длины дышла для перевозки груза различной длины, а также складывания дышла для перевозки роспуска на автомобиле при движении лесовозного автопоезда в порожнем направлении. Это позволяет на 10—15 % увеличить скорости движения лесовозного автопоезда в порожнем направлении, так как исключается «виляние» прицепа-ропуски и повышается маневренность автопоезда на лесосеке.

Полуприцеп — транспортное средство, у которого собственная масса и масса груза передаются на дорогу через свои колеса и колеса тягача. Полуприцеп соединяется с тягачом седельным сцепным устройством.

Прицепы, роспуски и полуприцепы могут быть одно-, двух- и трехосные.

## **2.1. Тяговые машины для вывозки хлыстов и сортиментов**

Автомобили-тягачи предназначены для работы с прицепами, прицепами-ропусками и полуприцепами. Они подразделяются на седельные автомобили-тягачи для работы с полуприцепами и автомобили-тягачи для работы с прицепами и прицепами-ропусками.



**Рис. 2.1. Лесовозный автопоезд на базе автомобиля УРАЛ-4320 с погруженным на автомобиль прицепом-ропуском**



**Рис. 2.2. Лесовозный автопоезд на базе автомобиля МАЗ-5432 (4×4) в процессе погрузки прицепа-ропуски на автомобиль**

Эксплуатация автопоездов, в том числе специализированных, показывает следующие их преимущества перед одиночными автомобилями:

1) наиболее полное использование имеющегося запаса мощности двигателей автомобилей;

2) повышение производительности (несмотря на снижение средней технической скорости их движения на 15—20%) в 1,5 раза и более;

3) снижение расхода топлива на тонну перевозимого груза (или тонно-километр) на 20—30 %;

4) снижение себестоимости перевозок на 20—30 % в зависимости от расстояния перевозок (при перевозке на большие расстояния удельные затраты на погрузочно-разгрузочные работы снижаются);

5) снижение стоимости автотранспортных средств, так как стоимость прицепного состава значительно ниже, чем стоимость автомобилей, соответствующих им по грузоподъемности;

6) меньшие капиталовложения в строительство зон хранения подвижного состава;

7) сокращение удельных затрат (на единицу грузоподъемности) на техническое обслуживание и ремонт.

При транспортировке деревьев и хлыстов используются в основном лесовозные автопоезда, состоящие из базового автомобиля, тягача и прицепа-ропуски (рис. 2.3, а).

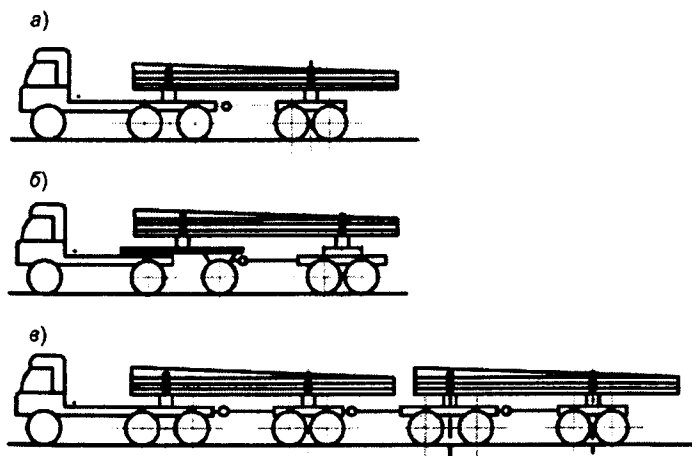


Рис. 2.3. Схемы лесовозных автопоездов для вывозки хлыстов и деревьев

Для повышения рейсовой нагрузки в состав лесовозного автопоезда могут быть включены полуприцеп или еще два роспуска (см. рис. 2.36, в), образующие длиннобазный прицеп. Последняя схема получила название «двухкомплектный лесовозный автопоезд». Для работы автопоездов, сформированных по этим схемам, требуются дорожные условия, обеспечивающие их устойчивую и безопасную работу.

Для вывозки или транспортировки леса потребителям в сортаментах могут быть использованы следующие схемы (см. рис. 2.4):

1. Автопоезд сформирован из лесовозного тягача и роспуска. Манипулятор расположен за кабиной автомобиля (см. рис. 2.4, а). Перевозка короткомерных сортиментов может быть обеспечена при установке на коники автомобиля и роспуска специального контейнера с кониками.

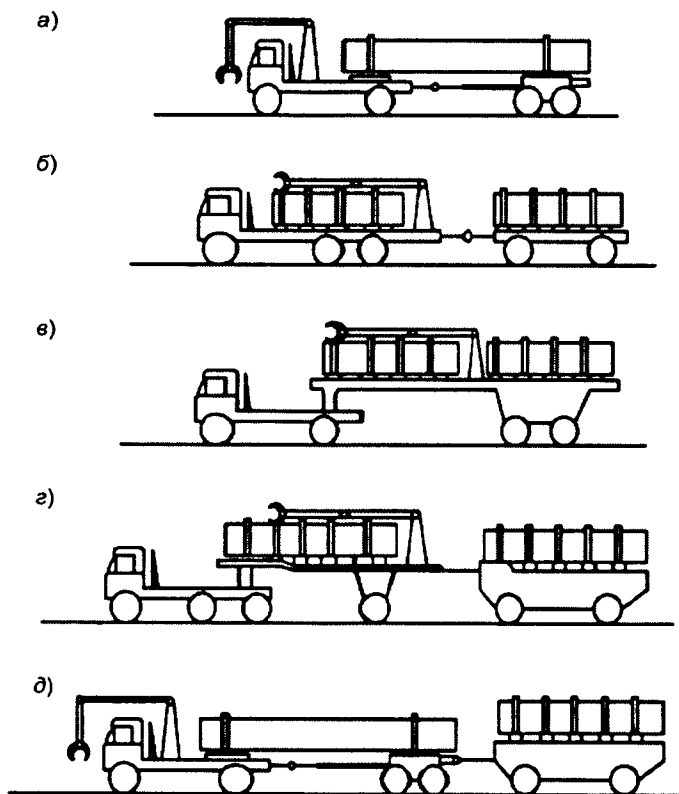


Рис. 2.4. Схемы автопоездов

2. Автопоезд из длиннорамного автомобиля и двухосного, трехосного (рис. 2.5) или четырехосного прицепа, манипулятор устанавливается в задней части автомобиля (см. рис. 2.4, б). Эта схема автопоезда является наиболее целесообразной для перевозки сортиментов. Такой автопоезд имеет наименьшую собственную массу. После погрузки сортиментов манипулятор может быть легко снят без применения посторонних грузоподъемных средств. Такая схема получила наибольшее распространение для перевозки сортиментов за рубежом и в России.

3. Третий тип автопоезда для транспортировки сортиментов (см. рис. 2.4, в), состоящий из седельного тягача и двух или трехосного полуприцепа, применяется в меньших масштабах.

4. Автопоезд четвертого типа (см. рис. 2.4, г) состоит из седельного тягача, одноосного полуприцепа и двухосного прицепа. Манипулятор устанавливается в задней части полуприцепа и после погрузки может быть легко снят. В этом случае на автопоезд могут грузиться две пачки сортиментов длиной до 6,5 м. Однако при этом увеличивается до 12 % собственная масса автопоезда и на столько же снижается его грузоподъемность.

5. Автопоезд пятого типа (см. рис. 2.4, д) состоит из лесовозного тягача, роспуска и двухосного прицепа, манипулятор размещается за кабиной тягача. Перевозка короткомерных сортиментов на автомобиле и роспуске также может быть обеспечена при установке на коники тягача и роспуска специального контейнера с кониками.

Каждый из перечисленных типов автопоездов имеет помимо преимуществ и характерные недостатки.

В настоящее время достаточно широкое применение нашли автопоезда для транспортировки хлыстов и сортиментов первых двух типов.

Автопоезд, состоящий из тягача и прицепа-роспуска, обладает при прочих равных условиях хорошей проходимостью на временных лесовозных дорогах (усах), но имеет сравнительно низкую грузоподъемность, так как транспортирует только одну пачку длиной 5,5—6,5 м.

Недостатком автопоезда третьего типа является невозможность снятия манипулятора без использования грузоподъемных средств.

Автопоезда четвертого и пятого типов (см. рис. 2.4, г, д) многозвенные, поэтому затруднено их маневрирование на лесосеке и движение задним ходом. В связи с этим подобные автопоезда не нашли практического применения. Кроме того, у автопоездов пятого типа затруднена погрузка прицепа.

Лесовозный автопоезд с четырехосным прицепом может транспортировать (см. рис. 2.6) три пачки сортиментов длиной 6,0—6,5 м.

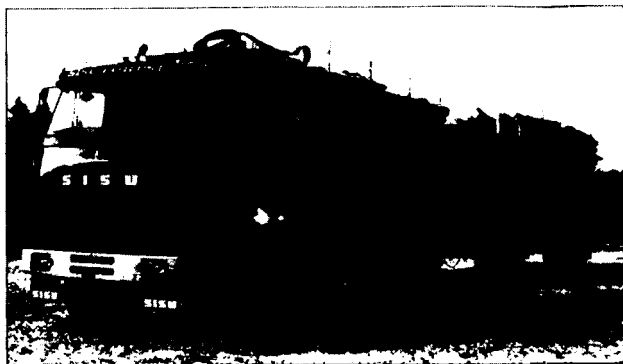


Рис. 2.5. Автопоезд с трехосным прицепом

Для облегчения погрузки задняя часть платформы прицепа с использованием гидравлического устройства перед погрузкой перемещается ближе к манипулятору, затем, после загрузки одной пачки, устанавливается на место. После этого загружается вторая пачка и укладывается в передней части прицепа. Это позволяет использовать при загрузке прицепа гидроманипуляторы с вылетом 7,0—7,5 м вместо более тяжелых и дорогих с вылетом 11,0—11,5 м.



Рис. 2.6. Автопоезд с четырехосным прицепом

Автопоезда третьего типа, состоящие из седельного тягача и двух или трехосного полуприцепа, ввиду значительной трудоемкости установки и снятия манипулятора эксплуатируются, как правило, без него. При этом загрузка автопоезда производится манипулятором, установленным на другом автомобиле или автопоезде.



## 2.2. Предельные допустимые параметры автомобилей и автопоездов и технические характеристики автопоездов

Возможность эксплуатации автомобильного подвижного состава на дорогах общего пользования России определяется предельно допустимыми параметрами размеров и масс автомобилей и автопоездов.

В зависимости от весовых параметров (осевых нагрузок и полной массы) автомобили и автопоезда (кроме одноосных тягачей, являющихся дорожно-строительными машинами) подразделяются на две группы:

– группа А — автомобили и автопоезда, предназначенные для эксплуатации на автомобильных дорогах I и II категорий общей сети дорог РФ, имеющих усовершенствованные капитальные покрытия, а также на автомобильных дорогах других категорий и городских дорогах, проезжая часть которых рассчитана на осевую нагрузку автомобилей этой группы;

– группа Б — автомобили и автопоезда, предназначенные для эксплуатации на всех автомобильных дорогах общей сети РФ.

Весовые параметры автомобилей и автопоездов не должны превышать величин, указанных в табл. 2.1.

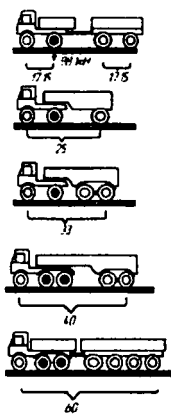
Среднее давление колеса на дорогу с твердым покрытием в контакте (по контуру отпечатка) должно быть не более: для автотранспортных средств группы А — 589 кПа и группы Б — 491 кПа.

Таблица 2.1

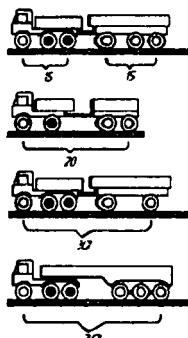
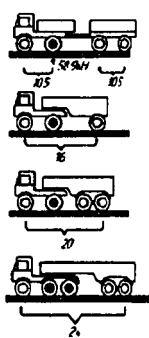
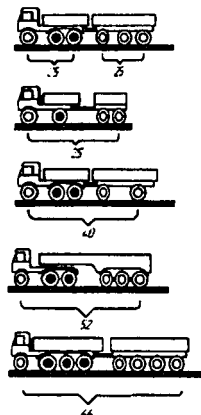
Весовые параметры автомобилей и автопоездов

Весовые параметры	Группа автомобилей и автопоездов, кН	
	А	Б
Расстояние между смежными осями, м:		
2,5* и более	98,1	58,9
свыше 1,39 до 2,5	88,3**	54,0
свыше 1,25 до 1,39	78,5	49,1***
от 1 до 1,25	68,7	44,2
* Для полуприцепов—контейнеровозов допускается расстояние 2 м.		
** Допускается увеличение до 93,2 кН на ось при осевой нагрузке, приходящейся на сближенную с ней ось, не более 58,9 кН.		
*** Для автотранспортных средств, техническое проектирование которых завершено до 01.10.1975 г., допускается 54 кН.		

**Група А**



**Группа Б**

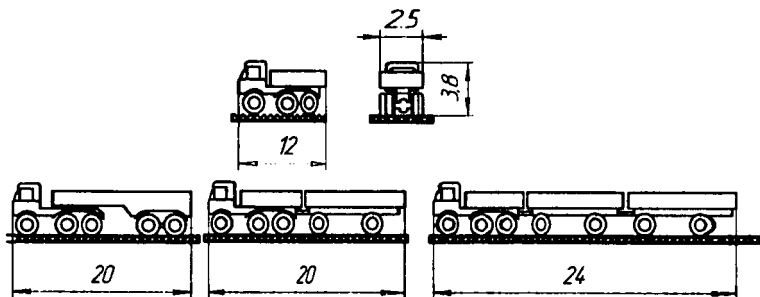


**Рис. 2.7. Предельные полные массы, т, и осевые нагрузки, кН, автомобилей и автопоездов**

Для автобусов при заполнении всех мест для сидения и проезда стоя допускается увеличение осевой нагрузки по группе *A* — до 112,8 кН и до 68,7 кН по группе *B*; для автомобилей-самосвалов, выпущенных на базе двухосных автомобилей группы *B* — до 63,8 кН.

Максимальный поперечный габарит автопоезда или автомобиля принимается в виде прямоугольника шириной 2,5 м и высотой 3,8 м, причем в этот габарит должно полностью вписаться все оборудование. Допускается лишь выход за габариты боковым зеркалам заднего вида при постановке их на откидные кронштейны.

Полная длина автомобиля с любым числом осей не должна превышать 12 м; автопоезда в составе тягача с полуприцепом или автомобиля с одним двухосным или трехосным прицепом — 20 м; с двумя двухосными или одним четырехосным прицепом — 24 м (рис. 2.8). Максимальный свес вершин хлыстов за габариты коника — не более 2 м.



**Рис. 2.8. Габаритные размеры автомобилей и автопоездов (м)**

Указанные ограничения по длине автопоезда не распространяются на процесс буксования автомобилей.

Ограничения по длине автопоездов, поперечным расстояниям или габаритам и нагрузке на ось не распространяется на автопоезда, эксплуатирующиеся на дорогах внутрипроизводственного назначения, к которым относятся и лесовозные дороги.

В соответствии с Правилами технической эксплуатации лесовозных автомобильных дорог габариты автопоездов по конику могут быть увеличены до 3,2 м, а по высоте до 4,0 м. Свес вершин хлыстов допускается не более 8 м. По согласованию с ГИБДД на этих дорогах допускается и увеличение общей длины лесовозного автопоезда.

### 2.3. Показатели функционирования лесовозных автопоездов

На лесовозных дорогах предельно допустимое значение массы автопоезда определяется из условия его равномерного движения на руководящем подъеме на второй передаче КПП.

В этом случае баланс сил, действующих на автопоезд, можно представить в следующем виде:

$$F = wG + i_p G. \quad (2.1)$$

В уравнении (2.1) отсутствует влияние воздушной среды, так как при движении на второй передаче оно имеет незначительную величину, которой можно пренебречь. Величина  $F$  принимается соответствующей тяговому усилию на 2-й передаче (при оборотах двигателя, соответствующих максимальному крутящему моменту).

$$G = \frac{F}{w + i_p}. \quad (2.2)$$

Полученное значение  $G$  необходимо проверить по условию непревышения номинальной (паспортной) грузоподъемности:

$$G \leq G_a + G_{np} + Q_a + Q_n, \quad (2.3)$$

где  $G_a$  — масса автомобиля, кг;  $Q_a$  — масса груза, перевозимого на автомобиле; кг;  $G_{np}$  — масса прицепа, кг;  $Q_{np}$  — масса груза, перевозимого на прицепном составе, кг.

По условиям трогания с места:

$$G \leq \frac{F_k}{\alpha G + wG + i_{np}G + \frac{j\delta}{9,81}G}, \quad (2.4)$$

где  $j$  — начальное ускорение при трогании с места (0,3 м/с);  $i_{np}$  — предельно допустимая величина подъема на погрузочном пункте (0,08);  $\alpha$  — дополнительное сопротивление при трогании с места (0,05);  $w$  — сопротивление движению.

Наибольшая грузоподъемность автопоезда не должна превышать разности между суммарной грузоподъемностью шин автопоезда и снаряженным весом автомобиля и прицепного состава.

Допускаемые нагрузки на автомобиль с роспуском или полуприцепом-роспуском и распределение веса поезда по осям определяются расчетом (см. рис. 2.7) или взвешиванием.

Распределение полезной нагрузки между кониками и развески по осям для некоторых автопоездов приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Распределение полезной нагрузки между кониками

Состав автопоезда*	Нагрузка на коники, тс			Нагрузка на оси, тс (с грузом)		
	автопоезда $G_{np}$	автомобиля	роспуска $G^p_{np}$	переднюю автомобиля А	заднюю автомобиля В**	роспуска В**
ЗИЛ-131Л + ТМЗ-802	9,5	3,5	6,0	3,4	7,2	8,2
МАЗ-509 + ТМЗ-803	16,0	5,5	10,5	4,95	9,5	14,8
МАЗ-509А + ТМЗ-803	16,5	6,0	10,5	4,985	9,965	14,8
КрАЗ-255Л + ТМЗ-803	23,0	8,0	15,0	5,76	14,63	19,4
КрАЗ-260Л + 2-Р-20	28,0	9,0	19,0	6,27	16,48	24,1
КамАЗ-5320	15,0	7,0	8,0	4,26	11,2	10,5
* Обозначение состава автопоезда показано в виде марок автомобиля и прицепов, соединенных знаком плюс. ** Для трехосных автомобилей и двухосных прицепов-роспусков приведены суммарные нагрузки на две оси тележки.						

Предельное соотношение между нагрузкой на коник автомобиля и коник роспуска 1 : 2, так как при дальнейшем увеличении нагрузки на коник роспуска вершины хлыстов входят в контакт с поверхностью дороги и разрушают покрытие.

Необходимое распределение нагрузки между кониками автопоезда достигается за счет изменения расстояния между ними путем регулировки длины дышла и тросов сцепки.

При транспортировке хлыстов и деревьев расстояние между кониками  $l$  при нормальном распределении нагрузки на них определяется по формуле:

$$l = \frac{G_{гр}}{G_{гр}^p} (C - K), \quad (2.5)$$

где  $C$  — расстояние от комля до центра тяжести хлыстов;  $K$  — средняя величина свеса хлыстов перед коником автомобиля, равная 1 м.

Остальные обозначения, принятые в этой формуле, соответствуют табл. 2.2. и рис. 2.9.

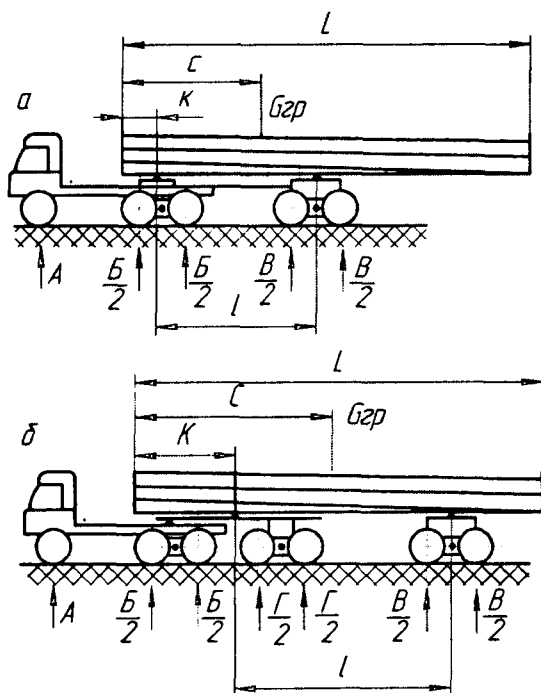


Рис. 2.9. Схемы лесовозных автопоездов:

а — тягача с роспуском; б — тягача с полуприцепом-роспуском

Величина  $C$  для деревьев в среднем составляет  $0,37L$ , для хлыстов —  $0,33L$  и для сортиментов —  $0,5L$  (разнокомелица).

Расстояние между кониками автопоездов

Состав автопоезда	$G_p/G_{p_r}$	Расстояние между кониками автомобиля и роспуска $l$ при длине груза, м						
		6,5	8,5	18	21	24	27	30
ЗИЛ-131Л + ТМЗ-802	1,58	3,6	5,1	7,9	9,5	11,0	12,6	14,2
МАЗ-509 + ТМЗ-803	1,55	3,5	5,0	7,8	9,3	10,8	12,4	14,0
МАЗ-509А + ТМЗ-803	1,57	3,5	5,1	7,9	9,4	10,9	12,5	14,1
Урал-375 + ТМЗ-803	1,5	3,4	4,9	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5
КрАЗ-255Л + ТМЗ-803	1,53	3,5	5,0	7,7	9,2	10,7	12,2	13,8
КрАЗ-260Л + 2-Р-20	1,47	3,3	4,8	7,4	8,8	12,6	11,7	13,2
КамАЗ-5320	1,87	4,1	6,0	9,4	11,2	13,1	15,0	16,8

Минимальное расстояние между автомобилем и роспуском определяется их конструкцией. Для размещения хлыстов на автопоезде необходимо обеспечить определенные площади в габаритах стоек.

На рис. 2.10 приведен график удельных площадей коников и габаритов стоек, необходимых для размещения  $1 \text{ м}^3$  хлыстов в зависимости от их среднего объема (результаты исследования лаборатории автомобильного транспорта ЦНИИМЭ). Из графика следует, что с увеличением среднего объема хлыста удельные площади коника резко уменьшаются. Аналогичная картина наблюдается и у роспуска, но там уменьшение удельных площадей ниже. Удельные площади коника автомобиля в 1,5—2 раза больше удельных площадей роспуска.

На основании приведенного графика можно определить площади поперечных сечений коников автомобиля и роспуска в габаритах стоек.

Однако при одинаковом среднем объеме хлыстов (деревьев), но различной их высоте диаметры хлыстов (деревьев) и площади их поперечного сечения отличаются в значительной степени (до 2 раз).

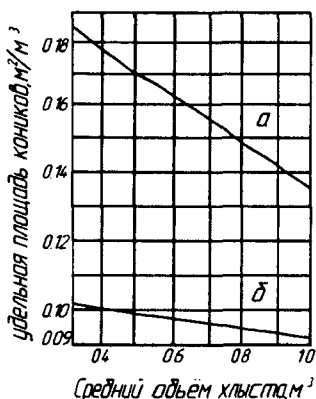


Рис. 2.10. Зависимость удельной площади коников от среднего объема хлыста:

а — для коников тягача; б — для коников роспуска

Объем хлыстов (деревьев), который можно уместить в 1 м<sup>2</sup> коника, можно определить по формуле:

$$Q = \frac{k_n L q_x}{\pi D^2}. \quad (2.6)$$

Площадь коника для погрузки

$$v_k = \frac{\Gamma \pi D^2}{C b_n 4 q_x}, \quad (2.7)$$

где  $k_n$  — коэффициент полнодревесности;  $D$  — диаметр хлыста (дерева), м;  $\Gamma$  — грузоподъемность автопоезда, т;  $C$  — плотность древесины, г/см<sup>3</sup>,  $q_x$  — средний объем хлыста.

**Пример 1.** Определить площадь коника, необходимую для обеспечения полной грузоподъемности автопоезда КрАЗ-6437+ГКБ-9362 01 при расчетной нагрузке на коники автомобиля 14,5 т, на коники прицепа — 15 т, при транспортировке хлыстов со средним объемом 0,5 м<sup>3</sup> соответственно: первого разряда высот (диаметр 0,22 м) и пятого разряда высот (диаметр 0,31 м).

Для первого варианта

$$v_k = \frac{29,5 \cdot 3,14 \cdot 0,22^2}{0,8 \cdot 0,6 \cdot 4 \cdot 0,5} = 4,67.$$

Для второго варианта

$$v_k = \frac{29,5 \cdot 3,14 \cdot 0,312^2}{0,8 \cdot 0,6 \cdot 4 \cdot 0,5} = 9,39.$$

На рис. 2.11. приведены зависимости для определения удельной площади коников автомобиля для насаждений различных разрядов (от 1а до 5а) в зависимости от средних объемов хлыста.

Соотношение между длиной коника и высотой стоек устанавливают с учетом следующих соображений. Длина коника определяется предельным габаритом ширины, который для дорог общего пользования равен 2,5 м. Для лесовозных дорог он устанавливается в пределах 3,0—3,2 м и при необходимости может быть увеличен, однако это потребует уширения двухпутных дорог. Стойки с нижним шарниром принимают такой длины, чтобы они при открывании не доставали до земли. Это правило можно не соблюдать в случае применения выпадающих стоек с верхним креплением, а также в случае, если стойки падают на эстакаду. При определении предельной высоты стоек следует учитывать, что угол поперечной статической устойчивости должен быть не менее 25°.

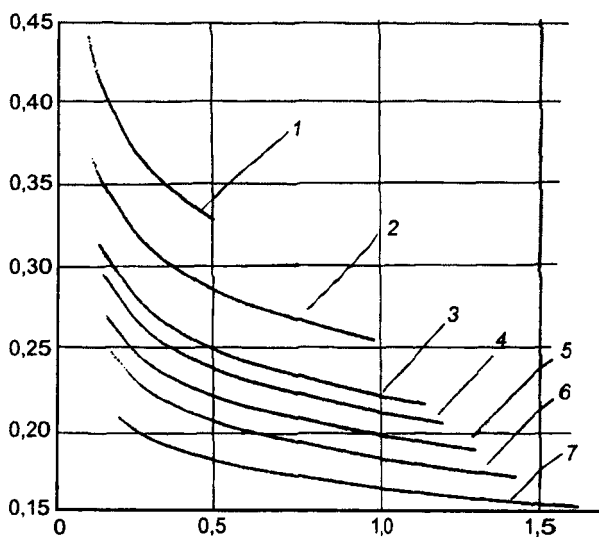


Рис. 2.11. Зависимости для определения удельной площади коников автомобиля

С увеличением отношения  $G_{гр}/G_{гр}^р$  возрастает расстояние между кониками, а, следовательно, и длина дышла и крестообразной сцепки, что ухудшает управляемость роспуском. Оптимальное отношение грузоподъемностей роспуска и тягача лежит в интервале 1,7—2,1 и выходить за эти пределы нежелательно по соображениям управляемости (нижняя граница) и возможного контакта хлыстов с дорогой (верхняя граница).

При транспортировке сортиментов их в кузове автомобиля, прицепа или полуприцепа укладывают вразнокомелицу, ввиду чего и высота всех стоек одинакова.

Для определения объемов сортиментов измеряют длину сортиментов и габариты погрузки (ширину и высоту).

Объем сортиментов, погруженных в кузов автомобиля, прицеп или полуприцеп, определяют по формуле:

$$Q = lHk_y Bk_{\pi}, \quad (2.8)$$

где  $l$  — длина сортимента, м;  $B$  — ширина кузова (расстояние между стойками);  $H$  — высота погрузки, м;  $k_y$  — коэффициент усадки при транспортировке (у отправителя величину  $H$  умножают на  $k_y$ , у получателя не учитывают).

Коэффициент полнотранспортировки принимают в соответствии с данными табл. 2.4.



## Коэффициент полндревесности

Порода, сортимент	Диапазон толщин, см	Длина, м	Коэффициенты полндревесности
			вагоны без шап- ки, автомобили
1. Хвойные породы			
1.1. Балансы и руддолготье	6—18	2,1—2,9	0,64
		3,0—3,9	0,64
		4,0—5,5	0,59
		5,6—6,5	0,57
1.2. Балансы 4 сорта	6—40	2,1—2,9	0,60
		3,0—3,9	0,60
		4,0—5,5	0,56
		5,6—6,5	0,53
1.3. Руддолготье и подтоварник	7—11 и 6—13	4,0—6,5	0,56
1.4. Рудстойка, руддолготье и балансы	7—24	4,0—6,5	0,60
	12—16	4,0—6,5	0,63
	18—24	3,0—3,9	0,69
		4,0—6,6	0,66
1.5. Рудстойка, балансы, руддолготье, пиловочник, строительные бревна	14—24	2,1—2,9	0,68
		3,0—3,9	0,68
		4,0—5,5	0,63
		5,6—6,5	0,60
1.6. Бревна для столбов	14—24	6,5—8,5	0,67
1.7. Пиловочник, балансы	14	4,0—5,5	0,66
	и более	5,6—6,5	0,62
1.8. Судостроительный кряж, гидростроительное бревно	22—34	6,5—8,5	0,69
2. Лиственные породы			
2.1. Балансы, строительные бревна	8—24	4,0—6,5	0,52
	12—24	4,0—5,5	0,60
		5,6—6,5	0,58
2.2. Балансы 4 сорта	6—40	2,1—2,9	0,59
		3,0—3,9	0,59
		4,0—5,5	0,56
		5,6—6,5	0,54
2.3. Пиловочник	14	3,0—3,9	0,64
	и более	4,0—5,5	0,59
		5,6—6,5	0,58
2.4. Фанерный, лыжный и спичечный кряжи	14 и более	до 2	0,70
		2,1—2,9	0,67
		3,0—3,9	0,66
		4,0—5,5	0,63
		5,6—6,5	0,60
3. Дрова и древесное сырье всех пород		2,1—3,9	0,59
		4,0—6,5	0,57

Для бревен грубой окорки коэффициенты, приведенные в таблице 2.4, увеличивают на 0,04, а для бревен чистой окорки на 0,06.

Если в вагон (штабель) погружено до 30 % лесоматериалов без коры, применяют переводной коэффициент «в коре». При наличии в вагоне (штабеле) лесоматериалов без коры более 30 % применяют переводной коэффициент, средневзвешенный между коэффициентами «в коре» и «без коры» в соответствии с процентным содержанием. Процентное содержание лесоматериалов по степени окоренности устанавливают при определении качества лесоматериалов.

При транспортировке балансов и дров приемка у получателя производится геометрическим замером. Пиловочник и другие ценные сортименты принимаются поштучно, путем замера диаметра сортимента в верхнем отрубе и определения объема по таблицам (ГОСТ 2708—75).

Разработанные в настоящее время закономерности и взаимосвязи позволяют установить измерители тягово-скоростных свойств, которые наиболее показательны для оценки скорости движения транспортного средства. Такими измерителями являются: характеристика скоростей движения на типичных дорожных подъемах; удельная мощность автомобиля или автопоезда; максимальная скорость движения в типичных условиях. Скорость движения транспортного средства зависит и от других элементов конструкции, не имеющих отношения к указанным свойствам. Она зависит от особенностей конструкции, которые определяют безопасность движения, как то: эффективность действия тормозов, параметров, определяющих устойчивость и управляемость автомобиля.

Для обеспечения безопасности движения на конкретных участках дороги определяющее значение имеют элементы дороги и их сочетание. К этим элементам относятся продольные уклоны дороги, радиусы вертикальных кривых, обуславливающие расстояние видимости и соответствующие ограничения скорости, радиусы горизонтальных кривых, обуславливающие ограничения скорости по условиям недопущения бокового скольжения автомобиля (автопоезда) и поперечной устойчивости на поворотах и др.

Удельная мощность — это мощность двигателя  $N_{дв}$ , приходящаяся на тонну полной массы автомобиля или автопоезда. Она определяется по формуле:

$$N_{уд} = N_{дв} / G_A. \quad (2.9)$$

Удельная мощность используется в качестве измерителя тягово-скоростных свойств автомобиля или автопоезда. Этот измеритель особенно показателен при сравнении между собой разных автомобилей и автопоездов как участников общего транспортного потока. Разные типы и группы автомобилей и автопоездов имеют свой уровень значений удельной мощности. Наиболее высокие удельные мощности у легковых автомобилей: 22—29 кВт/т; у грузовых автомобилей: 9—12 кВт/т при карбюраторном и 6—12 кВт/т при дизельном двигателе. У автопоездов общего назначения удельная мощность колеблется в пределах 4,5—8 кВт/т. Существующие лесовозные автопоезда имеют удельную мощность в пределах 4,5—5,6 кВт/т. Как показывает практика их использования, для обеспечения удовлетворительных скоростей движения лесовозные автопоезда должны иметь удельную мощность не менее 4,5—5,6 кВт/т.

**Скорость движения (скоростность)**—один из важнейших эксплуатационных качеств автомобиля (автопоезда). Чем выше скорость движения, тем больше может быть производительность транспортного средства (рис. 2.13). Скорость движения зависит от конструктивных особенностей автомобиля, определяющих его тягово-скоростные свойства (интенсивность разгона, максимальная скорость на горизонтальном участке, величины запасов тяги на разных режимах работы двигателя). Соответственно скорость движения зависит от мощности двигателя, полной массы транспортного средства, удельной мощности двигателя, передаточных чисел трансмиссии, ее КПД, радиуса качения ведущих колес, величины сопротивления качению, а при больших скоростях движения также и от аэродинамического сопротивления движению (сопротивления воздушной среды).

Максимальная скорость движения автомобиля или автопоезда на прямом горизонтальном участке дороги с ровным покрытием показательна, так как характеризует предел их скоростных возможностей.

ЦНИИМЭ были проведены исследования по определению средней технической скорости движения по магистральным дорогам с гравийным покрытием лесозаготовительных предприятий. На рис. 2.12 приведен график скорости движения лесовозных автопоездов с различной удельной мощностью двигателя. Как видно из приведенных данных, средняя скорость движения зависит не только от удельной мощности автопоезда, но и от величины максимальной конструктивной скорости движения.

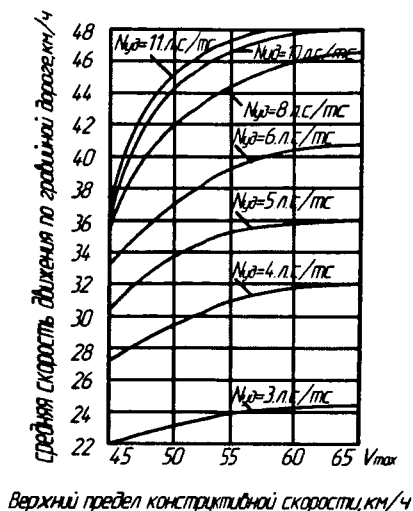


Рис. 2.12. Скорости движения лесовозных автопоездов по гравийной дороге

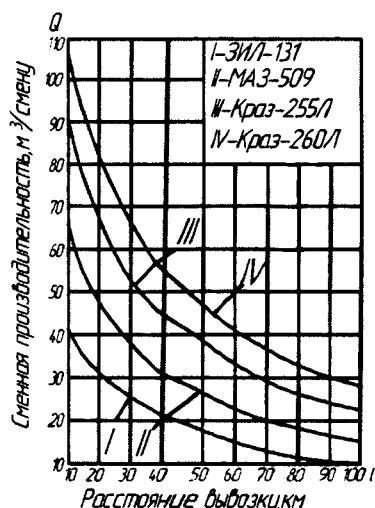


Рис. 2.13. Зависимость сменной производительности лесовозных автопоездов (без учета простоев) на гравийной дороге в зависимости от расстояния вывозки

Средняя скорость движения автомобиля (автопоезда) определяется не только значениями измерителей их тягово-скоростных свойств. Она зависит от использования этих свойств в реальных условиях и ситуациях движения, определяемых внешними факторами, не связанными с конструкцией транспортного средства.

Проведенные КарНИИЛПом исследования показывают, что в конкретных условиях эксплуатации средняя техническая скорость движения на различных лесовозных дорогах может варьировать в очень больших пределах (в 1,6—1,9 раза), обусловленных наличием ограничений скорости на вертикальных и горизонтальных кривых малого радиуса, ограниченной видимостью, частым чередованием крутых подъемов и спусков, что не дает возможных в полной мере использовать энергетические и скоростные возможности автопоездов.

Средняя скорость движения автомобиля (автопоезда) — это отношение пути, пройденного транспортным средством в определенных дорожных условиях, ко времени, из которого вычтено время всех видов остановок:

$$v_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{п}}}{T - \sum T_{\text{ост}}}, \quad (2.10)$$

где  $S_n$  — путь, пройденный автомобилем (автопоездом), км;  $T$  — время в пути, ч;  $\Sigma T_{\text{ост}}$  — суммарное время всех остановок за время  $T$ , ч.

При этом различаются следующие виды средних скоростей:

**Техническая скорость ( $v_t$ )** показывает среднюю скорость движения автомобиля или автопоезда за определенный период времени движения и определяется отношением пройденного пути за время движения. При ее расчете во время движения включаются все кратковременные остановки, связанные с регулированием движения (остановки у переездов, на перекрестках и т. д.). Величина технической скорости зависит от динамических качеств транспортного средства и его технического состояния, степени использования грузоподъемности транспортного средства, дорожных условий, интенсивности транспортного потока, частоты остановок, связанных с регулированием движения, квалификации водителя, особенностей перевозимого груза (например, негабаритного). Повышение технической скорости (в пределах, обеспечивающих безопасность движения) может быть достигнуто при применении передовых методов вождения (использование разгона и наката, правильный выбор передачи и т. д.).

**Эксплуатационная скорость ( $v_{\text{эк}}$ )** — это условная скорость транспортного средства за время его движения на линии, определяемая отношением пройденного пути к общему времени нахождения на линии. Эта скорость всегда меньше технической, так как учитывает время простоя при определении технической скорости, а также дополнительный простой под погрузкой и разгрузкой и время простоя по технической неисправности.

Для оценки тягово-скоростных качеств лесовозных автомобилей (автопоездов) при установившемся движении принято применять тяговую характеристику автомобиля (автопоезда), т. е. зависимость величины касательной силы тяги от скорости движения для каждой передачи. Ввиду того, что современные лесовозные автопоезда оснащены тормозами-замедлителями, применяемыми для снижения или поддержания постоянной скорости движения на затяжных спусках, целесообразно построить совмещенную тяговую и тормозную характеристику для оценки как тягово-скоростных, так и тормозных качеств автопоездов.

**Тормоз-замедлитель** — эффективное средство торможения на спусках. Тормозной момент создается за счет перекрытия выхлопной трубы заслонкой, что переводит двигатель в режим работы компрессора. Тормоз-замедлитель включают после включения передачи КПП.

Во избежание разгона двигателя при движении на затяжных спусках скорость движения лесовозных автопоездов не должна

для каждой передачи КПП превышать величину, соответствующую максимально допустимым оборотам двигателя.

В случае превышения указанных скоростей движения необходимо дополнительно подтормаживать колесными тормозами. При движении со скоростью значительно меньшей, чем допускается дорожными условиями, необходимо периодически выключать тормоз-замедлитель, или включить в КПП более высокую передачу.

Для построения тяговой характеристики первоначально по скоростным характеристикам двигателя определяют значение эффективного крутящего момента  $M_e$  через 100—200 об/мин.

Так как значения  $M_e$ , приводимые в скоростных характеристиках двигателей, определены на стендах и не учитывают затраты мощности на привод служебных агрегатов, то для расчета значений эксплуатационного крутящего момента их необходимо уменьшить на 8%.

Из общих потерь мощности 40% — потери на привод вентилятора, 31% — потери в глушителе, 17% — в воздухоочистителе, 12% — в компрессоре [1].

$$F_{\tau} = \frac{M_e k i_k i_p i_o}{r_d} \eta_{\text{тр}}, \quad (2.11)$$

где  $M_e$  — эффективный крутящий момент, кГм;  $k$  — коэффициент, учитывающий затраты мощности на служебные агрегаты — 0,93;  $i_k$ ,  $i_p$ ,  $i_o$  — передаточные отношения соответственно коробки передач, раздаточной коробки и главной передачи;  $\eta_{\text{тр}}$  — коэффициент полезного действия трансмиссии;  $r_d$  — динамический радиус шин ведущих колес, м.

Тормозная характеристика строится с использованием значений тормозных моментов, также определенных на стенде.

Например, для двигателей ЯМЗ-236, не имеющих выпускного тормоза, тормозные моменты составляют соответственно при 900, 1300, 1700 и 2100 об/м: 28,1; 34,7; 41,3; 45,8 кГм.

Так как затраты энергии на привод агрегатов и потери ее в трансмиссии увеличивают тормозной эффект, то для определения тормозного усилия на ведущих колесах коэффициенты  $k$  и  $\eta_{\text{тр}}$  переносятся в знаменатель.

Тормозное усилие при этом определяется по формуле:

$$F_{\tau} = \frac{M_e i_k i_p i_o}{k \eta_{\text{тр}} r_d}. \quad (2.12)$$

Интенсивность разгона является скоростным свойством транспортного средства, которое характеризует его способность быстро трогаться с места и увеличивать скорость движения. Интенсивность разгона автомобиля или автопоезда измеряется величиной его ускорения (в  $\text{м/с}^2$ ).

Пройодимостъ автомобиля (автопоезда) — способность машины передвигаться в трудных дорожных условиях. По проходимости автомобили подразделяют на три основные группы:

1) автомобили, у которых не все мосты являются ведущими (колесная формула  $6 \times 2$ ,  $6 \times 4$ ,  $4 \times 2$  и т. п.); эти автомобили конструктивно предназначены для перевозок только по дорогам, а случаи съезда с них являются исключением;

2) автомобили высокой проходимости со всеми ведущими мостами (колесная формула  $4 \times 4$ ,  $6 \times 6$ ,  $8 \times 8$ ), конструктивно рассчитанные на возможность транспортировки грузов в трудных дорожных условиях и без дорог;

3) автомобили высшей проходимости, конструкции которых специально предназначены для перевозок по труднопроходимым дорогам и вне дорог.

Сцепная масса  $G_{\text{сц}}$  — это масса, приходящаяся на ведущие колеса автомобиля или автопоезда. При движении по скользким дорогам с низкими значениями коэффициентов сцепления автомобиль может застревать из-за буксования ведущих колес.

Буксование колес наступает в том случае, когда возможное тяговое усилие на данной дороге по условию сцепления ведущих колес с дорогой  $G_{\text{сц}} \phi$  меньше необходимого для преодоления дорожных сопротивлений  $G_a \psi$ . Учитывая небольшие скорости движения, сопротивлением воздуха можно пренебречь. При этом условие возможного движения автомобиля без буксования ведущих колес может быть представлено в виде:

$$G_{\text{сц}} \cdot \phi > G_a \cdot (i + \omega). \quad (2.13)$$

Из формулы (2.13) следует:

$$\theta_{\text{сц}} = \frac{G_{\text{сц}}}{G_a} > \frac{i + \omega}{\phi}. \quad (2.14)$$

Левая часть неравенства, представляющая отношение массы автомобиля, приходящейся на ведущие колеса, к полной массе автомобиля, называется коэффициентом *сцепной массы* ( $\theta$ ).

Чем больше  $\theta$ , т. е. чем большая часть массы автомобиля приходится на ведущие колеса, тем меньше вероятность их буксова-

ния. У одиночных полноприводных автомобилей  $\theta = 1$ , т. е. имеет наибольшее значение. По формуле (2.14), задавая значения суммарного дорожного сопротивления  $\psi$  и коэффициента сцепления  $\phi$ , можно определять для конкретных условий движения требуемые значения коэффициента.

В табл. 2.5 и 2.6 приведены величины коэффициентов сопротивления качению и коэффициентов сцепления.

Таблица 2.5

**Коэффициенты сопротивления качению**

Тип дороги	Удельное сопротивление качению $f$ пневматических шин, кгс/тс	
	высокого давления	низкого давления
Асфальт	0,015—0,020	0,018—0,022
Гравийная дорога	0,025—0,035	0,025—0,035
Лежневая дорога	0,020—0,030	0,020—0,030
Грунтовая сухая укатанная	0,030—0,045	0,030—0,045
Грунтовая сухая слабоукатанная	0,045—0,060	0,040—0,050
Грунтовая дорога после дождя	0,050—0,100	0,045—0,080
Песок сухой сыпучий	0,120—0,300	0,080—0,120
Песок влажный	0,100—0,150	0,070—0,090
Снежная укатанная дорога	0,030—0,050	0,030—0,050
Снег рыхлый глубиной 400 мм	0,200—0,300	0,100—0,120
Грунт суглинистый сырой	0,080—0,120	0,050—0,070

Таблица 2.6

**Коэффициенты сцепления**

Тип дороги	Удельная сила сцепления $\phi$ , пневматических шин, кгс/тс	
	сухая поверхность	мокрая поверхность
Асфальт	0,700—0,800	0,300—0,400
Гравийная	0,400—0,500	0,300—0,400
Лежневая (деревянная)	0,450—0,500	0,300—0,400
Грунтовая супесчаная	0,400—0,500	0,300—0,400
Грунтовая суглинистая	0,400—0,500	0,200—0,300
Песчаная	0,300—0,400	0,400—0,500
Целина суглинистая	0,400—0,500	0,300—0,400
Снежная	0,300—0,400	0,200—0,250
Снег рыхлый глубиной 400 мм	0,280—0,350	—



По формуле (2.14), задавая значения суммарного дорожного сопротивления  $(f + i)$  и коэффициента сцепления  $\varphi$ , можно определить для конкретных условий эксплуатации требуемые коэффициенты сцепной массы.

Для лесовозных автопоездов рекомендуемые значения коэффициента сцепной массы должны быть не менее: при необходимости заезда на лесовозные усы в плохом состоянии — 0,6; на усах в удовлетворительном состоянии — 0,5; на ветках и магистралях — 0,4—0,45; на снежно-ледяных магистралях в хорошем состоянии при низких температурах (без захода на усы) — 0,3—0,35.

**Устойчивость.** Обычно нарушение устойчивости движения автомобиля происходит под воздействием боковых сил. Такими силами могут быть: центробежная сила при движении автомобиля на повороте, боковая составляющая массы автомобиля при движении по поверхности дороги с поперечным уклоном, сила ветра, боковые составляющие от ударов колес о неровности дороги. Эти силы могут вызвать боковое скольжение и опрокидывание автомобиля или же отклонение траектории его движения от задаваемой водителем. Боковому скольжению противодействует сила сцепления шин с дорогой.

Условие возникновения заноса поясняет рис. 2.14, где показана схема сил, действующих на автомобильное колесо: вертикальная составляющая от массы автомобиля  $Q_k$ , боковая сила  $P_y$  и крутящий момент  $M_k$ . Эти силы вызывают реакции  $x$  и  $y$  в опорной плоскости и  $z$ , нормальную к ней.

Сила  $R$  является равнодействующей сил  $x$  и  $y$  и равна геометрической сумме:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2}. \quad (2.15)$$

При отсутствии боковой силы, т. е.  $P_y = y = 0$ , колесо может катиться с использованием максимальной силы сцепления

$$x_{\max} = \varphi \cdot z, \quad (2.16)$$

где  $\varphi$  — коэффициент сцепления.

При появлении и увеличении боковой силы  $P_y$  для качения колеса без бокового скольжения необходимо, чтобы сила его сцепления с дорогой была больше равнодействующей  $R$ , т. е.

$$\varphi \cdot z > R = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad (2.17)$$

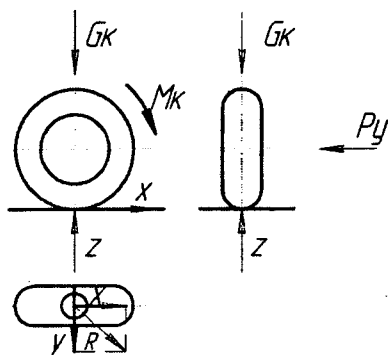


Рис. 2.14. Схема сил, действующих на колесо, при наличии боковой составляющей

или

$$R = y \cdot \sqrt{\varphi^2 \cdot z^2 - x^2}. \quad (2.18)$$

Таким образом, боковая сила, которая может действовать на колесо, не вызывая его скольжения, тем больше, чем больше сила сцепления  $\varphi z$  и чем меньше касательная реакция  $x$ . Наиболее устойчивы против бокового скольжения колеса передней неведущей оси, у которых касательная реакция  $x$  представляет собой силу сопротивления качению и мала в сравнении с  $\varphi z$ . Наименее устойчивы против бокового скольжения колеса задней ведущей оси, особенно при передаче колесом больших величин тягового или тормозного усилия. При  $x = \varphi \cdot z$  сцепление колеса с дорогой полностью используется касательной реакцией и для возникновения заноса достаточно небольшой боковой силы.

Следовательно, устойчивость автомобиля против бокового скольжения определяется главным образом величиной коэффициента сцепления шин с дорогой в поперечном направлении.

Большинство автомобилей имеют сравнительно низкое расположение центра тяжести и широкую колею, поэтому опрокидывание без предварительного бокового скольжения-заноса происходит редко. Однако опрокидывание без предварительного заноса у грузовых автомобилей может происходить при перевозке легковесных грузов, нагруженных на большую высоту, неосторожном движении на крутых поворотах или по неблагоустроенным дорогам с большими поперечными уклонами. Автомобиль может опрокинуться, когда после начавшегося заноса на пути бокового скольжения колес попадает какое-либо препятствие (неровность, кювет и др.).

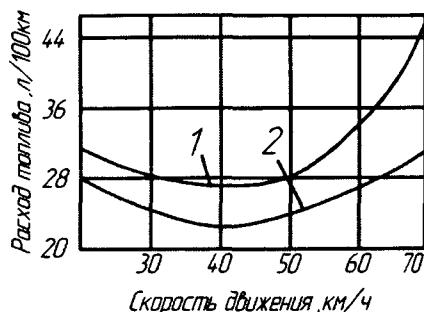
**Топливная экономичность.** Под топливной экономичностью автомобиля или автопоезда понимается количество расходуемого ими топлива, приходящегося на единицу транспортной работы. Затраты на топливо составляют значительную часть себестоимости перевозок на автомобиле или автопоезде. Чем меньше автомобиль или автопоезд расходует топлива, тем меньше себестоимость перевозок по этой статье затрат. Топливная экономичность зависит от конструкции автомобиля.

Топливная экономичность автомобиля или автопоезда оценивается следующими показателями: контрольный расход топлива, топливная характеристика установившегося движения.

**Конкретный расход топлива** — расход топлива на 100 км пробега обкатанного автомобиля с полной нагрузкой с приработанным двигателем и замеряется в летнее время при движении на высшей передаче с постоянной скоростью, которая для этого слу-

Рис. 2.15. Типовая топливная характеристика грузового автомобиля:  
1 — с полной нагрузкой; 2 — без груза

чая указывается заводом-изготовителем. Контрольный расход топлива служит для определения технического состояния автомобиля и не является технической нормой.



Топливная характеристика установившегося движения автомобиля или автопоезда представляет собой график, на котором по горизонтали откладываются постоянные скорости движения на высшей передаче на горизонтальном, ровном, сухом цементобетонном или асфальтобетонном участке дороги, а по вертикали — расход топлива. Такой график называется топливной характеристикой автомобиля или автопоезда. На рис. 2.15 приведена типовая топливная характеристика грузового автомобиля.

Топливная характеристика позволяет оценивать топливную экономичность автомобиля или автопоезда главным образом по величине минимального расхода топлива, возможного при движении с постоянной скоростью. Показательной также является кривизна характеристики. Чем более полого располагаются кривые, тем в более широком диапазоне разных скоростей движения обеспечивается наименьший расход топлива.

Средние расходы топлива автомобилем и автопоездом позволяют с достаточной полнотой судить о его расходах в реальных условиях эксплуатации, когда движение происходит при часто изменяющихся скоростях движения и нагрузках. На средние расходы топлива оказывают влияние внешние факторы, не зависящие от конструкции транспортного средства. Основными из них являются особенности рельефа местности, элементов плана и профиля дороги; интенсивность движения на дороге; состояние дорожного покрытия (ровность, увлажненность, заснеженность, обледенение); видимость дороги и др.

Средние расходы топлива автомобилем или автопоездом используются для разработки норм расхода топлива.

В табл. 2.7 приведены технические характеристики основных типов лесовозных автопоездов, выпускаемых серийно, а также некоторые типы перспективных автопоездов.

Таблица 2.7

## Технические характеристики автопоездов для перевозки сортиментов

Наименование показателей	МАЗ-63171+ +ТМЗ-8966-015	Сису-СН-312-СКН-8Ч2+ + ЮКИ-4	КамАЗ-53212+ +СЗАП-8357	Волат-79093+ +В-33851	ШЗКТ-6903+ +МЗКТ-61011
Базовый автомобиль	МАЗ-63171	Сису-СН-312-СКН-8х2	КамАЗ-53212	Волат-79093	МЗКТ-6903
Прицеп	ТМЗ-8966-015 трехосный	ЮКИ-4 четырехос- ный	СЗАП-8357 двухосный	В-83851 двухосный	МЗКТ-61011
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	265 (360)	309 (420)	154,4 (210)	346 (470)	309 (420)
Колесная формула автомобиля	6х6	8х2	6х4	8х8	8х4
Масса снаряженного автомобиля с технологическим оборудованием, кг	13 800	13 200	10 800	22 000	18000
Масса прицепа, кг	6 000	8 000	4 000	8 000	10 000
Масса (объем) сортиментов, перево- зимых автомобилем, кг (м³)	13 200 (16,5)	16 800 (21)	7 000 (8,75)	22 000 (27,5)	17800 (21,45)
Полная масса автомобиля с грузом, кг	27 000	30 000	17 800	44 000	358 000
Масса (объем) перевозимых прице- пом сортиментов, кг (м³)	22 000 (27,5)	28 000 (35)	8 500 (10,63)	17150(21,44)	22 000 (26,5)
Масса (объем) сортиментов, перево- зимых автопоездом, кг (м³)	35 200 (44)	44 800 (56)	15500 (19,38)	39150(48,88)	39 800 (48,0)
Полная масса автопоезда с грузом, кг	55 000	66 000	30 300	69 150	67800
Максимальная скорость движения, км/ч	90	101	90	75	75
Удельная мощность, кВт/т (л. с./т)	4,82 (6,54)	4,68 (6,36)	5,09 (6,93)	5,00 (6,79)	4,6 (6,1)
Коэффициент сцепного веса	0,49	0,143	0,43	0,638	0,31
Максимальная нагрузка на ось, т	10,0	11,0	6,5	12,5	10,4
Гидроманипулятор					
максимальный вылет, м, не менее	7,1	7,5	7,1	7,1	8,0
грузоподъемный момент, кНм, не менее	65	79	65	65	7,0

Таблица 2.8

## Технические характеристики автопоездов для перевозки сортиментов

Наименование показателей	Сису-Е14-МКК-6Ч2+ + ЮКИ-4	МАЗ-6303-26 + +МАЗ-83781	МАЗ-6303+ +ТМЗ-8966-015	УРАЛ 4320+1912 + + ТМЗ-8966-010
Базовый автомобиль	Сису-Е14	МАЗ-6303-26	МАЗ-6303	УРАЛ-4320-1912
Прицеп	ЮКИ-4 четырех- осный	МАЗ-83781 двухосный	ТМЗ-8966-015 трехосный	ТМЗ-8966-010 двухосный
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	312(425)	242,6(330)	242,6(330)	176(240)
Колесная формула автомобиля	6×2	6×4	6×4	6×6
Масса снаряженного автомобиля с технологическим оборудованием, кг	12800	13000	13000	11200
Масса (объем) сортиментов, перевозимых автомобилем, кг (м³)	13800(17,25)	15000(18,75)	13500(16,88)	9600(12)
Полная масса автомобиля с грузом, кг	26600	28000	26500	20800
Масса прицепа, кг	8000	5000	6500	4600
Масса (объем) перевозимых прицепом сортиментов, кг (м³)	28000(35)	15000(18,75)	21500(26,88)	11400(14,25)
Масса (объем) сортиментов, перевозимых автопоездом с манипулятором, кг (м³)	41800(52,25)	30000(37,5)	35000(43,75)	21000(26,25)
Полная масса с грузом, кг	62600	48000	54900	36800
Максимальная скорость движения, км/ч	105	75	108	75
Удельная мощность, кВт/т (л. с./т)	4,98(6,78)	5,055(6,88)	4,47(6,00)	4,78(6,52)
Максимальная нагрузка на ось, т	11	10	10	7,5
Коэффициент сцепного веса	0,176	0,416	0,363	0,565
Гидроманипулятор				
максимальный вылет не менее, м	7,5	7,1	7,1	7,1
грузоподъемный момент не менее, кНм	79	65	65	65

Таблица 2.9

## Технические характеристики автопоездов для перевозки сортиментов

Наименование показателей	ТМ-45-02+ +ТМЗ-8966-010	МАЗ-630308-226+ +МАЗ-83782	КамАЗ-44110 + + МАЗ-99869	Урал-Ивеко	Урал-Ивеко
Базовый автомобиль	КамАЗ-53228	МАЗ-630908-226	КамАЗ-44168	Урал-Ивеко	Урал-Ивеко
Прицеп	Двухосный прицеп ТМЗ-8966-010	Трехосный при- цеп МАЗ-83782	Трехосный полуприцеп	Трехосный прицеп Ивеко	Четырехос- ный прицеп Ивеко
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	191,2 (260)	294 (400)	191 (260)	272 (370)	272 (370)
Число передач КПП	10	9	10	—	—
Колесная формула автомобиля	6×6	6×4	6×8	6×6	6×4
Масса снаряженного автомобиля с технологическим оборудованием, кг	12 800	13 700	8 850	15 400	13 00
Масса прицепа, кг	5 000	6 500	8 000	7 500	8 000
Масса (объем) сортиментов, перево- зимых автомобилем, кг (м³)	11 200 (14)	13 800 (17,25)	—	12 600 (15,75)	15 000 (18,75)
Полная масса автомобиля с грузом, кг	24 000	27 500	19 000	28 000	28 000
Масса (объем) перевозимых прице- пом сортиментов, кг (м³)	15 400 (19,25)	22 000 (27,5)	25 300 (31,63)	22500(28,13)	30 000 (37,5)
Масса (объем) сортиментов, перево- зимых автопоездом, кг (м³)	26 600 (33,25)	35 800 (44,75)	25 300 (31,63)	35100(43,88)	45 000 (56,25)
Полная масса автопоезда с грузом, кг	41 000	56 000	42 150	58 000	66 000
Максимальная скорость движения, км/ч	80	80	80	92	92
Удельная мощность, кВт/т (л. с./т)	4,66 (6,34)	5,25 (7,14)	4,51 (6,17)	4,69 (6,38)	4,12 (5,6)
Коэффициент сцепного веса	0,545	0,392	0,401	0,476	0,333
Максимальная нагрузка на ось, т	10	9,5	9	10	10
Гидроманипулятор					
максимальный вылет, м, не менее	7,3	9,6	7,3	8	9,6
грузоподъемный момент, кНм, не менее	70	10,3	70	80	10,3

Таблица 2.10

## Технические характеристики автопоездов для транспортировки деревьев и хлыстов

Наименование показателей	МАЗ-509А + + ТМЗ-9383-12	Урал-375 + + ГКБ-9851	КрАЗ-255А + + ГКБ-9383-10	Урал-43204 + + ГКБ-9851	KNWF-12Т + + ГКБ-936310
Базовый автомобиль	МАЗ-509А	Урал-375	КрАЗ-255А	Урал-43204	KNWF-12Т
Прицеп- роспуск	ТМЗ-9383 двухосный	ГКБ-9851 двухосный	ГКБ-9383-12 двухосный	ГКБ-9851 двухосный	ГКБ-9383-10 двухосный
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	132,35 (180)	132,35 (180)	176,5 (240)	154,4 (210)	235,3 (320)
Колесная формула	4×4	6×6	6×6	6×6	6×6
Масса снаряженного автомобиля с технологическим оборудованием, кг	8 800	8 400	12 390	8 425	11 000
Масса прицепа, кг	3 530	3 000	4 150	3 000	4 150
Нагрузка на коники автомобиля, кг	6 000	4 500	8 000	6 500	12 000
Нагрузка на коники прицепа, кг	10 500	10 500	15 000	8 500	15 000
Масса (объем) перевозимого автопоездом леса, кг (м³)	16 500 (20,63)	15 000 (18,75)	23 000 (28,75)	15 000 (18,75)	27 000 (33,75)
Полная масса автопоезда с грузом, кг	28 830	26 400	39 540	26 425	42 150
Максимальная скорость движения, км/ч	65	75	71	75	64
Удельная мощность, кВт/т (л. с/т)	4,59 (6,24)	4,87 (6,63)	5,02 (6,83)	7,00	5,58 (7,59)
Максимальная нагрузка на ось, т	9,9	7,15	9,7	7,5	10,0
Коэффициент сцепного веса	0,513	0,489	0,515	0,565	0,546

Таблица 2.11

## Технические характеристики автопоездов для транспортировки деревьев и хлыстов

Наименование показателей	ЗИЛ-131Л + + ТМЗ-802	КрАЗ-260Л + + ГКБ-9383-010	КамАЗ-5320 + + ГКБ-9383-12	КрАЗ-6437 + + ГКБ-9362-010	МАЗ-5434 + + ГКБ-9362-12
Базовый автомобиль	ЗИЛ-131Л	КрАЗ-260Л	КамАЗ-5320	КрАЗ-6437	МАЗ-5434
Прицеп-ропуск	ТМЗ-802 двухосный	ГКБ-9383-010 двухосный	ГКБ-9383-12 двухосный	ГКБ-9362-010 двухосный	ГКБ-9362-12 двухосный
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	110,3 (150)	235,3 (320)	166,7 (210)	235,3 (320)	176 (240)
Колесная формула	6×6	6×6	6×4	6×6	4×4
Масса снаряженного автомобиля с технологическим оборудованием, кг	6700	13100	8000	11940	9050
Масса прицепа, кг	2440	5100	3530	4150	3550
Нагрузка на коники автомобиля, кг	3500	9000	7000	14500	6800
Нагрузка на коники прицепа, кг	6 000	15 000	8 000	15 000	14 000
Масса (объем) перевозимого автопоездом леса, кг (м³)	9500 (11,88)	22 000 (27,5)	15 000 (18,75)	29 500 (36,88)	20 800 (26)
Полная масса автопоезда с грузом	18 640	40 200	26 530	45 590	33 400
Максимальная скорость движения, км/ч	80	65	90	66	70
Удельная мощность, кВт/т (л. с./т)	5,92 (8,05)	6,03 (7,96)	5,92 (7,92)	5,16 (7,02)	5,28 (7,19)
Максимальная нагрузка на ось, т	5,0	8,25	5,6	10,0	10,0
Коэффициент сцепного веса	0,547	0,50	0,422	0,579	0,475



Технические характеристики автопоездов для транспортировки деревьев и хлыстов

Наименование показателей	МАЗ-642550 + + МАЗ-9008	МАЗ-641708-20 + + МАЗ-9008	Автопоезд-лесовоз- 6426	Автопоезд-лесовоз- 4429
Базовый автомобиль	МАЗ-642550-23	МАЗ-641708-86	Шасси КамАЗ- 53228	Шасси КамАЗ- 53228
Прицеп-ропуск	МАЗ-9008	МАЗ-9008	ГКБ-9362	ГКБ-9031
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	243 (330)	294 (400)	191 (260)	191 (260)
Число передач КП	9	9	10	10
Колесная формула	6×6	6×6	6×6	6×6
Масса снаряженного автомобиля с технологическим оборудованием, кг	13 000	12 560	9300	9300
Масса прицепа, кг	4000	4000	3500	3500
Нагрузка на коники автомобиля, кг	11 000	11 550	11 000	13 500
Нагрузка на коники прицепа, кг	14 000	13 950	12 000	12 000
Масса (объем) перевозимого автопоездом леса, кг (м³)	25 000 (31,25)	25 500 (31,88)	23 000 (28,75)	25 500 (31,88)
Полная масса автопоезда с грузом	42 000	42 060	35 800	38 300
Максимальная скорость движения км/ч	76	82	80	80
Удельная мощность кВт/т (л. с./т)	5,79 (7,86)	7,0 (9,52)	—	4,92 (6,7)
Максимальная нагрузка на ось, т	9,0	9,0	10	9,0
Коэффициент сцепного веса	0,571	0,573	0,567	0,595

## 2.4. Прицепной состав лесовозных автопоездов

На вывозке леса в хлыстах в основном применяются автомобильные поезда, состоящие из прицепа и роспуска. Роспуски предназначены для перевозки длинномерного груза, один конец которого опирается на коник прицепа, а другой — на коник тягача или полуприцепа.

При перевозке хлыстов и длинных сортиментов роспуск с тягачом соединяется дышлом, при этом управление колесами прицепа-роспуска осуществляется крестообразной сцепкой. Дышло может поворачиваться в горизонтальной плоскости.

К технологическому оборудованию роспуска относятся: поворотный коник, дышло, изменяемое по длине в зависимости от длины лесоматериалов, крестообразная сцепка с устройством для регулирования натяжения ее канатов. Для перевозки роспуска на шасси автомобиля при движении без груза роспуск оснащается складывающимся металлическим дышлом.

На рис. 2.16 показан общий вид коника, установленного на автомобиле МАЗ-509. Основание коника при помощи шкворня шарнирно крепится к раме лесовозного оборудования. По концам коника расположены стойки, шарнирно прикрепленные осью к основанию коника. В средней части стоек имеются отверстия, в которых закреплен трос (или цепь), стягивающий стойки.

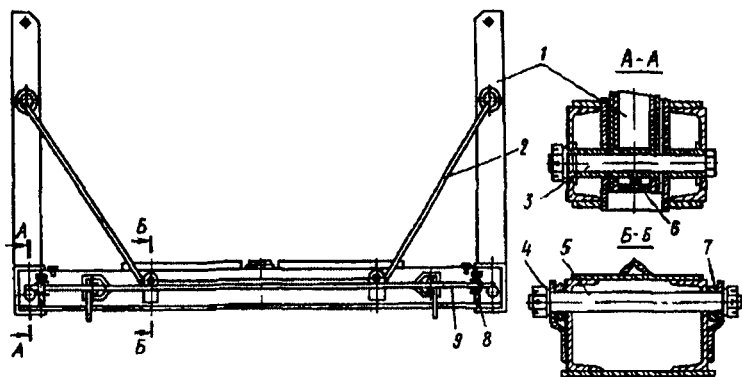


Рис. 2.16. Общий вид коника

Устройство коника позволяет разгружать хлысты в обе стороны. Шарнирное крепление коника к раме лесовозного оборудования обеспечивает вписывание автопоезда в кривые лесовозных дорог.

В зависимости от длины лесоматериалов лесовозные автомобили с роспусками могут соединяться при помощи прямых или крестообразных сцепок. Прямая сцепка конструктивно проста, причем колеса роспуска не могут следовать по колею колес автомобиля при движении на кривых, особенно если расстояния между осями автомобиля и роспуска значительны. Прямая сцепка применяется при вывозке сортиментов длиной до 8 м. В этом случае дышло стопорят в раме роспуска и дополнительно закрепляют боковыми растяжками.

Для обеспечения безопасности движения верхние концы стоек коников оборудуются цепями, канатами, а также канатом для увязки груза в середине пакета (между автомобилем и роспуском). При перевозке длинномерного груза свыше 8 м (хлысты, деревья) для лучшего совпадения колеи колес роспуска с колеями колес автомобиля при движении на кривых применяют крестообразную сцепку роспуска с автомобилем (рис. 2.17). Два тяговых каната сцепки размещаются между автомобилем и роспуском крестообразно. Передние петли канатов закрепляются при помощи осей (5) в отверстиях тяговой балки (6) автомобиля. Стремянка (7) с зажимом (8) каната служат для грубой регулировки натяжения канатов. Более точная регулировка канатов осуществляется при помощи рымов и спецгаек (2). Цилиндрическая часть спецгайки предохраняет резьбу рыма от повреждения в кронштейне, а втулка (4) — от перетирания каната.

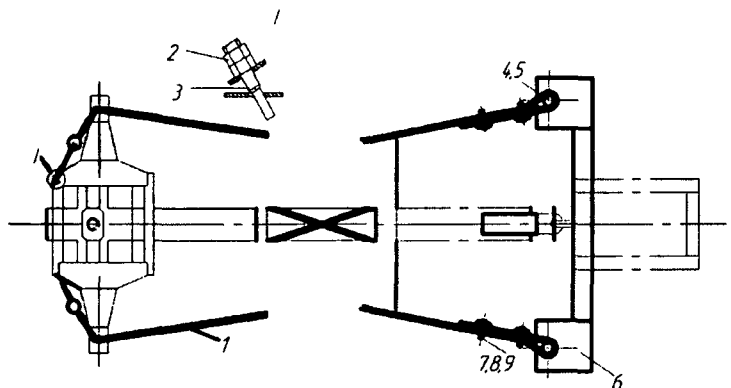


Рис. 2.17. Схема крестообразной сцепки лесовозного автопоезда:

- 1 — канат тяговый с рымом и коушем; 2 — спецгайка рыма; 3 — контргайка;  
4 — втулка; 5 — ось втулки тягового каната; 6 — тяговая балка автомобиля; 7 — стремянка; 8 — зажим каната; 9 — гайка стремьянки

При крестообразной сцепке дышло закрепляется в окне рамы шарнирно, обеспечивая этим возможность разворота рамы с помощью тяговых канатов при движении автопоезда на кривых. На поворотах расстояние между кониками сокращается. Чтобы исключить при этом «распор» от хлыстов, верхняя плоскость основания коника роспуска имеет гладкую поверхность. Этим обеспечивается возможность проскальзывания на необходимую величину пакета хлыстов. Наоборот, верхняя плоскость основания коника автомобиля имеет «гребенку», которая препятствует перемещению пакета хлыстов.

Регулировку крестообразной сцепки необходимо проводить при установке автопоезда на сравнительно ровной площадке строго в одну линию. Канаты крестообразной сцепки должны иметь одинаковое натяжение. Совпадение колеи задних колес автомобиля с колеей колес роспуска проверяют на прямолинейном пути движения. Если обнаружится смещение колеи роспуска относительно колеи задних колес автомобиля влево, нужно подтянуть рым каната, выходящий на левую сторону задней части роспуска. При смещении колеи роспуска вправо необходимо подтянуть рым каната с правой задней части рамы роспуска. Лесоматериалы укладывают на коники автомобиля и роспуска таким образом, чтобы правильно использовать их грузоподъемность.

Прицепы-роспуски могут иметь регулируемые по длине металлические складывающиеся дышла, для обеспечения возможности перевозки роспусков на шасси автомобиля при движении автопоезда в порожнем направлении.

Возможность перевозки роспуска на шасси автомобиля способствует повышению производительности и эффективности работы лесовозных автопоездов, так как повышается их скорость движения в порожнем направлении (снижается ограничение скорости при вильянии прицепа-роспуска), уменьшается износ шин. Кроме того, улучшается маневренность автопоезда, что позволяет вместо разворотных колец на усах устраивать разворотные тупики, уменьшая за счет этого затраты на строительство усов.

Для технического обеспечения перевозки роспуска в технологическую оснастку лесовозного автопоезда включены дополнительные устройства, к которым относятся накатные площадки с буксирной рамкой, лебедка с канатно-блочной системой, складывающееся дышло и замок дышла. Накатные площадки служат опорой для колес роспуска во время погрузки и перевозки его на автомобиле и представляют две наклонные плоскости, расположенные на заднем конце автомобиля по бокам в соответствии

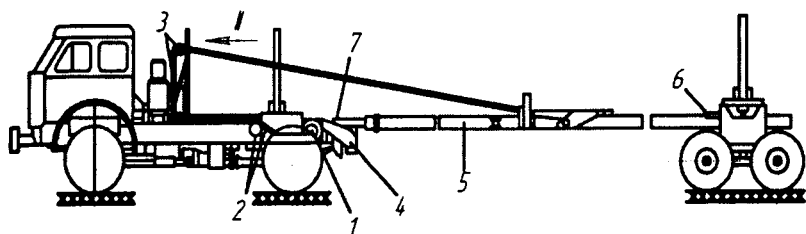


Рис. 2.18. Автопоезд МАЗ-509 + ТМЗ-803М:

*I* — общий вид автопоезда; *II* — направление погрузки распуска на шасси автомобиля; 1 — лебедка; 2 — обводные ролики; 3 — блоки; 4 — накатная площадка; 5 — дышло; 6 — фиксатор дышла на распуске; 7 — буксирная рамка

с шириной колес распуска. Буксирная рамка является тягосцепным устройством автомобиля, имеет П-образную форму и шарнирно соединена с рамой лесовозного оборудования. Перекладина рамки имеет в середине зев с отверстиями для шарнирного крепления наконечника дышла. При погрузке распуска на автомобиль наконечник дышла фиксируется от боковых поворотов посредством специальных фиксаторов. Буксирные рамки по бокам имеют вертикальные щеки, которые в конце погрузки входят между колес распуска, предохраняя его от боковых смещений. Затаскивание распуска на автомобиль производится с помощью лебедки.

Складывающееся дышло одновременно является элементом сцепки автомобиля с распуском и снабжено приспособлениями для погрузки распуска на автомобиль. Состоит оно из двух главных частей — передней и задней балок, соединенных между собой горизонтальным шарниром, возле которого установлен автоматический фиксатор, блокирующий обе части в жесткое единое дышло. При натяжении троса лебедки фиксатор открывается, и дышло начинает складываться. Внутри балок дышла проложены электропроводка и пневмопроводка тормозов распуска. Наконечник служит для шарнирного соединения с буксирной рамкой и стопорения дышла с ней. Кроме того, с помощью наконечника изменяют длину дышла, переставляя его в передней балке и закрепляя пальцем в одном из двух отверстий. Наконечник состоит из трубы с одним сплюснутым концом и отверстием для крепления в буксирной рамке и с ввинченной в другой конец проушины, служащей для тонкой регулировки длины дышла и крепления в передней балке дышла. Задняя балка имеет два вертикальных отверстия для соединения с распуском посредством шкворня коника. Для установки меньшего межконикового расстояния задняя балка и наконечник дышла закрепляются в ближних от

центрального шарнира дышла отверстиях, а для установки большего расстояния – соответственно в крайних отверстиях.

Дышло роспуска, погруженного на автомобиль, входит в гнездо на верхней части середины ограждения, где фиксируется замками, рама роспуска снабжена специальными запорами для фиксации дышла от поворотов при погрузке роспуска на автомобиль.

Перед погрузкой роспуска автопоезд выводят на прямой участок дороги и фиксируют концы дышла (если нет автоматической фиксации). Затем включают лебедку, при натяжении троса которой автоматический фиксатор центрального шарнира дышла открывается, и дышло начинает складываться. Складывающееся дышло ведет роспуск на автомобиль, приподнимая переднюю ось, колеса которой заходят на накатные площадки. Затем дышло автоматически запирается замком в выемке ограждения кабины и трос лебедки ослабляется. В таком виде автопоезд готов к негазовому пробегу.

Разгрузка роспуска с автомобиля производится в обратном порядке с расфиксированием концов дышла. Продолжительность погрузки и разгрузки роспуска составляет 3—5 мин на каждую операцию.

В настоящее время находятся в эксплуатации, выпущенные ранее прицепы-ропуски ТМЗ-802, ТМЗ-803, а также ГKB-9388-010, ГKB-9383-011, ГKB-9380-012, которые производятся ОАО «Тавдинский механический завод». Этим предприятием, а также Минским автозаводом, ЗАО «Уралмаш» освоено производство новых моделей прицепов-ропусков. Технические характеристики прицепов-ропусков приведены в табл. 2.13.

На всех роспусках, технические характеристики которых приведены в таблице 2.13, установлена тормозная система с барабанными тормозами и пневматическим приводом от тягача; подвеска на роспуске ГKB-9005-010 рессорная, на остальных – безрессорная, балансирующая.

В заводской комплектации все прицепы-ропуски, выпускаемые в настоящее время, оборудуются длинным телескопическим металлическим дышлом с регулируемым расстоянием между концами автомобиля и прицепа на длину 9, 10, 11 и 12 м. По заказам лесозаготовительных предприятий автопоезда могут комплектоваться складывающимся дышлом.

Для вывозки сортиментов используются два типа лесовозных автопоездов:

- 1) автопоезд, состоящий из автомобиля-сортиментовоза и прицепа;
- 2) автопоезд, состоящий из автомобиля-тягача и полуприцепа.

Таблица 2.13

## Технические характеристики прицепов-ропусков

Наименование показателей	Марка прицепа-ропуска									
	ТМЗ-802	ГКБ-9383-010	ГКБ-9383-011	ГКБ-9383-012	ГКБ-9383	ГКБ-9362	ГКБ-9851	ГКБ-802	ГКБ-9005-010	МАЗ-9008
Рекомендуемый автомобиль-тягач	ЗИЛ-131	КрАЗ-255Л	МАЗ-509А, МАЗ-5434	МАЗ-509А, КрАЗ-255Л	МАЗ-5434, КрАЗ-6437, КамАЗ-МАЗ-6426	КрАЗ-6437, Татра-815-124	Урал-43204, КамАЗ-43118	ЗИЛ-131, КамАЗ**	Урал-Ивеко-632921, Татра-815-124	МАЗ-64255, МАЗ-641708-20
Число осей	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Полезная нагрузка, кг	8060	15000	11500	15000	16150	15850	8500	8200	20000	13500 (15506**)
Длина перевозимого груза, м	6—17	17—24	17—24	6—17*	17—24	17—24	17—24	17—24	17—24	17—24
Количество колес	8	8	8	8	8	8	4	8	8	8
Масса снаряженного ропуска, кг	2440	4150	4150	3525	3350	4150	3008	2440	4680	4500
Габаритные размеры, мм										
ширина	2335	2612	2612	2612	2500	2500	2500	2385	2500	2500
высота	2785	2900	2900	2900	2930	2950	3010	2785	3010	3100
длина с дышлом	4230	10400—11400	10820—11820	4340	11 520**	12 250**	11370	4280	12250	12090
База, мм	1200	1350	1356	—	—	—	—	—	—	—
Шины	260—509 (9—20)	320—508 (12—20)	320—508 (12—20)	320—508 (12—20)	320—508 (12—20)	320—508 (12—20)	370—508 (12—20)	260—508 (9—12)	320—508 (12—20)	320—508 (12—20)

\* При использовании короткого дышла, так как при вывозке хлыстов устанавливают деревянные дышла;

\*\* Допускается конструкцией.

Автопоезд первого типа может в своем составе иметь двухосный, трехосный и четырехосный прицеп; автопоезд второго типа может иметь в своем составе одноосный, двухосный или трехосный полуприцеп.

У автопоезда, состоящего из автомобиля и прицепа, манипулятор устанавливается в задней части платформы автомобиля, что дает возможность загружать им автомобиль и прицеп. При этом манипулятор может жестко крепиться на платформе автомобиля или располагаться на полозьях, которые выдвигаются с помощью гидропривода перед погрузкой или возвращаются в транспортное положение после окончания погрузки. Кроме того, манипулятор имеет аутригеры, выдвигаемые и убираемые вручную или с использованием гидропривода. На автопоездах, состоящих из автомобиля-тягача и прицепа, манипулятор, как правило, устанавливается в центре полуприцепа.

На прицепах и полуприцепах установлены стойки, обеспечивающие удержание груза (сортиментов).

Технология работы при погрузке леса заключается в следующем: автопоезд устанавливается около штабеля определенного вида сортиментов, манипулятор приводится в рабочее положение (выдвигаются полозья, устанавливаются аутригеры), затем водитель забирается на рабочее место манипулятора и с него управляет процессом погрузки. Если с одной стоянки не удается полностью загрузить автопоезд, то аутригеры убираются, и он передвигается к следующему штабелю и процесс повторяется до полной загрузки автопоезда. После этого технологическое оборудование приводится в транспортное положение (убираются аутригеры, задвигаются полозья, стрела и рукоять гидроманипулятора укладываются на пачку сортиментов). Для обеспечения безопасности движения все пачки сортиментов посередине увязываются тросом или канатом.

Разгрузка автопоездов на нижних складах лесозаготовительных предприятий или на складах потребителей может производиться как манипулятором, установленным на лесовозном автопоезде, так и (для снижения затрат на время разгрузки) более мощным оборудованием имеющимся на предприятии (краны, лесопогрузчики).

В случае, если на верхнем складе сортименты недостаточно отсортированы, то окончательная сортировка может быть произведена в процессе погрузки манипулятором. В случае необходимости манипулятором, установленным на автопоезде, можно осуществить и погрузку леса в железнодорожные вагоны.

В табл. 2.14 и 2.15 приведены соответственно технические характеристики прицепов для перевозки сортиментов и полуприцепов для перевозки сортиментов, выпускаемых предприятиями России и Белоруссии.



Технические характеристики прицепов-сортиментовозов

Наименование показателей	Марка прицепа-сортиментовоза					
	89662-010	8966-010	8966-У	8966-Г	89661-010	89661Т-010
1	2	3	4	5	6	7
Рекомендуемый автомобиль-тягач	Урал-43204	Урал-43204 КамАЗ 53228	Урал-43204 КамАЗ 53228	Урал-43204 КамАЗ 53228	Урал-Ивеко 632926, Татра 815	Урал-Ивеко 632926, Татра 815
Число осей	2	2	2	2	3	3
Полезная нагрузка, кг	8700	15000	15000	19000	23200	27500
Длина перевозимых сортиментов, м	3—6	4—6	2х4	2х4	2х4	2х4
Количество колес	4	8	8	8	12	12
Масса снаряженного прицепа, кг	4800	5000	5000	5800	6800	8500
Габаритные размеры, мм						
ширина	2500	2500	2500	2500	2500	2500
высота	2700	3500	3100	3100	3450	3950
длина платформы	6600	5800	7600	7600	8500	8000
длина с дышлом	8880	8000	9850	9850	10800	10100
База, мм	5000	4200	6000	6000	5100	4600
Шины	1200×500— 508	320—508 (12—20)	320—508 (12—20)	320—508 (12—20)	320—508 (12—20)	320R—508 (12R—20)
Тип подвески	Рессорная	Рессорная	Рессорная	Рессорная	Независимая рессорно- балансирная	Независимая рессорно- балансирная

Продолжение табл. 2.14

Наименование показателей	Марка прицепа-сортиментовоза						
	МАЗ 83781-20	МАЗ-8926-20	МАЗ 831901	САБ 88431-0000030	САБ 88431-0000010	САБ 8843-0000010	САБ 8843-0000011
1	8	9	10	11	12	13	14
Рекомендуемый автомобиль-тягач	МАЗ 6303-26, МАЗ63031	МАЗ 6303	МАЗ 6303-26, МАЗ63031	Урал-43204, КамАЗ 53228	Урал-Ивеко 632926, МАЗ 6303-08-226	Урал-Ивеко 632926, МАЗ 6303-08-226	Урал-Ивеко 632926, МАЗ 6303-08-226
Число осей	2	2	2	2	2	3	4
Полезная нагрузка, кг	15000	8240	15250	11400	17500	22500	30000
Длина перевозимых сортиментов, м	2×4	3—6	4—7	3	2×4	2×4	2×6
Количество колес	8	4	8	8	8	12	16
Масса снаряженного прицепа, кг	5000	3760	4750	4600	6500	7500	8000
Габаритные размеры, мм							
ширина	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
высота	3400	3400	3140	3700	3700	3700	3860
длина платформы	7448	5572	6600	6000	7860	8540	11000
длина с дышлом	9845	7630	9360	8190	9820	10050	13420
База, мм	5385	3700	4700	4400	5740	4800	7530
Шины	320R-508 (12—20)	320-508 (11-R20)	320 R-508 (12-R 20)	ИД-П284	320 R-508 (12-R 20)	320 R-508 (12-R 20)	275/70 R22,5
Тип подвески	Рессорная	Рессорная	Рессорная	Рессорная	Рессорная	Рессорная	Рессорная

Таблица 2.15

## Технические характеристики полуприцепов-сортиментовозов

Наименование показателей	Марка полуприцепа-сортиментовоза						
	9307	93701	93702	93071-10	93702AB	МАЗ-99864	САБ 99-402-0000010-034
Рекомендуемый автомобиль-тягач	МАЗ 64229, КамАЗ 55115	МАЗ 64229, КамАЗ 55115	МАЗ 64229, КамАЗ 55115	МАЗ 64229, КамАЗ 55115	МАЗ 54323, КамАЗ 55412	МАЗ 54323, КамАЗ 55412	МАЗ 54323, КамАЗ 55412
Число осей	2	2	2	2	2	3	2
Полезная нагрузка, кг	20500	22000	23000	31700	31600	30300	32400
Длина перевозимых сортиментов, м	3—6	3×4,2×6	3×4,2×6	3×4,2×6	3×4,2×6	3×4,2×6	3×4,2×6
Масса снаряженного полуприцепа, кг	5500	6000	6700	8300	7900	8000	7600
Нагрузка на седельное устройство, кг	6000	8000	10000	10000	15500	14300	15000
Количество колес	8	8	8	12	8	12	8
Габаритные размеры, мм							
ширина	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
высота	3110	3110	3200	3200	3740	3400	3540
длина платформы	8140	10500	12000	12500	12500	12260	12600
Шины	320-508 (12—20)	320-508 (12—20)	320-508 (12—20)	320-508 (12—20)	320R-508 (12R-20)	320-508 (11-R20)	320-508 (12-R20)
Тип подвески	Зависимая рессорно-балансир.	Зависимая рессорно-балансир.	Зависимая рессорно-балансир.	Зависимая рессорно-балансир.	Рессорная	Ррессорно-балансир.	Усиленная рессорно-балансир.

### 3. АВТОПОЕЗДА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЩЕПЫ

Для транспортировки щепы с лесосек и лесопильных предприятий разработаны и выпускаются щеповозы различных типов. Загрузка щеповозов может производиться пневмопогрузчиками, транспортерами или грейферными погрузчиками, а также натаскиванием загруженного контейнера на автопоезд. Разгрузка щеповозов производится устройствами для самовыгрузки различных конструкций (рис. 3.1—3.3). В частности, опрокидыванием полуприцепа назад с использованием гидроподъемника (рис. 3.1, это наиболее распространенный способ разгрузки), фронтальная разгрузка гидроподъемниками или скребковыми транспортерами.

В 80-е годы в России применялись автопоезда-щеповозы:

- выгружающиеся опрокидыванием полуприцепа назад — ЛТ-7А (рис. 3.2), ЛТ-57 (ЛТ-57 П), ЛТ-111 объемом кузова 37, 24 и 74 м<sup>3</sup> соответственно;

- выгружающиеся скребковым цепным транспортером — ЛТ-170 объемом кузова 70 м<sup>3</sup> (рис. 3.1);

- выгружающиеся на сторону — ПС-22, ОНЩ-50 объемом кузова 22 и 54 м<sup>3</sup>, причем ОНЩ-50 имел базовый автомобиль—щеповоз и прицеп, оснащенный навесным оборудованием, позволяющим производить двустороннюю боковую разгрузку щепы;

- контейнерного типа — 2-ППС-16 и ТМ-12 (рис. 3.3), объем контейнера 45 и 37 м<sup>3</sup> соответственно.

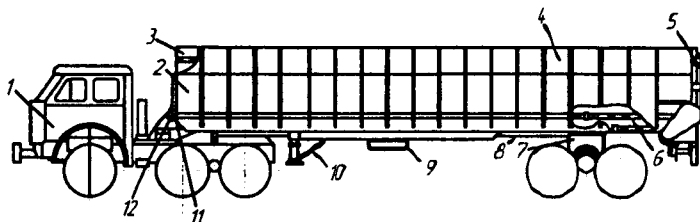


Рис. 3.1. Автопоезд-щеповоз ЛТ-170:

1 — автомобиль-тягач КрАЗ-258Б1; 2 — кузов; 3 — тент; 4 — борт надставной; 5 — задний борт; 6 — транспортер разгружающий; 7 — тележка полуприцепа; 8 — сцепка крестообразная; 9 — колесо запасное полуприцепа; 10 — устройство опорно-стояночное; 11 — электрооборудование; 12 — пневмооборудование



Рис. 3.2. Автопоезд-щеповоз ЛТ-7А

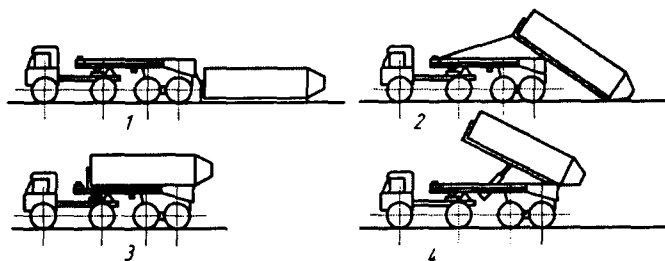


Рис. 3.3. Схема работы контейнерного автопоезда ТМ-12:

1 — исходное положение; 2 — натаскивание контейнера; 3 — транспортное положение; 4 — выгрузка

### Автощеповоз ЛТ-7А

Грузоподъемность на дорогах с твердым покрытием, кг .....	12 000
Объем кузова, м <sup>3</sup> .....	36
Время подъема груженого кузова, с .....	100
Габариты, мм.....	11270 × 2500 × 3620
Масса автощеповоза (с грузом), кг .....	24100

Технические характеристики этих автопоездов приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

## Технические характеристики автопоездов-щеповозов

Наименование показателей	Наименование щеповоза			
	ЛТ-7А	ЛТ-170	ОНЩ-54	ТМ-12
Базовый автомобиль	МАЗ-5430	КрАЗ-25851	КамАЗ-53212	МАЗ-509А
Мощность двигателя, л.с.	176,6	176,6	154,4	132,2
Состав автопоезда	Автомобиль + полуприцеп		Автомобиль с кузовом и прицеп	Автомобиль + полуприцеп
Вместимость щеповоза, м <sup>3</sup>	37	70	44	40
Грузоподъемность, кг	12300	2000	15470	13000
Масса автопоезда, кг	26560	41200	32200	30000
Способ разгрузки	Опрокидывание полуприцепа назад гидроподъемником	Скребок с цепным транспортером	Фронтальная разгрузка гидроподъемником	Погрузка на тасканием загруженного контейнера, разгрузка гидроподъемником

В настоящее время в России используются полуприцепы-щеповозы отечественного и импортного производства с гидрофицированной разгрузкой через задний борт — ТМЗ-9308-010 (ООО «Тавдинский механический завод», рис. 3.4), МАЗ-9506-030 (Минский автозавод), АПС-105 (рис. 3.5), которые эксплуатируются в комплекте с седельными тягачами Камского и Минского автозаводов, и автопоезд-щеповоз ТМ-47 на базе седельного тягача КрАЗ-5444 (рис. 3.6). С боковой разгрузкой — полуприцеп ПС(Щ)-1409 (рис. 3.7). Все указанные щеповозы имеют объем кузова от 25 до 41 м<sup>3</sup>. Завод «Тонар» приступил к изготовлению полуприцепа-самосвала грузоподъемностью — 33500 кг, собственным весом — 9500 кг и объемом кузова — 75 м<sup>3</sup> с разгрузкой через задний борт.

В табл. 3.2 приведены основные технические характеристики автопоездов-щеповозов, выпускаемых в настоящее время.

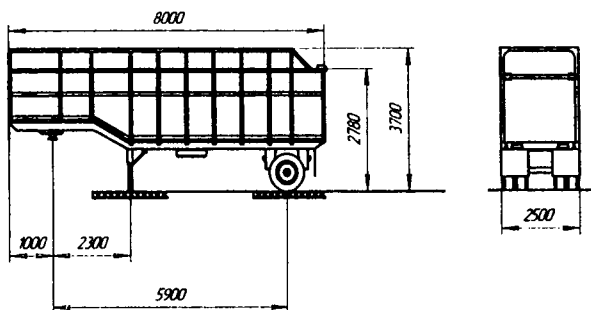


Рис. 3.4. Полуприцеп-щеповоз ТМЗ-9308-010

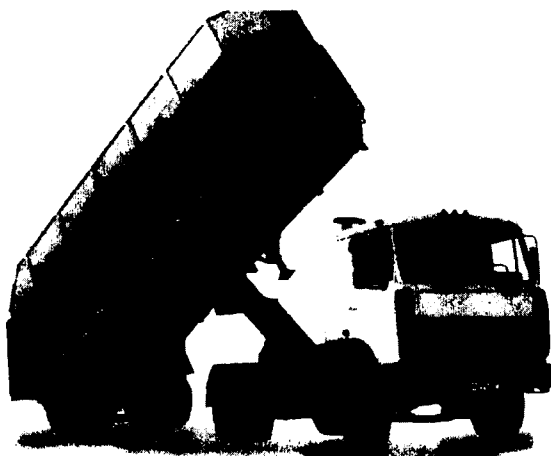


Рис. 3.5. Автопоезд-щеповоз АПС-105



Рис. 3.6. Автопоезд-щеповоз ТМ-47

Таблица 3.2

## Технические характеристики автопоездов-щеповозов

Наименование показателей	Наименование щеповоза				
	МАЗ-64229 (КамАЗ-5115)- ТМЗ-9308-010	ТМ-47	АПС-105	ПС (Щ)- 1409	Volvo-FH-16 + ORY
Базовый автомобиль	МАЗ-64229 или КамАЗ-5115	КрАЗ-5444	МАЗ-54331 или МАЗ-64229-027	МАЗ-54331	Volvo-FH-16
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	191 (240)	243 (330)	176,5 (240)	176,5 (240)	345 (470)
Состав автопоезда	Автомобиль + одноосный полуприцеп				Автомобиль + четырёхосный полуприцеп
Вместимость щеповоза, м <sup>3</sup>	40	40,8	40,8	25	116
Грузоподъемность, кг	15000	13300	13500	14000	33,6
Масса снаряженного полуприцепа (прицепа), кг	5200	5200	4500	4800	10050
Масса автопоезда с грузом, кг	29200	28500	28000	23070	55700
Колесная формула	4×2	4×2	4×2	6×4	6×2
Удельная мощность кВт/т (л. с./т)	6,04 (8,22)	8,51 (11,6)	6,30 (8,57)	7,87 (10,4)	6,21 (8,45)
Способ разгрузки	Опрокидывание полуприцепа назад гидropодъемником			Фронтальная разгрузка гидropодъемниками	

За рубежом выпускаются автопоезда для транспортировки щепы, состоящие из автомобиля-тягача и самосвального полуприцепа, и автопоезда-щеповозы, в которых сыпучие грузы (щепа, торф, древесные гранулы и т. д.) перевозятся как в кузове автомобиля, так и прицепа. При такой компоновке автопоездов-щеповозов возможна лишь фронтальная разгрузка. Прототипом такого автопоезда был отечественный щеповоз ОНЩ-54, недостатком которого, исходя из современных требований, является сравнительно низкая грузоподъемность и грузоподъемность (44 м<sup>3</sup> и 15 т).

В табл. 3.2 приведены технические характеристики автопоезда-щеповоза Volvo-FH-16 + ORY, состоящего из трехосного автомобиля и четырехосного прицепа грузоподъемностью 116 м<sup>3</sup> (рис. 3.7).



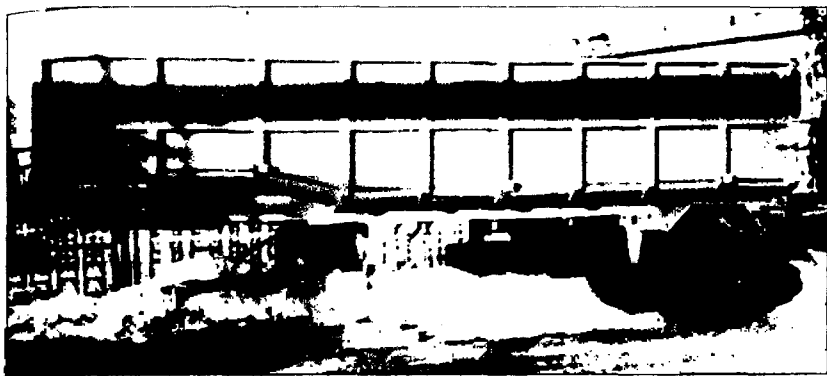


Рис. 3.7. Полуприцеп-щеповоз ПС(Щ)-1409



Рис. 3.8. Автопоезд-щеповоз Volvo-FH-16 + ORY

Для освоения разбросанных мелких участков, имеющих небольшие объемы сырья для производства щепы, и при небольших расстояниях транспортировки ее потребителю за рубежом нашли определенное применение машинам, в которых между кабиной водителя и кузовом для щепы устанавливаются рубильная машина и манипулятор для подачи сырья в рубильную машину (рис. 3.9).

Отечественными автозаводами, а также Минским автозаводом освоено производство мощных, энергонасыщенных автопоездов-сортиментовозов, на базе которых имеется возможность создать автопоезда для перевозки сыпучих грузов с фронтальной разгрузкой автомобиля и прицепа, по грузовместимости и грузо-



Рис. 3.9. Машина для производства и транспортировки щепы

подъемности конкурентоспособные с зарубежными автопоездами-щеповозами. Так как плотность щепы составляет  $0,3—0,33 \text{ т/м}^3$ , эксплуатация автомобилей возможна с полуприцепами и прицепами большей грузоподъемности, чем при транспортировке сортиментов.

В табл. 3.3 приведены технические характеристики перспективных автопоездов на базе автомобилей КамАЗ-5515, МАЗ-64505, МАЗ-6303-26 и МАЗ-6303-08.

В настоящее время в России древесные отходы (ветви, сучья, вершинки, фаутная древесина) практически используются только в качестве укрепляющего материала для проезжей части волоков и усов. Основная причина низкого уровня использования биомассы лесосечных отходов — слишком велики затраты на сбор и транспортировку. Однако в перспективе с учетом ввода в действие Киотского соглашения использование этого вида топлива может оказаться целесообразным. Поэтому нами проведен анализ возможности использования этих ресурсов в энергетических целях.

Ранее для сбора и транспортировки древесных отходов на лесосеке с целью их утилизации или укладки в покрытие усов использовались машина ЛП-23 на базе ТБ-1, имеющая самосвальный кузов, манипулятор и захват с ротатором, а также погрузочно-транспортная машина ЛП-168, представляющая собой трелевочный трактор ТБ-1 с седельным полуприцепом. В настоящее время на базе трактора ТБ-1М-15 производится погрузочно-транспортная машина ЛТ-168 (рис. 3.10).

Технические характеристики автопоездов-щеповозов

Наименование показателей	Наименование щеповоза					
	КамАЗ-5515 + ТМЗ-930801	МАЗ-64505 + МАЗ-89864	КамАЗ-53228 + ТМЗ-8966-010	МАЗ-6303 + ТМЗ-8966-010	Тонар	МАЗ-6303-08-226 + ТМЗ-8966-011
Базовый автомобиль	КамАЗ-5515	МАЗ-64505	КамАЗ-53228	МАЗ-6303	МАЗ-64229	МАЗ-6303-08
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	191 (240)	242,6 (330)	191 (260)	242,6 (330)	294 (400)	294 (400)
Состав автопоезда	Автомобиль + одноосный полуприцеп	Автомобиль + трехосный полуприцеп	Автомобиль + (двухосный) трехосный полуприцеп	Автомобиль + трехосный прицеп	Автомобиль + трехосный полуприцеп	Автомобиль + четырехосный прицеп
Вместимость щеповоза, м³	40	61,7	65	83	75	96
Грузоподъемность, кг	15000	21600	22,76	29,05	26,2	33,6
Масса автопоезда, кг	29200	39500	44,56	48000	44,7	55,2
Колесная формула	6×4	6×6	6×6	6×4	6×4	6×4
Удельная мощность кВт/т (л.с./т)	6,9 (9,34)	6,07 (8,25)	4,99 (6,70)	5,04 (6,39)	6,58 (8,94)	5,33 (7,25)
Способ разгрузки	Опрокидывание кузова гидроподъемником	Опрокидывание полуприцепа назад гидроподъемником	Фронтальная разгрузка гидроподъемником	Фронтальная разгрузка гидроподъемником	Опрокидывание полуприцепа назад гидроподъемником	Фронтальная разгрузка гидроподъемником

Однако транспортировка древесных отходов, собранных этими машинами, на значительные расстояния автопоездами совершенно неэффективна из-за низкой плотности материала.

За рубежом (США, Швеция, Финляндия) ведутся довольно интенсивные работы по разработке технологии и созданию техники для механизации сбора и транспортировки древесных отходов. В частности, для сбора и упаковки древесных отходов разработаны машины TJ-1490D и Valmet WoodPac (рис. 3.11).

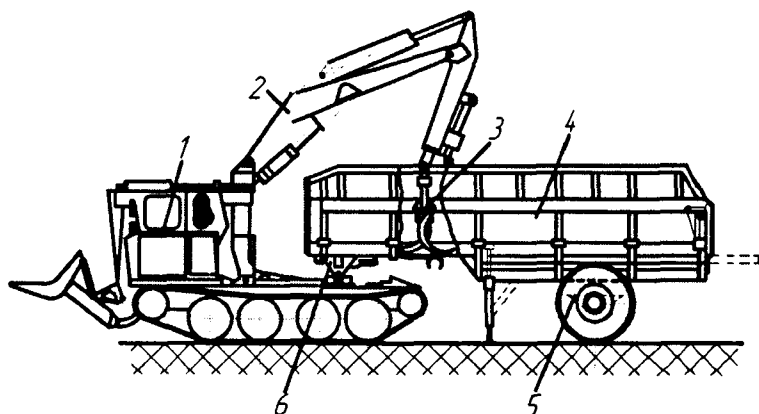


Рис. 3.10. Погрузочно-транспортная машина ЛТ-168:

1 — трактор ТБ-1; 2 — гидроманипулятор; 3 — грейфер; 4 — кузов полуприцепа, 5 — тележка полуприцепа; 6 — седельное устройство

Машина TJ-1490D, собранная на базе форвардера TJ-1410, включает в себя стандартное оборудование для этого типа машин. На месте кузова установлен поворотный пакующий модуль, состоящий из подающей системы, обвязочного узла, цепной пилы, системы измерения. Система управления машиной ТМС: в машине реализован непрерывный принцип формирования пачек. Лесосечные отходы после пакетирования проходят насквозь через установку и обрезаются на выходе цепной пилой. Длина пачек может меняться в незначительных пределах.

Характеристики TJ-1490D по данным производителя: производительность — 10—30 пачек/ч, число пачек на гектаре — 100—150 шт., объем пачки — 1,2—1,6 м<sup>3</sup>, диаметр пачки — 700—800 мм, длина пачки — 3,1—3,2 м, вес пачки в среднем составляет 400—600 кг.

Машина Valmet WoodPac собрана на базе форвардера Valmet 860.1, также имеет стандартное оборудование для форвардера. На ней установлен обвязочный и пакетирующий узел. Машина

работает по циклическому принципу. По окончании формирования пачки она удаляется из узла формирования. Загрузка лесосечных отходов производится сверху, удаление — сбоку на правую сторону. Существенным достоинством Valmet WoodPac является возможность быстрого съема модуля упаковки и переход в режим форвардера, т. е. нет необходимости в наличии свободного форвардера.

Характеристики Valmet WoodPac по данным завода-производителя: производительность — 15—25 пачек/ч; число пачек на гектаре — 100—150 шт., объем — 1,5—1,6 м<sup>3</sup>, длина — 3,5 м, диаметр — 0,8 м, вес — 500—700 кг, плотность пакета — 330—430 кг/м<sup>3</sup>. Вышеприведенные величины меняются в зависимости от относительной влажности, метода валки, плотности пачек, вида древесины и т. д. В среднем объем каждого пакета составляет 1,5 м<sup>3</sup> при длине 3,0—3,1 м вес пакета 500—600 кг при плотности 350—400 кг/м<sup>3</sup>.



Рис. 3.11. Машины TJ-1490D и Valmet WoodPac

Технологический процесс с применением машин для пакетирования отходов может быть реализован в трех вариантах:

1. После работы харвестера (процессора) и форвардера на лесосеке;
2. После работы валочно-пакетирующей машины и сучкорезной машины на лесосеке;
3. После трелевки деревьев и обрезки сучьев на погрузочной площадке.

При первом варианте после харвестера или процессора и форвардера упаковщик работает непосредственно на лесосеке, двигаясь по следу этих машин после вытрелевки всех сортиментов. По окончании разработки пасеки машина, двигаясь передним ходом

по волоку, собирает лесосечные отходы и манипулятором доставляет их в загрузочный узел. После подачи нескольких порций отходов в загрузочный узел они вальцами подаются в обжимное кольцо, где уплотняются и обвязываются шнуром. При достижении длины 3,1—2 м пачка обрезается, готовый пакет выталкивается и падает на землю.

При втором варианте упаковщик формирует пачки из лесосечных отходов, предварительно собранных на лесосеке в кучи.

Работы могут проводиться как в зимнее, так и в летнее время. Зимой перед направлением в пакующий узел лесосечные отходы рекомендуется встряхнуть для удаления снега.

С пасаек и промежуточных площадок пакеты к месту погрузки на автопоезда транспортируются форвардерами в случае использования Valmet WoodPac самой машиной, переведенной в режим форвардера.

Производительность упаковщика пачек TJ- 1490D при работе на волоке (табл. 3.4), после харвестера или валки, обрезки сучьев, раскряжевки бензопилами составляет 10-15 *пакетов/ч*, т. е. 7,5 т/ч, или 9,3 пл. м<sup>3</sup>, а при работе на погрузочной площадке (табл. 3.5), после обрезки сучьев сучкорезными машинами или обрезки сучьев-раскряжевки процессорами 12,75 т/ч, или 15,9 пл. м<sup>3</sup>.

Производительность форвардера при транспортировке пакетов с волоков и укладке их в штабеля в местах погрузки на автопоезд — 7,7 т/ч; при укладке пакетов, сформированных на погрузочной площадке производительность форвардера — 23 т/ч.

Для Valmet WoodPac результаты расчетов аналогичны. Но основные достоинства этой машины проявляются при обработке небольших рассредоточенных лесосек в связи с возможностью снизить затраты при использовании ее в двух режимах.

Удельные эксплуатационные затраты по первому варианту технологического процесса составляют 243 руб./т, по второму — 103,9 руб./т; приведенные затраты соответственно 372,8 и 180,2 руб./т.

При установке зарубежного технологического оборудования на форвардеры российского (ШЛК-4-01) или белорусского производства стоимость машин снижается примерно в 2 раза.

Технико-экономический расчет показывает, что в этом случае эксплуатационные затраты снизятся на 35 %, приведенные — на 42,6 % и составят при сборе и уплотнении лесосечных отходов на лесосеке соответственно 158 и 213,2 руб., при работе на погрузочной площадке — 76,3 и 117,3 руб.

В соответствии с проведенными КарНИИЛПКом исследованиями при создании и использовании отечественных машин для лесосечных работ, замещающих зарубежные аналогичного назначения, эксплуатационные затраты снижаются в 2—2,5 раза, а приведенные — в 2,5—2,7 раза. Поэтому в дальнейшем имеются существенные резервы снижения себестоимости заготовки древесных отходов по данной технологии.

Для вывозки уплотненных и спакетированных лесосечных отходов потребителям реально использовать автопоезда-сортиментовозы.

Так как плотность пакетов, формируемых машиной ТЖ-1490, ниже плотности стволовой древесины, полезная нагрузка на автопоезд в сравнении с транспортировкой дров снизится.

Поэтому для повышения полезной нагрузки целесообразно эксплуатировать автомобиль КамАЗ-53228 с трехосным прицепом ТМЗ-8966-015, МАЗ-630308-226 с четырехосным прицепом Тавдинского механического завода ТМЗ-89666-11, а МАЗ-630326 с трехосным прицепом МАЗ-83782.

В табл. 3.4 и 3.5 приведены технико-экономические показатели работы автопоездов при транспортировке пакетов уплотненных древесных отходов при различных расстояниях транспортировки.

В табл. 3.6 приведены технические характеристики автопоездов для транспортировки пакетов уплотненных древесных отходов.

Приведенные технологии могут в дальнейшем найти широкое применение в связи с возобновляемостью указанных ресурсов, достаточно большими их объемами, а также постоянным ростом цен на традиционные энергоресурсы. На первом этапе перспективным является оснащение соответствующих отечественных машин готовыми узлами пакетирования зарубежного производства, в дальнейшем снижение себестоимости может быть обеспечено применением машин и технологического оборудования отечественного производства.

Таблица 3.4

**Технико-экономические показатели работы комплекта машин по сбору, упаковке и штабелевке лесосечных отходов (сбор отходов на волоке, штабелевка на погрузочной площадке)**

Системы машин	Выполняемые операции	Выработка в смену, т	Балансовая стоимость, руб.	Годовая выработка, т	Затраты в смену, руб.	Удельные эксплуатационные затраты, руб./т	Удельные капитальные вложения, руб./т	Удельные приведенные затраты	Выработка на чел-день, т
TJ 1490D упаковщик	Сбор, упаковка	52,5	12 006 000	20643	6701,5	127,65	610,7	219,3	
TJ 1010B форвардер	Трелевка, шт.	54	9 016 000	21 232,8	4680,3	86,67	445,9	153,6	
<b>Итого</b>						214,3	1056,5	372,8	26,6
МЛ-131 с технологическим оборудованием TJ-1490D	Сбор, упаковка	52,5	6 500 000	20 643	4680,8	89,16	330,6	138,8	
МЛ-131	Трелевка, шт.	54	3 500 000	21 232,8	2655,8	49,18	173,1	75,2	
<b>Итого</b>						138,34	503,70	213,9	26,6



Таблица 3.5

**Технико-экономические показатели работы комплекта машин по сбору, упаковке и штабелевке лесосечных отходов (работа на погрузочной площадке)**

Системы машин	Выполняемые операции	Выработка в смену, т	Балансовая стоимость, руб.	Годовая выработка, т	Затраты в смену, руб.	Удельные эксплуатационные затраты, руб./т	Удельные капитальные вложения, руб./т	Удельные приведенные затраты	Выработка на чел-день, т
ТJ 1490D упаковщик	Сбор, упаковка	89,25	12 006 000	35093,1	6701,5	75,1	359,2	128,9	
ТJ 1010В форвардер	Трел., шт.	162	9 016 000	63698,4	4680,3	28,9	148,6	51,2	
<b>Итого</b>						103,9	507,8	180,2	57,5
МЛ-131 с технологическим оборудованием ТJ-1490D	Сбор, упаковка	89,2	6 500 000	35073,4	4680,7	52,4	194,6	81,7	
МЛ-131	Трел., шт.	161	3 500 000	63305,2	2543,3	15,8	58,0	24,5	
<b>Итого</b>						68,3	252,6	106,2	57,5

Таблица 3.6

## Технические характеристики автопоездов-щеповозов

Наименование показателей	Наименование щеповоза		
	КамАЗ-53228 + + ТМЗ-8966-015	МАЗ-6303-08-226 + + ТМЗ-8966-011	МАЗ-6303-026 + + МАЗ-83782
Базовый автомобиль	КамАЗ-53228	МАЗ-6303-08-226	МАЗ-6303-026
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	191 (260)	294 (400)	242,6 (330)
Максимальная скорость, м/с	80	80	75
Колесная формула	6х6	6х4	6х4
Масса снаряженного автомобиля, кг	12800	13700	13000
Масса прицепа, кг	6500	8000	6500
Вместимость щеповоза, кг (м³)	24,7 (30,9)	27,2 (33,98)	24,7 (30,3)
Распределение нагрузки			
автомобиль	8,80 (11)	9,07 (11,33)	8,8 (11)
прицеп	15,9 (19,9)	18,13 (22,65)	15,9 (19,9)
Полная масса автопоезда с грузом, кг	44000	48900	44200
Коэффициент сцепного веса	0,490	0,362	0,486
Масса манипулятора, кг	2000	2000	2000
Грузовой момент, кНм	10,3	10,3	10,3
Наибольший вылет манипулятора, м	9,6	9,6	9,6
Удельная мощность кВт/т (л.с./т)	4,34 (5,91)	6,01 (8,18)	5,49 (7,47)

Таблица 3.7

## Показатели работы автопоездов на транспортировке упакованных лесосечных отходов

Рас- стоя- ние тран- порти- ровки, км	КамАЗ-53228 + ТМЗ-8966-015				МАЗ-6303-08-226 + ТМЗ-8966-011				МАЗ-6303-026 + МАЗ-83782			
	Стои- мость машино- смены, руб.	Произво- дитель- ность	Удельные эксплуа- тационные затраты, руб./м³	Себе- стои- мость тран- порти- ровки, руб./км	Стои- мость машино- смены, руб.	Произ- води- тель- ность	Удель- ные экс- плуата- ционные затраты, руб./м³	Себе- стои- мость тран- порти- ровки, руб./км	Стои- мость машино- смены, руб.	Произво- дитель- ность	Удель- ные экс- плуата- ционные затраты, руб./м³	Себе- стои- мость тран- порти- ровки, руб./км
20	4059	67,4	60,20	3,01	4500	79,1	56,9	2,85	4367	71,0	61,5	3,08
40	5285	50,1	105,5	2,63	5894	58,9	100,0	2,50	5610	52,2	107,5	2,69
60	5889	38,9	151,4	2,52	6604	45,0	146,8	2,45	6365	39,9	159,5	2,66
80	6189	31,62	195,7	2,44	7239	37,1	195,1	2,40	6778	32,3	209,8	2,62
100	6509	26,83	246,3	2,42	7614	31,9	238,1	2,36	7119	28,27	251,8	2,52
120	6803	23,77	286,2	2,39	7800	27,9	279,6	2,33	7332	24,50	299,3	2,49
140	6900	20,31	334,8	2,37	8017	24,7	324,6	2,32	7520	21,7	346,5	2,47

## 4. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ДЛЯ ПОГРУЗКИ ЛЕСА

### 4.1. Машины и оборудование для погрузки леса

Для погрузки на лесосеке деревьев и хлыстов нашли широкое применение самоходные челюстные лесопогрузчики перекидного типа на гусеничном ходу трех типоразмеров: легкие, средние и тяжелые. Технические характеристики погрузчиков приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Технические характеристики челюстных погрузчиков

Наименование показателей	Наименование щеповоза						
	ПЛ-1	ПЛ-1Б	ПЛ-1Г	ЛТ-240	ПЛ-2	ЛТ-65	ЛТ-33
Базовый трактор	ТДТ-55	ТДТ-5А	ТЛТ-100-06	ТЛТ-100-04	ТТ-4	ТТ-4	ТТ-4, ТТ-4М
Грузоподъемность, кг	2,8	3,0	3,2	3,2	3,5	3,5	5,0
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	45,6 (78)	45,6 (78)	88 (120)	88 (120)	81 (110)	81 (110)	81(110), 95(130)
Высота переноса груза, м	2,8	3,0	2,8	4,15	3,8	4,0	3,4
Привод рабочих органов	гидравлический						
Тип трансмиссии	механическая						
Габариты, мм:							
длина	6080	5800	6200	6300	7450	7400	
ширина	3230	3080	3200	3250	3200	3250	—
высота	2640	2580	2900	3000	3105	3200	
Масса, т	11,80	10,60	14,90	14,90	16,35	16,80	16,30

Кроме погрузчиков перекидного типа (рис. 4.1) освоено производство и применяются на погрузке и укладке леса в штабеля на промежуточных площадках погрузчики фронтального типа на базе колесного трактора (рис. 4.2—4.4), экскаваторы, оснащенные специальным оборудованием для производства погрузочно-разгрузочных работ, а также валочно-пакетирующие машины, оснащаемые сменными погрузочными головками (рис. 4.5, 4.6). При вывозке леса с разрозненных лесосек, а также на предприятиях с небольшим объемом заготовки леса содержание и эксплуатация специальных машин для погрузки леса неэффективны, поэтому в этих условиях достаточно широкое применение нашли автопоезда, оборудованные гидроманипуляторами. В отдельных случаях при отсутствии или выходе из строя погрузочных средств погрузка сортиментов может быть произведена манипуляторами, установленными на форвардерах (тракторах-сортиментовозах) (рис. 4.7), а погрузка хлыстов — трелевочными тракторами с манипуляторами.



Рис. 4.1. Челюстной погрузчик ПЛ-1Г



Рис. 4.2. Лесопогрузчик ПЛК-6 на базе трактора К-702МА

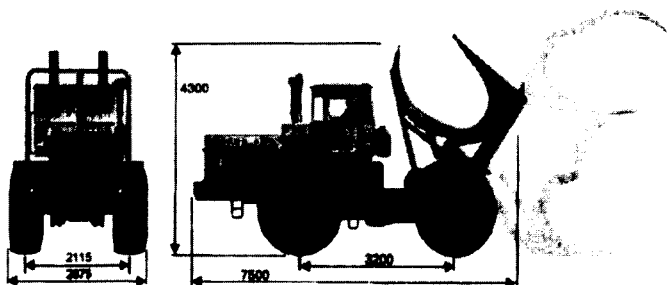


Рис. 4.3. Лесопогрузчик ЛТ-163



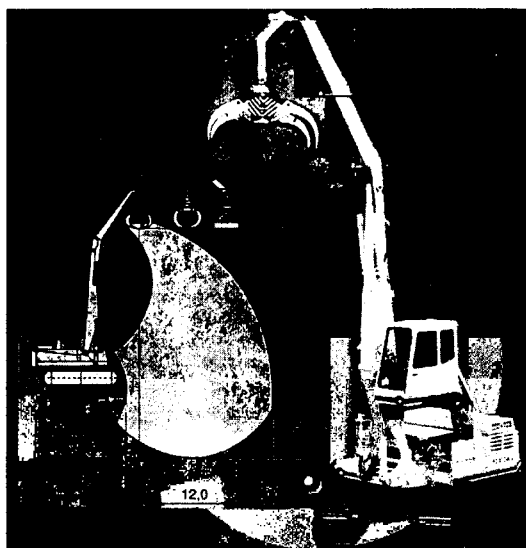
Рис. 4.4. Погрузчик леса колесный ПЛК-6

### Основные технические параметры

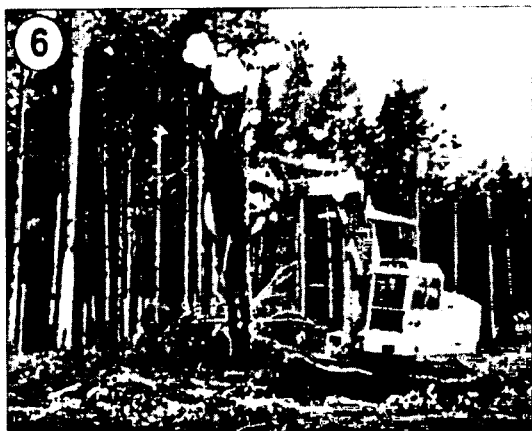
Тип .....	Колесный, фронтальный
Базовая машина .....	К-702МА
Грузоподъемность, т .....	8
Площадь зева захвата (при смыкании челюстей), м <sup>2</sup> ..	0,45—1,8
Высота разгрузки при угле опрокидывания захвата 15°, мм, не менее .....	3900
Максимальная высота подъема захвата по нижнему плечу, не менее, мм .....	4200
Ширина захвата по наружным поверхностям клыков ..	1800

### Эксплуатационные характеристики

Скорость движения при номинальных оборотах двигателя, км/ч .....	0—39
Номинальное тяговое усилие, кН .....	60
Производительность при штабелировании бревен длиной 6 м, м <sup>3</sup> /ч при расстоянии перемещения, м:	
до 100 .....	80,0
до 200 .....	65,0
до 300 .....	54,0



**Рис. 4.5.** Эскаватор с подъемной кабиной и оборудованием для производства погрузочных работ  
ЭО-4225А-06



**Рис. 4.6.** Валочно-пакетирующая машина ЛП-19  
с погрузочным оборудованием

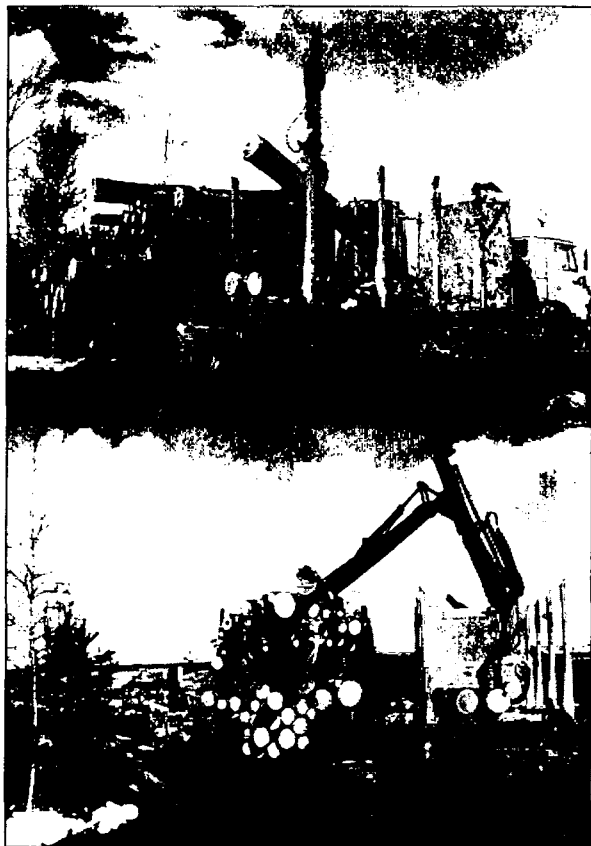


Рис. 4.7. Погрузка сортиментов на лесовоз из кузова форвардера

Легкие лесопогрузчики ПЛ-1, ПЛ-1А и ПЛ-15 на базе тракторов ТДТ-55А рекомендуется применять в лесонасаждениях со средним объемом хлыста до  $0,4 \text{ м}^3$ , средние лесопогрузчики П-19А, ПЛ-2 и ЛТ-65 на базе тракторов ТТ-4 и ТТ-4М предназначены для применения в лесонасаждениях со средним объемом хлыста от  $0,4$  до  $0,8 \text{ м}^3$ . Тяжелые лесопогрузчики на базе трактора Т-130 предназначены для крупномерных лесонасаждений Сибири и Дальнего Востока со средним объемом хлыста более  $0,8 \text{ м}^3$ .

В целях полного использования технических возможностей лесопогрузчиков необходимо заблаговременно создавать на погрузочных пунктах необходимые запасы лесоматериалов, обеспечивающие полную загрузку лесопогрузчиков в течение смены для достижения проектной производительности.



## 4.2. Организация и технология работ по погрузке леса на лесосеке

Места лесопогрузочных пунктов на лесосеке выбирают при обустройстве мастерского лесозаготовительного участка с учетом плана организации лесосечных работ и местных природных условий. На рис. 4.8 приведена широко применяемая схема расположения погрузочных площадок на лесосеке при погрузке леса погрузчиками перекидного типа.

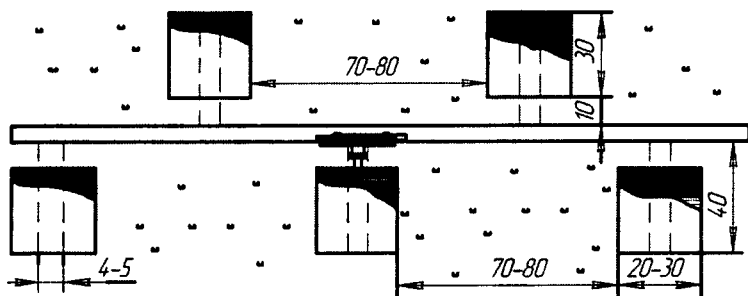


Рис. 4.8. Схема расположения лесопогрузочных площадок на лесосеке

Вдоль лесовозного уса погрузочные площадки оборудуются с обеих его сторон на расстоянии 10 м и с разрывами 70—80 м между соседними площадками. Глубина укладки штабеля леса должна быть до 30 м. Это делается для того, чтобы перемещение погрузчика с грузом при погрузке автопоезда не превышало 30 м. Хлысты или деревья в этом случае укладываются комлями в сторону грузового движения. Иногда штабель укладывают и на большую глубину, что может быть связано с характером местности или с организацией работ.

Места для погрузочных пунктов желательно оборудовать на ровных и сухих участках лесосеки. Площадки должны иметь размеры 30 × 45 м, если производится трелевка хлыстов после предварительной обрезки (обрубки) сучьев на лесосеке у пня, или 60 × 50 м при трелевке деревьев и обрезке сучьев на погрузочных площадках. Погрузочные площадки очищают от валежника, на них срезают пни заподлицо с землей и, если того требуют почвенно-грунтовые условия, делают выстилку из сучьев и дров.

На сухих площадках и зимой хлысты (деревья) укладывают непосредственно на грунт, а на сырых участках и при слабых грунтах — на подкладки из дров.

Подтрелеванные пачки хлыстов (деревьев) укладывают в штабеля параллельно лесовозному усу на расстоянии 8—10 м от его оси. Каждую последующую пачку трактор укладывает рядом с предыдущей, как можно плотнее к ней, после чего выравниваются комли. Отгрузка леса в этом случае ведется одновременно с заготовкой, но одновременная работа погрузчика и трелевочного трактора на одном и том же штабеле не допускается. Находит применение также схема укладки хлыстов (деревьев) в один штабель сплошной «лентой» (рис. 4.9). При этом хлысты (деревья) укладываются перпендикулярно комлями к основной лесовозной дороге, от которой через 80 м делаются перпендикулярные ответвления для заезда автопоездов под погрузку.

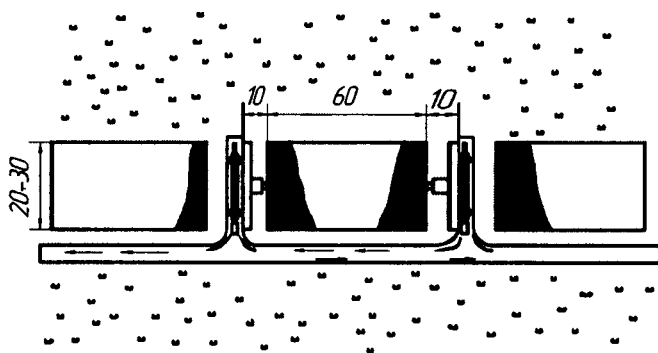


Рис. 4.9. Схема укладки хлыстов в одну «ленту»

Таким образом, штабеля имеют размеры  $30 \times 60$  м, и из них может производиться двусторонняя отгрузка одновременно двух автопоездов двумя лесопогрузчиками. При таком расположении погрузочных площадок отгрузку леса производят после завершения разработки лесосеки.

Для более эффективного использования лесопогрузчиков и лесовозных автопоездов целесообразно организовать работу на транспорте леса в две-три смены. По технике безопасности не допускается работа лесопогрузчика и трелевочного трактора одновременно на одном штабеле, поэтому каждая лесосечная бригада (звено) должна создавать не менее двух штабелей леса.

Для сокращения времени на передвижение лесопогрузчик должен в течение смены грузить лесоматериалы из одного-двух соседних штабелей, перемещаясь для работы в следующую смену к соседним штабелям. На лесозаготовительных участках с небольшим объемом лесозаготовок при разработке лесосек деревья

и хлысты сразу не отгружаются, а накапливаются в штабелях. В этом случае отгрузка производится периодически по мере накопления достаточного количества подтрелеванного леса, обеспечивающего эффективное применение лесопогрузчика.

При обрезке сучьев самоходными сучкорезными машинами на погрузочных площадках состав машин и их эффективность рассчитывают с учетом сменной производительности. В этом случае трелевочные трактора на одном погрузочном пункте создают штабель деревьев, на другом самоходные сучкорезные машины обрезают сучья и создают штабель хлыстов, а на третьем производится погрузка хлыстов на лесовозные автопоезда. Таким образом, лесосечная бригада должна иметь не менее трех погрузочных пунктов.

Межоперационные запасы древесины в штабелях между обрезкой сучьев и погрузкой хлыстов на лесовозные автопоезда должны быть не менее сменной производительности одного лесопогрузчика, применяемого на этом мастерском участке. При обрезке сучьев самоходными сучкорезными машинами на погрузочных площадках можно также организовывать вывозку заготовленного леса из запасов после завершения разработки лесосеки (валки и трелевки деревьев в штабеля на погрузочные площадки) и обрезки сучьев со всех заготовленных деревьев.

Лесопогрузчики перекидного типа широко применяются также для создания запасов хлыстов (деревьев) на верхних лесных складах у трасс лесовозных дорог как круглогодowego, так и сезонного действия, на вахтовых лесозаготовительных участках, на резервных лесных складах. Высота штабелей, создаваемых челюстными погрузчиками, достигает 2 м, а объем одного штабеля глубиной 30 м составляет 350—450 м<sup>3</sup>. При создании межсезонных запасов в штабеля укладываются большие объемы древесины. Поэтому приходится заблаговременно предусматривать под штабелем лесовозный ус, параллельный основной дороге, для заезда автопоездов после отгрузки древесины из запаса, расположенного в непосредственной близости у дороги с целью сокращения передвижений лесопогрузчика при погрузке из штабеля, глубиной более 30 м.

При организации резервных складов с помощью челюстных лесопогрузчиков (рис. 4.10) производят: разгрузку лесовозных автопоездов, вывозящих лес по временным дорогам из лесосек (автомобильные поезда I ступени), штабелевку хлыстов (деревьев) и погрузку хлыстов (деревьев) из запаса на лесовозные автопоезда при вывозке леса на нижний склад для первичной обработки (автопоезда II ступени).

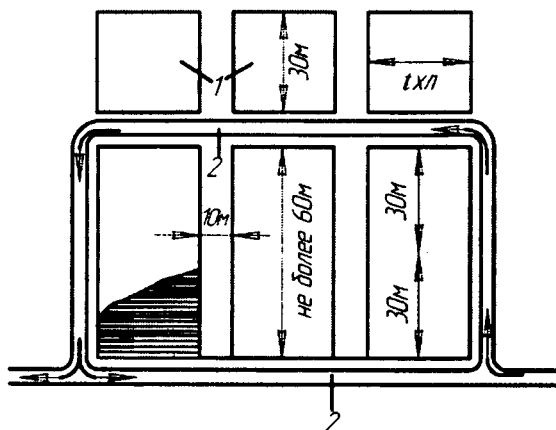


Рис. 4.10. Схема расположения штабелей хлыстов на резервных площадках:

1 – штабеля хлыстов; 2 – лесовозная дорога.

Стрелками показано направление движения автопоездов

Важнейшим условием эффективной работы лесопогрузчиков и лесовозных автопоездов при организации вывозки леса является правильное сочетание числа автопоездов и лесопогрузчиков при данном конкретном плече транспорта леса. Исследованиями установлено, что оптимальным коэффициентом использования рабочего времени лесопогрузчика является 0,6—0,65, так как при более высокой загрузке лесовозные автопоезда могут простаивать. В целях уменьшения простоя лесопогрузчиков и автопоездов необходимо организовать движение подвижного состава на каждый погрузочный пункт по графику с интервалами, примерно равными времени погрузки одного автопоезда.

При наличии радиосвязи между погрузочными пунктами и лесовозными автопоездами, работающими на данном направлении, целесообразно не закреплять автопоезда за конкретными лесопогрузчиками, а оперативно распределять их по свободным в данный момент лесопогрузчикам, что позволит снизить простои в ожидании погрузки.

При погрузке леса на автопоезда экскаватором или ВПМ, оборудованными лесопогрузочным устройством (захватом с ротатором), лесопштабелером или колесным лесопогрузчиком фронтального типа, хлысты в штабелях располагаются перпендикулярно дороге. При обрезке сучьев на лесосеке хлысты подтрелевывают-

ся комлями вперед к дороге и укладываются в штабеля вдоль всего уса (метод широкого фронта). При отсутствии по производственным условиям такой возможности (несущая способность грунтов, пересеченный рельеф) хлысты укладываются в отдельные штабеля. При обрезке сучьев сучкорезными машинами после трелевки деревьев за комли они укладываются на расстоянии 30—35 м от дороги (уса); после обрезки сучьев комли хлыстов оказываются от дороги на расстоянии 3—5 м; в процессе работы отвал передней навесной системы сучкорезной машины выравнивает комли хлыстов. При трелевке деревьев за вершины деревья укладываются так, чтобы после обрезки сучьев сучкорезной машиной комли хлыстов находились на расстоянии 3—5 м от уса. Операция выравнивания комлей при этом упраздняется, так как при обрезке сучьев, начиная с обрезки вершинной части, комли деревьев в штабеле хлыстов в достаточной мере выровнены сучкорезной машиной. Фронтальный погрузчик набирает пачку хлыстов, отъезжает немного назад, поворачивает на 90°, затем, двигаясь передним ходом, подъезжает к автопоезду и загружает его. При погрузке леса ВПМ, оборудованной погрузочным устройством, или экскаватором с погрузочным устройством машина движется параллельно дороге вдоль штабеля деревьев, захватывает хлысты и укладывает их в автопоезд, точно так же при необходимости производится погрузка леса в автопоезда форвардерами или трелевочными тракторами с манипуляторами.

При прохождении уса на грунтах с низкой несущей способностью, для облегчения укрепления его проезжей части сучьями при вывозке леса в хлыстах используется следующая технологическая схема (рис. 4.11). Деревья трелеются вершинами вперед: укладываются вершинной частью к усу. Сучкорезная машина, двигаясь по трассе уса, протаскивает деревья, сучья укладываются в покрытие уса, хлысты укладываются с другой стороны комлями к усу.

В процессе работы сучкорезные машины уплотняют сучья. Вывозка осуществляется автопоездами с манипуляторами. После погрузки хлыстов на освободившееся место укладываются деревья, стрелованные с другой стороны дороги, сучкорезная машина вновь протаскивает деревья, укладывая хлысты на противоположную сторону.

При работе по данной технологической схеме погрузка леса производится, как правило, манипуляторами, установленными на лесовозные автопоезда.

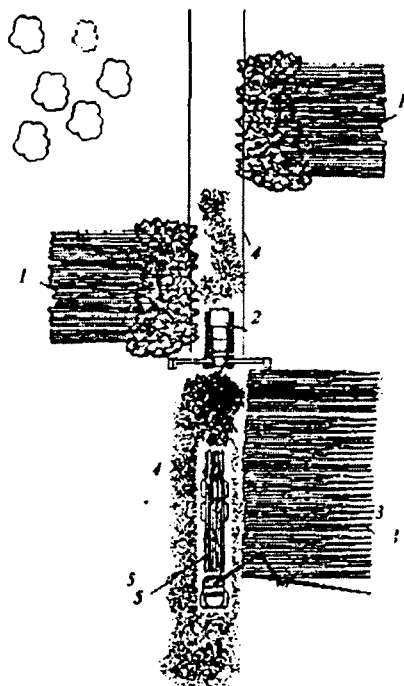


Рис. 4.11. Схема расположения штабелей при использовании кроны для укрепления уса

При заготовке и вывозке леса в сортиментах для тех же целей (укрепления проезжей части усов) в ходе лесосечных работ могут использоваться следующие схемы.

Деревья на трассе уса трелюются за комли и укладываются перпендикулярно трассе уса. Сучкорезно-раскряжевочная машина (процессор), например ЛО-120, протаскивает деревья, обрезает сучья и раскряжевывает деревья на сортименты, которые укладываются на противоположной стороне уса. Сучья и вершины деревьев при этом укладываются в покрытие уса. После этого форвардер производит сортировку и штабелевку сортиментов, при этом в процессе движения по усу уплотняется покрытие уса древесных отходов. При работе комплекса машин харвестер (валка, обрезка сучьев, раскряжевка) и форвардер на сортировке-штабелевке технология устройства покрытия несколько меняется. В начале харвестер разрабатывает полосу шириной, равной двойному вылету манипулятора, укладывая сортименты с обеих сторон уса, а сучья и вершинки — в покрытие уса, затем в процессе работы форвардера древесные отходы уплотняются. Ес-

ли этого количества древесных отходов недостаточно для обеспечения проходимости автопоездов, то к усу подтрелевываются деревья, которые обрабатываются харвестером, работающим в режиме процессора, при этом сучья и вершины укладываются в покрытие уса.

Применение данной технологии при транспортировке хлыстов и сортиментов на лесосеке с устройством усов обеспечивает снижение затрат на строительство временных дорог, особенно при дефиците гравийных материалов или значительных расстояниях их подвозки.

В настоящее время для погрузки лесовозных автопоездов используются манипуляторы, так как погрузка сортиментов длиной 2—3 м челюстными погрузчиками невозможна, а длиной 4 м затруднена. Кроме этого при самопогрузке зачастую приходится производить подсортировку сортиментов.

Манипуляторы на лесовозные автопоезда для транспортировки хлыстов (деревьев) или длинномерных сортиментов (автопоезда в составе тягача и прицепа-ропуски) устанавливаются за кабиной автомобиля (рис. 4.12).



Рис. 4.12. Автопоезд-сортиментовоз (манипулятор расположен за кабиной)

Если на автомобиле установлен манипулятор с продольной схемой складывания, то в транспортном положении стрела и рукоять манипулятора укрепляются над кабиной автомобиля, что несколько ограничивает видимость, а также увеличивает нагрузку на переднюю ось автомобиля. Поэтому при такой компоновке автопоезда предпочтителен вариант с установкой за кабиной автомобиля манипулятора с поперечной схемой складывания, так как укладка манипулятора на пачку хлыстов или сортиментов может привести к поломке манипулятора, что обусловлено не-

совпадением расположения осей поворота стрелы и рукояти манипулятора с осью поворота роспуска.

При установке манипулятора в задней части платформы автомобиля (рис. 4.13) оптимален вариант манипулятора с продольной схемой складывания.

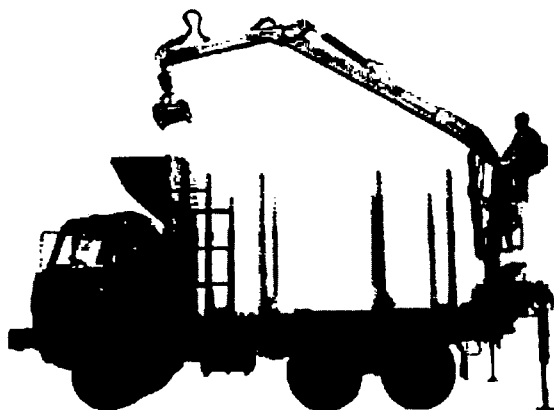


Рис. 4.13. Автопоезд-сортиментовоз (манипулятор расположен в задней части платформы автомобиля)

Манипулятор при движении автомобиля в грузовом направлении укладывается на пачку сортиментов, расположенную на автомобиле, в порожнем — на платформу автомобиля.

При транспортировке сортиментов автопоездом в составе автомобиля и полуприцепа манипулятор с продольной схемой складывания устанавливается в центре полуприцепа (рис. 4.14).

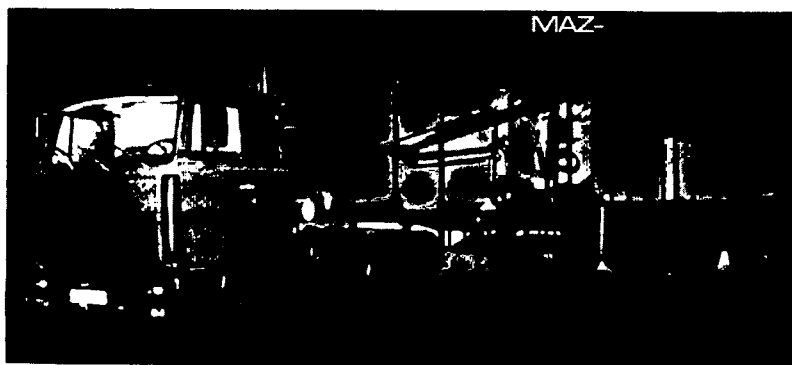


Рис. 4.14. Автопоезд-сортиментовоз в составе седельного тягача и трехосного полуприцепа (манипулятор установлен в центре полуприцепа)



У автопоезда, в состав которого входят полуприцеп и прицеп, манипулятор с продольной схемой складывания устанавливается в задней части полуприцепа.

В начальный период внедрения сортиментной заготовки и вывозки леса ввиду недостатка отечественных автомобилей для сортиментной заготовки на транспортировке сортиментов в основном использовались автопоезда-сортиментовозы зарубежного производства (автопоезда на базе автомобилей фирм Сису, Скания, Вольво и др.), оснащенные манипуляторами Кранаб, Фискарс и др.

В настоящее время освоено производство автопоездов-сортиментовозов на базе автомобилей российского производства (Камского и Уральского автозаводов) и производства Республики Беларусь и Украины. Налажен выпуск отечественных манипуляторов. Основные производители этой техники — ООО «Велмаш», ООО «Соломбальский машиностроительный завод», ООО «Майкопский машиностроительный завод», ЗАО «Великолукский завод "Лесхозмаш"».

Технические характеристики основных типов манипуляторов, устанавливаемых на лесовозные автопоезда, приведены в табл. 4.2.

Манипуляторы российского производства и их зарубежные аналоги в основном рычажно-телескопического действия. Вылет манипулятора изменяется при подъеме и наклоне стрелы рукояти и выдвижении телескопического звена. Манипуляторы с одним выдвижным звеном имеют максимальный вылет 7,0—7,3 м. Манипуляторы с двойным телескопическим звеном имеют максимальный вылет 8,4—8,6 м. Для обеспечения устойчивости манипулятора при погрузке используется аутригеры, выдвижные балки, которые в различных конструкциях производятся либо вручную, либо с использованием гидропривода (рис. 4.15).

Грузоподъемный момент манипулятора изменяется от 65 до 146 кНм. Для погрузки сортиментов при среднем объеме хлыста до 0,35—0,4 м<sup>3</sup>, когда объем и масса практически всех сортиментов не превышает 1 м<sup>3</sup> или 800 кг вполне применимы манипуляторы с грузоподъемным моментом 65—75 кНм, обеспечивающие на полном вылете 7,1—7,5 м подъем груза массой 950—980 кг.

Манипуляторы с грузоподъемным моментом 90 и 97 кНм имеют максимальную грузоподъемность на вылете 7,8—8,6 м соответственно 1260 и 1170 кг.

Манипулятор СФ-140С с грузоподъемным моментом 146 кНм может на полном вылете 8,9 м поднимать груз массой 1600 кг. Этот манипулятор рекомендуется применять при погрузке деревьев или хлыстов при вывозке леса, заготовленного в насаждениях с крупным объемом хлыста, или для использования в качестве погрузчика на верхних или нижних складах лесозаготовительных предприятий.

Таблица 4.2

## Технические характеристики гидроманипуляторов

Наименование показателей	ООО «Соломбальский машиностроительный завод»				ООО «Велмаш»				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Марка гидроманипулятора	СФ-65С	СФ-65СТ	СФ-90С	СФ-140С	ОМТЛ-97	ОМТЛ-97-04	ОМТЛ-9712	ОМТЛ-70-04	ОМТЛ-70-05
Грузоподъемный момент, кНм	65	55	90	146	97	97	97	70	70
Наибольший вылет, м	7,1	8,41	7,8	8,9	7,3	3,6	7,3	8,5	7,3
Угол поворота стрелы, °	410	415	410	410	400	400	400	400	400
Масса без грейфера и ротатора, кг	1684	1800	2100	2800	2260	2420	2266	2140	2000
Ход удлинителя, м	1	—	1	—	1,2	1,3	1,2	—	1,2
Ротатор:									
угол поворота	полноповоротный	полноповоротный	полноповоротный	полноповоротный	полноповоротный	полноповоротный	полноповоротный	полноповоротный	полноповоротный
поворотный момент, кНм	1,14	1,14	1,14	1,14	—	—	—	—	—
Грейфер:									
поперечное сечение, м <sup>2</sup>	0,35	0,35	0,35	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
масса грейфера и ротатора, кг	248	248	248	248	340	228	340	228	228
Примечание	—	С двойным телескопическим вылетом	—	С двойным телескопическим вылетом	—	С двойным телескопическим вылетом	Оборудован кабиной	С двойным телескопическим вылетом	Варианты с продольным и поперечным сечением

Наименование показателей	ООО «Майкопский машино- строительный завод»		ЗАО «Петрозаводский РМЗ»	ЗАО «Великолукский завод «Лесхозмаш»		
1	11	12	13	14	15	16
Марка гидроманипулятора	А-75-03	А-90	РМЗ-1	МУГ-70М	МУГ-80-74	VPL-90-76
Грузоподъемный момент, кНм	75	90	75	70	30	90
Наибольший вылет, м	7,3	7,3	7,3	7	7,4	7660
Угол поворота стрелы, ...°	400	400	400	425	410	408
Масса без грейфера и ротатора, кг	1600	1700	1600	1750	2300	2500
Ход удлинителя, м	1	1	1	1	1	1,2
Ротатор:						
угол поворота	полноповоротный	полноповоротный	полноповоротный	полноповоротный	полноповоротный	полноповоротный
поворотный момент, кНм	—	—	—	—	—	—
Грейфер:						
поперечное сечение, м <sup>2</sup>	0,35 или 0,5	0,35 или 0,5	0,35	0,5	0,5	0,35
масса грейфера и ротатора, кг	250 или 320	250 или 320	250	270	270	300
Примечание	—	—	—	—	—	—

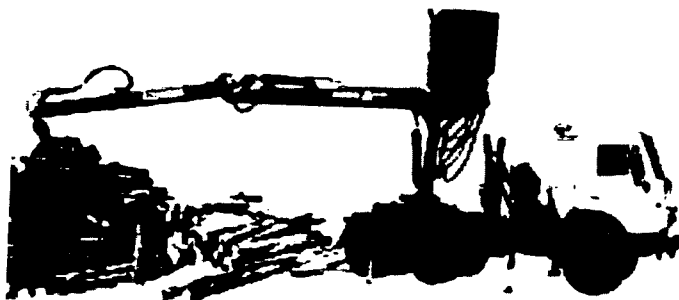


Рис. 4.15. Автопоезд, оснащенный кабиной, установленной на манипуляторе

По заказам потребителей на гидроманипуляторы может быть установлена кабина для оператора (см. рис. 4.15).

Рабочее давление в гидросистеме манипуляторов варьирует от 17 до 20 МПа, потребляемая мощность — от 25 кВт (манипуляторы Ф65С, ОМТЛ-70, ОМТЛ-70-04) до 40 кВт (манипулятор СФ-140С).

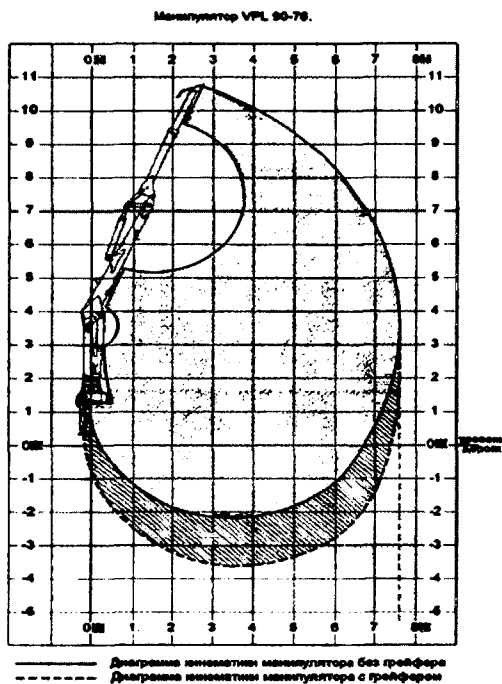


Рис. 4.16. Манипулятор гидравлический VPL 90-67

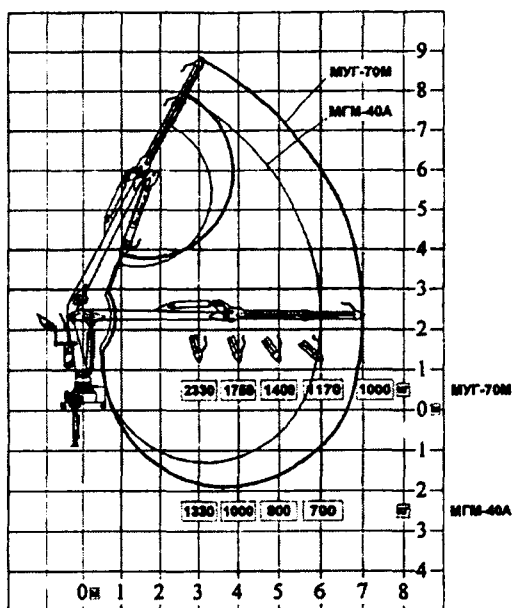


Рис. 4.17. Манипулятор гидравлический УГ-70М

## 5. ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫВОЗКИ ЛЕСА

### 5.1. Неустановившееся движение автопоездов

Уравнение движения автопоезда представим в виде:

$$F = F_j + F_f + F_i + F_w + F_r + F_b, \quad (5.1)$$

где  $F_j$  — сопротивление движению от ускорения:

$$F_j = \delta \frac{G}{g} j = \delta \frac{G}{g} \frac{dv}{dt} = \delta \frac{G}{g} v \frac{dv}{dS}, \quad (5.2)$$

где  $\delta$  — коэффициент учета инерции вращающихся масс, приближенно определяющийся зависимостью:

$$\delta = 1,04 + i_k^2 \cdot 0,05, \quad (5.3)$$

где  $i_k$  — передаточное число коробки передач.

Если известна масса вращающихся узлов, коэффициент  $\delta$  можно определить более точно по формуле:

$$\delta = 1 + \frac{I_n (i_0 i_{кп} i_{рк})^2}{Gr_d^2} + \frac{\sum I_k}{Gr_d^2}. \quad (5.4)$$

В зависимости (5.4)  $I_n$  — момент инерции маховика,  $\text{кг} \cdot \text{с}^2$ ;  
 $I_k$  — момент инерции колеса автомобиля (автопоезда),  $\text{кг} \cdot \text{с}^2$ ;  
 $i_{кп}$  — передаточное отношение коробки передач на соответствующую

щей передаче;  $i_{\text{рк}}$  — передаточное отношение раздаточной коробки;  $i_0$  — передаточное отношение главной передачи;  $r_d$  — динамический радиус колеса, м.

$F_f$  — основное сопротивление движению автопоезда:

$$F_f = G\omega, \quad (5.5)$$

где  $G$  — масса автопоезда;  $\omega$  — основное удельное сопротивление движению.

$F_i$  — сопротивление движению от уклона пути:

$$F_i = Gi, \quad (5.6)$$

где  $i$  — продольный уклон.

$F_w$  — сопротивление движению от воздушной среды:

$$F_w = \kappa \Delta \Omega v^2, \quad (5.7)$$

где  $\kappa$  — коэффициент сопротивления воздушной среды, зависящий от совершенства формы (обтекаемости) автомобиля (его приближенное значение принимается равным для одиночных автомобилей 0,06—0,08);  $\Delta$  — коэффициент, учитывающий дополнительное сопротивление воздушной среды от прицепов (при работе с одним прицепом  $\Delta = 1,3$ );  $\Omega$  — лобовая площадь автомобиля, м<sup>2</sup>;  $v$  — скорость движения, м/с.

$F_r$  — сопротивление движению от кривых в плане. Оно возникает вследствие затрат энергии на поворот колеса вокруг своей оси (увод шины), для двускатных колес сопротивление движению увеличивается, так как при одинаковых угловых скоростях внешняя шина проходит больший путь.

$$F_r = G \frac{C_r}{R_r}, \quad (5.8)$$

где  $C_r$  — постоянная для данного типа подвижного состава величина, определяемая экспериментально (для трехосных тягачей и двухосных прицепов с крестообразной сцепкой  $C_r = 0,168$  м, с прямой сцепкой — 0,138 м; для двухосных тягачей и одноосных прицепов с крестообразной сцепкой  $C_r = 0,064$  м, с прямой сцепкой — 0,040 м);  $R_r$  — радиус горизонтальной кривой.

$F_b$  — сопротивление движению от кривых в профиле.

Сопротивление движению от вертикальной кривой возникает за счет непрерывного изменения уклона при движении по кривой в профиле. Оно зависит от пройденного пути, радиуса вертикальной кривой и массы автопоезда:

$$F_b = G \frac{S}{R_b}. \quad (5.9)$$

Правомерность такого подхода доказана А. Е. Бельским [8] на основе геометрических построений (рис. 5.1), где началом прямоугольных координат является начало вертикальной кривой.

Учитывая общепринятое в автотранспорте допущение, что величина пройденного пути равна его проекции на ось абсцисс, а синус угла подъема — приблизительно его тангенсу, получим:

$$i = \sin \alpha = \frac{R \sin \alpha_1 - S}{R} = -\sin \alpha_1 \frac{S}{R} = i - \frac{S}{R}. \quad (5.10)$$

Таким образом, уклон в любой точке вертикальной кривой равен уклону касательной в начальной точке или уклону предыдущего прямолинейного элемента продольного профиля минус отношение пройденного пути к радиусу вертикальной кривой.

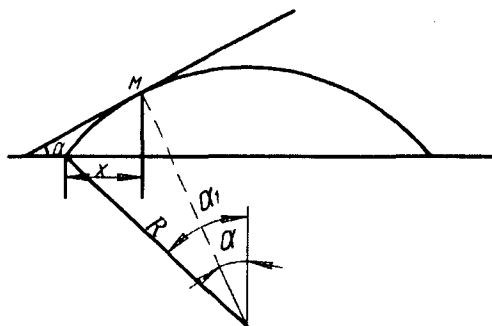


Рис. 5.1. Схема для определения величины уклона на вертикальной кривой

Радиус вертикальных выпуклых кривых в зависимости (5.10) принимается со знаком «+», вогнутых — со знаком «-».



В общем виде, с учетом рассмотренных вопросов, дифференциальное уравнение лесовозного автопоезда можно описать следующей зависимостью:

$$F = \delta \frac{G}{g} v \frac{dv}{dS} + \omega G + iG + \kappa \Delta \Omega v^2 + G \frac{G_r}{R_r} \pm G \frac{S}{R_b}. \quad (5.11)$$

Для проведения тяговых расчетов и, прежде всего, определения скорости и времени движения разработаны различные методы и способы расчетов [4, 17, 19, 20, 21, 25, 27, 30]. Это и известные графические методы расчетов метод графического интегрирования уравнения движения [18, 22], графоаналитический метод, метод приближенного интегрирования уравнения движения и др.

Однако эти методы не нашли практического применения на лесовозном автотранспорте ввиду сложности аналитических расчетов, громоздкости графических построений и неучета ряда существенных факторов, влияющих на показатели движения лесовозных автопоездов. В частности, скорость и время движения можно определить лишь на прямолинейных в профиле участках, кроме того, не учитываются некоторые режимы движения (торможение двигателем с отключением подачи топлива, торможение моторным тормозом, изменения скорости в процессе переключения передач и др.).

В работе [14] разработаны графические зависимости, приведенные на рисунке 5.1, использованием которых при заданных удельной мощности и максимальной конструктивной скорости движения определяется средняя техническая скорость движения лесовозных автопоездов на двухполосных магистралях лесовозных дорог. Для определения скорости движения на ветках и магистральных лесовозных дорогах с одной полосой движения введены понижающие коэффициенты.

А. М. Чупраков для ориентировочного определения средней технической скорости движения лесовозных автопоездов предложил использовать уравнение регрессии, полученное при изучении работы лесовозных автопоездов на двухполосных магистралях лесовозных дорог [21]:

$$V_{ст} = 1,35 N_{уд}^{0,7} - N_e^{0,24} K_{сл}^{0,92}, \quad (5.12)$$

где  $N_{уд}$  — удельная мощность автопоезда, кВт/т;  $N_e$  — номинальная мощность двигателя автомобиля, кВт;  $k_{с\lambda}$  — коэффициент, учитывающий сложность продольного профиля дороги.

$$k_{с\lambda} = \frac{L_{20}}{L_{06}}, \quad (5.13)$$

где  $L_{20}$  — общая длина участков дороги с уклонами менее 20‰, км;  $L_{06}$  — длина дороги, км.

Однако уравнение, приведенное в работе [21], а также графические зависимости, разработанные ЦНИИМЭ [1, 14], можно использовать лишь для ориентировочных расчетов по определению скорости автопоездов, так как при расчетах не учитываются особенности плана и профиля конкретных лесовозных автодорог, динамические возможности автопоездов, что не дает возможности определить скорость и время движения на определенных участках дороги; кроме того, мощность двигателей и максимальная конструктивная скорость современных автопоездов значительно выше, чем у тех, для которых выведены указанные зависимости. Это не дает возможности принять их для расчета скорости и времени движения современных автопоездов.

Наибольшее применение при проведении тяговых расчетов на лесовозном транспорте нашел метод равновесных скоростей.

При расчете по методу равновесных скоростей [18, 21, 22] движение на каждом элементе продольного профиля считается установившимся, и расчет скорости ведется из условия равенства нулю равнодействующей внешних сил. Считается, что скорость движения при переходе с одного участка на другой меняется мгновенно. В результате график скоростей движения получается ступенчатым.

Равновесные скорости на каждом элементе продольного профиля дороги определяются графоаналитическим методом. Для этого рассчитывается и вычерчивается тяговая характеристика автомобиля (автопоезда) — зависимость тягового усилия от скорости движения на пятой передаче.

Значение эффективного крутящего момента определяется из скоростных характеристик двигателей (рис. 5.2).

Скоростной характеристикой двигателя (см. рис. 5.2) описывается зависимость основных параметров, характеризующих работу двигателя: мощность  $N$ , крутящий момент  $M$ , удельный расход топлива  $q$  от угловой скорости (числа оборотов  $n$ ) коленчатого вала двигателя.

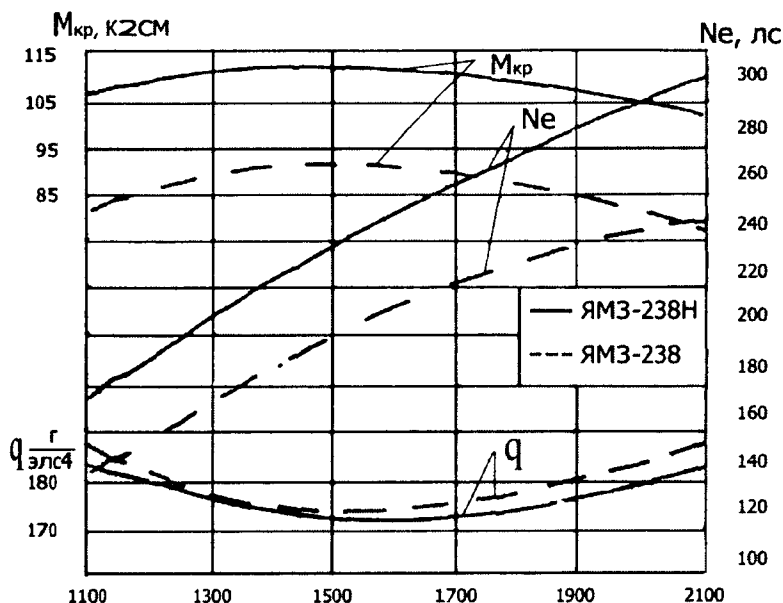


Рис. 5.2. Скоростная характеристика двигателей тягачей КрАЗ-255Л и КрАЗ-260Л

На рис. 5.3—5.10 приведены тяговые характеристики лесовозных автомобилей КрАЗ-255Л и КрАЗ-260 Л.

Касательная сила тяги может быть ограничена силой сцепления ведущих колес с дорогой —  $F_{\text{сц}}$ .

$$F_{\text{сц}} = Gk_{\text{сц}}\varphi_{\text{сц}}, \quad (5.14)$$

где  $k_{\text{сц}}$  — коэффициент сцепного веса;  $\varphi_{\text{сц}}$  — коэффициент сцепления колеса с дорогой.

По формуле

$$F_T = iG + \omega G \quad (5.15)$$

определяется тяговое усилие, необходимое для поддержания постоянной (равновесной) скорости.

Затем по тяговой характеристике определяется равновесная скорость движения на участке.

Данный метод отличается простотой и обеспечивает быстрое проведение расчетов. Однако на лесовозных автомобильных дорогах, которые характеризуются малым шагом проектирования и, следовательно, отсутствием прямолинейных в профиле участков большой длины, установившиеся режимы движения почти отсутствуют.

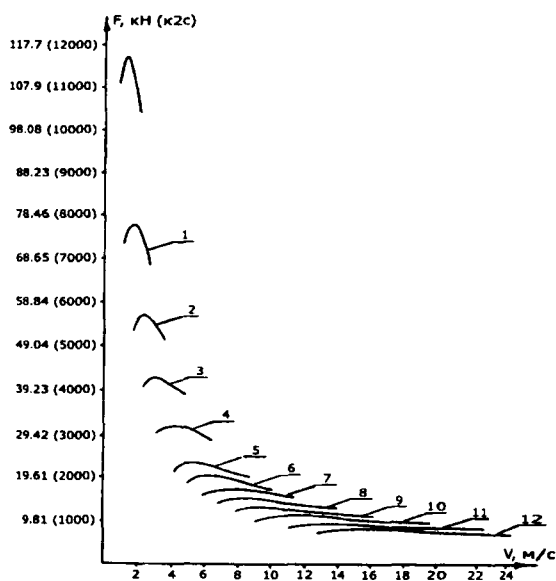


Рис. 5.3. Тяговая характеристика автомобиля Сису-М-162

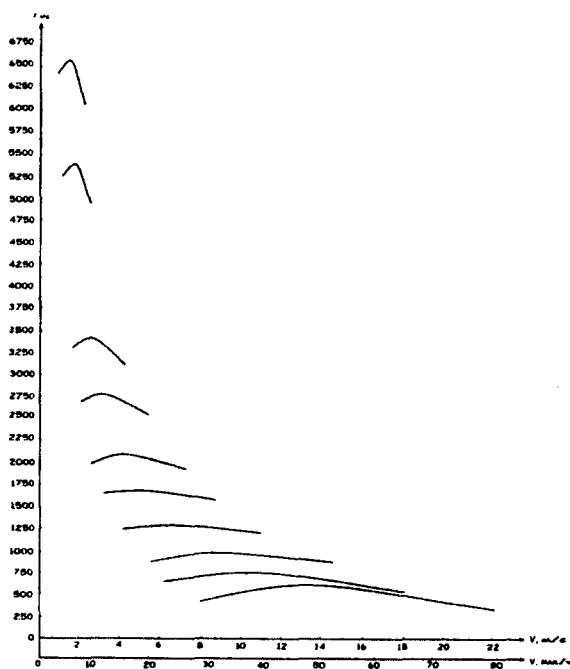


Рис. 5.4. Тяговая характеристика автомобиля КамАЗ-53228 с двигателем мощностью 191 кВт (260 л.с.)

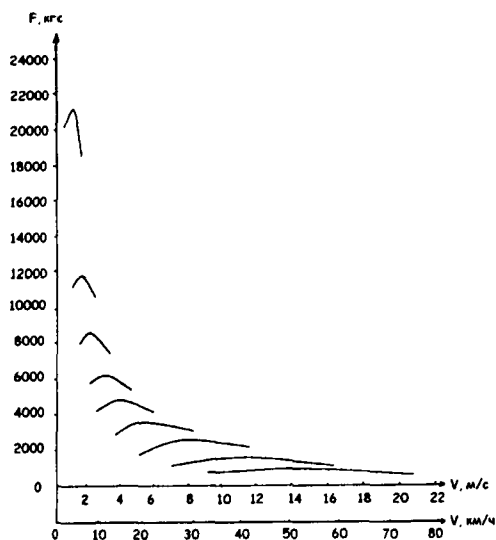


Рис. 5.5. Тяговая характеристика автомобиля МЗКТ-6903

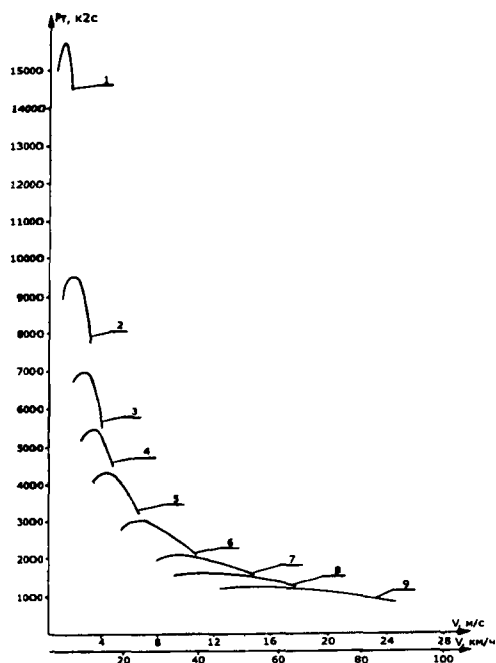


Рис. 5.6. Тяговая характеристика автомобиля МА3-63171

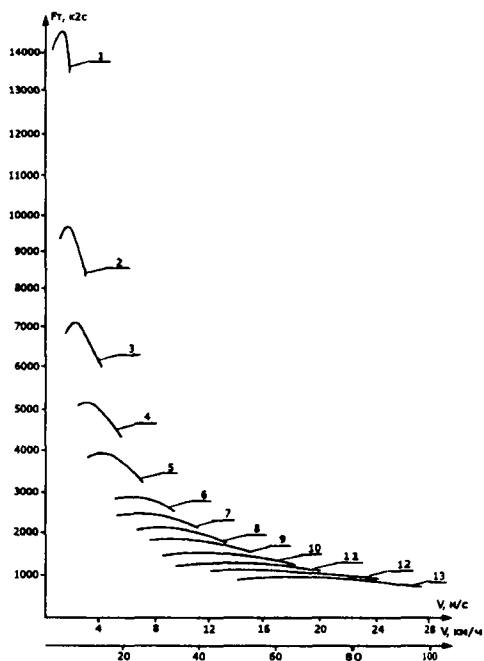


Рис. 5.7. Тяговая характеристика автомобиля Сису-СМ-300-СКН-6х2

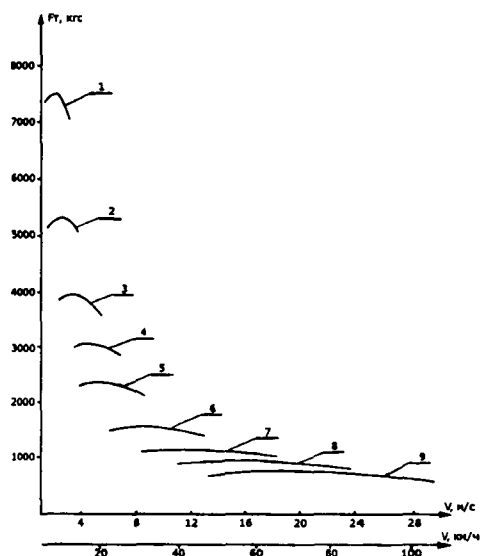


Рис. 5.8. Тяговая характеристика автомобилей МАЗ-6303

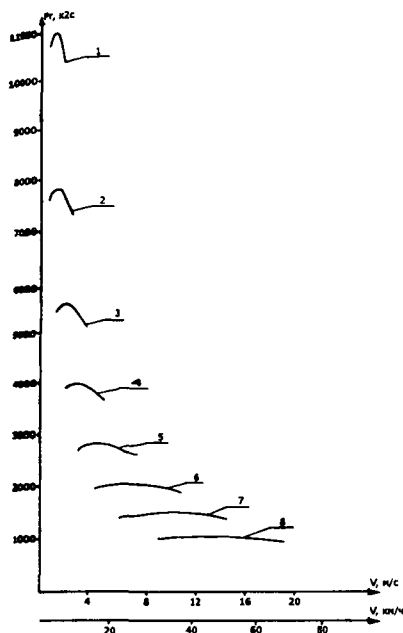


Рис. 5.9. Тяговая характеристика автомобиля МАЗ-6303-26

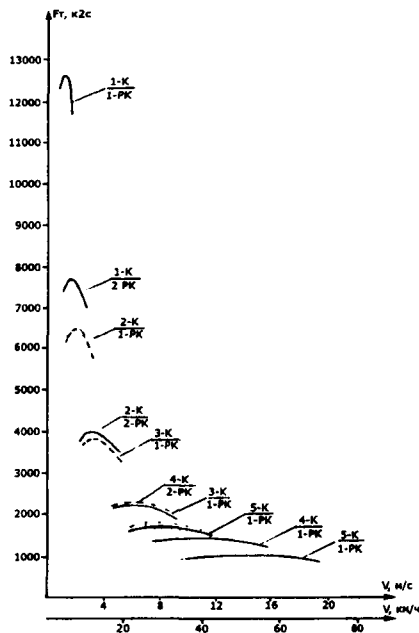


Рис. 5.10. Тяговая характеристика автомобиля Урал-4320-1912

При расчете скорости движения этим методом не учитываются инерционные силы, непрерывное изменение уклона при движении на вертикальных кривых, влияние различных ограничений скорости на показатели движения лесовозных автопоездов и другие факторы.

Проведенные исследования показали, что при расчете по этому методу расхождение между фактическим и расчетным временем движения достигает 46—53 %. Проверка рассчитанным по методу равновесных и фактических (зарегистрированных) скоростей движения показала, что модель расчета по этому методу неадекватна [67].

Для решения уравнения движения в виде (5.14) необходимо найти функциональную зависимость  $F = f(v)$ .

При скорости движения на каждой передаче в пределах рабочего диапазона оборотов двигателя (от оборотов, соответствующих максимальному крутящему моменту, до оборотов, соответствующих максимальной мощности двигателя) тяговую и тормозную характеристику можно аппроксимировать с точностью до 1 % зависимостью:

$$F_T = a - bv^2, \quad F_{TOP} = a_T - b_T v^2. \quad (5.16)$$

Определение зависимости (5.16) производится следующим образом.

При наличии скоростной характеристики крутящий момент двигателя в указанном диапазоне с достаточной точностью аппроксимируется зависимостью:

$$M_s = k - k_1 n^2, \quad (5.17)$$

где  $n$  — число оборотов коленчатого вала двигателя, об/мин.

Подбор коэффициентов  $k$  и  $k_1$  в зависимости (5.17) производится с использованием метода наименьших квадратов.

Если скоростная характеристика двигателя отсутствует и известны лишь максимальная мощность двигателя ( $N_{\max}$ ) и число оборотов коленчатого вала двигателя, при котором она достигает ( $n_{N_{\max}}$ ), то скоростную характеристику двигателей можно построить с использованием эмпирических зависимостей, которые имеют вид:

$$N_0 = N_{\max} \left[ c_1 \frac{n_e}{n_N} + c_2 \frac{n_e}{n_N} - c_3 \frac{n_e}{n_N} \right]. \quad (5.18)$$

При этом для карбюраторных двигателей  $c_1$ ,  $c_2$  и  $c_3 = 1$ ; для дизелей с неразделенной камерой — 0,87, 1,13 и 1; для дизелей с предкамерой — 0,6, 1,4 и 1; для дизелей с вихревой камерой — 0,7, 1,3, 1.

После определения с использованием зависимости (5.18) мощности двигателя в рабочем диапазоне определяется крутящий момент по формуле:

$$M_s = \frac{75N60}{n2\pi}, \quad (5.19)$$

где  $N$  — мощность двигателя, л. с.;  $n$  — число оборотов в минуту.

Затем крутящий момент в интервале  $n_{M_{\max}}$  до  $n_{N_{\max}}$  аппроксимируется зависимостью (5.16).

В технических характеристиках автомобилей зачастую приводятся максимальный крутящий момент, максимальная мощность двигателя и соответствующие им обороты. В этом случае по формуле (5.19) рассчитывается крутящий момент при максимальной мощности, и по двум характерным точкам определяют коэффициенты  $k$  и  $k_1$  в зависимости (5.17).



Тяговое усилие на ведущих колесах определяется зависимостью:

$$F_T = \frac{k i_{\text{тр}}}{r_d} \eta_{\text{тр}} - \frac{k_1 i_{\text{тр}} n^2}{r} \eta_{\text{тр}}, \quad (5.20)$$

$$v = \frac{2\pi r_d n}{60}, \quad (5.21)$$

$$n = \frac{v i_{\text{тр}} 30}{\pi r_d}. \quad (5.22)$$

В зависимостях (5.21) и (5.22)  $v$  — скорость движения автомобиля (автопоезда), м/с.

$$F_T = \frac{k i_{\text{тр}}}{r_d} \eta_{\text{тр}} - \frac{k_1 i_{\text{тр}}^3 30^2}{\pi^2 r_d^3} \eta_{\text{тр}}, \quad (5.23)$$

$$F = a - b v^2, \quad (5.24)$$

где

$$a = \frac{k i_{\text{тр}}}{r_d} \eta, \quad (5.25)$$

$$b = \frac{k_1 i_{\text{тр}}^3 30^2}{\pi^2 r_d^3} \eta_{\text{тр}}. \quad (5.26)$$

Если для исследуемого автомобиля (автопоезда) в справочной литературе имеется тяговая характеристика, то коэффициенты  $a$  и  $b$  в зависимости (5.16) могут определяться для каждой передачи методом наименьших квадратов.

Или после определения этим методом коэффициентов  $a$  и  $b$  в аппроксимирующей зависимости для условий движения на прямой передаче для остальных передач искомые коэффициенты вычисляются по формулам:

$$a_i = a_n \frac{i_{\text{тр} i}}{i_{\text{тр} n}}, \quad (5.27)$$

$$b_i = b_n \left( \frac{i_{\text{тр} i}}{i_{\text{тр} n}} \right)^3. \quad (5.28)$$

В зависимостях (5.27) и (5.28)  $a_n, b_n$  — коэффициенты в зависимости, аппроксимирующей тяговую характеристику на прямой передаче к. п. д.;  $a_i, b_i$  — коэффициенты в зависимости, аппроксимирующей тяговую характеристику на  $i$ -й передаче к. п. д.;  $i_{тp1}, i_{тp n}$  — передаточное отношение трансмиссии на передаче, для которой вычисляются коэффициенты  $a$  и  $b$ .

Тормозная характеристика двигателя — это зависимость величины тормозного момента двигателя от числа оборотов коленчатого вала. Для увеличения тормозного момента двигателя лесовозные автомобили КраЗ-255Л, МАЗ-509, КраЗ-260Л и другие оборудуются выпускными моторными тормозами, действие которых основано на создании противодавления в выпускном трубопроводе двигателя путем перекрытия его проходного сечения дроссельной заслонкой, установленной перед глушителем с одновременным прекращением подачи топлива.

Исследованием тормозной эффективности двигателей, торможения лесовозных автопоездов двигателем и моторным тормозом занимался В. А. Носиков [35, 36]. Им определены тормозные моменты двигателей, оснащенных устройством для выхлопного торможения и не имеющих его.

Доказано, что тормозной момент и тормозная мощность двигателя с моторным тормозом достигает 0,8—0,9 крутящего момента и эффективной мощности двигателя. Моторный тормоз является эффективным средством торможения на крутых и затяжных спусках; применение его предотвращает перегрев и преждевременный выход из строя колесных тормозов и повышает безопасность движения.

При аппроксимации тормозной характеристики автомобиля зависимостью  $F_{\text{торм}} = a_{\tau} - b_{\tau} v^2$  методика расчетов почти не меняется. Следует лишь иметь в виду, что сопротивление в трансмиссии увеличивает тормозной эффект.

Следовательно,

$$a_{\tau} = \frac{k_{\tau} \cdot i_{тp}}{r_{\text{д}} \cdot \eta_{тp}}, \quad (5.29)$$

$$b_{\tau} = \frac{k_{\tau_1} \cdot i_{тp}^3 \cdot 30^2}{\pi^2 \cdot r_{\text{д}}^3 \cdot \eta_{тp}}, \quad (5.30)$$

где  $k_{\tau}$  и  $k_{\tau_1}$  — коэффициенты зависимости  $M_{\tau} = k_{\tau} - k_{\tau_1} n^2$ , аппроксимирующей тормозную характеристику двигателя.

Коэффициенты  $a$  и  $b$ , а также  $a_t$  и  $b_t$  рассчитаны для всех основных типов автопоездов и приведены в таблицах Приложения 1.

Таким образом, при аппроксимации кривых тяговой и тормозной характеристик, уравнение движения представляется в следующем виде:

$$a - bv^2 = \delta \frac{G}{g} v \frac{dv}{dS} + \omega G + iG + \kappa \Delta \Omega v^2 + G \frac{G_r}{R_r} \pm G \frac{S}{R_b}. \quad (5.31)$$

Решение уравнения (5.31) получается в следующем виде [52, 67]:

Для прямолинейных в профиле участков

$$v = \sqrt{\left(v_0^2 - \frac{A}{B}\right) e^{-\frac{2Bq}{G\delta}} + \frac{A}{B}}. \quad (5.32)$$

Если обозначить

$$e^{-\frac{2Bq}{G\delta}S} = x, \quad (5.33)$$

$$Bv^2 = A - \frac{A - Bv_0^2}{x}, \quad (5.34)$$

$$x = \frac{A - Bv_0^2}{A - Bv^2}, \quad (5.35)$$

$$Bv^2 = \frac{A - (A - Bv_0^2)}{x}. \quad (5.36)$$

Для участков дороги, имеющих вертикальные кривые в профиле,

$$Bv_k^2 = -\frac{A - Bv_0^2}{e^{\frac{2Bq}{G\delta}S}} + \frac{G^2\delta}{2BR_q} \left( \frac{1}{e^{\frac{2Bq}{G\delta}S}} - 1 \right) + \frac{GS}{R_B} + A. \quad (5.37)$$

Обозначив

$$\frac{G^2\delta}{2BR_q} \left( \frac{1}{e^{\frac{2Bq}{G\delta}S}} - 1 \right) + \frac{GS}{R_B} = \rho, \quad (5.38)$$

получим

$$Bv_k^2 = -\frac{A - Bv_0^2}{x} + \rho + A. \quad (5.39)$$

Для вывода формул, связывающих скорость и время движения, кривая тяговой или тормозной характеристики аппроксимируется линейной зависимостью

$$F = a' - b'v. \quad (5.40)$$

В этом случае расчетные зависимости для определения скорости и времени движения

$$y = e^{\frac{B'q}{G\delta}t} = \frac{A' - B'v_0^2}{A' - B'v_k^2}, \quad (5.41)$$

$$B'v_k^2 = A' - \frac{A' - B'v_0^2}{y}, \quad (5.42)$$

где

$$A' = a' \pm iG + \omega G + \frac{G_r}{R_r} G.$$

## 5.2. Составление таблиц и методика расчета показателей движения автопоездов табличным методом

Для облегчения расчетов с использованием выведенных зависимостей разработан табличный метод [51, 52, 53].

Параметры  $x$ ,  $y$ ,  $\rho$  рассчитаны на ЭВМ и представлены в виде таблиц (Приложение 2, 3, 4); технические характеристики автопоездов приведены в таблицах 17 и 18; коэффициенты  $a$ ,  $B$ ,  $a'$ ,  $B'$ , с использованием которых аппроксимируются тяговая и тормозная характеристики, скорости движения и коэффициенты инерции вращающихся масс автопоездов, приведены в таблицах Приложения 1.

С использованием таблиц для прямолинейных в профиле участков можно решать четыре основные задачи тяговых расчетов, определяя:

- скорость движения в конце участка  $v_k$ , если известны длина пути  $S$  и начальная скорость движения  $v_0$ ;

- путь  $S$ , пройденный автопоездом при изменении скорости движения от  $v_0$  до  $v_k$ ;
- скорость движения  $v_k$ , которую достигает автопоезд за время  $t$  при известной начальной скорости движения  $v_0$ ;
- время, затраченное на движение автопоезда при изменении скорости от  $v_0$  до  $v_k$ .

### Пример 1.

**Дано:** автопоезд КрАЗ-255Л + ГКБ-8493-010 ( $G = 40\,000$  кг) начал движение на IV передаче с начальной скоростью  $v_0 = 11$  м/с. Участок пути прямолинейный в плане и профиле;  $\omega = 0,030$ ;  $i = -0,020$ .

**Требуется:** определить скорость движения в конце участка.

**Решение:** по табл. П.2.1 для  $S = 40$  м  $X_{IV} = 1,04312$ . По табл. П.1.2  $B = 2,3$ ,  $a = 1\,309$ .  $Bv_0^2 = 2,3 \cdot 11^2 = 278,3$ .  $A = 1309 - 40\,000 (0,030 - -0,020) = 909$ . Используя зависимость (5.36), получим:

$$Bv^2 = 909 - (909 - 278,3) : 1,04312 = 304,36; v_k = 11,5 \text{ м/с.}$$

### Пример 2.

**Дано:** скорость движения изменилась от  $v_0 = 11,6$  м/с до  $v_k = 13$  м/с. Удельное сопротивление от уклона  $\omega = -0,030$ .

**Требуется:** определить отрезок пути  $S$ , который пройдет груженный автопоезд КрАЗ-255Л + ГКБ8493-011 на IV передаче.

**Решение:** для  $i = -0,030$   $A = 1309$ ;  $Bv_k^2 = 388,7$ . По формуле (5.35) получим:  $X_{IV} = (1309 - 309,5) : (1309 - 388,7) = 1,086$ .

Из табл. П.2.1 для  $X_{IV} = 1,0861$  пройденный путь  $S$  определится равным 78,5.

### Пример 3.

**Дано:** Автопоезд КрАЗ-255Л + ГКБ8493-011 движется на III передаче.

**Требуется:** определить скорость  $v_k$ , которой достигнет автопоезд за  $t = 10$  с на горизонтальном участке ( $v_0 = 6$  м/с,  $\omega = -0,030$ ).

**Решение:** из табл. П.2.5 для  $t = 10$  с значение  $y = 1,1842$ .  $A' = 1\,023$ . Из табл. П.1.4  $B' = 77,7$ ,  $B'v_0 = 466,2$ . Используя выражение (5.41), получим:  $B'v_k = (1023 - 77,7 \cdot 6) : 1,1842 = 553$ , откуда  $v_k = 553 : 77,7 = 7,1$  м/с.

### Пример 4.

Для случая, описанного в первом примере.

**Требуется:** определить время движения ( $v_0 = 11$  м/с,  $v_k = 11,5$  м/с).

**Решение:** по формуле (5.43)  $A' = 1114$ . По табл. П.1.4  $B' = 46,0$ . Используя зависимость (5.42), получим:  $y_{IV} = (1114 - 46 \cdot 11) : (-46 \cdot 11,5) = 1,0393$ . Из табл. П.2.5 для  $y_{IV} = 1,0393$  получим  $t = 3,63$  с.

Рассмотренные примеры выполнены для условий с номинальной нагрузкой  $G$ . При необходимости определения показателей неустановившегося движения автопоезда в порожнем направлении следует пользоваться соответствующими таблицами.

### Пример 5.

Для условий, рассмотренных в примере 1.

*Требуется:* определить скорость движения  $v_k$  порожнего автопоезда.

*Решение:* вычисляем:  $A = 1309 - 16\,790(0,03 - 0,02) = 1141$ . По табл. П.2.4 для  $S = 40$  м  $X_{IV} = 1,10291$ ,  $Bv_0^2 = 278,3$ .  $Bv^2 = 1141 - (1141 - 278,3) : 1,10291 = 358,8$ ;  $v_k = \sqrt{358,8 : 2,3} = 12,5$  м/с.

### Пример 6.

*Дано:* автопоезд КраЗ-255Л + ГКБ8499-011 с номинальной нагрузкой ( $G = 40\,000$  кг) начинает движение со скоростью 17 м/с на участке с уклоном  $-0,035$  на V передаче в режиме торможения моторным тормозом.

*Требуется:* определить скорость в конце участка длиной 100 м.

*Решение:* по табл. П.1.3 находим  $a = -311$ ;  $B = 1,74$ .  $A = -311 - 40\,000(0,03 - 0,035) = -111$ .  $Bv_0 = 111 - \frac{-111 - 502,3}{1,08544} = 454,02$ ;  $v_k = 16,15$  м/с.

При движении автопоезда на вертикальных кривых расчеты ведут по формулам (5.38) и (5.39). В формуле (5.38) зависимость параметра  $\rho$  от радиуса вертикальной кривой является линейной. С учетом этого значения  $\rho$  рассчитаны и приведены в таблице Приложения 2 для радиуса вертикальной кривой  $R_k = 1000$  м. Для всех других значений  $R_k$  параметр  $\rho$  определяется по формуле:

$$\rho = (\rho_{1000} \cdot 1000) : R_k.$$

Приведенные в Приложении 2 значения  $\rho_{1000}$  соответствуют условиям движения автопоезда на выпуклых кривых. На вогнутых вертикальных кривых величина  $\rho_{1000}$  принимается с отрицательным знаком.

При определении расчетных значений величины  $A$  необходимо иметь в виду, что величина уклона  $i$  принимается равной уклону касательной в начале рассматриваемого участка вертикальной кривой, или, если расчет ведется от начала вертикальной кривой, равной уклону предыдущего прямолинейного участка продольного профиля.

### Пример 7.

*Дано:* автопоезд КраЗ-255Л + ГКБ8493-011 с номинальной нагрузкой ( $G = 40\,000$  кг) начинает движение на вертикальной выпуклой кривой с  $v_0 = 12$  м/с. Уклон предыдущего прямолинейного участка продольного профиля  $i = -0,020$ ;  $R_k = 500$  м;  $\omega = 0,030$ . Длина кривой 20 м. Движение на IV передаче.

*Требуется:* определить  $v_k$ .

*Решение:* по табл. П.2.1  $X = 1,0213$ ,  $\rho_{1000} = 8,384$  (П.2.9). По формуле 91)  $A = 909$ ;  $Bv_0^2 = 331,2$ . Используя формулу (5.43), вычисляем  $\rho_{500} = (8,384 \cdot 1000) : 500 = 16,768$ . По формуле (5.39) получим  $Bv_k^2 = 909 (909 - 331,2) : 1,0213 + 16,76 = 360,01$ ;  $v_k = 12,51$  м/с. Для сравнения отметим, что при отсутствии вертикальной кривой скорость в конце этого участка ( $v_k$ ) составила бы 12,22 м/с.

### Пример 8.

*Дано:* уклон предыдущего прямолинейного участка продольного профиля  $i = -0,049$ ;  $v_0 = 15$  м/с. Движение в режиме торможения моторным тормозом на V передаче.

*Требуется:* определить скорость движения порожнего автопоезда в конце участка длиной 25 м выпуклой вертикальной кривой  $R_k = 1500$  м.

*Решение:* по табл. П.2.4, П.2.12  $x = 1,050$ ;  $\rho_{1000} = 2,2$ ;  $B = 1,74$ ,  $a_\tau = -311$  (табл. П.1.3). По формуле (5.39) получим:  $Bv_k^2 = 3 - (3 - 391,5) : 1,050 + 6,1 = 376$ ;  $v_k = 14,69$  м/с.

### Пример 9.

*Дано:* автопоезд МАЗ-6303-26 + МАЗ-83781 с полной нагрузкой ( $G = 40\,000$  кг) начал движение на прямолинейном в плане и профиле участка со скоростью 12 м/с;  $i = -0,015$ ;  $\omega = 0,02$ . Движение на VII передаче.

*Требуется:* определить скорость в конце участка длиной 60 м.

*Решение:* по табл. П.1.2  $a = 1480,7$ ;  $B = 1,41$ .  $Bv_0^2 = 1,41 \cdot 12^2 = 203,4$ .  $A = 1480,7 - 48\,000 (0,02 - 0,015) = 1240$ . Для  $S = 60$  м  $x = 1,033$  (табл. 2.13).

$$Bv_k^2 = 1240 - (1240 - 203,4) : 1,033 = 236,51; \quad v_k = 12,95 \text{ м/с.}$$

### Пример 10.

*Дано:* условия те же, что и в примере 9.

*Требуется:* определить скорость движения автопоезда в конце вертикальной выпуклой кривой радиусом 1 500 м.

*Решение:* по табл. П.3.9 для  $S = 60$  м  $\rho_{1000} = 45,913$ ;  $\rho_{1500} = 45,913 \cdot 1000$   
 $= \frac{45,913 \cdot 1000}{1500} = 30,61$ .

$$Bv_k^2 = 1\,240 - (1\,240 - 203,4) : 1,033 + 30,61 = 267,12; \quad v_k = 13,76 \text{ м/с.}$$

### Пример 11.

*Дано:* порожний автопоезд МАЗ-6303-26 ( $G = 18\,000$  кг) начал движение на прямолинейном в плане и профиле участке с уклоном 0,020 со скоростью 8 м/с;  $\omega = 0,030$ . Движение на VI передаче.

*Требуется:* определить скорость в конце участка длиной 50 м при движении на VI передаче.

*Решение:* по табл. П.1.2  $a = 1988,5$ ;  $B = 2,089$ ;  $Bv_0^2 = 133,70$ .

$A = 1988,5 - 18\,000 (0,03 + 0,02) = 1088,5$ . По табл. П.3.3 для  $S = 60$  м  $x = 1,067$ .

$$Bv_k^2 = 1\,088,5 - (1\,088,5 - 133,70) : 1,067 = 193,65; \quad v_k = 9,628 \text{ м/с.}$$

### Пример 12.

*Дано:* условия те же, что и в примере 11.

*Требуется:* определить скорость движения порожнего автопоезда МАЗ-6303-26 + МАЗ-83781 в конце вертикальной вогнутой кривой радиусом 1000 м.

*Решение:* по табл. П.3.9 находим для  $S = 50$  м  $\rho_{1000} = 28,47$ .

$$Bv_k^2 = 1088,5 - (1088,5 - 133,7) : 1,067 - 28,47 = 165,18;$$

$$v_k = 8,891 \text{ м/с.}$$

### Пример 13.

*Дано:* автопоезд МАЗ-6303-26 ( $G = 48\,000$  кг) на участке дороги с гравийным покрытием ( $\omega = 0,03$ ) с уклоном  $-0,035$  движется на VII передаче со скоростью 14 м/с. В конце участка крутой поворот с ограничением скорости на нем 13 м/с.

*Требуется:* определить тормозной путь при торможении двигателем (моторным тормозом).

*Решение:* по табл. П.3.9  $a = -498,1$ ;  $B = 2,631$ ;  $Bv_0^2 = 515,68$ ;  $Bv_k^2 = 453,09$ .

$$A = -498,1 - 48\,000 (-0,035 + 0,03) = -259,1.$$

$$x = (-259,1 - 515,86) : (-259,1 - 453,09) = 1,088.$$

По табл. 3.2 для  $x = 1,088$ , интерполируя, находим  $S = 84,13$  м.

### Пример 14.

*Дано:* скорость движения в начале участка 14,8 м/с,  $\omega = 0,03$ , движение на VIII передаче в режиме торможения двигателем (моторным тормозом).

*Требуется:* определить скорость движения автопоезда МАЗ-6303-26 + МАЗ-83781 ( $G = 48\,000$  кг) в конце участка длиной 80 м с уклоном  $-0,040$ .

*Решение:* по табл. П.1.3  $a = -402,3$ ;  $B = 0,951$ ;  $Bv_0^2 = 208,3$ .

$$A = -402,3 - 48\,000 (-0,04 + 0,03) = 77,7.$$

По табл. 3.2 для  $S = 80$  м  $x = 1,0304$ .

$$Bv_k^2 = 77,7 - (77,7 - 208,3) : 1,304 = 177,8; v = 13,6 \text{ м/с.}$$

### Пример 15.

*Дано:* скорость автопоезда МАЗ-6303-26 + МАЗ-83781 ( $G = 48\,000$  кг) при движении на седьмой передаче на участке с уклоном  $-0,015$ ,  $\omega = 0,03$  увеличилась с 12 до 12,85 м/с.

*Требуется:* определить время движения.



*Решение:* по табл. П.1.4  $a' = 1\,700,8$ ;  $B' = 35,74$ .

$$A' = 1700,8 - 48\,000(0,02 - 0,015) = 1460,9.$$

$$Bv_0 = 428,88, Bv_k = 462,68.$$

$$y = \frac{1460,9 - 428,88}{1460,9 - 462,68} = 1,0338.$$

По табл. 3.6 для  $y = 1,033$ , интерполируя, находим  $t = 4,8$  с.

### 5.3. Табличный метод определения экстремальных точек на графике скоростей движения

На участках вертикальных кривых в связи с непрерывным изменением уклона изменяется суммарное сопротивление движению, при этом на выпуклых вертикальных кривых сопротивление непрерывно уменьшается, а на вогнутых – возрастает.

Скорость движения автопоезда на выпуклых вертикальных кривых может или непрерывно возрастать, если величина избыточного тягового усилия в начале кривой  $A - Bv_0^2 > 0$ , или постоянно снижаться, если в конце вертикальной кривой величина  $A - Bv_0^2 < 0$ . Может быть и такой случай, когда скорость движения, упав до определенного минимального значения в некоторой точке вертикальной кривой, начнет возрастать вновь.

На вогнутой вертикальной кривой скорость движения может постоянно падать, если в начальной точке кривой величина  $A - Bv_0^2 < 0$ , может непрерывно возрастать, если в конце вертикальной кривой  $A - Bv_0^2 > 0$ . Возможен и такой случай, когда скорость движения, достигнув определенного предела, начнет снижаться.

Таким образом, на вертикальной выпуклой кривой непрерывное увеличение скорости движения обеспечено, если  $A - Bv_0^2 > 0$ ; на вогнутой вертикальной кривой снижение скорости на всем участке имеет место, если  $A - Bv_0^2 < 0$ .

При невыполнении этих неравенств наличие точек перегиба эпюры зависит от длины вертикальной кривой.

Как известно, экстремальное значение непрерывных функций достигается в точках, в которых первая производная равна 0.

На вертикальных кривых скорость движения определяется по формуле.

Взяв производную и приравняв ее к 0, получим для вертикальных выпуклых кривых:

$$e^{\frac{2Bg_s}{G^2\delta}} = \frac{2B^2R_g}{G^2\delta} \left( v^2 - \frac{A}{B} + \frac{G^2\delta}{2B^2R_g} \right), \quad (5.43)$$

для вертикальных вогнутых кривых:

$$e^{\frac{2Bg_s}{G^2\delta}} = \frac{2B^2R_g}{G^2\delta} \left( \frac{A}{B} + \frac{G^2\delta}{2B^2R_g} - v_0^2 \right). \quad (5.44)$$

Сделав некоторые преобразования, получим в окончательном виде формулу для определения параметра  $X$ , по которому, используя таблицы Приложения 2, 3, 4, можно определить расстояние до экстремальной точки:

при движении по выпуклой вертикальной кривой:

$$X = D(Bv^2 - A) + 1. \quad (5.45)$$

для вогнутой вертикальной кривой:

$$X = D(A - Bv^2) + 1. \quad (5.46)$$

Параметр  $D$  определяется зависимостью:

$$D = \frac{2BR_g}{G^2\delta}. \quad (5.47)$$

Впервые вывод зависимостей (117—119) приведен в работе [52]. Для автопоездов КраЗ-255Л + ГKB8493-011 и МАЗ-509 + ГKB8493-011 значения коэффициента  $D$  представлены в табл. 5.1, для других автопоездов значения коэффициента  $D$  приведены в Приложении 7.

Таблица 5.1

Коэффициенты  $D$

Автопоезд	Номер передачи КПП				
	I	II	III	IV	V
КраЗ-255Л + ГKB8493-011	Движение в грузовом направлении				
	0,001147	0,000320	0,0000648	0,0000263	0,0000149
МАЗ-509 + ГKB8493-011	Движение в порожнем направлении				
	0,003899	0,001450	0,0000388	0,000153	0,0000904
МАЗ-509 + ГKB8493-011	Движение в грузовом направлении				
	0,00151	0,000393	0,0000744	0,0000273	0,0000163
МАЗ-509 + ГKB8493-011	Движение в порожнем направлении				
	0,005137	0,001796	0,000383	0,000146	0,0000891

Рассмотрим примеры определения экстремальных точек графика скорости движения.

### Пример 16.

**Дано:** автопоезд КрАЗ-255Л + ГКБ8493-011 с номинальной нагрузкой  $G = 40\,000$  кг входит на выпуклую вертикальную кривую  $R_v = 1\,000$  м  $v = 17$  м/с. Уклон предыдущего участка дороги  $i = 0,00$ . Основное сопротивление движению  $\omega = 0,03$ . Движение осуществляется на V передаче.

**Требуется:** определить расстояние от начала кривой до точки, в которой скорость движения упадет до минимального значения, а также экстремальное значение скорости.

**Решение:** используя табл. П.1.2, находим  $Bv_0^2 = 1,27 \cdot 17^2 = 367,03$ ;  $A = 870 - 40\,000 \cdot 0,03 = -330$ .

По формуле (5.45)  $X = 0,0000151 \cdot [367,03 - (-330)] + 1 = 1,0104$ . По табл. П.2.1, интерполируя, находим, что для  $X = 1,0104$   $S = 17,3$ . Величина  $\rho$  для  $S = 17,3$  (табл. П.2.9) будет равна 3,58. Экстремальное значение скорости движения определится:

$$Bv_k^2 = -330 - \frac{-330 - 367,03}{1,0104} + 3,58 = 363,4; \quad v_k = 16,9 \text{ м/с.}$$

### Пример 17.

**Дано:** движение автопоезда КрАЗ-255Л + ГКБ8493-011 с номинальной нагрузкой  $G = 40\,000$  кг на вертикальной вогнутой кривой  $R_v = 1\,000$  м. При этом продольный уклон в начале вертикальной кривой  $i_0 = -0,030$ ,  $\omega = 0,030$ , а начальная скорость движения  $v_0 = 13$  м/с.  $Bv^2 = 1,27 \cdot 13^2 = 214,6$ ;  $A = a = 870$ .

**Требуется:** определить экстремальное значение скорости.

**Решение:**  $X = 0,000015 \cdot (870 - 214,6) + 1 = 1,0098$ . По табл. П.2.1 и П.2.9, интерполируя, определяем  $S = 16,2$ ;  $\rho = 3,02$ .

Экстремальное значение скорости движения:

$$Bv^2 = 870 - \frac{870 - 214,6}{1,0098} - 3,02 = 217,9; \quad v_k = 13,1 \text{ м/с.}$$

### Пример 18.

**Дано:** условия те же, что и в примере 16.

**Требуется:** определить, до какой величины снизятся скорость при движении на вертикальной выпуклой кривой радиусом 10 000 м и расстояние от начала вертикальной кривой до точки, где скорость достигнет экстремального значения.

**Решение:** так как значения  $D$  и  $\rho$  рассчитаны по формулам (3.48) и (3.32) для  $R_v = 1000$  м, а значения их прямо и обратно пропорциональны соответственно величине  $R_v$ , то  $D$  для

$$R_{10000} = R_{1000} \frac{10\,000}{1000} = 0,0104 \cdot 10.$$

Следовательно,  $X = 1,104$ ;  $S = 165$  м.

Для  $S = 165$  м  $\rho_{1000} = 296,8$ ;  $\rho_{10000} = 29,6$ .

$$Bv^2 = -330 - \frac{-330 - 367,03}{1,104} + 29,6 = 330,96; \quad v = 16,14 \text{ м/с.}$$

**Пример 19.**

*Дано:* движение автопоезда на вертикальной вогнутой кривой радиусом 10 000 м. Остальные условия те же, что и в примере 17.

*Требуется:* определить экстремальное значение скорости и расстояние от начала кривой до точки, где скорость достигнет экстремального значения.

*Решение:*  $X_{1000} = 1,0098$ ;  $X_{10000} = 1,098$ ;  $S = 155$  м;  $\rho_{1000} = 280,4$ ;  $\rho_{10000} = 28,2$ .

$$Bv^2 = 870 - \frac{870 - 214,6}{1,098} + 28,2 = 302,2; \quad v = 15,42 \text{ м/с.}$$

## 5.4. Аналитический метод определения скорости и времени движения лесовозных автопоездов

Для прямолинейных в профиле участков можно решать все четыре основные задачи тяговых расчетов с применением только инженерных калькуляторов, не составляя достаточно объемных таблиц, включающих значение параметров  $x \leq f(S)$  и  $y \leq f(t)$  указанных зависимостей.

Исходя из зависимости:

$$e^{\frac{2Bg}{G\delta}S} = \frac{A - Bv_0^2}{A - Bv_k^2}. \quad (5.48)$$

Обозначив величину  $\frac{2Bg}{G\delta} - C$ , получим

$$S = \frac{1}{C} \ln \frac{A - Bv_0^2}{A - Bv_k^2}, \quad (5.49)$$

$$Bv^2 = A - \frac{A - Bv_0^2}{e^{Cs}}. \quad (5.50)$$

Для ускорения расчетов для всех основных типов лесовозных автопоездов, эксплуатирующихся в лесной промышленности

сти, рассчитаны коэффициенты  $C$  (приведенные в Приложении 5); в табл. 5.2 эти коэффициенты приведены для автопоездов КрАЗ-255Л + ГКБ-8483-011 и МАЗ-6303-26 + МАЗ-83781. Точность расчетов с использованием зависимостей (5.49) и (5.50) будет даже несколько выше, чем при использовании таблиц  $\chi = f(S)$ , так как исключаются погрешности, возникающие при интерполировании.

Таблица 5.2

$$\text{Коэффициенты } C = \frac{2Bg}{G\delta}$$

Состав автопоезда	Направление движения	Режим движения	Номер передачи КПП				
				II	III	IV	V
КрАЗ-255Л+ + ГКБ-8483-011	з	РД	0,4464	0,01281	0,002593	0,001055	0,000599
	з	ТД	0,09679	0,02685	0,004935	0,001803	0,0008199
	п	РД	0,05516	0,02863	0,005321	0,002211	0,001289
	п	ТД	0,1204	0,04324	0,001013	0,003779	0,001764
МАЗ-6303-26+ + МАЗ-83781			Номер передачи КПП				
			IV	V	VI	VII	VIII
	з	РД	0,004482	0,001936	0,0007798	0,0005371	0,0003809
	з	ТД	0,009850	0,004138	0,002299	0,001002	0,0003727
	п	РД	0,008503	0,004012	0,001699	0,001239	0,0009133
	п	ТД	0,01868	0,008569	0,005011	0,002313	0,0008936

### Пример 1.

Дано: автопоезд МАЗ-6303-26+МАЗ-83781 начал движение на прямолинейном в профиле участке длиной 100 м на VI передаче со скоростью 10 м/с.  $G = 48000$  кг;  $\omega = 0,030$ ;  $i = 0,020$ .

Требуется: определить скорость автопоезда в конце участка.

Решение: из таблицы  $c = 0,0007798$ ;  $a = 1988,5$ ;  $B = 2,089$  (Приложение 1).

$$A = 1988,5 - 48000(0,030 + 0,020) = -411,5;$$

$$B v^2 = -411,5 - \frac{-411,5 - 2,083 \cdot 10^2}{e^{0,0007798 \cdot 100}} - 415 + \frac{620}{1,081} = 154,43;$$

$$v = 8,6 \text{ м/с}.$$

### Пример 2.

*Дано:* при движении на прямолинейном в профиле участке с уклоном — 0,015 на 8 передаче скорость движения автопоезда изменилась 18 до 9 м/с.  $G = 48000$  кг;  $\omega = 0,02$ ;  $i = -0,015$ .

*Требуется:* определить расстояние, пройденное автопоездом.

*Решение:* по табл. 5.2  $c = 0,0003809$ ;  $a = 1047,8$ ;  $B = 0,972$ .

$$A = 1047,8 - 48000(0,02 - 0,015) = 807,8.$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{0,0003809} \ln \frac{807,8 - 0,972 \cdot 18^2}{807,8 - 0,972 \cdot 19^2} = \\ &= \frac{1}{0,0003809} \ln \frac{492,82}{456,91} = 198,9 \text{ м.} \end{aligned}$$

Для определения скорости движения на участках вертикальных кривых с учетом (5.39) зависимость представлена в следующем виде:

$$Bv^2 = A - \frac{A - Bv_0^2}{e^{cs}} \pm \rho, \quad (5.51)$$

при этом с учетом принятых обозначений величин  $\rho$  определяется по формуле:

$$\rho = \frac{G}{R} \left[ \frac{1}{c} e^{-cs} - 1 \right] + S. \quad (5.52)$$

### Пример 3.

*Дано:* автопоезд КрАЗ-6437 + ГКБ-9362-010 начал движение на участке вертикальной выпуклой кривой радиусом 2000 м с начальной скоростью 10 м/с. Уклон в начале вертикальной кривой — 0,020;  $G = 45590$ ; движется на IX передаче КПП.

*Требуется:* определить скорость в конце участка длиной 80 м.

*Решение:* из табл. 5.1 находим  $c = 0,0006759$ ;  $a = 1546$ ;  $B = 1,66$ .

$$\rho = 1546 - 45590 \cdot (0,02 - 0,02) = 1090,1.$$

$$\rho = \frac{45590}{2000} \left[ \frac{1}{0,0006759} \cdot (e^{-0,0006759 \cdot 80} - 1) + 80 \right] = 48,33.$$

$$Bv^2 = -1090,1 - \frac{-1090,1 - 1,66 \cdot 10^2}{e^{0,0006759 \cdot 80}} + 48,33 = 263,13; v = 12,59 \text{ м/с}$$

### Пример 4.

*Дано:* автопоезд МАЗ-6303+МТЗ-8966-015 начал движение на вертикальной вогнутой кривой радиусом 3000 м на VI передаче КПП со скоростью 13 м/с;  $G = 54900$ ;  $\omega = 0,020$ ;  $i = 0,030$ .

Из табл. 5.1  $c = 0,0007065$ ;  $a = 1796$ ;  $B = 2,14$  (Приложение 3).

*Требуется:* определить скорость в конце участка кривой длиной 50 м.

Решение:

$$A = 1796 - 5490(0,02 + 0,03) = -949.$$

$$\rho = \frac{54900}{3000} \cdot \left[ \frac{1}{0,0007065} \cdot (e^{-0,0007065 \cdot 50} - 1) + 50 \right] = 15,97.$$

$$Bv^2 = -949 - \frac{-949 - 2,44 \cdot 13^2}{e^{-0,0007065 \cdot 50}} + 15,97 = 300,02; v = 11,84 \text{ м/с}.$$

Для определения расстояния до точки экстремума при расчете показателей движения табличным методом используются зависимости (5.45 и 5.45), в которых используются табличные значения  $x = f(S) = e^{\frac{2Bg}{G^3} S}$ .

При проведении расчетов аналитическим методом для определения расстояния до точки экстремума формулы (5.45 и 5.46) приведены к следующему виду:

для выпуклых кривых

$$S = \frac{1}{c} \ln [D(Bv^2 - A) - 1], \quad (5.53)$$

для вогнутых кривых

$$S = \frac{1}{c} \ln [D(A - Bv^2) + 1]. \quad (5.54)$$

### Пример 5

Дано: автопоезд МА3-6303-26+МА8-83781 с полной нагрузкой ( $G = 48000$ ) движется на участке вертикальной вогнутой кривой радиусом 5000 м с начальным уклоном — 0,025;  $\omega = 0,02$ . Движение на VIII передаче;  $v = 20$  м/с.

Требуется: определить расстояние до точки экстремума скорости и ее экстремальное значение.

Решение: по таблицам Приложения 1 определяем  $a = 1047,8$  и  $B = 0,972$ .

$$A = 1047,8 - 48000(0,02 - 0,025) = 1287,4.$$

Находим

$$D_{10000} = 0,000007898; c = 0,0003973.$$

Определяем

$$D_{5000} = D_{10000} \cdot 5 = 0,00003949.$$

$$S = \frac{1}{0,0003973} \cdot \ln [0,00003949 \cdot (1287,4 - 388,8) + 1].$$

$$\rho = \frac{48000}{5000} \left[ \frac{1}{0,0003973} (e^{-0,0003973 \cdot 87,8} - 1) + 87,8 \right] = 13,94.$$

$$Bv^2 = 1287,8 - \frac{1287,8 - 2,44 \cdot 13^2}{1,0355} - 13,94 = 405,68; v = 20,43 \text{ м/с}.$$

Рассмотренные выше зависимости и примеры расчетов показывают, что с использованием выведенных зависимостей для прямолинейных в профиле участков достаточно легко можно определить  $v_k = f(v_0; S)$  и  $S = f(v_0; v_k)$ . Для участков вертикальных кривых достаточно просто решается лишь первая задача – определение скорости  $v_k$ , если известно расстояние, пройденное автопоездом —  $S$  и начальная скорость  $v_0$ .

Однако если найдено экстремальное значение скорости и расстояние до точки экстремума, то решение первой задачи значительно облегчается, достаточно просто решается и вторая основная задача тяговых расчетов – определение расстояния, которое пройдет автопоезд при изменении скорости от  $v_0$  до  $v_k$ .

Для определения скорости движения на любом расстоянии от точки экстремума используется зависимость:

$$Bv^2 = A_s \pm \rho_s, \quad (5.55)$$

которая получается из формулы (5.39) исходя из того, что в точке экстремума  $A_0 - Bv_0^2 = A_s - Bv_s^2 = 0$ .

Для определения скорости движения на расстоянии  $S$  от точки экстремума по таблице определяется  $\rho$ , затем по формуле (5.55) находится  $v_k$ . Для решения обратной задачи – определения расстояния, пройденного автопоездом при разгоне (замедлении) от  $v_0 = v_{\text{нст}}$  до  $v_k$ , по формуле  $\rho = -A + Bv_k^2$  находится  $\rho$ , затем по таблице  $\rho = f(S)$  пройденное расстояние —  $S$ .

### Пример 6.

*Дано:* автопоезд КрАЗ-255Л+ГКБ-8493-011 общей массой 40000 кг входит на вертикальную вогнутую кривую радиусом 10000 м. Продольный уклон в начале вертикальной кривой  $i = -0,025$ ,  $\omega = 0,02$ , начальная скорость движения 15 м/с на V передаче. Длина кривой 350 м.

*Требуется:* определить экстремальное значение скорости, расстояния от начала кривой до точки экстремума, скорости в конце кривой и в промежуточных точках, на расстоянии 50, 100 и 150 м от точки экстремума.

*Решение:*  $D_{1000} = 0,00001498$ ,  $D_{10000} = 0,0001498$ .

$$A = 870 \cdot 40000 (-0,025 + 0,02) = 1070; B = 1,272.$$

$$x = 0,0001498 (1070 - 1,275 \cdot 15^2) + 1 = 1,1174.$$

По табл. 2 Приложения 2 и интерполируя, определяем  $S = 184$  м;  $\rho_{1000} = 408,2$ ;  $\rho_{10000} = 40,82$ .

$$Bv^2 = 1070 - (1070 - 1,275 \cdot 15^2)/1,1174 - 40,82 = 327,7; v = 16,05 \text{ м/с.}$$

$$S = 50 \text{ м; } \rho_{1000} = 29,66; \rho_{10000} = 2,97.$$

$$Bv_k^2 = 327,7 - 2,97 = 324,73; v = 15,97 \text{ м/с.}$$



$$S = 100 \text{ м}; \rho_{1000} = 117,33; \rho_{10000} = 11,73.$$

$$Bv_k^2 = 327,7 - 11,73 = 315,97; v = 15,76 \text{ м/с.}$$

$$S = 150 \text{ м}; \rho_{1000} = 262,49; \rho_{10000} = 26,25.$$

$$Bv_k^2 = 327,7 - 26,25 = 361,45; v = 15,39 \text{ м/с.}$$

Решим обратную задачу: определим расстояние от точки экстремума до достижения заданной скорости движения.

Определим расстояние, которое пройдет автопоезд от точки экстремума до скорости 15,5 м/с.

$$A - Bv_k^2 = \rho.$$

$$\rho_{10000} = 327,7 - 1,272 \cdot 15,5^2 = 22,1.$$

$$\rho_{1000} = 221.$$

Находим  $S = 138,3 \text{ м.}$

Для определения скорости движения до точки экстремума расчетная зависимость определяется исходя из формулы (5.39). Так как в этом случае  $Bv_k^2 = Bv_0^2$ , то

$$Bv_0^2 = A - \frac{A - Bv_0^2}{x} \pm \rho. \quad (5.56)$$

Для выпуклой кривой

$$Bv_0^2 x = Ax - A + Bv_0^2 - \rho; \quad (5.57)$$

$$A = A_0 + \frac{GS}{R}.$$

Следовательно:

$$Bv_0^2 x = A_0 x + \frac{GS}{R} - A - \frac{GS}{R} + Bv_0^2 - \rho,$$

$$Bv_0^2 x - Ax = 0.$$

Для вогнутых кривых

$$Bv_0^2 = A_0 - \frac{GS}{R}(x-1) + \rho. \quad (5.58)$$

Для выпуклых кривых

$$Bv_0^2 = A_0 + \frac{GS}{R}(x-1) - \rho. \quad (5.59)$$

### Пример 7.

*Дано:* условия, приведенные в предыдущем примере.

*Требуется:* определить скорость движения на расстоянии 80, 120 и 160 м до точки экстремума скорости.

*Решение:* по формуле (5.58) определим скорость движения на расстоянии 80, 120 и 160 м до точки экстремума скорости движения, т. е. на расстоянии 104, 64 и 24 м.

В точке экстремума уклон равен:

$$i = -0,025 + 184/10000 = 0,00644,$$

$$A_s = 870 - (40000(0,02 - 0,00644)) = 327,7.$$

На расстоянии 40 м до точки экстремума  $\rho_{1000} = 19$ ;  $\rho_{10000} = 1,9$ ;  $x = 1,0232$ ,

$$Bv_s^2 = 327,7 - 40000 \cdot \left( \frac{80}{10000} \right) \cdot (1,049 - 1) + 7,539 \cdot 1,049 = 319,93;$$

$$v = 15,85 \text{ м/с.}$$

На расстоянии 120 м до точки экстремума  $\rho_{1000} = 168,3$ ;  $\rho_{10000} = 16,83$ ;  $x = 1,0744$ ;

$$Bv_s^2 = 327,7 - 40000 \cdot \left( \frac{120}{10000} \right) \cdot (1,0744 - 1) + 16,83 \cdot 1,0744 = 310,07;$$

$$v = 15,632 \text{ м/с.}$$

На расстоянии 160 м до точки экстремума  $\rho_{1000} = 296,83$ ;  $\rho_{10000} = 29,69$ ;  $x = 1,1005$ ;

$$Bv_s^2 = 327,7 - 40000 \cdot \left( \frac{160}{10000} \right) \cdot (1,1005 - 1) + 29,68 \cdot 1,105 = 296,2;$$

$$v = 15,28 \text{ м/с.}$$

С достаточной для практических расчетов точностью скорость движения на расстоянии ( $S$ , м) до точки экстремума может быть определена с использованием простой зависимости (5.55).

Решение задачи значительно упрощается, если для определения скорости движения и расстояния до точки экстремума скорости расчеты вести в противоположном направлении. Преобразовав формулу (5.55) к виду:

$$Bv^2 x = A_s x - Bv_s^2 + \rho x, \quad (5.60)$$

и учитывая, что  $A - Bv_s^2 = 0$ , получим для вертикальных выпуклых кривых

$$Bv_k^2 = A + \rho,$$

для вертикальных вогнутых кривых

$$Bv_k^2 = A - \rho.$$

То есть пришли к зависимости (5.55). С использованием зависимости (5.55) решается и обратная задача – определение расстояния, которое пройдет автопоезд с заданной скоростью до точки экстремума.

Необходимо определить расстояние, пройденное автопоездом при изменении скорости от 15,63 м/с до экстремального значения — 16 м/с:

$$\rho = -Bv_s^2 + A_s,$$

$$A = 3277, \rho = 1,272 \cdot 15,36^2 - 327,7 = 16,83, \rho_{1000} = 16,83.$$

По табл. П.2.9 определяем  $S = 120$  м.

Для определения времени движения аналитическим методом, потенцируя зависимости (5.41, 5.42), получим:

$$\frac{Bg}{G\delta} t = \ln \frac{A' - B'v_0}{A' - B'v_k}.$$

Обозначив величину  $\frac{Bg}{G\delta} = C_1$ , получим

$$t = \frac{1}{C_1} \cdot \ln \frac{A' - B'v_0}{A' - B'v_k}, \quad (5.61)$$

$$B_1 v_k = A' - \frac{A' - B'v_0}{e^{C_1 t}}, \quad (5.62)$$

где  $C_1 = B'g/G\delta$ .

Для основных типов автопоездов значения коэффициентов  $C_1$  приведены в таблицах Приложения 6.

Фрагменты этих таблиц применительно к автопоездам КраЗ-255Л + ГКБ-8483-011 и МАЗ-6303-26 + МАЗ-83781 приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Коэффициенты  $C_1 = \frac{B'g}{G\delta}$

Состав автопоезда	Направление движения	Режим движения	Номер передачи КПП				
			I	II	III	IV	V
КраЗ-255Л + ГКБ-8483-011	з	РД	0,08488	0,04482	0,01854	0,01054	0,00914
	з	ТД	0,18007	0,09236	0,03326	0,01788	0,01224
	п	РД	0,1055	0,07216	0,03469	0,02212	0,01941
	п	ТД	0,2242	0,1489	0,06830	0,03750	0,02635
МАЗ-6303-26 + МАЗ-83781			Номер передачи КПП				
			IV	V	VI	VII	VIII
	з	РД	0,02059	0,01254	0,007354	0,006705	0,006747
	з	ТД	0,03923	0,02560	0,01422	0,01267	0,00696
	п	РД	0,04043	0,02598	0,01602	0,01569	0,01626
	п	ТД	0,07707	0,05306	0,03010	0,02923	0,01677

### Пример 1.

Дано: скорость движения автопоезда МАЗ-6303-26+МАЗ-83781 при движении на высшей передаче на участке с уклоном — 0,018;  $\omega = 0,02$ ;  $G = 48000$ ; увеличилась от 18 до 20 м/с.

Требуется: определить время движения.

Решение: по табл. П.1.4  $a' = 1348$ ;  $B' = 34,6$ .

$$A' = 1348 - 4800(-0,018 + 0,02) = 1253.$$

$$y = \frac{1253 - 34,6 \cdot 18}{1253 - 34,6 \cdot 20} = \frac{630,2}{561} = 1,1233.$$

Интерполируем, получается  $t = 17,18$ . Без использования таблиц для определения  $y$  получаем

$$t = \frac{1}{0,0067475} \ln \frac{630,2}{561} = 17,2 \text{ с.}$$

### Пример 2.

Дано: автопоезд МАЗ-6303-26+МАЗ-83781 движется на VII передаче;  $G = 48\,000$  кг;  $\omega = 0,020$ ;  $i = -0,010$ ;  $v_0 = 10$  м/с.

Требуется: определить скорость движения, которой достигнет автопоезд за 12 с.

Решение: по табл. П.1.4  $a' = 1701$ ;  $B' = 35,7$ .

$$A' = 1701 - 4800(-0,010 + 0,02) = 1221.$$

$$y = 1,0704 \text{ (табл. П.3.5).}$$

$$B'v^2 = 1221 - \frac{1221 - 35,7 \cdot 10}{1,0704} = 416,53; v = 11,66 \text{ м/с.}$$

Без использования таблиц для определения  $y$  получаем

$$B'v^2 = 1221 - \frac{1221 - 35,7 \cdot 10}{e^{-0,006780 \cdot 50}} = 416,25; v = 11,66 \text{ м/с.}$$

Таким образом, расчеты с использованием таблицы 5.3 и зависимостей (5.61 и 5.62) дают практически одинаковые результаты.

Для определения времени движения на вертикальной кривой она разбивается на несколько небольших участков. В конце каждого участка определяется скорость движения. Если скорость движения в пределах участка изменилась незначительно (в пределах до 0,5—0,7 м/с), то время движения на участке определяется по формуле:

$$t = \frac{2S_y}{v_1 + v_2}, \quad (5.63)$$

где  $S_y$  — длина участка вертикальной кривой, м.

Если  $\Delta v = |v_1 - v_2|$  больше, чем 0,5—0,7 м/с, то время движения следует определять по формуле:

$$t = \frac{1}{C_1} \ln \frac{A'_{\text{ср}} - B'v_0}{A'_{\text{ср}} - B'v_k}, \quad (5.64)$$

где 
$$A'_{\text{ср}} = A'_0 + A'_k. \quad (5.65)$$

В зависимости (5.64 и 5.65)  $A'_0$  и  $A'_k$  — значение величины  $A'$  в начале и конце участка.

При наличии в пределах вертикальной кривой точки экстремума скорости для определения показателей движения она разбивается минимум на два участка (первый — от начала кривой до точки экстремума, второй — от точки экстремума до конца кривой).

## 5.5. Скорость и время движения в режиме движения накатом

При построении графика скорости движения лесовозных автопоездов традиционными методами обычно изменением скорости в режиме движения накатом пренебрегают, принимая условно, что переключение передач производится мгновенно.

Такое допущение может привести к значительным погрешностям, особенно на участках с большим удельным сопротивлением движению.

Например, за время переключения передач (1,5—2 с) у автопоезда на базе КрАЗ-255Л с III на II передачу на участке с уклоном 0,030 скорость движения может изменяться с 5,44 до 4,14 м/с.

При движении накатом на автопоезд действуют те же силы, что и в режиме с двигателем, работающим в тяговом и тормозном режиме за исключением касательного тягового или тормозного усилия. Поэтому коэффициент  $a = 0$ , а коэффициент  $B = b_1 = k\Delta v^2$ .

Сопротивление движению от воздушной среды  $F_w$  определяется по формуле  $F_w = k\Delta Fv^2 = B_n v^2$  и зависит от формы обтекаемости  $k$  лобовой площади автомобиля, наличия груза и прицепов. Для автопоездов на базе автомобилей Урал  $B_n$  при движении без груза составляет 0,32, с грузом — 0,39 на базе МАЗ — 0,43 и 0,50 и на базе КрАЗ — 0,56 и 0,72 соответственно. Для всех автопоездов значения коэффициента  $a_n = 0$ .

Так как для определения скорости движения, которой достигает автопоезд при переключении передачи за время  $t$ , использу-

ется зависимость (5.62), то для обеспечения достаточной точности аппроксимации весь допустимый диапазон скоростей разбивается на несколько интервалов, для которых определяются коэффициенты  $a_1$  и  $b_1$  зависимостей, аппроксимирующих сопротивление воздушной среды в виде  $F_w = a_1 b_1 v$ .

Зависимость (5.62) дает возможность определять показатели в режиме движения накатом. В этом случае последовательно решаются третья и вторая основные задачи, т. е. вначале нужно определить скорость, которой автопоезд достигнет в заданный промежуток времени, а затем пройденный путь в указанном диапазоне изменения скоростей.

При переключении передач скорость движения автопоезда изменяется. Например, при переходе с высшей передачи на низшую скорость, как правило, падает, а с низшей на высшую в зависимости от величины сопротивления движению может как возрастать, так и снижаться.

При переходе с низшей передачи на высшую расчет показателей движения по предложенной схеме не встречает трудностей, так как скорость движения при этом не выйдет за пределы диапазона  $(n + 1)$  передачи. В этом случае для получения наибольшей интенсивности разгона необходимо переключение передачи с максимальной скорости на низшую передачу.

При переходе с высшей передачи на низшую желательно, чтобы скорость движения после переключения не превысила максимально допустимую величину для данной передачи и не снизилась в значительных пределах.

В этом случае наиболее удачным будет такое переключение, при котором движение на низшей передаче начнется с максимально допустимой скорости.

Решая зависимость (5.62) относительно  $v_0$ , получим величину скорости, с которой необходимо начинать переключение передач:

$$v_0 = \frac{A' - y(A' - B'v)}{B'} \quad (5.66)$$

Для определения  $v_k = f(t, v_0)$  и  $v_0 = f(t, v_n)$  в режиме движения накатом в табл. 5.4 приведены коэффициенты  $a'_n$  и  $B'_n$  для трех типов автопоездов (на базе автомобилей Урал, МАЗ и КраЗ) при движении автопоездов с грузом и без груза, а также функционалов:

$$y_n = e^{\frac{B'_n}{G \delta_n} \cdot 1,5} \quad (5.67)$$

Для автопоездов на базе других автомобилей  $y_n$  легко определить по формуле (5.67).

**Пример 1.**

**Дано:** автопоезд МАЗ-6303-26 + МАЗ-83781 ( $G = 48000$  кг) начал движение на участке с уклоном  $0,015$  длиной  $200$  м на VII передаче со скоростью  $13,0$  м/с;  $\omega = 0,030$ .

**Требуется:** определить скорость движения, с которой целесообразен переход на VI передачу, и время движения на участке.

**Решение:** при движении автопоезда на VII передаче равнодействующая сил, действующих на автопоезд, имеет значительное отрицательное значение.

$$A - Bv^2 = 1480,7 - (0,015 + 0,030)4800 - 1,41 \cdot 13,0^2 = -917,59,$$

следовательно, скорость движения будет резко падать и необходимо перейти на VI передачу.

Для начальных условий движения  $v_0 = 13$  м/с. Принимаем (табл. 5.4)  $a_n = 80$ ;  $b_n = 13$ ;

$$A_n = 80 - 48000(0,015 + 0,030) = -2080.$$

Оптимальное значение скорости, с которой целесообразен переход на VI передачу,

$$v_0 = \frac{-2080 - 1,004(-2080 - 13 \cdot 10,64)}{13} = 11,32.$$

Путь, пройденный за время переключения передач:

$$S = t_1 \frac{v_1 + v_2}{2} = 1,5 \frac{10,64 + 11,32}{2} = 16,47 \text{ м.}$$

Расстояние, которое пройдет автопоезд от начала участка до точки начала переключения передач, т. е. за время снижения скорости от  $13$  до  $11,32$  м/с:

$$A = 1480,7 - 48000(0,015 + 0,030) = -679,3.$$

$$x = \frac{-679,3 - 1,41 \cdot 13^2}{-679,3 - 1,41 \cdot 11,32^2} = \frac{-917,59}{-859,98} = 1,067.$$

Для  $x = 1,067$

$\ln x = 0,06485$ ,

$$S = \frac{\ln x}{C} = \frac{0,06485}{0,0005371} = 120,7 \text{ м.}$$

Время движения на участке длиной  $120,7$  м.

По табл. П.1.4 находим:

$a' = 1701$ ;  $B' = 35,7$ ,

$$A' = 1701 - 48000(0,015 + 0,030) = -459,$$

$$y = \frac{459 - 35,7 \cdot 13}{-459 - 35,7 \cdot 11,32} = 1,0695;$$

Таблица 5.4

Ведомость параметров  $a'_n$ ,  $b'_n$  и  $y_n$  в зависимости от диапазона скоростей

Тип автопоезда	Направление движения	Параметры	Диапазон скоростей, м/с					
			0—6	5-11	10-16	15-21	20-26	25-31
Автопоезда на базе автомобилей Урал	г	$a'_n$	0	17,15	49,9	99,6	176,55	257
		$b'_n$	1,89	4,93	8,11	11,32	14,35	18,1
		$y_n$	1,000744	1,00107	1,00321	1,00449	1,00509	1,00718
	п	$a'_n$	0	21,33	60,81	121,38	215,7	373,22
		$b'_n$	2,3	6,08	9,88	13,79	17,49	22,06
		$y_n$	1,00236	1,00625	1,01018	1,01423	1,01809	1,02287
Автопоезда на базе автомобилей МАЗ, Сису и др.	г	$a'_n$	0	27,5	80	157,5	260,0	387,5
		$b'_n$	3	8	13	18,2	28	28
		$y_n$	1,00091	1,00242	1,00394	1,00553	1,00700	1,00853
	п	$a'_n$	0	23,60	68,8	135,4	223,60	333,25
		$b'_n$	2,58	6,88	11,18	15,65	19,78	24,08
		$y_n$	1,00211	1,00253	1,00918	1,0129	1,01630	1,01988
Автопоезда на базе автомобилей КрАЗ	г	$a'_n$	0	48,4	125,6	237,4	392,3	580,4
		$b'_n$	2,32	12,32	19,94	26,34	33,8	41,04
		$y_n$	1,00137	1,00391	1,00634	1,00839	1,01077	1,01310
	п	$a'_n$	0	37,6	97,69	184,6	304,76	450,9
		$b'_n$	3,56	9,58	15,51	20,49	26,25	31,88
		$y_n$	1,00323	1,00870	1,0141	1,01871	1,02403	1,02926



$$\ln y = 0,06719,$$

$$t = \frac{\ln y}{C_1} = \frac{0,06719}{0,006705} = 10,02 \text{ с.}$$

Оставшаяся часть участка длиной

$$\Delta S = 200 - 120,7 - 16,47 = 62,83 \text{ м}$$

проходится на VI передаче.

Для VI передачи  $C = 0,0007798$ ,

$$x = e^{0,0007798 \cdot 62,83} = 1,0500.$$

По табл. II.1.2  $B = 2,09$ ;  $a = 1998,5$ .

$$Bv^2 = -171,5 \frac{-171,5 - 2,09 \cdot 10,64^2}{1,050} = 217,17; \quad v = 10,19 \text{ м/с.}$$

Время движения на этом отрезке

$$t = \frac{62,83 \cdot 2}{10,64 + 10,19} = 6,03 \text{ с.}$$

Время движения на участке длиной 200 м

$$t = 10,02 + 1,5 + 6,03 = 17,55 \text{ с.}$$

## 5.6. Скорость и время движения в режиме совместного торможения двигателем (моторным тормозом) и колесными тормозами

При необходимости снижения скорости к участкам ограничения, а также при движении на участках со значительным отрицательным уклоном зачастую тормозной мощности двигателя или моторного тормоза недостаточно для снижения скорости к участку ограничения, или поддержания постоянной скорости на участке ограничения.

На прямолинейных в профиле участках при движении с постоянной скоростью величина  $A - Bv^2 = 0$ .

$$A = a_1 - G(\omega \pm i) + a_\tau, \quad (5.68)$$

где  $a_1$  — коэффициент зависимости, аппроксимирующий тормозную характеристику в виде  $F_\tau = a_1 - B_1 v^2$ ;  $a_\tau$  — тормозное усилие, развиваемое колесными тормозами.

$$a_\tau = A - a_1 + G(\omega \pm i). \quad (5.69)$$

### Суммарное тормозное усилие на колесах автопоезда

$$F_{\tau} = G_{\text{сц}} \varphi_{\text{сц.р}} = a_1 + a_{\tau} + B_1 v^2, \quad (5.70)$$

$$\varphi_{\text{ср.р}} = \frac{a_1 + a_{\tau} + Bv^2}{G_{\text{сц}}}, \quad (5.71)$$

где  $\varphi_{\text{ср.р}}$  — реализуемый коэффициент сцепления.

На прямолинейных в профиле участках при изменении скорости движения от  $v_0$  до  $v_{\kappa}$ :

$$\begin{aligned} Bv_{\kappa}^2 &= A - \frac{A - Bv_0^2}{x}, \\ A - Ax &= -Bv_{\kappa}^2 x + Bv_0^2; \\ A &= \frac{Bv_{\kappa}^2 x - Bv_0^2}{x - 1}. \end{aligned} \quad (5.72)$$

На участках вертикальных кривых

$$A = \frac{Bv_{\kappa}^2 x - Bv_0^2}{x - 1} - \frac{\rho x}{x - 1}. \quad (5.73)$$

Для обеспечения движения автопоездов на вертикальных кривых с постоянной скоростью, т.е. при  $B_1 v_{\kappa}^2 = B_1 v_0^2$ , величина  $A$  определяется по формуле:

$$A = Bv^2 - \frac{\rho x}{x - 1}. \quad (5.74)$$

Величины тормозного усилия, развиваемого колесными тормозами —  $a_{\tau}$ , суммарного тормозного усилия —  $F_{\tau}$  и реализуемой величины коэффициента сцепления определяются по формулам (5.72 и 5.73).

#### Пример 1.

Дано: автопоезд МАЗ-6303-26+МАЗ-83781 заходит на участок с уклоном — 0,045, имеющим ограничение скорости 12 м/с на IV передаче со скоростью 12 м/с, равной величине ограничения.  $G = 48\ 000$  кг;  $\omega = 0,030$ .

Требуется: определить величину  $A$ , обеспечивающую поддержание постоянной скорости движения, необходимую величину тормозного усилия и реализуемую величину коэффициента сцепления.

$$a_1 = -499,1; B_1 = 2,63. \text{ (см. табл. П.1.2)}$$

$$A = 2,63 \cdot 12^2 = 378,2.$$

$$a_r = 378,2 + 499,1 + 48000(0,03 - 0,045) = 157,3;$$

$$F_r = -499,1 + 157,3 - 378,2 = 720; \quad \varphi_{\text{с.п.}} = \frac{720}{48000} = 0,0015.$$

Таким образом, при данном уклоне для поддержания постоянной скорости движения нет необходимости применять торможение колесными тормозами, так как мощность моторного тормоза вполне достаточна для поддержания постоянной скорости. При движении на участке заслонка моторного тормоза должна быть закрыта не полностью.

### Пример 2.

*Дано:* автопоезд МАЗ-6303-26+МАЗ-83781 должен двигаться на участке, имеющем ограничение скорости 12 м/с. Уклон на данном участке дороги - 0,055.

*Требуется:* определить величину  $A$ ,  $a_r$  и  $\varphi_{\text{с.п.}}$ .

*Решение:*

$$A = 2,63 \cdot 12^2 = 378,2;$$

$$a_r = 499,1 + 378,2 + 48000(0,03 - 0,055) = -322,7;$$

$$F_r = G\varphi_{\text{с.п.}} = -499,1 - 322,7 - 378,2 = -1200; \quad \varphi_{\text{с.п.}} = 0,025.$$

### Пример 3.

*Дано:* автопоезд КрАЗ-255Л+ГКБ-8433-010 входит на участок с уклонами - 0,050, длиной 100 м со скоростью 17 м/с. На следующем участке, ввиду наличия горизонтальной кривой радиусом 230 м имеется ограничение 15 м/с.  $G = 40\,000$  кг,  $\omega = 0,030$ .

*Требуется:* определить те же показатели, что и в предыдущих примерах.

*Решение:* определяем величину  $A$ :

$$x = 1,08544; \quad a_1 = -34; \quad B_1 = 1,74.$$

$$A = \frac{1,74 \cdot 15^2 \cdot 1,08544 - 1,74 \cdot 17^2}{0,08544} = -911,87;$$

$$a_r = -911,87 + 311 + 40000(0,03 - 0,030) = -1400,87;$$

$$F = G\varphi_p = -1400,87 - 311 - 1,74 \cdot 17^2 = 2221,73;$$

$$\varphi_p = \frac{2221,73}{40000} = 0,05537.$$

#### Пример 4.

**Дано:** автопоезд КрАЗ-255Л+ГКБ-8433-010 начинает движение на вертикальной выпуклой кривой радиусом 5000 м, длиной 110 м с начальной скоростью 16 м/с. На следующем участке имеется ограничение скорости 14 м/с. Уклон в начале вертикальной кривой — 0,035;  $\omega = 0,03$ .

**Требуется:** определить величину  $A$ , величину среднего тормозного усилия, которое необходимо развить колесными тормозами, и необходимый коэффициент сцепления в данных условиях.

**Решение:** получаем:

$$\rho_{1000} = 159,58; \rho_{5000} = 369; a = -311.$$

$$A = \frac{1,74 \cdot 1,08544 \cdot 14^2 - 1,74 \cdot 16^2}{0,08544} - \frac{31,9 \cdot 1,08544}{0,08544} = -480,52;$$

$$a_T = -480,52 + 311 + 40000(0,03 - 0,035) = 369,52;$$

$$F = G\phi_p = -369,52 - 311 - 1,74 \cdot 16^2 = -1225,96; \phi_p = 0,02815.$$

#### Пример 5.

**Дано:** автопоезд начинает движение на вертикальной кривой радиусом 6000 м, длиной 110 м с максимально допустимой скоростью 14 м/с,  $\omega = 0,03$ ,  $G = 40\,000$  кг.

Определить величины  $A$ ,  $a_T$ ,  $\phi_p$ , при которых автопоезд не превысит допустимую скорость, а также остальные показатели, рассчитанные в предыдущих примерах.

**Решение:** получаем:

$$A = 1,74 \cdot 14^2 - \frac{31,9 \cdot 1,08544}{0,08544} = -64,22;$$

$$a_T = -311 + 64,22 + 40000(0,03 - 0,035) = -1246,78;$$

$$F = G\phi_p = -64,22 - 1246,78 - 1,74 \cdot 14^2 = -1652,04; \phi_p = 0,0413.$$

### 5.7. Определение расхода топлива при неустановившемся режиме движения автопоезда

Для определения расхода топлива обычно используют экономическую характеристику автомобиля, которой описывается изменение выбранного измерителя экономичности (удельного или часового расхода топлива) от скорости движения и суммарного сопротивления движению. Однако указанный метод определения расхода топлива не может быть использован при расчете экс-

плутационных показателей при неустановившемся режиме движения.

В связи с этим нами была поставлена задача определить аналитические зависимости, с использованием которых можно вычислить расход топлива, имея в качестве исходных данных начальную и конечную скорости движения, длину участка и режим работы двигателя, т. е. степень использования мощности [47, 67].

Методом наименьших квадратов найдены эмпирические зависимости, аппроксимирующие изменение расхода топлива в зависимости от числа оборотов коленчатого вала двигателя. Анализ показал, что для достаточно точной аппроксимации опытных данных можно использовать уравнение параболы второй степени:

$$Q = a_0 + a_1 n + a_2 n^2, \quad (5.75)$$

где  $Q$  — часовой расход топлива, л/час;  $n$  — число оборотов коленчатого вала двигателя в минуту, об/мин;  $a_0, a_1, a_2$  — эмпирические коэффициенты.

Следовательно, расход топлива на один оборот коленчатого вала составит:

$$g_0 = \frac{Q_2}{60n} = \frac{a_0 + a_1 n + a_2 n^2}{60n}. \quad (5.76)$$

При разгоне двигателя от  $n_1$  до  $n_2$  оборотов в минуту средний расход топлива на один оборот коленчатого вала составит:

$$g_0 = \frac{\int_{n_1}^{n_2} \frac{a_0 + a_1 n + a_2 n^2}{60n} dn}{n_2 - n_1}. \quad (5.77)$$

После интегрирования получаем:

$$g_0 = \frac{a_0 \ln \frac{n_2}{n_1}}{60(n_2 - n_1)} + \frac{a_1}{60} + \frac{a_2}{120} (n_2 + n_1). \quad (5.78)$$

Число оборотов коленчатого вала двигателя на участке длиной  $S$  метров

$$n_s = \frac{Si_{\text{кп}} i_{\text{рп}} i_0}{2\pi r_{\text{дин}}} = \frac{Si_{\text{тр}}}{2\pi r_{\text{дин}}}, \quad (5.79)$$

где  $i_{\text{кп}}$  — передаточное отношение коробки передач;  $i_{\text{рп}}$  — передаточное отношение раздаточной коробки;  $i_0$  — передаточное отношение главной передачи;  $i_{\text{тр}}$  — передаточное отношение трансмиссии.

Обозначив

$$\alpha = \frac{i_{\text{тр}}}{2\pi R}, \quad (5.80)$$

$$n = \alpha 60v, \quad (5.81)$$

получим

$$Q_s = \left[ \frac{a_0 \cdot \ln \frac{v_2}{v_1}}{3600(v_2 - v_1)\alpha} + \frac{a_1}{60} + \frac{a_2}{2}(v_2 - v_1)\alpha \right] Sa. \quad (5.82)$$

Коэффициенты  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $\alpha$  определены нами для всех основных типов лесовозных автопоездов и приведены в табл. П.1.6 и П.1.7.

Для автопоезда на базе МАЗ-509, например,  $a_0 = -6,1727$ ;  $a_1 = 2,318 \cdot 10^{-2}$ ;  $a_2 = -2,651 \cdot 10^{-6}$ ; коэффициенты  $\alpha$  — 14,89; 7,82; 4,25; 2,79 и 1,86, соответственно для I—V передач.

При движении автопоезда с постоянной скоростью

$$Q = \frac{(a_0 + a_1 \alpha v 60 + a_2 v^2 \alpha^2 60^2) S}{3600v}. \quad (5.83)$$

### Примеры расчета

#### Пример 1.

Определить расход топлива на участке длиной 100 м при разгоне автопоезда МАЗ-509; ТМЗ-803 с 12 до 18 м/с (движение на V передаче).

$$Q_s = \left[ \frac{-6,172 \ln \frac{18}{12}}{3600(18-12)1,86} + \frac{2,318 \cdot 10^{-2}}{60} + \frac{-2,65 \cdot 10^{-6}(18+12) \cdot 1,86}{2} \right] \times$$

$$\times 100 \cdot 1,86 = [-0,0000629 + 0,000386 - 0,0000738] \cdot 186 = 0,0464 \text{ кг.}$$

#### Пример 2.

Определить расход топлива на участке длиной 50 м при изменении скорости с 10 до 9,8 м/с (движение на IV передаче).

$$Q_s = \left[ \frac{-6,172 \cdot \ln \frac{9,8}{10}}{3600(9,8-10) \cdot 2,79} + \frac{2,318 \cdot 10^{-2}}{60} + \frac{-2,65 \cdot 10^{-6} \cdot (9,8+10) \cdot 2,79}{2} \right] \times$$

$$\times 50 \cdot 2,79 = 0,0351 \text{ кг.}$$

### Пример 3.

Определить расход топлива на участке длиной 120 м при движении автопоезда на базе автомобиля МАЗ-509 на V передаче КПП с постоянной скоростью 15 м/с. Коэффициент использования мощности 0,8.

$$Q_s = \left[ \frac{-6172 + 0,023 \cdot 1,86 \cdot 15 \cdot 60 - 0,000002651 \cdot 15^2 \cdot 1,86^2 \cdot 60^2}{3600 \cdot 15} \right] \times \\ \times 120 \cdot 0,8 = 0,0509 \text{ кг.}$$

## 5.8. Ограничение скорости движения лесовозных автопоездов по условиям видимости

В работах [21] и [52] приведена зависимость для определения ограничения скорости движения по условиям видимости.

$$v_{\text{огр}} = \frac{(\Psi + \omega \pm i)}{K_s} \left[ \sqrt{t_n^2 + \frac{2S_v K_s}{g(\Psi + \omega \pm i)}} - t_n \right], \quad (5.84)$$

где  $t_n$  — время реакции водителя;  $S_v$  — расстояние видимости;  $K_s$  — коэффициент учета неполноты и несвоевременности торможения;  $\Psi$  — коэффициент торможения — выводится из соотношения:

$$\Psi = f_{\text{сц}} \frac{G_1}{G}, \quad (5.85)$$

где  $f_{\text{сц}}$  — коэффициент сцепления при торможении;  $G_1$  — вес, приходящийся на тормозные оси автопоезда.

В зависимости (5.84) не учитывается влияние вертикальных выпуклых и вогнутых кривых на скорость движения при торможении, а также то, что в реальных условиях движения снижение скорости при экстренном торможении производится, как правило, совместным торможением двигателем или моторным тормозом и колесными тормозами.

Исходя из зависимости (5.39) получаем:

$$Bv_k^2 = 0 = A_{\text{ср}} - \frac{A_{\text{ср}} - Bv_{\text{огр}}^2}{e^{\frac{2Bq}{G\delta}(s-s_1)}} \mp \rho, \quad (5.86)$$

$$A_{\text{ср}} e^{\frac{2Bq}{G\delta}(s-s_1)} - \rho e^{\frac{2Bq}{G\delta}(s-s_1)} = A_{\text{ср}} - Bv_{\text{огр}}^2,$$

$$v_{\text{огр}} = \sqrt{\frac{A_{\text{ср}} - (A_{\text{ср}} \mp \rho) e^{\frac{2Bq}{G\delta}(s-s_1)}}{B_r}}. \quad (5.87)$$

В зависимостях (5.86) и (5.87)  $S$  — расстояние видимости, м;  
 $S_1$  — расстояние от места остановки автопоезда до препятствия на дороге, м:

$$A_{\text{сц}} = a_{\tau} - \varphi_{\text{сц}} G k - iG - \omega G, \quad (5.88)$$

где  $\varphi_{\text{сц}}$  — коэффициент сцепления;  $k$  — коэффициент, учитывающий неполноту и несвоевременность торможения.

В зависимости (5.87) при расчете скорости ограничения на вертикальных выпуклых кривых значение  $\rho$  принимается со знаком «-», на вогнутых со знаком «+», при расчете скорости ограничения на прямолинейном в профиле участке принимается  $\rho = 0$ .

**Пример 1.** Определить ограничение скорости для следующих условий: расстояние видимости 110 м;  $\varphi_{\text{сц}} = 0,3$ ;  $k = 0,5$ ;  $S_1 = 10$  м;  $\omega = 0,003$ ;  $i = -0,010$ . Автопоезд МАЗ-6303-26+МАЗ-83781 с полной нагрузкой ( $G = 48\,000$  кг) движется на VIII передаче.

$$A_{\text{сц}} = -402 - 48000 \cdot 0,3 \cdot 0,5 + 48000 \cdot 0,010 - 48000 \cdot 0,030 = -8562.$$

Скорость ограничения на прямолинейном в профиле участке

$$v = \sqrt{\frac{-8562 - \left( -8562 \cdot e^{\frac{2 \cdot 0,951 \cdot 9,81(110-10)}{48000 \cdot 1,048}} \right)}{0,951}} = 18,44 \text{ м/с.}$$

Скорость ограничения на вертикальной выпуклой кривой

$$v = \sqrt{\frac{-8562 - (-8562 - 88,66) \cdot e^{\frac{2 \cdot 0,951 \cdot 9,81(110-10)}{48000 \cdot 1,048}}}{0,951}} = 15,6 \text{ м/с.}$$

Скорость ограничения на вертикальной вогнутой кривой

$$v = \sqrt{\frac{-8562 - (-8562 + 88,66) \cdot e^{\frac{2 \cdot 0,951 \cdot 9,81(110-10)}{48000 \cdot 1,048}}}{0,951}} = 20,9 \text{ м/с.}$$



## 6. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ СКОРОСТЕЙ И РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ

### 6.1. Учет ограничений скоростей движения

Скорость движения лесовозных автопоездов зависит как от динамических возможностей тягачей, геометрических параметров плана и профиля лесовозных автомобильных дорог, типа и состояния покрытия, так и от условий видимости и безопасности движения.

Для построения графика скоростей необходимо предварительно определить ограничения скорости движения по условиям видимости на кривых в плане и профиле, по динамическим перегрузкам на переломах продольного профиля, по сцеплению на горизонтальных кривых и по условиям торможения на спусках.

Ограничение по сцеплению на горизонтальных кривых определяется по формуле:

$$v_{\text{огр}} = \sqrt{g(\mu \pm i_n)R_r}, \quad (6.1)$$

где  $\mu$  — коэффициент поперечной силы;  $i_n$  — поперечный уклон виража.

Для расчетов величину  $\mu$  следует принимать в пределах 0,1—0,2.

На переломах продольного профиля допускаемая скорость движения определяется по формуле:

$$v_{\text{огр}} = \sqrt{\frac{2pg}{\Delta_i}}, \quad (6.2)$$

где  $p$  — допускаемая перегрузка рессор ( $p = 0,15$ );  $\Delta_i$  — алгебраическая разность уклонов.

На вертикальных кривых:

$$v_{\text{огр}} = \sqrt{Ra}, \quad (6.3)$$

где  $a$  — допускаемое центростремительное ускорение (0,5 м/с<sup>2</sup>).

На переломах продольного профиля, не сопряженных вертикальными выпуклыми кривыми, на вертикальных кривых, а также на участках горизонтальных кривых в закрытой местности допускаемая скорость движения определяется по формуле (5.84).

У новых типов автопоездов прицепной состав имеет все тормозные оси  $G_1 = G$ . В этом случае в формулу (5.85) вместо  $\psi$  подставляем  $f_{\text{сн}}$ . При использовании зависимости (5.85) следует иметь в виду, что применять ее нужно лишь при наличии на данном участке ограничений видимости и ни в коем случае не подставлять расчетное расстояние видимости для данной категории дороги.

Расстояние видимости на переломе продольного профиля определяется по формуле:

$$S_v = \frac{d}{\Delta_i}. \quad (6.4)$$

Если сумма длин элементов на переломе продольного профиля меньше определяемой по зависимости (5.85), то видимость обеспечена.

Для вертикальных выпуклых кривых расстояние видимости определяется из выражения

$$S_v = \sqrt{2R_v h - \frac{h^2}{2}} \approx \sqrt{2R_v h}, \quad (6.5)$$

где  $R_v$  — радиус выпуклой вертикальной кривой;  $h$  — превышение глаза водителя над поверхностью дороги (для автопоездов на базе МАЗ-509 и КрАЗ-255Л  $h = 2,2$  м).

На крутых поворотах в закрытой местности расстояние видимости ограничено.  $S_v$  может быть определено по одной из следующих зависимостей:

$$S_v = \sqrt{8RZ + 4Z}, \quad (6.6)$$

где  $Z$  — расстояние от бровки покрытия дороги до точки, где закончена срезка земляного полотна, например, выемки или деревьев, закрывающих выемку в середине кривой;  $Z = Z_1 + Z_2$

$$Z_1 = R - R \cos \frac{\alpha}{2}; \quad Z_2 = \frac{S_v - k}{2} \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Если длина кривой меньше расстояния видимости, то расстояние видимости определяется по формуле:

$$S_v = \frac{Z - \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right) R}{0,5 \sin \alpha} + k, \quad (6.7)$$

где  $\alpha$  — угол поворота дороги, ...°;  $k$  — длина кривой, м.

## 6.2. Режимы движения лесовозных автопоездов

Движение лесовозных автопоездов осуществляется при сочетании следующих основных режимов: с работающим двигателем (РД) при полном использовании мощности (работа двигателя на внешней скоростной характеристике); с работающим двигателем при неполном использовании мощности; движении накатом; движении в режиме торможения двигателем или моторным тормозом (ТД); движении в режиме торможения колесными тормозами.

При определении скоростей движения расчет в режиме торможения колесными тормозами следует производить лишь в случае невозможности торможения двигателем или моторным тормозом, например, на участках ограничения, или для обеспечения снижения скорости к началу участка, имеющего ограничения.

Для расчета следует принять, что разгон автопоезда производится при полном использовании мощности.

Для этого режима и рассчитаны коэффициенты, с помощью которых аппроксимируются тяговые характеристики автомобилей, а также значения переводных коэффициентов и функционалов.

Именно таким образом происходит увеличение числа оборотов коленчатого вала автомобильных двигателей (ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, ЯМЗ-740 и других), оборудованных всережимными регуляторами. У этих двигателей положение педали управления подачи топлива соответствует не цикловой подаче, а определенному скоростному режиму.

Ниже при ведена характеристика возможных режимов работы двигателя ЯМЗ с всережимным регулятором (рис. 6.1). При полном нажатии на педаль возможный режим характеризуется линией  $ABC$ , при неполном, но постоянном нажатии — линией  $AB_1C_1$  или  $AB_2C_2$ . При этом крутящий момент во всех случаях может изменяться от нуля до максимального значения без увеличения нажатия на педаль управления подачей топлива.

При увеличении сопротивления движению, когда развиваемой двигателем мощности не хватает для поддержания постоянной скорости, работа двигателя характеризуется линиями  $CBA$ ,  $C_1B_1A$  или  $C_2B_2A$ .

Если автопоезд достигнет максимальной для данной передачи скорости, следует проверить возможность движения на повышенной передаче:

$$a - Bv^2 \geq G(i + \omega). \quad (6.8)$$

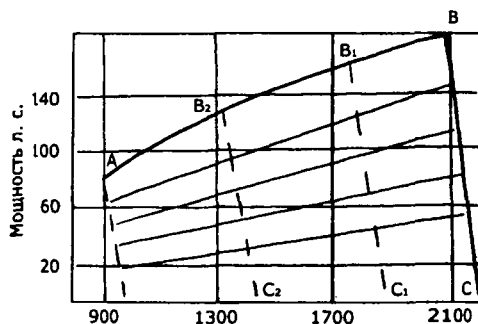


Рис. 6.1. Возможные режимы работы двигателя ЯМЗ-236 (всережимный регулятор) при постоянном положении педали управления подачей топлива

При выполнении (6.10) необходимо определять скорость в режиме движения накатом (переключение передач), а затем расчет вести для движения на  $(n + 1)$  передаче с использованием соответствующих коэффициентов.

Если при движении автопоезда скорость падает, то описанным выше методом определяется скорость, с которой необходимо вести расчет в режиме движения накатом [переход на  $(n - 1)$  передачу], а далее показатели рассчитываются при движении автопоезда на  $(n - 1)$  передаче.

Могут быть и такие условия движения, когда нет смысла делать переключение передач. Например, участок, на котором скорость снижается, имеет незначительную длину, а движение на последующем участке обеспечено на  $n$ -й передаче.

В этом случае при переключении передач скорость снизится, а общее время движения по участкам может увеличиться. Следовательно, при такой ситуации необходимо рассмотреть два варианта — движение в режиме накатом (переключение передач) или движение в первоначальном режиме (например, в режиме с работающим двигателем на  $n$ -й передаче), выбрав вариант с минимальным временем хода автопоезда.

Если при разгоне на определенном участке автопоезд достиг скорости ограничения и имеется запас мощности, т. е.  $a - Bv^2 > G(i + \omega)$ , то движение на участке продолжается при неполном использовании мощности двигателя с постоянной скоростью.

Движение в режиме торможения двигателем или моторным тормозом имеет место, когда необходимо уменьшить.

Движение в режиме торможения двигателем или моторным тормозом имеет место, когда необходимо уменьшить интенсивность разгона, снизить скорость при подходе к участкам ограничения, или для поддержания постоянной скорости на участках с большими уклонами. В этом режиме повышается безопасность движения, так как на скользких участках дороги исключается опасность заноса и уменьшается износ колесных тормозов.

Для автопоездов, оборудованных моторным тормозом, коэффициенты  $a$  и  $B$ , аппроксимирующие тормозные характеристики, рассчитаны для режима торможения моторным тормозом, для остальных автопоездов — для режима торможения двигателем.

Если  $a_{\tau} - Bv^2 < G(i + \omega)$ , то моторный тормоз обеспечивает поддержание постоянной скорости или ее снижение.

При незначительной длине участка, имеющего ограничение скорости, а также, если моторный тормоз не обеспечит снижение скорости, показатели движения определяются в режиме торможения колесными тормозами или совместного торможения двигателем или моторным тормозом и колесными тормозами.

Для расчета скорости движения в режиме торможения колесными тормозами используются зависимости (6.9 и 6.10).

В этом случае:

$$a = \Psi G, \quad (6.9)$$

$$B = \kappa \Delta \Omega. \quad (6.10)$$

### 6.3. Определение скорости и времени движения на лесовозной дороге

Рассмотрим пример расчета и построения графика скорости и времени движения автопоезда МАЗ-6303-26+МАЗ-83781 на конкретном участке автомобильной лесовозной дороги (см. рис. 6.1). Радиусы вертикальных кривых вогнутых 200 и 300 м, выпуклых — 500 м, горизонтальных — 125 м. Результаты расчета сведены в табл. 6.1. Профиль дороги и рассчитанный график скорости движения приведены на рис. 6.1.

Определим ограничения скорости на вертикальных выпуклых и вогнутых кривых.

$$R_{\text{вог}} - 200 \text{ м}, \quad v_{\text{огр}} = \sqrt{200 \cdot 0,5} = 10 \text{ м/с}.$$

$$R_{\text{вог}} - 300 \text{ м}, \quad v_{\text{огр}} = \sqrt{300 \cdot 0,5} = 12,5 \text{ м/с}.$$

Таблица 6.1

**Расчетные скорость, время и режимы движения автопоезда  
МАЗ6303+МАЗ-83781 на участке лесовозной дороги**

№ п/п участка	Расстояние, м	Уклоны	Скорость движения, м/с	Время движения, с	Режим движения	Номер передачи	Радиус горизонтальной кривой, м	Радиус вертикальной кривой, м	Ограничение скорости, м/с
1	0	-0,02	8	0	1	VI	—	—	—
	149	-0,02	9,53	17,09	1	VI	—	—	—
2	161	-0,02	9,34	1,27	1	VI	—	200	—
3	169,7	0,060	8,88	0,96	1	VI	—	—	—
	182	0,060	7,54	1,5	3	н	—	—	—
	205	0,060	6,62	3,2	1	V	—	—	—
	212,93	0,060	5,23	1,5	3	н	—	—	—
	262	0,060	4,45	10,5	1	IV	—	500	—
4	298	0,060	4,84	7,75	1	IV	—	—	—
5	303	-0,034	5,28	1,0	1	IV	—	—	—
	311	-0,034	5,33	1,5	3	н	—	—	—
	343,3	-0,034	7,5	4,9	1	V	—	—	—
	354,8	-0,034	7,588	1,5	3	н	—	—	—
	406	-0,034	9,81	5,91	3	VI	—	-300	—
	414	-0,034	10,03	0,81	1	VI	—	—	—
6	465,10	-0,07	10,64	4,95	—	VI	—	—	—
	650	-0,07	10,64	17,33	1	VI	—	—	—
7	670	-0,07	10,44	1,9	1	VI	—	-300	—
8	739	0,060	6,70	8,49	1	VI	—	—	—
9	791	0,060	5,61	6,82	1	VI	—	500	—
10	910	-0,023	9,94	15,14	1	VI	—	—	—
11	989	0,016	9,31	8,21	1	VI	—	—	—
12	1031	0,016	10,23	4,32	1	VI	—	500	10,5
13	1085,7	-0,070	10,64	5,24	1	VI	—	—	—
14	1218	-0,070	10,64	12,43	1	VI	—	—	—
Примечание. $\Sigma t = 144,22$ с; $v_{cp} = 8,45$ м/с (30,4 км/ч)									

Расстояние видимости на выпуклой вертикальной кривой радиусом 500 м:

$$S_v = \sqrt{2 \cdot 500 \cdot 2,2} = 47 \text{ м.}$$

На участке с уклоном  $i = 0,060$ :

$$v_{огр} = \frac{9,81(0,02 + 0,03 + 0,060)}{1,4} \left[ \sqrt{1,5^2 + \frac{2 \cdot 47 \cdot 1,4}{9,81(0,2 + 0,03 + 0,06)}} - 1,5 \right] = 11,5 \text{ м/с.}$$

На участке с уклоном  $i = 0,016$  и радиусом вертикальной вогнутой кривой 500 м  $v_{огр} = 10,4$  м/с.

На участке горизонтальной кривой радиусом 125 м  $v_{огр} = \sqrt{9,81 \cdot 0,1 \cdot 125} = 11,07$  м/с.

Движение начинается на VI передаче КПП со скоростью 8 м/с. Протяженность первого отдельного участка 149 м;  $i = -0,02$ .

Из табл. 6.1  $a = 1988,5$ ;  $B = 2,09$ .

При массе автопоезда 4800 кг  $\omega = 0,03$  получим:

$$A = 1988,5 - 4800(-0,002 + 0,03) = 644,5.$$

$$B = 2,09. Bv^2 = 2,09 \cdot 8^2 = 133,76.$$

$$A - Bv^2 = 505,14.$$

Величина  $A - Bv^2 > 0$ , следовательно движение на 6 передаче с ускорением возможно.

Определим расстояние, на котором скорость движения автопоезда достигнет предельного для шестой передачи значения — 10,64 м/с.

$$Bv^2 = 2,09 \cdot 10,64^2 = 236,6,$$

$$x = \frac{644,5 - 133,76}{644,51 - 233,6} = \frac{510,74}{410,9} = 1,243,$$

$$x = e^{CS},$$

$$S = \frac{\ln x}{C} = \frac{0,2175}{0,0007798} = 278,9 \text{ м.}$$

Следовательно, на участке 149 м автопоезд не достигнет скорости 10,64 м/с. Решаем обратную задачу, определим скорость движения в конце участка:

$$x = e^{0,0007798 \cdot 149} = 1,123,$$

$$Bv_k^2 = 644,5 - \frac{644,5 - 133,76}{1,123} = 189,73; \quad v_k = 9,53.$$

По табл. П.1.4 принимаем  $A_1 = 2167$ ;  $B_1 = 39,4$ .

$$y = \frac{2167 - 48000(-0,002 + 0,03) - 39,4,8}{2167 - 48000(-0,002 + 0,03) - 39,4 \cdot 9,2} = \frac{57,8}{447,7} = 1,134,$$

$$t = \frac{\ln y}{C_1} = \frac{0,01256}{0,007354} = 17,09 \text{ с.}$$

На участке вогнутой кривой ( $R_e = -200$  м) автопоезд продолжит движение на шестой передаче. Длина кривой 12 м;  $\rho_{1000}$  (табл. П.3.9) = 2,13;

$$\rho_{200} = \frac{-2,13 \cdot 1000}{200} = -10,65,$$

$$x = e^{0,0007798 \cdot 12} = 1,0094,$$

$$Bv^2 = 644,5 - \frac{644,5 - 2,09 \cdot 9,5^2}{1,0094} - 10,65 = 182,25; v = 9,34 \text{ м/с.}$$

Время движения на кривой 12 : (9,5 + 9,38) : 2 = 1,27 с.

Далее автопоезд движется на подъеме 60 ‰. Скорость движения, естественно, будет снижаться. Движение на V передаче желательно начать с максимально допустимой скорости — 7,54 м/с. В этом случае необходимо определить, до какой величины можно допустить снижение скорости на VI передаче, чтобы при переключении начальная скорость была максимальной для V передачи.

Для определения  $v_0$  используется зависимость (142).

$$a'_n = 27,5, B'_n = 8, y_n = 1,0242, B'v_0 = A'_n - (A_n - B'v_n)y,$$

$$A'_n = 27,5 - 48000(0,060 + 0,030) = -4292,5,$$

$$Bv_0 = -4392,5 - (-4392,5 - 8 \cdot 7,54) \cdot 1,00242 = 70,98,$$

$$v = 8,88 \text{ м/с.}$$

При переключении передач автопоезд пройдет расстояние

$$S = \frac{7,54 + 8,88}{2} \cdot 1,5 = 12,3 \text{ м.}$$



Определим расстояние от точки, где автопоезд достиг скорости  $9,34 \text{ м/с}$ , до точки, где скорость снизилась до  $8,88 \text{ м/с}$ .

$$x = \frac{1988,5 - 48000(0,060 + 0,030) - 2,09 \cdot 9,34^2}{1988,5 - 48000(0,060 + 0,030) - 2,09 \cdot 8,88^2} = \frac{-2513}{-2496} = 1,0068,$$

$$S = \frac{\ln 1,0068}{0,0007798} = 8,7 \text{ м},$$

$$t = \frac{2 \cdot 8,7}{9,34 + 8,88} = 0,96 \text{ с}.$$

Определим скорость движения в начале вертикальной кривой радиусом  $500 \text{ м}$ , т. е. на расстоянии  $80,2 \text{ м}$  от начала движения на  $V$  передаче.

$$A = 2872,9 - 4320 = -1447,1, \quad x = e^{\frac{80,2}{0,001936}} = 1,1675,$$

$$Bv^3 = -1447,1 - \frac{-1447,1 - 6,11 \cdot 7,54^2}{1,1675} = 89,99, \quad v = 3,84 \text{ м/с}.$$

Скорость движения меньше допускаемой на  $V$  передаче.

Определяем скорость движения, с которой целесообразно перейти на  $IV$  передачу.

$$Bv_0 = -4295 - (-4295 - 8 \cdot 5,28) \cdot 1,00245 = 52,9,$$

$$v = 6,62 \text{ м/с}, \quad S = \frac{5,28 + 6,62}{2} \cdot 1,5 = 8,93 \text{ м}.$$

Решаем обратную задачу. Определяем  $S = b(v_0, v_g)$ .

$$x = \frac{-1447,1 - 6,11 \cdot 7,54^2}{-1447,1 - 6,11 \cdot 6,62^2} = \frac{1794,6}{1714,9} = 1,0464,$$

$$S = \ln \frac{1,0464}{0,001936} = 23 \text{ м}, \quad t = 3,2 \text{ с}.$$

Скорость движения в конце прямолинейного в профиле участка длиной 48 м с уклоном 60 ‰. При движении на IV передаче:

$$x = e^{0,004482 \cdot 48} = 1,2404,$$

$$Bv^2 = 4102,7 - 4320 - \frac{4102 - 4320 - 15,68 \cdot 5,28^2}{1,404} = 308,21,$$

$$v = 4,45 \text{ м/с}, \quad t = 10,5 \text{ с.}$$

Скорость в конце участка вертикальной кривой радиусом 500 м длиной 38 м.  $\rho_{1000} = 65,64$ ;  $\rho_{500} = 131,3$ .

$$x = e^{0,004482 \cdot 38} = 1,161,$$

$$Bv^2 = -218 - \frac{-218 \cdot 15,68 \cdot 4,45^2}{1,161} + 131,3 = 367,3,$$

$$v = 4,84 \text{ м/с}, \quad t = 7,75 \text{ с.}$$

Определим расстояние, которое пройдет автопоезд до достижения максимальной допустимой скорости движения на IV передаче — 5,28 м/с,  $i = -0,034$ .

$$A = 4102,7 - 48000(-0,034 + 0,03) = 3910,$$

$$x = \frac{3910 - 15,68 \cdot 4,769^2}{3910 - 15,68 \cdot 5,28^2} = \frac{3542,6}{3472,5} = 1,020,$$

$$S = 5 \text{ м}, \quad t = 1,0 \text{ с.}$$

Определим характер изменения скорости движения при переключении с IV передачи на V передачу на уклоне — 0,034.

$$a'_n = 27,5, \quad B'_n = 8, \quad A = 27,5 - 48000(-0,034 - 0,03) = 219,5,$$

$$Bv = 219,5 - \frac{219,5 - 8 \cdot 5,287^2}{1,00245} = 42,67; \quad v = 5,33 \text{ м/с},$$

$$S = 8 \text{ м}, \quad t = 1,5 \text{ с.}$$

Протяженность участка разгона на уклоне — 0,034 от скорости 5,33 до 7,54 м/с при движении на V передаче.

$$A = 2872,9 - 48000(-0,034 + 0,03) = 3064,9,$$

$$x = \frac{3064,9 - 6,11 \cdot 5,28^2}{3064,9 - 6,11 \cdot 7,54^2} = \frac{2894,4}{2717,8} = 1,065,$$

$$S = \frac{\ln 1,065}{0,001936} = 32,5 \text{ м}, \quad t = 4,9 \text{ с}.$$

При переключении с V на VI передачу на уклоне — 0,034:

$$Bv = 219,5 - \frac{219,5 - 8 \cdot 7,54}{1,00245} = 60,70,$$

$$v = 7,588 \text{ м/с}, \quad S = \frac{7,54 + 7,588}{2} \cdot 1,5 = 11,3 \text{ м}, \quad t = 1,5 \text{ с}.$$

Протяженность участка разгона на уклоне — 0,034 от скорости 7,588 м/с до максимально допустимой при движении на VI передаче — 10,64.

$$A = 1988,5 - 48000(-0,004) = 2180,5,$$

$$x = \frac{2180,5 - 2,09 \cdot 7,59^2}{2180,5 - 2,09 \cdot 10,64^2} = \frac{2060}{1943,8} = 1,060,$$

$$S = \frac{\ln 1,060}{0,0007798} = 74,72 \text{ м}.$$

Так как до конца прямолинейного в профиле участка с уклоном — 0,034 осталось 51,2 м, автопоезд не достигнет скорости 10,64 м/с.

Скорость в конце участка:

$$x = e^{0,0007798 \cdot 51,2} = 1,0407,$$

$$Bv^2 = 2180,5 - \frac{2180,5 - 2,09 \cdot 7,59^2}{1,0407} = 200,096; \quad v = 9,81 \text{ м/с},$$

$$A' = 2167 - 48000(-0,004) = 2359, \quad B' = 39,4,$$

$$t = \frac{1}{0,007354} \cdot \ln \frac{2359 - 39,4 \cdot 7,59}{2359 - 39,4 \cdot 9,81} = \frac{1}{0,007354} \cdot \ln 1,044 = 5,91 \text{ с.}$$

Скорость в конце участка вертикальной кривой радиусом — 300 м, длиной 8 м.  $\rho_{1000} = 1$ ;  $\rho_{300} = -3,3$ .

$$x = e^{0,0007798 \cdot 8} = 1,00626,$$

$$Bv^2 = 2180,5 - \frac{2180,5 - 2,09 \cdot 9,81^2}{1,00626} - 3,3 = 210,15,$$

$$v = 10,03 \text{ м/с, } t = 0,81 \text{ с.}$$

Скорость в конце прямолинейного в профиле с уклоном  $-0,007$  участка длиной 236 м.

$$A = 1988,5 - 48000(-0,007 + 0,03) = 884,5,$$

$$x = e^{0,0007798 \cdot 236} = 1,202,$$

$$Bv^2 = 884,5 - \frac{884,5 - 2,09 \cdot 10,03^2}{1,202} = 223,56, v = 12,44 \text{ м/с.}$$

Расчетная скорость превышает максимально допустимую скорость на данной (VI) передаче.

Определим расстояние, на котором автопоезд разгонится до максимально допустимой скорости 10,64 м/с.

$$S = \frac{1}{0,0007798} \ln \frac{884,5 - 2,03 \cdot 10,03^2}{884,5 - 2,03 \cdot 10,69^2} = 51,16 \text{ м, } t = 4,95 \text{ с.}$$

Скорость при переключении с VI на VII передачу.

$$A'_n = 27,5 - 48000(-0,007 + 0,03) = -1076,5,$$

$$Bv = -1075,5 - \frac{-1076,5 - 8 \cdot 10,64}{1,0245} = 82,28, v = 10,29 \text{ м/с,}$$

$$S = 15,70 \text{ м.}$$

До конца участка с уклоном  $-0,007$  осталось  $169,14$  м.

$$x = e^{0,0005371 \cdot 169,14} = 1,0951,$$

$$A = 1480,7 - 48000(-0,007 + 0,03) = 367,7,$$

$$Bv^2 = 367,7 - \frac{367,7 - 1,41 \cdot 10,29^2}{1,0951} = 168,26; v = 10,92 \text{ м/с.}$$

Таким образом, при переключении передач с VI на VII скорость снизится с  $10,64$  м/с до  $10,29$  м/с, затем при движении на VII передаче к концу участка возрастет до  $10,92$  м/с. Т. е. средняя скорость на участке составит  $10,6$  м/с. За этим участком следует вертикальная вогнутая кривая, сопрягающая уклоны  $-0,007$  и  $0,060$ . На этом участке скорость на VII передаче будет резко падать и снова будет необходимо переключение с VI на VII передачу, что приведет к дальнейшему снижению скорости и увеличению суммарного времени движения на участках. Поэтому более рационально не производить переключения на VII передачу, а продолжать движение до конца участка с уклоном  $-0,007$  на VI передаче во втором режиме (работа двигателя на частичной характеристике) с максимально допустимой скоростью  $10,64$  м/с.

Длина отрезка пути  $S = 236 - 51,16 = 184,84$  м.

$$\text{Время движения } t = \frac{184,4}{10,64} = 17,33 \text{ с.}$$

Скорость в конце участка на вертикальной вогнутой кривой радиусом  $300$  м, длиной  $200$  м.

$$\rho_{1000} = 5,672, \rho_{300} = 18,71, x = e^{0,0007798 \cdot 20} = 1,0157,$$

$$Bv^2 = 884 - \frac{884 - 2,09 \cdot 10,64^2}{1,0157} - 1871 = 227,92, v = 10,44 \text{ м/с,}$$

$$t = 1,9 \text{ с.}$$

Скорость в конце прямолинейного в профиле участка длиной  $69$  м с уклоном  $0,060$ .

$$A = 1988,5 - 48000(0,03 + 0,06) = 2331,5,$$

$$x = e^{0,0007798 \cdot 63} = 1,0552,$$

$$Bv^2 = -2331,5 - \frac{-2331,5 - 2,09 \cdot 10,44^2}{1,0552} = 93,91, v = 6,70 \text{ м/с.}$$

Время движения на участке длиной 69 м при изменении скорости от 10,64 м/с до 6,7 м/с.

$$A' = 2167 - 48000(0,060 + 0,03) = -2153,$$

$$t = \frac{1}{0,007354} \ln \frac{-2153 - 39,4 \cdot 10,64}{-2153 - 39,4 \cdot 6,7} = 8,49 \text{ с.}$$

Скорость в конце участка вертикальной выпуклой кривой радиусом 500 м, длиной 42 м

$$x = e^{0,0007798 \cdot 42} = 1,0387, \quad \rho_{1000} = 24,99, \quad \rho_{500} = 49,98,$$

$$Bv^2 = -2331,5 - \frac{-2331,5 - 2,09 \cdot 6,70^2}{1,0327} + 49,98 = 65,8,$$

$$v = 5,61 \text{ м/с}, \quad t = 6,82 \text{ с.}$$

Скорость в конце прямолинейного в профиле участка длиной 119 м с уклоном -0,023.

$$A = 1988,5 - 48000(-0,023 + 0,03) = 1652,5,$$

$$x = e^{0,0007798 \cdot 119} = 1,09723,$$

$$Bv^2 = 1652,5 - \frac{1652,5 - 2,09 \cdot 5,61^2}{1,09723} = 206,38, \quad v = 9,94 \text{ м/с},$$

$$A' = 2176 - 48000(-0,023 + 0,03) = 1840, \quad B' = 39,4.$$

Время движения на участке:

$$t = \frac{1}{0,007354} \cdot \ln \frac{1840 - 5,61 \cdot 39,4}{1840 - 9,94 \cdot 39,4} = 15,14 \text{ с.}$$

Скорость в конце прямолинейного в профиле участка длиной 79 м с уклоном 0,016.

$$A = 1988,5 - 48000(0,03 + 0,016) = -219,5,$$

$$x = e^{0,0007798 \cdot 79} = 1,06354,$$

$$Bv^2 = -219,5 - \frac{-219,5 - 2,09 \cdot 9,94^2}{1,06354} = 181,04,$$

$$v = 9,31 \text{ м/с}, \quad t = 8,21 \text{ с.}$$

Скорость в конце участка вертикальной кривой радиусом 500 м, длиной 42 м.

$$\rho_{1000} = 23,6, \quad \rho_{500} = 47,2, \quad x = e^{0,0007798 \cdot 42} = 1,03275,$$

$$Bv^2 = -219,5 - \frac{-219,5 - 2,09 \cdot 9,37^2}{1,03275} + 49,98 = 217,94,$$

$$v = 10,23 \text{ м/с.}$$

На следующем участке с уклоном — 0,070 длиной 187 м автопоезд при движении в первом, втором и третьем режимах будет интенсивно разгоняться, однако в конце участка имеется ограничение скорости 11,07 м/с. Чтобы избежать необходимости применения интенсивного торможения колесными тормозами, переключение на VII передачу нецелесообразно.

Определим расстояние, которое пройдет автопоезд до достижения максимально допустимой для VI передачи скорости движения в режиме торможения двигателем, с отключением подачи топлива.

$$a_r = -687, \quad B_r = 6,16,$$

$$S = \frac{1}{0,61699} \ln \frac{+1233 - 6,16 \cdot 10,44^2}{+1233 - 6,16 \cdot 10,64^2} = 27,87,$$

$$t = \frac{27,87 \cdot 2}{10,44 + 10,64} = 2,64 \text{ с.}$$

Чтобы не превысить допустимую скорость движения на VI передаче оставшееся расстояние (159,18 м) проходится с постоянной скоростью 10,64 м/с в режиме торможения двигателем с подтормаживанием колесными тормозами.

Так как автопоезд движется без ускорения,

$$A_c - Bv^2 = 0,$$

где

$$A_c = a_{тк} + A. \quad (6.11)$$

В этой формуле  $a_{тк}$  — усилие, развиваемое колесными тормозами.

Следовательно,

$$a_{\text{тк}} + A - Bv^2 = 0; \quad a_{\text{тк}} = -1233 + 6,16 \cdot 10,64^2 = -536,6,$$

где  $a_{\text{тк}}$  — среднее тормозное усилие, развиваемое колесными тормозами,

$$t = \frac{159,18}{10,64} = 14,96 \text{ с.}$$

Время движения на участке длиной 1218 м составило 144,22; средняя скорость движения 8,45 м/с (30,4 км/ч).

В благоприятных условиях (сухое гравийное покрытие в хорошем состоянии) коэффициент бокового сдвига можно принять 0,17.

В этом случае допустимая скорость движения лесовозного автопоезда на горизонтальной кривой радиусом 125 м составит

$$v_{\text{доп}} = \sqrt{9,31 \cdot 0,17 \cdot 125} = 14,43 \text{ м/с.}$$

Следовательно, на участке с уклоном — 0,070 необходимо произвести переключение с VI на VII передачу.

Определим скорость после переключения передач

$$A' = 80 - 48000(-0,07 + 0,03) = 1860,$$

$$B'v = 1860 - \frac{1860 - 13 \cdot 10,23}{1,00394} = 139,76; \quad v = 10,75 \text{ м/с},$$

$$t = 1,5 \text{ с}; \quad A = 80 - 48000(-0,07 + 0,03) = 1860, \quad S = 16,35 \text{ м},$$

$$S = \frac{10,23 + 10,75}{2} \cdot 1,5 = 15,7 \text{ м.}$$

Определим расстояние, на котором автопоезд достигнет максимально допустимой скорости для данной передачи.

$$A = 1480,7 - 48000(-0,04) = 3400,7,$$

$$S = \frac{1}{0,0005371} \ln \frac{3400,7 - 1,41 \cdot 10,75^2}{3400,7 - 1,41 \cdot 14,79^2} = 85,32,$$

$$A' = 1701 - 48000(0,03 - 0,07) = 3621, \quad B' = 35,7,$$

$$t = \frac{1}{0,006705} \ln \frac{3621 - 10,75 \cdot 35,7}{3621 - 14,79 \cdot 35,7} = 6,79 \text{ с.}$$



До конца участка с уклоном  $-0,070$  осталось 85,98 м.

Определим величину среднего тормозного усилия, которое необходимо развить колесными тормозами, чтобы скорость в конце участка с уклоном  $-0,070$  составила 14,43 м/с.

$$A_c = a_{об} + A,$$

$$A = -499,1 - 48000(-0,04) = 1420,9.$$

Определим  $A_c$ .

$$x = e^{0,001235 \cdot 83,15} = 1,1085,$$

$$A_c = \frac{2,63 \cdot 14,43^2 \cdot 1,1085 - 2,63 \cdot 14,79^2}{0,1085} = 292,64,$$

$$a_{тк} = A_c - A, \quad a_{тк} = 29,64 - 1420,9 = 1128,26 \text{ кг}.$$

Время движения на участке длиной 85,98 м составит 5,88 с.

#### **6.4. Определение скорости и времени движения лесовозных автопоездов на дорогах общего пользования**

В отличие от продольного профиля лесовозных дорог, состоящего, в основном, из прямолинейных участков, сопряженных вертикальными кривыми небольшой длины, продольный профиль дорог общего пользования, особенно дорог высоких категорий, состоит из вертикальных кривых большого радиуса и незначительного количества прямолинейных в профиле участков. Поэтому методика расчета скорости и времени движения на этих дорогах отличается от методики расчета этих показателей движения на лесовозных дорогах.

Рассмотрим пример расчета и построения графика скорости и времени движения лесовозного автопоезда МАЗ-6303-26+МАЗ-83781 на участке дороги общего пользования. Результаты расчета сведены в табл. 6.2.

Радиусы вертикальных вогнутых кривых составляют 3000 м, выпуклых кривых 5000 и 8000 м, горизонтальные кривые отсутствуют. Поэтому ограничения скорости движения для лесовозного

Таблица 6.2

**Расчетные скорости, время и режимы движения автопоезда  
МАЗ-6303+МАЗ-83781 на участке дороге общего пользования**

№ участка	Расстояние, м	Уклоны в начале движения	Скорость движения, м/с	Время движения, с	Режим движения	Номер передачи	Радиус вертикальной кривой, м	Радиус горизонтальной кривой, м
I	151	0,036	13,04	11,1	1	VII	5000	—
	251	0,036	13,74	7,47	1	VII	5000	—
	315	0,036	14,79	4,47	1	VII	5000	1500
	337,29	0,036	14,93	1,5	3	н	5000	—
	380	0,036	15,79	2,78	1	VIII	5000	—
	520	-0,040	18,54	8,23	1	VIII	—	—
III	628,1	-0,040	19,39	5,38	1	VIII	-3000	—
	760	-0,040	17,8	7,33	1	VIII	-3000	—
IV	860	0,040	15,91	5,93	1	VIII	5000	—
	970	0,040	15,33	7,04	1	VIII	5000	—
V	992	-0,002	15,03	1,5	3	н	-5000	—
	1170	-0,002	14,01	12,26	1	VII	-5000	—
VI	1270	0,038	12,2	7,71	2		8000	—
	1341,5	0,038	11,4	5,68	1		8000	—
	1353,16	0,038	10,81	1,5	3	н	8000	—
	1405	0,038	10,64	4,4	1	VI	8000	—
	1626	0,009	10,64	19,3	2	VI	—	—
$\Sigma t = 113,58 \text{ с}, v_{\text{ср}} = 14,32 \text{ м/с (51,53 км/ч)}.$								

автопоезда по условиям видимости на вертикальных и горизонтальных кривых, по допустимой величине центростремительного ускорения и устойчивости движения автопоезда на горизонтальных кривых отсутствуют. При расчете скорости в любом случае следует учитывать ограничения по максимально допустимой скорости движения на каждой передаче.

Автопоезд МАЗ 6303-26+МАЗ-83781 начинает движение на VII передаче на вертикальной кривой радиусом 5000 м с уклоном в начале участка 0,036 со скоростью 14,6 м/с. Длина вертикальной кривой 380 м. Основное сопротивление движению на протяжении всей дороги с асфальтобетоном 0,02.

Расстояние до точки экстремума скорости движения и величина экстремального значения скорости:

$$D_{1000} = 0,0000112 \text{ (табл. П.7)}, D_{5000} = 0,0000560,$$

$$A = 1480,7 - 48000(0,036 + 0 < 02) = -1207,3, B = 1,41.$$

Определяем  $x$  при экстремальном значении  $v$  и  $S$ .

$$x = 0,0000560 \cdot [1,41 \cdot 14,6^2 - (-1207,3)] + 1 = 1,084,$$

$$S = \frac{1}{0,0005371} \ln 1,0844 = 151 \text{ м}, \quad \rho_{1000} = 286,5, \quad \rho_{5000} = 57,3,$$

$$Bv_{\text{экс}}^2 = -1207 - \frac{(-1207,9 - 1,41 \cdot 14,6^2)}{1,0844} + 57,3 = 240,96,$$

$$v = 13,04 \text{ м/с}, \quad A_s - Bv_s = 0, \quad A = 240,96.$$

Скорость движения за 75 м до точки экстремума:

$$Bv^2 = 240,96 + \frac{71,86}{5} = 255,33, \quad v = 13,45 \text{ м/с}.$$

Скорость движения за 100 м до точки экстремума:

$$Bv^2 = 240,96 + \frac{126,633}{5 - 2 \cdot 76} = 266,28, \quad v = 13,74 \text{ м/с}.$$

Время движения на участке 151 м:

$$t = \frac{2 \cdot 51}{14,6 + 13,74} + \frac{2 \cdot 25}{13,74 + 13,45} + \frac{75 \cdot 2}{13,45 + 13,04} = 11,1 \text{ с}.$$

Скорость движения через 100 м за точкой экстремума:

$$Bv^2 = 240,96 + \frac{126,33}{5} = 266,22, \quad v = 13,74 \text{ м/с},$$

$$t = \frac{100 \cdot 2}{13,04 + 13,74} = 7,47 \text{ с}.$$

Расстояние от точки экстремума скорости до достижения максимально допустимой скорости на VII передаче:

$$Bv^2 = 1,41 \cdot 14,79^2 = 308,42,$$

$$Bv^2 = A + \rho.$$

Следовательно

$$\rho_{5000} = 308,42 - 241,7 = 66,72, \quad \rho_{1000} = 333,6; \quad S = 164 \text{ м.}$$

Время движения на расстоянии от 100 до 164 м от точки экстремума 4,47 с.

Переключение на VII передачу происходит на расстоянии  $151 + 164 = 315$  м от начала кривой.

Уклон в точке переключения передач:

$$i = \frac{0,036 - 315}{500} = -0,027, \quad a'_1 = 157,5, \quad B'_1 = 18,2, \quad y_1 = 1,00553,$$

$$A'_u = 157,5 - 48000(-0,027 + 0,02) = 733,5,$$

$$Bv^2 = 733,5 - \frac{733,5 - 18 \cdot 14,79}{1,00552} = 268,78, \quad v = 14,93 \text{ м/с},$$

$$S = \frac{14,79 + 14,93}{2 \cdot 1,5} = 22,29 \text{ м.}$$

До конца участка длиной 380 м осталось 42,7 м. Определим скорость в конце участка.

Продольный уклон будет равен:

$$i = \frac{0,036 - 337,3}{5000} = -0,0314,$$

$$A = 1047,8 - 48000(-0,0314 + 0,02) = 1607,3,$$

$$x = e^{0,0003809 \cdot 42,7} = 1,0164,$$

$$Bv^2 = 1607,8 - \frac{1607,8 - 0,372 \cdot 14,93^2}{1,0164} + \frac{16,58}{5} = 242,42,$$

$$v = 15,79 \text{ м/с}, \quad t = \frac{42,7 \cdot 2}{14,93 + 15,79} = 2,78 \text{ с.}$$

Скорость на прямолинейном в профиле участке длиной 140 м с уклоном  $-0,040$ :

$$A = 1047,8 - 48000(0,02 - 0,04) = 2007,8,$$

$$x = e^{0,0003809 \cdot 140} = 1,05477,$$

$$Bv^2 = 2007 - \frac{2007 - 0,379 \cdot 15,79^2}{1,05477} = 333,97, \quad v = 18,536 \text{ м/с.}$$

Время движения:

$$A' = 1348 - 48000(-0,040 + 0,020) - 2308, \quad B' = 34,6,$$

$$t = \frac{1}{0,006747} \ln \frac{2308 - 34,6 \cdot 15,79}{2308 - 34,6 \cdot 18,54} = 8,23 \text{ с.}$$

Определим экстремальное (максимальное) значение скорости и расстояние до точки экстремума при движении на VIII передаче на вертикальной вогнутой кривой радиусом 3000 м с начальным уклоном  $i = -0,040$ .

$$D_{1000} = 0,0000079, \quad D_{3000} = 0,0000237,$$

$$x = 0,0000237 \cdot (-0,972 \cdot 18,54^2 + 2007,8) + 1 = 1,0397,$$

$$S = 102,1 \text{ м}, \quad \rho_{1000} = 99,15, \quad \rho_{3000} = 33,05,$$

$$Bv^2 = 2007,9 - \frac{2007,9 - 18,54^2 \cdot 0,972}{1,0337} - 33,05 = 365,49,$$

$$v = 19,39 \text{ м/с.}$$

Время движения:

$$t = \frac{102,1}{18,54 + 19,39} = 5,38 \text{ с.}$$

Скорость движения на расстоянии 60 м от точки экстремума:

$$Bv^2 = 365,49 - \frac{57,647}{3} = 346,27, \quad v = 18,87 \text{ м/с.}$$

$$t = \frac{80 \cdot 2}{19,39 + 18,87} + \frac{57,9 \cdot 2}{18,87 + 17,8} = 7,33,$$

Скорость автопоезда в конце участка вертикальной вогнутой кривой  $R = -3000 \text{ м}$ .

$$A_s = Bv^2 = 365,49, \quad S = 240 - 102,1 = 137,9 \text{ м},$$

$$\rho_{1000} = 170,23, \quad \rho_{3000} = 56,76,$$

$$Bv^2 = 365,49 - 56,74 = 308,7, \quad v = 17,8 \text{ м/с.}$$

Скорость в конце участка длиной 210 м с начальным уклоном  $i = -0,040$  и радиусом вертикальной кривой 5000 м.

На участке вертикальной кривой с начальным уклоном 0,040 скорость движения определяется последовательно на начальном участке кривой длиной 100 м, затем на оставшейся части длиной 110 м.

$$S = 100 \text{ м}; \quad x = e^{0,0003809 \cdot 100} = 1,0388,$$

$$A = 1047,5 - 48000(0,04 + 0,02) = -1932,5,$$

$$Bv^2 = -1932,5 - \frac{-1832,5 - 0,972 \cdot 17,8^2}{1,0386} + \frac{89,347}{5} = 245,98,$$

$$v = 15,91 \text{ м/с}.$$

Время движения на участке длиной 100 м:  
определяем среднее значение величины  $A'$  на участке:

$$a_1 = 1348, \quad B' = 34,6,$$

$$A'_1 = 1348 - 48000(0,040 + 0,020) = -1532,$$

$$A'_k = 1348 - 48000 \left( 0,040 + 0,020 + \frac{100}{5000} \right) = -572, \quad A_{cp} = -1052,$$

$$t = \frac{1}{0,006747} \ln \frac{-1052 - 34,6 \cdot 17,8}{-1052 - 34,6 \cdot 15,91} = 5,93 \text{ с},$$

$$S = 100 + 110 \text{ м}, \quad x = e^{0,0003809 \cdot 110} = 1,0428,$$

$$A = -1832,5 - 48000 \cdot \frac{100}{5000} = -872,5,$$

$$Bv^2 = -872,5 - \frac{-872,5 - 0,972 \cdot 15,91^2}{1,0428} + \frac{108,578}{5} = 228,64,$$

$$v = 15,33 \text{ м/с}.$$

Время движения на участке длиной 110 м:

$$t = \frac{2 \cdot 110}{15,91 + 15,33} = 7,04 \text{ с}.$$

В начале участка вертикальной кривой радиусом 5000 м.

$$A = -1047,5 - 48000(0,02 - 0,002) = 183,8,$$

$$A - Bv^2 = 183,8 - 0,972 \cdot 15,01^2 = -37,82.$$

Так как сопротивление движению на участке вогнутой кривой при удалении от начальной точки будет увеличиваться, необходимо перейти к движению на низшей передаче (VII).

Изменение скорости при переходе с VIII на VII передачу:

$$a'_n = 80, B'_n = 13, A'_n = 80 - 48000(0,02 - 0,002) = -784,$$

$$B'_n = -784 - \frac{-784 - 13 \cdot 15,33}{1,0393} = 195,4, v = 15,03 \text{ м/с},$$

$$S = \frac{15,33 + 14,79}{2} \cdot 1,5 = 22 \text{ м}.$$

Дальнейший расчет скорости производим начиная с максимально допустимой на VII передаче скорости 14,79 м/с.

Скорость в конце участка вертикальной кривой при движении на VII передаче.

До конца участка  $200 - 22 = 178 \text{ м}$ .

$$A = 1480,7 - 48000 \left( -0,002 + 0,02 - \frac{22}{5000} \right) = 827,9,$$

$$x = e^{0,0005371 \cdot 178} = 1,103, \rho_{1000} = 395,87, \rho_{5000} = 79,17,$$

$$Bv^2 = 827,9 - \frac{827,9 - 1,41 \cdot 14,79^2}{1,1003} - 79,17 = 276,61,$$

$$v = 14,01 \text{ м/с}.$$

Скорость автопоезда при движении на VII передаче на участке с начальным уклоном будет интенсивно снижаться, так как величина  $A - Bv^2 < 0$  как при начальном уклоне  $i = -0,038$  и скорости 14,01 м/с, так и в конце кривой при уклоне  $i = 0,009$ , более того, скорость упадет до величины, недопустимой для VII передачи.

Определим расстояние до точки экстремума скорости и экстремальное значение скорости:

$$A = 1480,7 - 48000(0,038 + 0,02) = -13,04, \quad B = 1,41,$$

$$D_{1000} = 0,000012, \quad D_{8000} = 0,000896,$$

$$x_3 = 0,0000896 \cdot (1,41 \cdot 14,012 + 1304) + 1 = 1,1416,$$

$$S = \frac{1}{0,0005371} \ln 1,1416 = 246,62.$$

Так как в Приложении 2 значения  $\rho$  приведены лишь в диапазоне от 0 до 200 м, последовательно определим скорость на расстоянии 100 м от начала кривой, а затем на расстоянии 146,42 м от данной точки.

$$S = 100 \text{ м}, \quad x = e^{0,0005371 \cdot 100} = 1,05517,$$

$$Bv^2 = -1304 - \frac{-1304 - 14,012 \cdot 1,41}{1,05517} + \frac{126,33}{8} = 209,89,$$

$$v = 12,2 \text{ м/с}.$$

Время движения на участке длиной 100 м

$$a' = 1701, \quad B' = 35,7.$$

Величина  $A'_n$  в начале участка  $1701 - 48000(0,038 + 0,02) = -1083$ .

Величина  $A'_k$  на расстоянии 100 м от начала участка:

$$1701 - 48000 \left( 0,038 + 0,02 - \frac{100}{8000} \right) = -483,$$

$$A' = \frac{A'_1 + A'_k}{2} = -783,$$

$$t = \frac{1}{0,006705} \ln \frac{-783 - 14,01 \cdot 35,7}{-783 - 12,2 \cdot 35,7} = 7,71 \text{ с}.$$



На расстоянии  $100 + 146,62 = 246,62$  м:

$$A = -1304 - 48000 \cdot \left( \frac{-100}{8000} \right) = -704,$$

$$x = e^{0,0005371 \cdot 146,62} = 1,08193, \quad \rho_{1000} = 269,83, \quad \rho_{8000} = 33,72,$$

$$Bv^2 = -704 - \frac{-704 - 12,22 \cdot 1,41}{1,08193} + 33,23 = 174,39,$$

$$v = 11,12 \text{ м/с}.$$

Так как в точке экстремума  $A_s - Bv_s^2 = 0$ , то  $A_s = 174,39$ .

После определения величины  $A_s$  легко рассчитывается скорость в любой точке до точки экстремума и расстояние от точки экстремума до заданной величины скорости.

Определим расстояние от точки, где скорость при движении на VII передаче снизится до 11,4 м/с.

$$\rho = -A_s + Bv_s^2, \quad \rho_{8000} = -174,39 + 1,41 \cdot 11,12^2 = 8,85.$$

Таким образом, снижение скорости до 11,4 м/с произойдет на расстоянии 74,5 м до точки экстремума или на расстоянии 171,5 от начала участка.

Время движения  $t = 5,68$  с.

Определим скорость при переключении с VII на VI передачу:

$$i = 0,038 - \frac{174,5}{8000} = 0,017,$$

$$A = 80 - 48000(0,02 + 0,017) = -1696,$$

$$Bv = -1696 - \frac{-1696 - 13 \cdot 11,40}{1,00394} = 140,92, \quad v = 10,84 \text{ м/с},$$

$$S = \frac{11,4 + 10,84}{2} \cdot 1,5 = 16,66 \text{ м}.$$

Чтобы не превысить допустимые обороты двигателя, движение на VI передаче начинается с максимально допустимой скоростью 10,64 м/с.

Уклон в точке начала движения в режиме РД:

$$i = 0,038 - \frac{174,5 + 16,66}{8000} = 0,0145,$$

$$A = 1988,5 - 48000(0,0145 + 0,02) = 332,5, \quad B = 2,09,$$

$$A - Bv^2 = 332,5 - 2,09 \cdot 10,64^2 = 95,39.$$

Переключение на VII передачу нецелесообразно, так как скорость движения при переключении передач снизится и при движении на VII передаче и будет продолжать снижаться как на оставшейся части вертикальной кривой, так и на прямолинейном в профиле участке с уклоном 0,009. На уклоне 0,009 при движении на VII передаче  $A - Bv^2 = 1480 - 48000 \cdot (0,02 + 0,009) - 10,64^2 \cdot 1,41 = -71,62$ .

Следовательно, до конца вертикальной кривой радиусом 8000 м и на прямолинейном в профиле участке с уклоном 0,009 автопоезд будет двигаться на VI передаче с максимально допустимой скоростью 10,64 м/с во втором режиме движения с неполным использованием мощности двигателя.

Время движения:

на участке вертикальной кривой:

$$t = \frac{46,84}{10,64} = 4,4 \text{ с};$$

прямолинейном в профиле участке с уклоном 0,009:

$$t = \frac{201}{10,64} = 19,3 \text{ с}.$$

Суммарное время движения на участке длиной 1626 м 113,58 с; средняя скорость движения 14,32 м/с (51,53 км/ч).

## **7. ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ НА ПЭВМ**

### **7.1. Назначение и возможности программы**

Приведенные выше зависимости и разработанная методика расчета показателей движения их учитывают особенности движения лесовозных автопоездов, обеспечивают в сравнении с традиционными методами тяговых расчетов повышенную точность и достоверность определения скорости, времени движения и расхода топлива.

Однако расчеты с использованием таблиц и аналитическим методом достаточно трудоемки и могут быть выполнены в ограниченном объеме для определения динамических возможностей автопоездов, расчета скорости движения на отдельных участках дорог, а также студентами с целью освоения и понимания новых методов расчета.

При многовариантных расчетах и автоматизированном проектировании лесовозных дорог, когда оптимальное положение элементов плана и профиля дороги следует определять по минимуму суммарных затрат на строительство дорог и транспортировку леса, возникла необходимость моделирования движения лесовозных автопоездов на ЭВМ. В связи с этим были разработаны программы для расчета скорости и показателей движения лесовозных автопоездов, которые использовались в системах автоматизированного проектирования лесовозных автодорог (САПАД-1, САПАД-2, САПАД-ЕС) [45, 46].

При расчете скоростей и режимов движения лесовозных автопоездов на ЭВМ в условиях лесозаготовительных предприятий имеется возможность с использованием полученных данных с достаточной точностью и достоверностью решать большой круг технико-экономических задач. К этим задачам относятся, в част-

ности, нормирование производительности лесовозных автопоездов, выбор оптимального типа лесовозного автопоезда для конкретных условий эксплуатации, оценка трассы дорог по условиям безопасности движения, оценка эффективности планируемых мероприятий по ремонту и реконструкции дорог, проектирование лесовозных дорог с учетом транспортной составляющей.

С этой целью разработана автономная программа моделирования движения лесовозных автопоездов и расчета показателей движения.

Алгоритмом программы моделируется движение лесовозных автопоездов с учетом ограничений скорости, рассчитывается скорость движения при разгоне и замедлении в тяговом и тормозном режиме (торможение двигателем, моторным тормозом, колесными тормозами), при движении накатом, моделируется переключение передач, снижение скорости к участкам ограничения, движение на участках ограничения в различных режимах, определяется расход топлива

Разработана программа расчета показателей движения лесовозных автопоездов. Исходная информация делится на две группы. Первая вводится при каждом решении задачи и включает, в основном, показатели, характеризующие план и профиль дороги, тип и состояние покрытия, а также наиболее изменяемые параметры автопоезда (нагрузка, масса, коэффициент сцепного веса и т. д.), начальную скорость, номер передачи, с которой начинается движение и др. Ко второй группе данных относятся показатели, характеризующие конкретный автопоезд. Поэтому они находятся в памяти компьютера в качестве нормативной постоянной информации. Это часовой расход топлива на малых оборотах холостого хода, для каждой передачи коэффициенты инерции вращающихся масс, максимальные и минимальные скорости, коэффициенты зависимостей, аппроксимирующих тяговую и тормозную характеристики автопоезда; коэффициенты зависимостей, аппроксимирующих кривую часового расхода топлива и др. В табл. 7.1 и 7.2 приведен пример задания исходной информации, вводимой при каждом решении. В табл. 7.3 приведен пример записи постоянной информации для автопоезда на базе автомобиля Сису СМ-300. При этом следует иметь в виду, что в приводимом примере значения вводимых показателей, характеризующих динамические качества автопоезда, приведены лишь для шести передач КПП (фактически у автомобиля Сису СМ-300 тринадцать передач КПП). Программой предусмотрены ввод информации и возможность расчета показателей движения для автомобилей (автопоездов), имеющих фактически двадцать передач в КПП.

Таблица 7.1

**Исходная информация для расчета автопоезда  
Сису СМ-300 + ЮКИ-4**

Масса автопоезда, кг .....	21 000
Масса груза, кг .....	41 800
Начальная скорость движения, м/с .....	10
Координата начала расчета, м .....	0
Время начала движения, с .....	0
Количество топлива, л .....	0
Длина элементарного участка, м .....	10
Режим движения .....	1
Центростремительное ускорение, м/с <sup>2</sup> .....	0,5
Коэффициент, учитывающий неполноту торможения ....	1,4
Коэффициент сцепления .....	0,2
Коэффициент сопротивления боковому сдвигу .....	0,2
Коэффициент сцепного веса .....	0,176
Коэффициент сопротивления качению .....	0,03
Время реакции водителя .....	1,5
Поперечный уклон виража .....	0,06

Таблица 7.2

**Исходная информация для расчета автопоезда  
Сису СМ-300 + ЮКИ-4**

Номер участка	Длина участка, м	Продольный уклон	Радиус горизонтальной кривой, м	Радиус вертикальной кривой, м	Скорость ограничения, м/с
1	330	0,036	0	5000	25,0
2	520	-0,040	0	0	25,0
3	760	-0,040	0	-3000	25,0
4	970	0,040	0	5000	25,0
5	1170	-0,002	0	-5000	25,0
6	1405	0,038	0	8000	25,0
7	1626	0,009	0	0	25,0

Алгоритмом программы предусмотрен при единовременном задании исходной информации расчет показателей движения в прямом и обратном направлении (в порожнем и грузовом). В процессе расчетов в конце каждого отдельного участка дороги, а также в точках переключения передач, изменения режимов движения выводятся на монитор и печатаются на принтере, скорость

Таблица 7.3

**Постоянная информация для расчета автопоезда  
Сису СМ-300 + ЮКИ-4**

Описание	Значение
Коэффициенты зависимостей: $a_1$	-55,28
Часового расхода топлива: $a_2$	0,113
От числа оборотов двигателя: $a_3$	-2,78Е-05
Часовой расход топлива на малых оборотах	14
Коэффициент сопротивления боковому сдвигу на горизонтальных кривых	0,168
Коэффициент тормозного веса	1
Превышение глаз водителя над дорогой, м	2,2
Коэффициент полезного действия трансмиссии	0,85
Мощность двигателя	320
Расход топлива в режиме принудительного холостого хода	10
Время переключения передачи, с	1,5

Таблица 7.4

**Постоянная информация для расчета автопоезда  
Сису СМ-300 + ЮКИ-4**

Номер передачи	I	II	III	IV	V	VI
Аппроксимация кривой тяговой характеристики: $a$	17110	11298	8392	6164	4590	334
Аппроксимация кривой тяговой характеристики: $b$	1274	370,9	152,2	61,21	25,46	10,3
Аппроксимация кривой тормозной характеристики: $a_1$	-8820	-5824	-4320	-3177	-2366	-172
Аппроксимация кривой тормозной характеристики: $b_1$	1611	467,2	192,9	77,4	32,2	13
Учет инерции вращающихся масс порожнего автопоезда	8,92	4,501	2,95	2,07	1,611	1,34
Учет инерции вращающихся масс с полной нагрузкой	3,933	2,33	1,792	1,498	1,226	1,12
Переход от скорости движения к числу оборотов двигателя	18,01	11,93	8,86	6,51	4,847	3,52
Максимально допустимая скорость движения	1,94	2,93	3,95	5,4	7,72	9,92
Минимально допустимая скорость движения	0	1,96	2,63	3,58	4,81	6,62

и время движения, расход топлива, номер используемых передач, режим движения, скорости ограничения продольный уклон, радиусы горизонтальных и вертикальных кривых.

В табл. 7.4 приведены примеры задания исходной информации для лесовозного автопоезда Сису СН-300 для расчета показателей движения на участке дороги общего пользования.

Постоянная информация подготовлена для всех основных автопоездов на базе отечественных и зарубежных автомобилей, использующихся для вывозки хлыстов и сортиментов (всего для 21 типа автопоездов). В программе предусмотрена возможность расширения объема постоянной информации с целью обеспечения расчета показателей движения новых и перспективных типов лесовозных автопоездов.

В выходных документах Р-режимы движения обозначены: 1 — движение с полным использованием мощности двигателя (работа двигателя на внешней характеристике), 2 — движение с неполным использованием мощности, 3 — движение накатом, 4 и 5 соответственно торможение двигателем и моторным тормозом или колесным тормозом (табл. 7.5).

Таблица 7.5

Результаты расчетов

Но- мер уча- стка	Дли на участ- ка, м	Ско- рость, м/с	Вре- мя, с	Топ- ливо, л	Ре- жим	Про- доль- ный уклон	Радиус горизон- тальной кривой, м	Радиус верти- кальной кривой, м	Ско- рость ограни- чения, м/с
<i>Порожнее направление</i>									
1	10,0	10,35	1,0	0,016	7 1	0,036	0	5000	20,53
1	40,0	11,31	3,8	0,062	7 1	0,030	0	5000	20,53
1	56,0	10,68	5,2	0,067	8 3	0,025	0	5000	20,53
1	136,0	13,27	11,9	0,176	8 1	0,011	0	5000	20,53
1	156,0	12,82	13,4	0,182	9 3	0,005	0	5000	20,53
1	225,0	14,98	18,4	0,265	9 1	-0,007	0	5000	20,53
1	247,0	14,71	19,9	0,270	10 3	-0,013	0	5000	20,53
1	327,0	17,20	24,9	0,352	10 1	-0,027	0	5000	20,53
2	339,0	17,20	25,6	0,355	11 3	-0,040	0	0	25,00
2	352,0	17,22	26,4	0,358	11 3	-0,040	0	0	25,00
2	472,0	20,75	32,7	0,461	11 1	-0,040	0	0	25,00
2	503,0	20,69	34,2	0,467	12 3	-0,040	0	0	25,00
2	520,0	21,08	35,0	0,480	12 1	-0,040	0	0	25,00
3	730,0	22,31	44,4	0,635	12 1	0,027	0	-3000	25,00

Но- мер уча- стка	Длина участ- ка, м	Ско- рость, м/с	Вре- мя, с	Топ- ливо, л	Ре- жим	Про- доль- ный уклон	Радиус горизон- тальной кривой, м	Радиус верти- кальной кривой, м	Ско- рость ограни- чения, м/с
3	760,0	20,79	45,8	0,638	12 4	0,037	0	-3000	25,00
4	770,0	20,67	46,3	0,651	11 2	0,040	0	5000	20,67
4	960,0	20,67	55,6	0,805	11 1	0,002	0	5000	20,67
4	970,0	20,67	56,1	0,810	11 2	0,000	0	5000	20,67
5	1170,0	19,79	65,9	0,925	11 2	0,036	0	-5000	25,00
6	1230,0	19,39	69,0	0,973	11 2	0,032	0	8000	23,47
6	1405,0	19,60	78,0	1,122	11 1	0,010	0	8000	23,47
7	1626,0	20,65	89,0	1,304	11 1	0,009	0	0	25,00
7	1616,0	10,21	1,0	0,016	7 1	-0,009	0	0	25,00
<i>Грузовое направление</i>									
7	1555,0	11,31	6,6	0,108	7 1	-0,009	0	0	25,00
7	1530,0	11,13	8,0	0,114	8 3	-0,009	0	0	25,00
7	1395,0	12,95	19,2	0,297	8 1	-0,009	0	0	25,00
6	1374,0	13,32	21,5	0,334	8 1	-0,011	0	8000	21,44
6	1346,0	13,20	22,9	0,340	9 3	-0,015	0	8000	21,44
6	1235,0	15,22	31,4	0,479	9 1	-0,029	0	8000	21,44
6	1204,0	15,32	32,8	0,485	10 3	-0,033	0	8000	21,44
6	1160,0	16,23	35,6	0,531	10 1	-0,037	0	8000	21,44
5	1119,0	17,11	38,6	0,580	10 1	-0,030	0	-5000	25,00
5	1085,0	17,10	40,1	0,586	11 3	-0,023	0	-5000	25,00
5	960,0	17,57	47,2	0,700	11 1	-0,000	0	-5000	25,00
4	750,0	19,17	58,9	0,888	11 1	-0,038	0	5000	19,27
3	510,0	18,48	71,1	1,091	11 1	0,037	0	-3000	25,00
2	469,0	17,32	73,9	1,136	11 1	0,040	0	0	25,00
2	435,0	16,41	75,4	1,141	10 3	0,040	0	0	25,00
2	404,0	15,45	77,9	1,183	10 1	0,040	0	0	25,00
2	373,0	14,58	79,4	1,188	9 3	0,040	0	0	25,00
2	332,0	13,37	83,0	1,247	9 1	0,040	0	0	25,00
1	320,0	12,85	83,9	1,251	8 3	0,038	0	5000	20,67
1	304,0	12,54	84,4	1,253	8 3	0,037	0	5000	20,67
1	243,0	11,44	90,3	1,349	8 1	0,025	0	5000	20,67
1	218,0	10,89	91,7	1,354	7 3	0,020	0	5000	20,67
1	117,0	11,25	101,8	1,521	7 1	-0,000	0	5000	20,67
1	92,0	11,01	103,3	1,527	8 3	-0,005	0	5000	20,67
1	0,0	12,94	111,9	1,666	8 1	-0,024	0	5000	20,67



Кроме выводов результатов решения в табличном виде предусмотрен вывод в виде графика на монитор и принтер. Для этого разработана специальная подпрограмма. На рис. 7.1 и 7.2 приведены графики расчетных скоростей времени и режимов движения для автопоезда МАЗ-63171 + ТМЗ-8966-015 в грузовом и погрузном направлениях.

Для оценки точности расчета показателей движения, полноты учета факторов, влияющих на режимы и скорость движения лесовозных автопоездов, сходимости графиков, скоростей и режимов лесовозных автопоездов были проведены расчетно-экспериментальные исследования. На участках дороги, для которых имелся исполненный продольный профиль, при движении лесовозных автопоездов фиксировались скорость и время движения, пройденный путь, номера используемых передач КПП, режимы движения: движение при работе двигателя с полным и неполным использованием мощности (внешняя и частичная характеристика), движение накатом, при торможении двигателем, моторным тормозом, колесными тормозами.

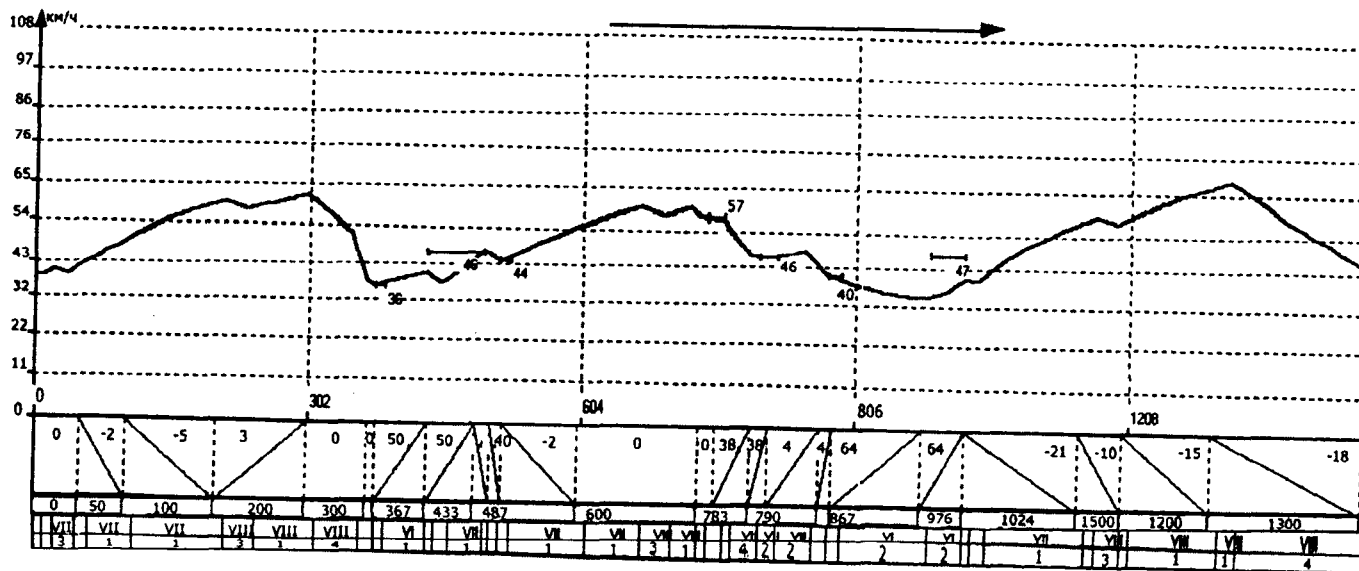
Запись показателей движения проводилась с использованием осциллографа и видеоаппаратуры. Для записи на ленту осциллографа пути, пройденного автопоездом, используемых передач, регистрации включения моторного тормоза и колесных тормозов использовались датчики и специально разработанные устройства. Для фиксации времени движения использовался отметчик времени.

При фиксации показателей движения и обработки полученных материалов с помощью видеоаппаратуры видеокамерой снимались показания спидометра, другие показатели (номер передачи, включение моторного тормоза, торможение двигателем, колесными тормозами, время прохождения контрольных участков пройденного пути) фиксировались из звукового сопровождения. Результаты видеосъемки оцифровывались на компьютере.

С использованием полученных данных строились графики скоростей движения пройденного пути, времени движения, номеров используемых передач КПП, использование моторного тормоза, торможения колесными тормозами.

Кроме того, на графике наносятся уклоны продольного профиля дороги, радиусы вертикальных и горизонтальных кривых, ограничения скорости движения.

Анализ показывает, что максимальные отклонения расчетных скоростей движения от фактических не превышают 6 %, тогда как при расчете по наиболее применяемому на лесотранспорте методу равновесных скоростей доходят до 40 % в целом по дороге, а на отдельных отрезках отличаются вдвое более.



Ошибка!

Рис. 7.1. График скоростей и режимов движения автопоезда МАЗ-63171+ТМЗ-8966-015 (движение в порожнем направлении)

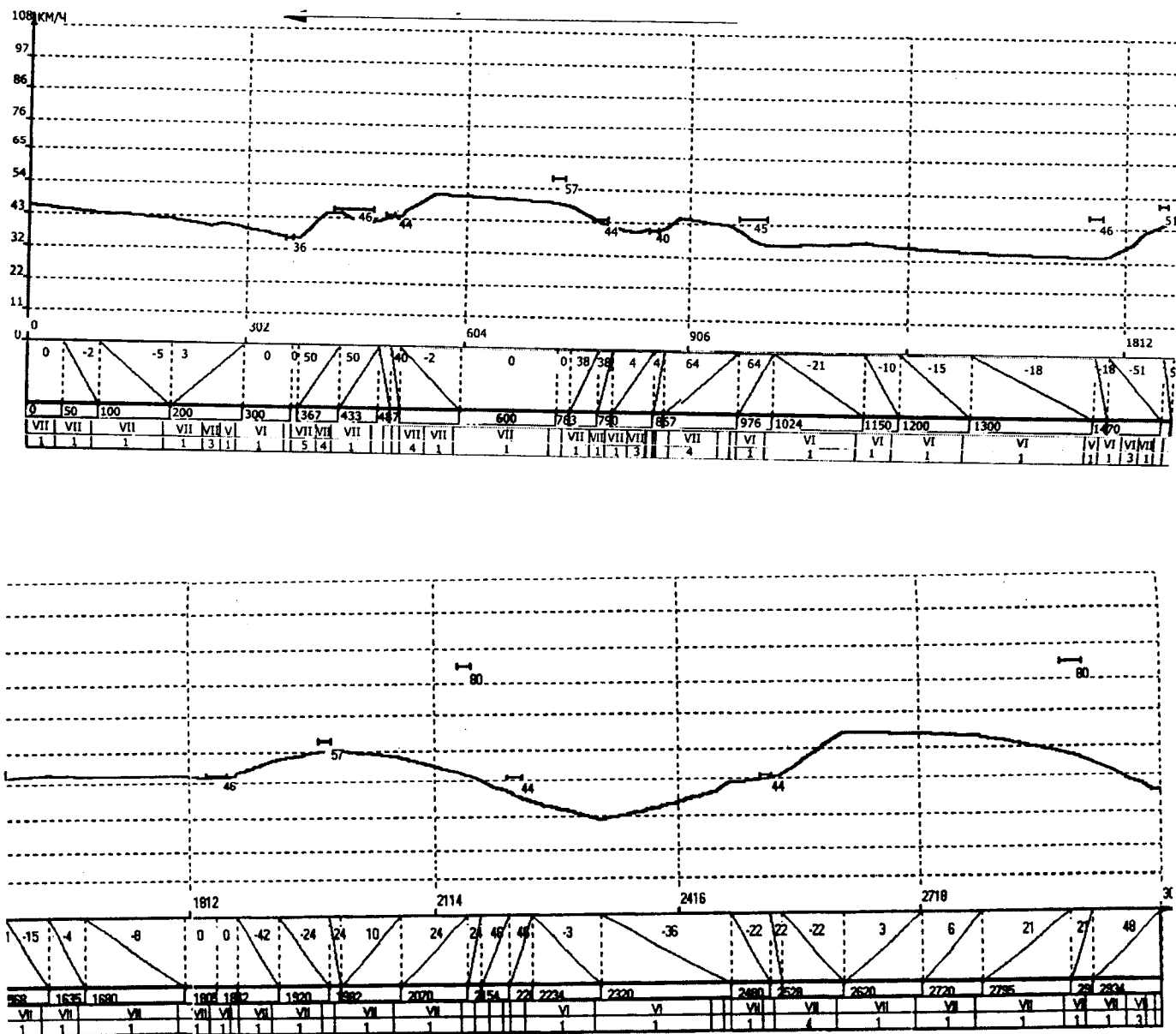


Рис. 7.2. График скоростей и режимов движения автопоезда МАЗ-63171+ТМЗ-8966-015 (движение в грузовом направлении) (продолжение)

Графики расчетных (определенных по программе) и фактических скоростей проверены на адекватность по критерию Фишера. Расчеты доказали, что модель расчета скорости движения, заложенная в алгоритм программы, адекватна

Программа использовалась при решении многих технико-экономических задач, возникающих при эксплуатации лесотранспорта. В частности, при обосновании перехода на заготовку леса в сортиментах определялись производительность и технико-экономические показатели отечественных лесовозных автопоездов (выпускаемых серийно и перспективных), а также нескольких автопоездов на базе зарубежных автомобилей. Проведенные исследования показали, что в условиях предприятия наиболее эффективным является автопоезд ТМ-45-02+ТМЗ-8966-010 на базе шасси автомобиля КамАЗ-53228, конкурентоспособным является автопоезд на базе МАЗ-6303-26. Автопоезда на базе зарубежных лесовозных автомобилей имеют производительность выше на 10—15 %, однако эксплуатационные затраты выше в 2,4 раза, а приведенные — более чем в 3 раза.

Программа также апробирована при производстве тяговых расчетов, оценке эксплуатационных показателей дорог по коэффициентам безопасности, при разработке мероприятий по реконструкции и ремонту дорог, выборе оптимального состава автопоезда и загрузки и т. д., применялась при технико-экономическом обосновании решений при дипломном проектировании.

Проведенные исследования показали, что разработанная программа может использоваться:

- для оценки и выбора трассы и профиля проектируемых дорог с целью выбора варианта, обеспечивающего минимум строительных и транспортных затрат;
- для выбора оптимального типа лесовозных автопоездов и оценки эффективности применения перспективных автопоездов для конкретных условий эксплуатации;
- для нормирования производительности автопоездов с учетом особенностей плана и профиля автодорог;
- для планирования технико-экономических показателей работы лесовозных автопоездов.

Более подробно описание программы и ее версий приведено в работе [67].

## 8. НОРМЫ ВЫРАБОТКИ НА ВЫВОЗКЕ ЛЕСА АВТОПОЕЗДАМИ

В настоящее время действуют Межотраслевые нормы выработки и нормы времени на лесозаготовительные работы, утвержденные Министерством труда РФ 19 декабря 1994 г. [32]. В этом документе приводятся нормативы времени на различные операции при вывозке леса автомобилями (автопоездами) и расчетные зависимости для определения норм выработки (табл. 8.1 и 8.2).

Таблица 8.1

**Нормативы среднерасчетной скорости и времени пробега 1 км  
в обоих направлениях**

Вид лесовозной дороги	Среднерасчетная скорость, км/ч	Время пробега 1 км в обоих направлениях, мин
<i>Магистраль и ветки лесовозных дорог</i>		
Снежная	26,1	4,6
Улучшенная снежная	30,0	4,0
Грунтовая естественная	14,5	8,3
Улучшенная грунтовая и лежневая	25,0	4,8
Колейная железобетонная	31,6	3,8
Гравийная, с укрепленным покрытием	28,6	4,2
Асфальтобетонная и ледяная	33,3	3,6
<i>Лесовозные усы, примыкающие к колейным, железобетонным, гравийным с укрепленным покрытием, асфальтобетонным магистральям и веткам</i>		
Грунтовые, естественные, расположенные на сухих грунтах	12,0	10,0
Снежные	17,2	7,0
С лежневым, щитовым и железобетонным покрытием	17,2	7,0
Нулевой пробег	30,0	4,0

Таблица 8.2

Нормативы нагрузки на рейс (объем воза), м<sup>3</sup>

Вид лесовозных дорог	Вид груза	Автомобили с прицепами-ропусками, грузоподъемностью						
		15 т и более				8 т и более		
		Камазу-Ниссан	КрАЗ-255Л	МАЗ-509А	МАЗ-509, Урал-375, 377, КамаАЗ-5320	Маз-500	Зил-157, 131	Зил-130
Лежневая, снежная, улучшенная снежная, грунтовые	Хлысты	28	26	20	18	16	13	12
	Сортименты	19	18	16	16	14	11	10
Грунтовая естественная	Хлысты	22	20	15	14	13	12	10
	Сортименты	19	18	13	13	12	10	8,5
Колейная, железобетонная, гравийная с укрепленным покрытием, асфальтобетонная и ледяная	Хлысты	30	28	19	19	16	15	12
	Сортименты	19	18	16	16	14	11	10

Содержание работы: установка автопоезда под погрузку и выгрузку, открытие и закрытие стоек, ожидание погрузки и выгрузки, контроль за погрузкой и выгрузкой, увязка и развязка воза, движение автопоезда с грузом и порожняком, пробег от гаража до лесовозной дороги и от нижнего склада до гаража (нулевой пробег), ежесменное техническое обслуживание машин, получение и сдача путевого листа и товаротранспортных документов, прохождение предрейсового медицинского осмотра.

Исполнитель: водитель автомобиля.

Нормативы времени на подготовительно-заключительные работы — 36 мин, на личные потребности — 10 мин, прохождение предрейсового медицинского осмотра — 4 мин в течение смены.

Нормативы времени пребывания автопоезда под погрузкой и выгрузкой:

- Установка под погрузку и выгрузку — 3 мин на рейс;
- Самопогрузка деревьев (хлыстов) автомобилями — 1,7 мин на 1 м<sup>3</sup>;
- Погрузка деревьев (хлыстов) кранами и лебедками — 2,0 мин на м<sup>3</sup>;
- Погрузка сортиментов кранами и лебедками — 2,4 мин на м<sup>3</sup>;
- Погрузка сортиментов на нижнем складе — 1,6 мин на м<sup>3</sup>;
- Погрузка деревьев, хлыстов, сортиментов тракторами, бревнотасками, лебедками, кранами — 5,0 мин на рейс.

При вывозке леса автопоездами по лесовозным дорогам с однополосным движением норматив времени на ожидание встречного автопоезда равен 0,1 мин на каждый километр пробега по магистрали, ветке и усу в порожнем направлении.

**Примечание:**

1. При вывозке деревьев нормативы нагрузки на рейс снижаются до 15%.

2. При работе со сменными прицепами нормативы времени пребывания автопоезда под погрузкой и выгрузкой устанавливаются на месте.

3. Нормативы времени пробега 1 км в обоих направлениях, при вывозке в осенне-весенний периоды распутицы устанавливаются на месте.

4. При вывозке леса по различным видам дорог за один рейс нагрузка принимается по преобладающей группе дорог. Норма выработки рассчитывается по средневзвешенной норме пробега в зависимости от вида дорог.

5. При вывозке леса по городским дорогам или через населенные пункты норматив времени пробега 1 км в обоих направлениях принимается 5 мин независимо от типа дорожного покрытия. К городским дорогам относятся дороги в установленных границах города (населенного пункта).

Дороги и с искусственно улучшенной проезжей частью (с добавкой песка, гравия, щебня до получения оптимальной смеси) считаются улучшенными грунтовыми. Дороги с уплотненным накатанным снежным полотном считаются улучшенными снежными.

6. Нормы выработки на вывозке леса определяются по формулам:

по ледяным, лежневым, снежным и грунтовым лесовозным дорогам:

$$H_{\text{выр}} = \frac{T_{\text{см}} - (T_{\text{пз}} + T_{\text{л}} + t_{\text{о}} l_{\text{о}})}{KT_1 l + T_2} \cdot Q, \quad (8.1)$$

по колейным железобетонным, гравийным и асфальтированным дорогам:

$$H_{\text{выр}} = \frac{T_{\text{см}} - (T_{\text{пз}} + T_{\text{л}} + t_{\text{о}} l_{\text{о}})}{KT_{\text{м}} l_{\text{м}} + T_{\text{ус}} l_{\text{ус}} + T_{\text{в}} l_{\text{в}} + T_2} \cdot Q, \quad (8.2)$$

где  $H_{\text{выр}}$  — норма выработки на машино-смену,  $\text{м}^3$ ;  $T_{\text{см}}$  — продолжительность рабочей смены, мин;  $T_{\text{пз}}$  — время на подготовительно-заключительные работы и обслуживание рабочего места на смену, мин;  $T_{\text{л}}$  — время на личные потребности и медицинский осмотр в течение смены, мин;  $t_{\text{о}}$  — время нулевого пробега 1 км в обоих направлениях, мин;  $L_{\text{о}}$  — расстояние нулевого пробега, км;  $T_1$  — время пробега в обоих направлениях, мин;  $t_{\text{м}}$  — то же по магистрали, мин;  $t_{\text{ус}}$  — то же по усу, мин;  $l$  — расстояние вывозки, км;  $l_{\text{м}}$  — же по магистрали, км;  $l_{\text{ус}}$  — то же по усу, км;  $t_{\text{в}}$  — время на ожидание встречного автопоезда на 1 км пробега в порожнем направлении, мин;  $T_2$  — время пребывания автопоезда под погрузкой и выгрузкой (установка под погрузку и выгрузку, погрузка, выгрузка, увязка и развязка воза) на рейс, мин;  $Q$  — нагрузка

на рейс (объем воза),  $\text{м}^3$ ;  $K$  — коэффициент, учитывающий влияние расстояния вывозки на время пробега.

При расстоянии вывозки ( $l$ )  
до 40 км:

$$K = (1,7 : l) + 0,96,$$

свыше 40 км:

$$K = (7,37 : l) + 0,81.$$

Как следует из приведенных выше данных, нормативы нагрузки на рейс, средневзвешенные скорости движения по лесовозным дорогам с различным покрытием, время пробега 1 км в обоих направлениях приведены лишь для автопоездов на базе автомобилей МАЗ-509, КрАЗ-255Л, Зил-130 (131).

Однако за прошедший период обновился парк лесовозных автопоездов, повысилась мощность двигателей базовых автомобилей, удельная мощность автопоездов, максимальные конструктивные скорости движения и др. параметры лесовозных автопоездов.

В связи с резким увеличением объемов заготовки и вывозки леса в сортиментах непосредственно потребителям, широкое применение нашли лесовозные автопоезда-сортиментовозы отечественного и зарубежного производства, разработаны и находятся в эксплуатации и новые типы лесовозных автопоездов для вывозки леса в хлыстах. Для нормирования производительности этих автопоездов лесозаготовительные предприятия разработали собственные нормы выработки, которые существенно отличаются от приводимых в Межотраслевых нормах. В табл. 8.3 приведены нормативы времени на различные операции при вывозке леса, разработанные на одном из лесозаготовительных предприятий Республики Карелия (ОАО «Кондопожское лесопромышленное общество»).

Нормы времени на подготовительно-заключительные работы — 36 мин, на медосмотр — 4 мин в течение смены, на отдых и личные потребности — 10 мин.

Нормативы времени пребывания автопоезда под погрузкой и выгрузкой: самопогрузка сортиментов — 2,2 мин на  $1 \text{ м}^3$ ; саморазгрузка сортиментов — 1,6 мин на  $1 \text{ м}^3$ ; с подбором сортиментов — 2,8 мин на  $1 \text{ м}^3$ .

Формула для расчета нормы выработки приведена в ЕНВ.

Таким образом, нормативы времени пробега 1 км по магистралям и веткам лесовозных дорог автопоездов на базе автомобилей МАЗ-6303-26 и Сису в 1,35—1,64 раза выше, чем в Межотраслевых нормах.



Таблица 8.3

**Нормативы времени пробега 1 км в обоих направлениях  
автомобиля МАЗ-6303**

Вид лесовозной дороги	С прицепом, мин	Без прицепа, мин
<i>Магистраль и ветки лесовозных дорог</i>		
Снежная	3,3	2,6
Улучшенная снежная	2,9	2,0
Грунтовая естественная	8,3	6,2
Улучшенная грунтовая	3,5	2,6
Гравийная, с укрепленным покрытием	3,1	2,6
Асфальтобетонная и ледяная	2,2	1,7
По населенным пунктам	5,0	3,0
<i>Лесовозные усы</i>		
Грунтовые, естественные	10	7,0
Снежные	7,0	5,0
Нулевой пробег	4,0	3,0

Таблица 8.4

**Нормативы нагрузки на рейс автомобиля МАЗ-6303, м<sup>3</sup>**

Вид лесовозной дороги:	С прицепом, мин	Без прицепа, мин
<i>Магистраль и ветки лесовозных дорог</i>		
Березовые сортименты длиной 4—6 м	24,8	11,9
Сортименты остальных пород длиной 4—6 м	27,4	13,1

Таблица 8.5

**Нормативы времени пробега 1 км в обоих направлениях  
автомобиля Сису**

Вид лесовозной дороги	С прицепом, мин	Без прицепа, мин
<i>Магистраль и ветки лесовозных дорог</i>		
Снежная	2,8	2,6
Улучшенная снежная	2,4	2,0
Грунтовая естественная	7,5	7,0
Улучшенная грунтовая, гравийная	2,9	2,6
Асфальтобетонная и ледяная	2,0	1,7
По населенным пунктам	4,0	3,0
<i>Лесовозные усы</i>		
Грунтовые, естественные	8,5	7,0
Снежные	6,0	5,0
Нулевой пробег	4,0	3,0

Нормативы нагрузки на рейс автомобиля Сису, м<sup>3</sup>

Вид лесовозной дороги	С прицепом, мин	Без прицепа, мин
<i>Магистрали и ветки лесовозных дорог</i>		
Березовые сортименты длиной 4—6 м	35	15
Сортименты остальных пород длиной 4—6 м	41	17

В эксплуатационных условиях фактические скорости движения на дорогах одной категории с одинаковым типом покрытия могут отличаться практически вдвое. Это различие обусловлено особенностями плана и профиля конкретных автодорог (наличием вертикальных и горизонтальных кривых малого радиуса), ограничивающих скорость движения по условиям видимости и устойчивости движения на горизонтальных кривых малого радиуса, а также чередованием крутых подъемов и спусков.

Существующие нормы выработки разработаны для усредненных условий эксплуатации, поэтому на отдельных дорогах лесозаготовительных предприятий (проходящих в равнинных условиях и характеризующихся плавным продольным профилем, отсутствием крутых подъемов и спусков) нормы выработки легко выполнимы, на дорогах, проходящих в стесненных условиях пересеченной местности, выполняются нормы в основном лишь на переработку и время смены.

Для разработки норм выработки и планирования производительности лесовозных автопоездов с учетом конкретных природно-производственных условий время движения по магистралям, веткам и усам следует определять с использованием данных хронометражных наблюдений или по результатам моделирования движения с использованием приведенных выше зависимостей и программ «Расчет показателей движения лесовозных автопоездов на ПЭВМ» [67].

С использованием разработанной программы определены расчетные скорости движения лесовозных автопоездов для конкретных условий эксплуатации в ОАО «Шуялес».

После определения скорости и времени движения лесовозных автопоездов определяется их производительность в конкретных условиях эксплуатации.

## 9. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ

### 9.1. Технологические процессы вывозки леса автопоездами

При заготовке леса в сортиментах вывозка леса осуществляется как на нижний склад к месту складирования или погрузки в железнодорожный подвижной состав (*первый вариант технологического процесса*), так и непосредственно потребителям (*второй вариант технологического процесса*).

В первом варианте автопоезда эксплуатируют в основном на магистралях и ветках лесовозных дорог с заездом на лесосеку по усам. Во втором варианте лесовозные автопоезда используются как на дорогах общего пользования, так и на дорогах лесозаготовительных предприятий.

При этом вывозка в зависимости от дорожных и природно-производственных условий, типа и состояния покрытия, рельефа местности, несущей способности грунтов, расстояния транспортировки, технического состояния автопоезда (грузоподъемности, показателя проходимости — коэффициента сцепной массы, колесной формулы) может быть *одноступенчатой* или *двухступенчатой*.

Коэффициент сцепной массы для обеспечения достаточной устойчивости движения на усах в плохом состоянии должен быть не менее 0,6, на усах в удовлетворительном состоянии — 0,5.

При меньших значениях этого показателя автопоезда в зависимости от природно-производственных условий либо вообще не могут работать на усах, либо эксплуатируются ограниченный период времени. В первую очередь к таким автопоездам относятся зарубежные автопоезда фирм Сису, Вольво, Скания и др., имеющие колесную формулу 6×2 и 8×2 и коэффициент сцепной массы до 0,2.

Поэтому автопоезда на базе зарубежных автомобилей, а также отечественные автопоезда на базе неполноприводных автомобилей могут работать по следующей схеме. В месте примыкания ветки или уса к магистрали прицеп автопоезда отцепляется и по усу на лесосеку автомобиль движется без прицепа, затем автомобиль с использованием манипулятора загружается, доставляет сортименты к месту стоянки прицепа, перегружает их на прицеп, после этого возвращается на лесосеку, загружается и снова возвращается к месту стоянки прицепа, присоединяет его и транспортирует лес к нижнему складу, местам погрузки у железной дороги или непосредственно потребителям.

Рассмотренный выше вариант двухступенчатой вывозки эффективен и наиболее применим при транспортировке леса потребителям автопоездами лесозаготовительного предприятия.

При вывозке леса автопоездами крупных лесоперерабатывающих предприятий (целлюлозно-бумажных, лесопильных комбинатов) такая схема, как правило, неприменима, так как потребители, являющиеся собственниками транспортных средств, хотя и бывают уверены, что при любых погодных и других природно-производственных условиях их автопоезда будут эффективно использоваться.

В этом случае эффективен другой способ двухступенчатой вывозки. С лесосеки на промежуточные склады у магистральных лесовозных дорог круглогодичного действия сортименты перевозятся автопоездами среднего класса высокой проходимости с колесной формулой 6х6, например, Урал-4320-1912 + ТМЗ-8966-010, на расстояние в среднем 20—50 км. С промежуточного склада транспортировка осуществляется автопоездами на базе МАЗ-6303, МАЗ-630308, Сису-СМ-300, Сису СН-312 и другими высокоскоростными автопоездами, на базе автомобилей 6х2, 6х4, большой грузоподъемности, обладающими высокими скоростными и динамическими качествами.

Производительность лесовозных автопоездов зависит от скорости движения с грузом и без груза, времени на погрузку и разгрузку и внутрисменных простоев. При самопогрузке лесовозных автопоездов манипуляторами, установленными на автопоезде, в сравнении с погрузкой челюстными погрузчиками внутрисменные простои снижаются, так как исключаются простои в ожидании челюстного погрузчика. Поэтому при расстоянии транспортировки до 60 км при самопогрузке коэффициент использования рабочего времени принимается равным 0,95, при погрузке челюстными погрузчиками — 0,9. При больших расстояниях вывозки коэффициент использования рабочего времени увеличивается.

Производительность автопоездов определяется для двух вариантов технологического процесса.

В первом случае автопоезда работают, в основном, на магистралях и ветках лесовозных дорог с заездом на лесосеки по усам на расстоянии в среднем 2 км.

Во втором (при вывозке леса потребителям) лесовозные автопоезда могут транспортировать лес как непосредственно с лесосек по дорогам лесозаготовительных предприятий, так и по дорогам общего пользования.

Сменная производительность автопоездов при эксплуатации их на дорогах лесозаготовительных предприятий определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{[(T_{\text{см}} - (T_{\text{пз}} + t_0 L_0)) \cdot Q]}{L_{\text{м}} t_{\text{м}} + L_{\text{в}} t_{\text{в}} + L_{\text{ус}} t_{\text{ус}} + t_{\text{уд}} Q}, \quad (9.1)$$

где  $T_{\text{см}}$  — продолжительность смены, мин;  $T_{\text{пз}}$  — время на подготовительно-заключительные работы в смену, мин;  $L_{\text{м}}$ ,  $L_{\text{в}}$ ,  $L_{\text{ус}}$ ,  $L_0$  — расстояние вывозки по магистрали, ветке, усу и нулевой пробег соответственно, км;  $t_{\text{м}}$ ,  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{ус}}$ ,  $t_0$  — время пробега 1 км в обоих направлениях по магистрали, ветке, усу и нулевой пробег соответственно, мин;  $t_{\text{уд}}$  — удельное время погрузки и разгрузки, мин/м<sup>3</sup>;  $Q$  — нагрузка на рейс, м<sup>3</sup>.

В соответствии с нормативами [31, 32] принимается  $L_0 = 2$  км,  $t_0 = 3$  мин,  $L_{\text{ус}} = 2$  км,  $t_{\text{ус}} = 10$  мин,  $t_{\text{уд}} = 1,53$  мин/м<sup>3</sup>.

В первом варианте двухступенчатой вывозки, когда производится отцепка прицепа, возникают затраты времени на перегрузку сортиментов с платформы автомобиля на прицеп и два дополнительных рейса автомобиля по усу, так как на прицепе транспортируется вдвое больше леса, чем на автомобиле. Учитывается также, что автомобиль без прицепа будет двигаться по усу быстрее, чем автопоезд. Время пробега по усу 1 км ( $t_{\text{ус}}$ ) в обоих направлениях 7 мин.

Производительность в этом случае определим по формуле:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{[(T_{\text{см}} - (T_{\text{пз}} - t L_0)) \cdot Q]}{L_{\text{м}} t_{\text{м}} + 3,0 L_{\text{ус}} t_{\text{ус}} + t_{\text{уд}} Q + \frac{2}{3} t_{\text{п}} Q_{\text{п}} + t_{\text{пр}}}, \quad (9.2)$$

где  $t_{\text{п}}$  — удельное время перегрузки сортиментов с автомобиля на прицеп, мин/м<sup>3</sup>,  $t_{\text{пр}}$  — время на отсоединение и присоединение прицепа, мин;  $t_{\text{пр}} = 2,5$  мин.

В табл. 9.1 приведены данные по производительности лесовозных автопоездов при различных расстояниях вывозки леса.

При этом производительность автопоездов на базе полноприводных автомобилей рассчитана по формуле (9.1) (автопоезд в полном составе заезжает на лесосеку, в том числе и по усам), а автопоездов на базе полноприводных автомобилей по формуле (9.2) для варианта вывозки, когда непосредственно на лесосеку заезжает лишь автомобиль.

Транспортировка сортиментов непосредственно потребителям (второй вариант технологического процесса) может осуществляться большегрузными автопоездами на базе автомобилей повышенной проходимости с колесной формулой 6×6 (например, на базе КамАЗ-5328, Урал-Ивеко и др.), сменная производительность в этом случае определяется по формуле:

$$P_{\text{см}} = \frac{[(T_{\text{см}} - (T_{\text{пз}} - t_0 L_0)) \cdot Q}{L_{\text{м}} t_{\text{м}} + L_{\text{н}} t_{\text{н}} + L_{\text{ус}} t_{\text{ус}} + t_{\text{уд}} Q + L_{\text{оп}} t_{\text{оп}}}, \quad (9.3)$$

где  $L_{\text{оп}}$  — расстояние движения по дорогам общего пользования, км;  $t_{\text{оп}}$  — время пробега 1 км в обоих направлениях по дорогам общего пользования, мин.

Таблица 9.1

**Производительность автопоездов при работе на дорогах  
лесозаготовительных предприятий (первый вариант вывозки)**

Расстояние транспортировки, км	Производительность автопоездов, м <sup>3</sup> /смену						
	МАЗ-63171+ТМЗ-8966-015	МАЗ-6303+ТМЗ-8966-015	МАЗ-6303-26+ТМЗ-83178-20	Урал-4320-1912+ТМЗ-8966-010	Сису-СМ-300-СКН 6×2+Юки-4	ТМ-45 КамАЗ 53228+ТМЗ-8966-013	Урал-Ивеко+ТМЗ-89661Т-010
20	146,67	106,47	142,7	115,4	115,29	126,8	151,17
40	12,11	96,64	102,2	78,28	93,2	81,1	122,46
60	87,92	70,14	79,62	59,23	78,27	61,3	87,5
80	72,5	59,92	65,21	47,63	67,8	49,2	72,31
100	61,67	52,3	55,22	39,84	59,26	41,11	62,0
150	44,8	39,68	39,92	28,27	45,45	29,13	45,0

Погрузка леса в автопоезда на промежуточном складе целесообразна при транспортировке леса в сортиментах на значительное расстояние большегрузными автопоездами, проходимость которых на усах затруднена. В этом случае с лесосеки на промежу-

точные склады у магистральных лесовозных дорог круглогодичного действия сортименты перевозятся автопоездами среднего класса высокой проходимости (например Урал-4320-1912 + ТМЗ-8966-010) на расстояние до 20 км. С промежуточного склада транспортировка осуществляется автопоездами на базе МАЗ-6303 или Сису-СМ-300 и др.

При небольшом расстоянии до магистральных лесовозных дорог или до веток, состояние которых позволяет обеспечивать эксплуатацию большегрузных автопоездов на базе неполноприводных автомобилей, возможна подвозка сортиментов до промежуточных складов тракторами-сортиментовозами (форвардерами). При расстоянии транспортировки 3 км производительность форвардера снижается в 1,4—1,5 раза, при транспортировке 5 км в 1,6—1,8 раза. Выбор вариантов транспортировки сортиментов с погрузочной до промежуточной площадки автопоездом на базе автомобиля повышенной проходимости или непосредственно с лесосеки тракторами-сортиментовозами (форвардерами) должен обосновываться технико-экономическими расчетами. При этом следует иметь в виду, что форвардеры производства большинства зарубежных фирм, имеющие гидростатическую трансмиссию, на этой операции использовать нельзя. Фирмы-производители этих машин запрещают использовать форвардеры на такой операции во избежание перегрева и выхода из строя гидростатической трансмиссии.

Поэтому можно рекомендовать использование в этом случае на транспортировке трактора-сортиментовозы (форвардеры) МЛ-131, МЛ-124, имеющие механическую трансмиссию, МЛПТ-364, ШЛК6-04, ТЛК6-04, МЛ-104 с гидромеханической трансмиссией (все эти машины российского и белорусского производства).

Производительность автопоездов при транспортировке потребителям с промежуточных складов определяется по формуле:

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{[(T_{\text{см}} - (T_{\text{пз}} - t_0 L_0))] \cdot Q}{L_{\text{м}} t_{\text{м}} + L_{\text{оп}} t_{\text{оп}} + t_{\text{уд}} Q}. \quad (9.4)$$

При транспортировке сортиментов по усам и веткам лесовозных дорог автопоездами на базе автомобилей Урал 4320-1912 в среднем на расстояние 20 км их производительность составит 115 м<sup>3</sup> в смену. Соответственно расстояние транспортировки от промежуточных площадок до складов потребителей будет на 20 км меньше, чем с лесосеки. Это следует учитывать при определении технико-экономических показателей работы автопоездов.

Ниже приведены показатели по производительности при вывозке леса потребителям в зависимости от расстояния транспортировки (табл. 9.2).

Годовая производительность определяется по формуле:

$$P_r = P_{cm} CM, \quad (9.5)$$

где  $CM$  — количество смен работы автопоездов в году.

$$CM = 365 \cdot K_p \cdot K_{тн} \cdot K_m \cdot K_o \cdot K_{cm}, \quad (9.6)$$

где  $K_p$  — коэффициент режима работы, учитывающий выходные и праздничные дни; при пятидневной рабочей неделе  $K_p = 0,693$ ;  $K_m$  — коэффициент учета простоя по метеорологическим условиям,  $K_m = 0,95$ ;  $K_o$  — коэффициент, учитывающий простои по организационным причинам,  $K_o = 0,06$ ;  $K_{cm}$  — коэффициент сменности;  $K_{тн}$  — коэффициент технического использования.

Таблица 9.2

Производительность автопоездов при вывозке леса потребителям  
(второй проектный вариант)

Расстояние транспортировки, км	МАЗ-63171+ТМЗ-8966-015	ТМ-45 КамАЗ 53228+ТМЗ-8-966-013	Урал-Ивеко + ТМЗ-89661Т-010	Расстояние транспортировки, км	МАЗ-6303+ТМЗ-8966-015	Сису-СМ-300-СКН-6х2+Юки-4
100	72,78	49,03	73,7	80	90,79	103,243
150	54,82	37,1	57,3	130	63,5	73,6
200	43,97	30,3	46,2	180	48,84	57,18
250	36,71	25,6	38,8	230	39,67	46,75
300	32,42	22,3	32,8	280	33,4	39,54
350	27,59	18,7	29,1	330	28,85	34,24
400	24,55	17,8	27,02	380	25,38	30,22

$$K_{тн} = \frac{1000K}{1000K + T_{op}}, \quad (9.7)$$

где  $T_{op}$  — время технического обслуживания и ремонта на 1000 км пробега, мин;  $K$  — коэффициент перехода от пробега к наработке, моточасы.



$$K = \frac{T_{\text{см}}}{L_{\text{см}}}, \quad (9.8)$$

где  $L_{\text{см}}$  — пробег автопоезда в смену, км.

$$L_{\text{см}} = \frac{2L\Pi_{\text{см}}}{Q}. \quad (9.9)$$

Для лесовозного автопоезда на базе автомобиля повышенной проходимости производительность определена в диапазоне расстояний вывозки от 100 до 400 км, для автопоездов на базе полноприводных автомобилей — для диапазона 80—380 км, на расстояние 20 км подвозка производится автопоездами легкого или среднего класса повышенной проходимости.

## 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ ПРИ ВЫВОЗКЕ ЛЕСА НА НИЖНИЙ СКЛАД И НЕПОСРЕДСТВЕННО ПОТРЕБИТЕЛЮ

### 10.1. Расчет технико-экономических показателей для обоих вариантов вывозки

Балансовая стоимость лесовозных автопоездов для транспортировки сортиментов складывается из стоимости базового автомобиля, манипулятора и прицепа, а также затрат на установку технологического оборудования и затрат на доставку техники.

Балансовая стоимость автопоездов зарубежного производства дополнительно включает таможенные сборы, затраты на растаможивание, налог на добавленную стоимость.

Удельные капитальные вложения определяются по формуле:

$$K_{уд} = \frac{BC}{P_r}, \quad (10.1)$$

где  $BC$  — балансовая стоимость автопоезда, руб.;  $P_r$  — годовая производительность автопоезда,  $m^3$ .

Заработная плата основных рабочих в смену определяется по формуле:

$$ЗП = T_{тс} T_{см} K_{доп}, \quad (10.2)$$

где  $T_{тс}$  — часовая тарифная ставка, руб.;  $T_{см}$  — продолжительность смены, ч.,  $T_{см} = 7$  ч.;  $K_{доп}$  — коэффициент доплат, для Карелии,  $K_{доп} = 2,4$ .

Зарплата вспомогательных рабочих и обслуживающего персонала:

$$ЗП = T_{\text{тс}} H_{\text{т}} T_{\text{см}} K_{\text{доп}}, \quad (10.3)$$

где  $T_{\text{тс}}$  — часовая тарифная ставка вспомогательных рабочих и обслуживающего персонала, руб.;  $H_{\text{т}}$  — норматив трудозатрат на обслуживание и содержание техники,  $H_{\text{т}} = 0,4$ ;  $K_{\text{доп}}$  — коэффициент доплат для вспомогательных рабочих, для Карелии  $K_{\text{доп}} = 2,2$ .

Единый социальный налог  $C_c$  составляет 29 % от суммы заработной платы основных и вспомогательных рабочих.

Расход топлива при движении автопоездов на дорогах лесозаготовительных предприятий и на дорогах общего пользования определен при моделировании движения с использованием программы «Расчет скорости и режимов движения лесовозных автопоездов».

Дополнительно в соответствии с рекомендациями, приведенными в работе, учтено увеличение расхода топлива при погрузке/разгрузке манипуляторами, установленными на автопоездах (1 час простоя при погрузке и разгрузке эквивалентен увеличению расстояния транспортировки на 5 км).

Затраты на топливо-смазочные материалы:

$$C_{\text{тс}} = C_{\text{т}} Q_{\text{тсм}} + 0,25 C_{\text{т}} Q_{\text{тсм}}, \quad (10.4)$$

где  $C_{\text{тс}}$  — стоимость 1 л топлива, руб.;  $Q_{\text{тсм}}$  — расход топлива в смену, л.

Затраты на смазочные материалы приняты в размере 25 % от стоимости топлива.

Затраты на топливо и смазочные материалы определяют на основе действующих в стране норм расхода топлива. При определенных условиях предусматривается повышение или снижение установленных норм. Для лесовозных автопоездов, выполняющих работу, учитываемую в тонно-километрах, норма расхода топлива  $H_{\text{ап}}$  складывается из расходов на выполнение транспортной работы и на 100 км пробега порожнего автопоезда:

$$H_{\text{ап}} = H_{\text{раб}} + H_{\text{пр}}, \quad (10.5)$$

где  $H_{\text{раб}}$  — норма расхода топлива на выполнение транспортной работы, л;  $H_{\text{пр}}$  — норма расхода топлива на 100 км пробега порожнего автопоезда, л.

Норма расхода топлива на 100 ткм транспортной работы для карбюраторных автомобилей составляет 2 л, для дизельных — 1,3 л. Норма расхода на 100 км комплектного лесовозного автопоезда, состоящего из автомобиля с технологическим оборудованием и роспуска с дышлом, увеличивается по сравнению с нормой для одиночного автомобиля (карбюраторного) на 2 л, для дизельного автомобиля — на 1,3 л на каждую тонну технологического оборудования и роспуска с дышлом.

Линейные нормы расхода топлива, приводятся в справочных материалах, разработанных применительно к работе автомобилей (автопоездов) на дорогах с асфальтобетонным покрытием. При работе на лесовозных постоянно и временно действующих дорогах с различным типом покрытия линейная норма расхода топлива изменяется.

Маршрутная норма в литрах на 100 км без надбавок определяется по формуле:

$$H = \frac{A}{L}(l_m \alpha_m + l_v \alpha_v + l_{yc} \alpha_{yc}) + \frac{aG}{2L}(l_m \beta_m + l_v \beta_v + l_{yc} \beta_{yc}), \quad (10.6)$$

где  $A$  — линейная норма расхода топлива, л/100 км;  $L = l_m + l_v + l_{yc}$  — расстояние вывозки, км;  $l_m$ ,  $l_v$ ,  $l_{yc}$  — расстояния вывозки по магистрали, ветке и усу соответственно, км;  $\alpha_m$ ,  $\alpha_v$ ,  $\alpha_{yc}$  и  $\beta_m$ ,  $\beta_v$ ,  $\beta_{yc}$  — коэффициенты соответственно для магистрали ветки и уса;  $G$  — масса груза, т.

Надбавки на зимний период, распутицу и рельеф местности, а также на обкатку и внутригаражные расходы предусматриваются в соответствии с нормами.

Коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  для расчета маршрутных норм расхода топлива приведены в табл. 10.1. Расход топлива на дорогах разных категорий с различным типом покрытия для автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803 при линейной норме расхода (движение на дороге с асфальтобетонным покрытием) составляет 40 л/100 ткм, на гравийной — 50 л/100 ткм.

В зависимости от природно-производственных условий нормы выработки могут повышаться (временно или постоянно). Допустимое повышение норм в различных условиях приведено в табл. 10.2.

Норма расхода топлива снижается при работе автомобилей на внегородских дорогах с усовершенствованным покрытием до 15 %.

Средний расход топлива в обоих направлениях

Элемент дороги	Тип покрытия	Коэффициенты		Средний расход топлива в обоих направлениях, л/100 ткм
		$\alpha$	$\beta$	
Магистраль	Черное (асфальтобетонное) исправленное	1	1	51,0
	Гравийное профилированное	1,25	1,25	65,0
	Гравийное слабоухабистое	1,43	1,56	75,0
Ветка	Гравийное	1,69	1,81	89,0
	Грунтовое, улучшенное добавками гравия	2,19	1,94	112,0
	Грунтовое профилированное	2,5	2,19	128,0
	Гравийное, колеиное железобетонное	2,19	1,81	110,0
Ус	Деревянно-лежневое	3,36	1,94	150,5
	Грунтовое непрофилированное	4,0	2,38	190,0

При необходимости применения одновременно нескольких надбавок норма расхода жидкого топлива устанавливается с учетом суммы или разности этих надбавок.

На внутригаражные разъезды и технические надобности (технические осмотры, регулировочные работы, приработку деталей двигателя и автомобиля после ремонта и др.) разрешается расходовать до 0,5 % топлива от общего его количества, потребляемого автотранспортным предприятием.

Для автомобилей, работающих в качестве технологического транспорта в специфических условиях эксплуатации (лесовозы, трубовозы и др.), по которым линейные нормы расхода топлива не утверждены, могут быть установлены на предприятиях исходя из утвержденных норм для аналогичных моделей автомобилей (табл. 10.3).

Для автомобилей, на которых установлено специальное оборудование, нормы расхода топлива на 100 км пробега определяются увеличением или уменьшением нормы расхода топлива, установленной для базового автомобиля, на каждую тонну превышения или снижения собственной массы специального автомобиля против базового: для автомобилей с карбюраторными двигателями — на 2 л и с дизельными — на 1,3 л.

**Величина повышения норм  
в различных природно-производственных условиях**

Условие	Величина повыше- ния нормы
Работа в зимнее время — при установившейся температуре воздуха ниже 0°С (периоды применения зимних норм для автомобилей устанавливаются приказами по предприятию):	
в южных районах	до 5 %
в районах с умеренным климатом	до 10 %
в северных районах	до 15 %
в районах Крайнего Севера и местностях, приравненных к районам Крайнего Севера	до 20 %
Работа на дорогах в горных местностях (свыше 1500 м над уровнем моря)	до 10 %
Работа на дорогах со сложным планом (наличие в среднем на 1 км пути более пяти закруглений радиусом менее 40 м)	до 10 %
Эксплуатация автомобилей и автобусов, условия работы которых в черте города требуют частых остановок (перевозка продуктов, вывозка мусора и др.)	до 10 %
Перевозка грузов, требующих пониженных скоростей движения автомобиля	до 10 %
Эксплуатация автомобилей после капитального ремонта, и для новых автомобилей при пробеге первой 1000 км	до 15 %
Постоянная работа автомобилей в качестве технологического транспорта на территории предприятий, внутри цехов	до 10 %
Работа в карьерах, в тяжелых дорожных условиях, а также при движении по полю при проведении сельскохозяйственных работ	до 20 %
Работа в тяжелых дорожных условиях при сезонной распутице и снежных заносах, как исключение, на срок не более 1 месяца	до 35 %
Учебная езда	до 25 %
Погрузочно-разгрузочные работы, где по условиям противопожарной безопасности запрещается останавливать двигатель (нефтесклады, спецсклады и др.), на 1 ч простоя автомобиля устанавливается дополнительный расход топлива, исходя из нормы расхода топлива на 5 км пробега	
При почасовой оплате для автомобилей, работа которых не учитывается в тонно-километрах	на 10 %

Норма расхода масел, л (смазок, кг) на 100 л общего расхода топлива, рассчитанного по нормам

Виды масел (смазок)	Для легковых, грузовых автомобилей и автобусов, работающих на бензине и сжиженном газе	Для грузовых автомобилей и автобусов, работающих на дизельном топливе	Для внедорожных автомобилей-самосвалов, работающих на дизельном топливе
Моторные масла	2,8	4,0	5,0
Трансмиссионные масла	0,3	0,4	0,5
Специальные масла	0,1	0,1	1,0
Пластичные (консистентные) смазки	0,2	0,3	0,3

#### Примечания:

1. Нормы расхода масел (смазок), указанные в табл. 10.3, снижаются: для автомобилей и автобусов, находящихся в эксплуатации менее 3 лет, — до 50 %.

2. Предоставляется право:

- увеличивать нормы расхода масел (смазок) до 20 % для автомобилей и автобусов, находящихся в эксплуатации свыше 8 лет;
- устанавливать дифференцированные нормы расхода масел (смазок) для подведомственных предприятий и организаций в пределах потребности, определенной по настоящим нормам в целом по министерству, ведомству и республике.

3. Расход масел (смазок) при капитальном ремонте автомобилей и агрегатов устанавливается в количестве, равном одному объему систем смазки автомобиля.

Амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$C_A = \frac{BC \cdot H_A \cdot L_{cm}}{1000}, \quad (10.7)$$

где  $BC$  — балансовая стоимость автопоезда, руб.;  $H_A$  — норма амортизационных отчислений на 1000 км пробега.

Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт

$$C_{тр, то} = \frac{H_{тр, то} \cdot L_{cm}}{1000}, \quad (10.8)$$

где  $H_{тр, то}$  — норматив затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт, руб./1000.

Расходы на восстановление и ремонт шин определяются по формуле

$$C_{\text{ш}} = n C_{\text{ш}} H_{\text{ш}} K_{\text{тр}} \frac{L_{\text{см}}}{100} \cdot 1000, \quad (10.9)$$

где  $n$  — количество шин в автопоезде (22 шт.);  $C_{\text{ш}}$  — цена одного комплекта шин;  $H_{\text{ш}}$  — норма на износ и ремонт шин в процентах от стоимости;  $K_{\text{тр}}$  — коэффициент затрат по доставке 1,1.

Единый транспортный налог в смену:

$$TP_{\text{ЕН}} = \frac{C_{\text{ТР}} \cdot N}{C}, \quad (10.10)$$

где  $N$  — мощность двигателя, л.с.;  $C_{\text{ТР}}$  — норматив отчислений в расчете на одну л.с. мощности двигателя автопоезда.

Удельные эксплуатационные затраты на смену, руб./см.

$$C_{\text{см}} = (3П + 3П_{\text{г}}) \cdot 1,29 + C_{\text{тс}} + C_{\text{А}} + C_{\text{тр, то}} + TP_{\text{см}}. \quad (10.11)$$

Удельные эксплуатационные расходы, руб./м<sup>3</sup>:

$$C_{\text{у}} = \frac{C_{\text{см}}}{П_{\text{с}}}. \quad (10.12)$$

Удельные приведенные затраты:

$$C_{\text{уд}} = C_{\text{у}} + K_{\text{у}} K_{\text{пр}}, \quad (10.13)$$

где  $K_{\text{пр}}$  — коэффициент приведения капитальных вложений (0,15).

## 10.2. Анализ технико-экономических показателей

По приведенной выше методике определены технико-экономические показатели работы лесовозных автопоездов на вывозке леса на нижние склады лесозаготовительных предприятий и непосредственно потребителям для лесовозного автопоезда Сису СМ-300СКН + ЮКИ-4 и автопоездов российского и белорусского производства. Поскольку на предприятиях ранее из-за нехватки автопоездов-сортиментовозов отечественного производ-



ства и производства республики Беларусь на вывозке леса в основном использовались автопоезда-сортиментовозы фирмы Сису, в базовом варианте принят автопоезд Сису СМ-300СКН+ЮКИ-4.

Ниже приведены сводные технико-экономические показатели по обоим рассматриваемым вариантам технологического процесса вывозки для типичных условий эксплуатации (в ценах 2004 г.): первый вариант — вывозка на нижний склад лесозаготовительного предприятия на расстояние в среднем 60 км, второй вариант — транспортировка леса в сортиментах непосредственно потребителям на расстояние в среднем 200 км (табл. 10.4 и 10.5).

В первом варианте принято, что автопоезда на базе автомобилей повышенной проходимости (колесная формула автомобиля 6х6) Урал-Ивеко, МАЗ-63171, КамАЗ-53228, Урал 4320-1920 заходят на лесосеку с прицепом, а автопоезда на базе автомобилей 6х2 (Сису СМ-300 СКН) и 6х4 (МАЗ-6303) по усам движутся без прицепа, который загружается в местах примыкания ветки и магистрали. Во втором варианте (при вывозке леса потребителям) автопоезда на базе автомобилей повышенной проходимости вывозят лес непосредственно с лесосеки (верхнего склада), а автопоезда с колесной формулой 6х2 и 6х4 — с промежуточных площадок, находящихся в среднем на расстоянии 20 км от лесосеки. Сортименты доставляются к промежуточным площадкам автопоездами на базе автомобилей Урал 4320-1812.

Анализ приведенных данных показывает, что при работе на дорогах лесозаготовительных предприятий наиболее эффективно применение автопоезда на базе перспективного автопоезда МАЗ-63171. Он имеет наибольшую производительность и лучшие показатели по себестоимости вывозки.

В типичных условиях (среднее расстояние вывозки 60 км, движение по дорогам с гравийным покрытием) по технико-экономическим показателям конкурентоспособными являются автопоезда МАЗ-6303-26 + МАЗ-83178-20, КамАЗ-53228+ТМЗ-8866-016. Однако МАЗ-6303-26+МАЗ-83178-20 уступает КамАЗ-53228+ТМЗ-8866-016 по проходимости, и поэтому в зимнее время, а также в период избыточного увлажнения преимущества автопоезда на базе КамАЗ-53228 возрастают.

Проведенный анализ показал, что область эффективного применения имеет и автопоезд на базе автомобиля повышенной проходимости среднего класса Урал-4320-1912. Автопоезд Урал-1912+ТМЗ-8966-010 имеет равные технико-экономические показатели с автопоездом на базе МАЗ-63171 и Урал-Ивеко при расстоянии транспортировки 40—45 км. При меньших расстояниях транспортировки эффективнее применение автопоезда на базе Урал-4320-1912. Поэтому во втором варианте технологического

Таблица 10.4

## Сводные технико-экономические показатели (первый вариант технологического процесса)

Наименование показателей	МАЗ-63171 + ТМЗ-8966-015		МАЗ-6303 + ТМЗ-8966-015		МАЗ-6303-26+ МАЗ-83178-20		Урал 4320-1912 + ТМЗ-8966-010		Сису СМ-300 СКН + ЮКИ-4		Урал-Ивеко+трех-осный прицеп		КамАЗ-53220 + ТМЗ-8960-010	
	Значение показателя	Проект./ баз., %	Значение показателя	Проект./ баз., %	Значение показателя	Проект./ баз., %	Значение показателя	Проект./ баз., %	Значение показателя	Проект./ баз., %	Значение показателя	Проект./ баз., %	Значение показателя	Проект./ баз., %
1. Сменная производительность, м <sup>3</sup>	87,92	112,4	70,14	89,6	79,62	101,7	59,23	75,67	78,27	—	90,15	115,2	61,3	78,32
2. Годовая выработка, м <sup>3</sup>	37014	109,5	30080	88,9	33180	98,1	24699	73,1	33795	—	37953	112,3	25807	76,34
3. Балансовая стоимость, руб.	2119890	19,3	194670	16,9	2044350	17,8	1342530	11,7	11508210	—	4300000	24,33	1700000	14,77
4. Удельные капитальные вложения, руб./ м <sup>3</sup>	59,94	26,4	64,83	19	61,59	18,3	54,346	15,9	340,515	—	113,3	21,69	65,87	19,36
5. Удельные эксплуатационные затраты, руб./ м <sup>3</sup>	67	0,51	73	0,546	67,3	0,503	69	0,516	133,8	—	87,8	0,523	68,9	0,515
6. Экономия от снижения себестоимости работ, руб./ м <sup>3</sup>	66,8	—	60,8	—	66,5	—	64,8	—	—	—	46,0	—	64,9	—
7. Приведенные затраты, руб./ м <sup>3</sup>	75,99	0,411	82,72	0,447	76,53	0,413	77,15	0,417	184,87	—	104,9	0,439	78,78	0,426
8. Экономический эффект, руб./ м <sup>3</sup>	108,87	—	102,75	—	108,34	—	107,72	—	—	—	79,98	—	106,09	—

Таблица 10.5

## Сводные технико-экономические показатели (второй вариант технологического процесса)

Наименование показателей	Одноступенчатая вывозка						Двухступенчатая вывозка		
	МАЗ-63171+ +ТМЗ-8966-015		Урал-Ивеко + + трехосный при- цеп Урал -Ивеко		КамАЗ-53228 + ТМЗ-8966-015		Урал-4320-1912+ +ТМЗ-8966-010 (1-я ст.) и МАЗ- 63031+ТМЗ-8966-015 (2-я ст.) Проект/баз., %	Урал-4320-1912+ +ТМЗ-8966-010 (1-я ст.) и Сису СМ-300 СКН+ЮКИ-4 (2-я ст.) Проект/баз., %	
	Значение показа- теля	Про- ект./ баз., %	Значение показа- теля	Про- ект./ баз., %	Значение показа- теля	Про- ект./ баз., %	Значение показателя	Про- ект./ баз., %	Значение показателя
1. Сменная производитель- ность, м <sup>3</sup>	43,97	108	46,2	113,2	30,3	74,26	34,12	71	40,8
2. Годовая выработка, м <sup>3</sup>	18280	107,5	142071	113,46	12196	744	13989,2	83,4	16769
3. Балансовая стоимость, руб.	2219490	18,3	4300000	23,0	1700000	13,97	2514142,5	20,7	12172342
4. Удельные капитальные вложения, руб./ м <sup>3</sup>	121,3	16,71	233,8	20,1	134,94	18,6	179,72	24,8	725,88
5. Удельные эксплуатац- онные затраты, руб./м <sup>3</sup>	209,6	48,7	272,48	51,04	224,2	52,06	238,7	55,49	430,6
6. Экономия снижения се- бестоимости работ, руб./ м <sup>3</sup>	221	—	158,12	—	206,4	—	191,9	—	—
7. Приведенные затраты, руб./ м <sup>3</sup>	227,8	42,2	307,55	44,8	244,44	45,3	265,6	49,23	539,47
8. Экономический эффект, руб./ м <sup>3</sup>	311,7	—	196,85	—	295,03	—	273,87	—	—

процесса в качестве транспортного средства для первичной транспортировки (до промежуточного склада) принят автопоезд Урал-4320-1912+ТМЗ-8966-010.

При вывозке леса непосредственно потребителю при среднем расстоянии транспортировки 200 км лучшие технико-экономические показатели также имеют автопоезда на базе автомобиля повышенной проходимости МАЗ-63171. Приемлем по технико-экономическим показателям вариант двухступенчатой вывозки с применением на первичной транспортировке (до промежуточного склада) сортиментовоза на базе Урал-4320-1912, на транспортировке от промежуточного склада до потребителя автопоезда МАЗ-63031+ТМЗ-8966-015 (удельные эксплуатационные и приведенные расходы выше на 10 %).

Использование автопоезда-сортиментовоза Сису-300-СКН-6×2+Юки-4 неэффективно как в первом, так и во втором варианте при любых расстояниях транспортировки, так как в сравнении с автопоездами на базе автомобилей Урал-Ивеко, МАЗ-63171, МАЗ-63031, МАЗ-6303-26, Урал-4320-1912 в зависимости от условий эксплуатации удельные эксплуатационные и приведенные затраты выше в 2—2,5 раза.

## **11. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ GPS МОНИТОРИНГА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА**

### **11.1. Основные положения**

Одной из наиболее острых проблем в лесном комплексе является осуществление контроля над заготовкой и вывозкой древесины. От решения данной проблемы во многом зависит эффективное и рациональное использование лесных ресурсов не только одного региона, но и страны в целом. Экономический анализ лесозаготовки древесины показывает, что отсутствие действенной системы контроля, позволяющей осуществлять «прозрачный» контроль на всех этапах лесозаготовки приводит к большим экономическим потерям, которые главным образом, связаны с незаконными вырубкой и вывозкой леса. И в первую очередь это касается крупных потребителей древесного сырья, таких как ЦБК, леспромхозы и т.п., ведущих лесозаготовки в больших объемах и обладающих большим парком автотранспорта. Кроме того, руководители многих предприятий сетуют на проблемы «левых» рейсов при вывозке леса, несанкционированного слива топлива, нарушения установленных скоростей на трассах и др.

### **11.2. Применение систем GPS мониторинга в лесопромышленном комплексе**

Глобальные навигационные спутниковые системы находят широкое применение в морской навигации, различных отраслях промышленности, а так же применяются гражданами для личного пользования.

В настоящее время существует несколько спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Глобальная навигационная

спутниковая система ГЛОНАСС (Россия) и подобная GPS НАВСТАР (США), а так же создаваемая европейская система Galileo предназначены для определения местоположения, скорости движения, а также точного времени для морских, воздушных, сухопутных и других видов потребителей.

Система GPS предоставляет два вида услуг: SPS — стандартной точности (для гражданских пользователей) и PPS — высокой точности (для военных). При разработке системы, точность SPS в 100 м считалась достаточной для гражданских целей. По мере испытаний оказалось, что подсистема SPS точнее, чем предполагалось. Для сохранения преимущества высокой точности для военных, с марта 1990 г. был введен режим "ограничения доступа" SA (Selective Availability), искусственно снижающий точность гражданского GPS.

СРНС второго поколения включают в себя три сегмента: орбитальную группировку (ОГ) навигационные космические аппараты (НКА, 24 спутника); наземный комплекс управления (НКУ) орбитальной группировкой НКА; аппаратуру пользователей.

Принципы построения СРНС ГЛОНАСС и НАВСТАР в общих чертах идентичны, но отличаются техническим выполнением подсистем.

На фоне повсеместного распространения устройств GPS западные компании не проявляли особого интереса к приемникам ГЛОНАСС [79]. Навигационные спутники ГЛОНАСС уступают космическим аппаратам (КА) GPS (НАВСТАР) по эксплуатационным характеристикам и ряду других показателей, прежде всего по сроку службы (у наших КА он примерно в два раза меньше). Кроме того, они чаще выходят из строя, следовательно, для восполнения орбитальной группировки требуется большее число запусков. Сегодняшняя экономическая ситуация в России приводит к усугублению проблем ГЛОНАСС, в первую очередь это связано с поддержанием ОГ. Не секрет, что в глобальном покрытии появляются «дыры», т. е. территории, на которых потребители не могут определять свои координаты с гарантированной точностью. Поэтому с учетом популярности системы GPS и интересов национальной безопасности было решено приступить к созданию комбинированных GPS/ГЛОНАСС приемников. В результате проведенной работы была создана аппаратура, позволяющая не только повысить точность до 16 м (для гражданского применения), но и вычислить ошибку, внесенную режимом ограниченного доступа (SA). Для этого достаточно, чтобы в зоне радиовидимости потребителя находились хотя бы два спутника ГЛОНАСС (другим системам для определения двухмерных координат необходимы

как минимум 3 спутника; для трехмерных — четыре). Кроме того, после развертывания орбитальной группировки спутников системы Galileo станет возможным совместное использование комбинированных GPS/Galileo приемников. В перспективе представляется возможным создание комбинированных GPS/ГЛОНАСС/Galileo приемников. Все это в совокупности значительно повысит эффективность глобальных навигационных спутниковых систем.

При использовании существующих приборов GPS, предназначенных для использования гражданскими лицами, преднамеренно вносится ошибка в несколько метров; эта ошибка в особых случаях может составлять сотни метров (правительство США отвечает за работоспособность системы перед миллионами пользователей, и можно рассчитывать, что столь значительное снижение точности не будет введено без достаточно серьезных причин).

На сегодняшний день данная система может обеспечить оперативную автономную глобальную навигацию наземных подвижных объектов (сухопутных, водных, воздушных) с максимальными погрешностями определения трех координат объекта:

- в годы максимальной солнечной активности: для горизонтальных координат 60 м; для вертикальной координаты — 100 м;
- в годы минимальной солнечной активности: для горизонтальных координат 30 м; для вертикальной координаты — 50 м.

Погрешности навигационных определений в спутниковых радионавигационных системах НАВСТАР составляют не более 100 м для горизонтальных координат и не превышают 156 м при определении вертикальной координаты.

Точность навигации по открытому сигналу в спутниковых радионавигационных системах (СРНС) ГЛОНАСС примерно в 2,5 раза выше, чем в СРНС НАВСТАР.

Радионавигационное поле в СРНС наряду с основной функцией (глобальная автономная оперативная навигация приземных подвижных объектов) позволяет проводить [79]:

- 1) локальную высокоточную навигацию наземных подвижных объектов (сухопутных, морских, воздушных) на основе дифференциальных методов навигации с применением стационарных наземных корректирующих станций;
- 2) высокоточную взаимную геодезическую «привязку» удаленных наземных объектов;
- 3) взаимную синхронизацию стандартов частоты и времени на удаленных наземных объектах;
- 4) неоперативную автономную навигацию среднеорбитальных космических объектов;

5) определение ориентации объекта на основе радиointерферометрических измерений на объекте с помощью навигационных радиосигналов, принимаемых разнесенными антеннами.

В настоящее время имеет место тенденция модернизации систем GPS (НАВСТАР) и ГЛОНАСС, кроме этого создается европейская система Galileo, которая является усовершенствованной копией системы GPS (НАВСТАР). Модернизация навигационных систем будет бесспорно способствовать развитию и улучшению пользовательских приложений во многих областях, посредством применения гибридных приемников.

Все приведенные в данном методическом пособии данные о системе GPS мониторинга автотранспорта получены специалистами КарНИИЛПКа в результате научных исследований и анализа применения этой системы на предприятиях Республики Карелия, при тесном сотрудничестве с разработчиками системы GPS.

В связи с вышесказанным создание современной системы мониторинга, обеспечивающей эффективный «прозрачный» контроль над заготовкой и вывозкой леса и эффективным использованием лесозаготовительной техники насущно необходимо.

Развитие и внедрение подобных современных систем мониторинга за автотранспортом в России (в частности КарНИИЛП-Ком), создает предпосылки для насущной необходимости изучения данных систем студентам соответствующих специальностей.

Как показали исследования КарНИИЛПКа (Карельского научно-исследовательского института лесопромышленного комплекса при ПетрГУ) эту проблему можно ликвидировать при помощи спутниковых радионавигационных систем. По мнению специалистов КарНИИЛПКа использование на данном этапе системы GPS мониторинга автотранспортных средств с привлечением СРНС позволит осуществить необходимый уровень контроля.

В рамках реализации данного направления КарНИИЛПК приступил к внедрению на предприятиях лесопромышленного комплекса такой системы GPS мониторинга. Сущность данной системы заключается в следующем: на дисплее компьютера выводится электронная карта местности (города, региона) на которой отображаются все данные о наблюдаемом автотранспорте (пройденный маршрут, точная скорость в любой момент времени, место и время остановок, истинный пробег и т.д.), при этом четко видны все нарушения (отклонения от маршрута, так называемые «левые» рейсы, случаи превышения скорости, недопустимые остановки и т.д.). Данные о передвижении наблюдаемых автомобилей можно также вывести в виде таблиц, как в электронном,



так и в печатном виде. Кроме того, данная система позволяет оценить техническое состояние автомобиля: напряжение бортовой сети автомобиля, температуру охлаждающей жидкости, давление масла, уровень топлива (что позволяет оценить его расход и выявить случаи несанкционированного его слива) и др.

Специалисты КарНИИЛПКа занимаются внедрением на предприятиях лесопромышленного комплекса системы GPS мониторинга автотранспорта при тесном сотрудничестве с фирмой, являющейся разработчиком данной системы — ООО «ТМС».

Указанная система мониторинга была апробирована на автопоездах ЗАО «Шуялес» (Республика Карелия) и прошла испытания на ряде предприятий, среди которых ОАО «СП-1» (г. Петрозаводск), ООО «Механик» (г. Петрозаводск), ОАО «Лендерский ЛПХ» (Республика Карелия) в результате которых показала свою эффективность.

По инициативе АХК «Кареллеспром» данная система GPS мониторинга была рекомендована для использования лесопромышленными предприятиями.

### 11.3. Назначение и состав системы GPS мониторинга

Система GPS мониторинга предназначена для сбора и визуального отображения собранной информации о передвижении и техническом состоянии транспортных средств [80].

Рассматриваемая система GPS мониторинга включает в себя (рис. 11.1):

– *электронный блок GPSR*, устанавливаемый на транспортное средство и предназначенный для сбора, хранения и передачи информации о местоположении объекта и его состоянии. Блок имеет четырнадцать подключаемых входов (восемь аналоговых, два из которых запрограммированы при производстве, и восемь дискретных, из которых два — счетчики импульсов) к которым подключаются, при необходимости, внешние устройства. К аналоговым входам подключаются такие устройства, как датчики температуры охлаждающей жидкости, давления масла, уровня топлива и т. д. К дискретным входам подключаются пороговые датчики и датчики систем, имеющих два состояния — включено или выключено. Это могут быть датчики превышения максимальной температуры двигателя, минимального давления масла, датчик контрольной лампы уровня охлаждающей жидкости и топлива, датчики износа тормозных колодок, неисправности генератора, неисправности ABS, выключатель фар, концевой выключатель дверей и т. д. К дискретным входам — счетчикам импуль-

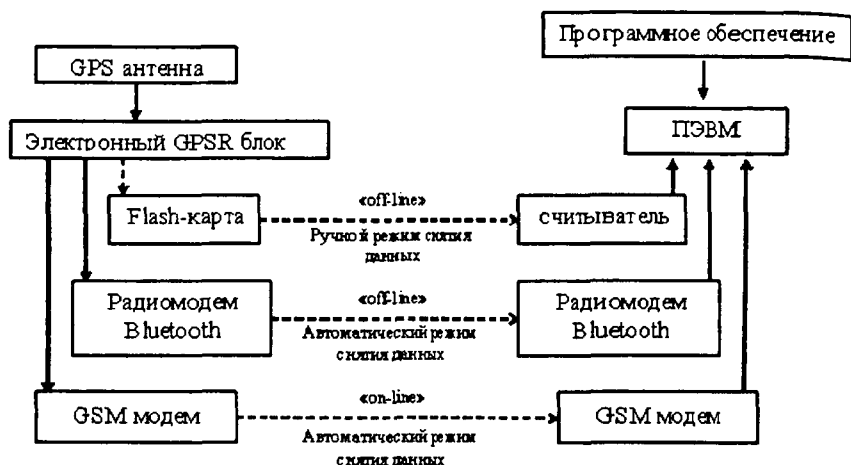


Рис. 11.1. Система GPS мониторинга

сов можно подключать тахометр, экономайзер и другие. Также к блоку могут подключаться дополнительные устройства, имеющие RS232 протокол обмена. Количество подключаемых датчиков и дополнительных устройств зависит от типа транспортного средства и задач, которые должны выполняться системой.

– **GPS антенна**, подключаемая к электронному блоку GPSR и служащая для приема сигналов со спутников. Антенна принимает сигналы со спутников системы GPS и передает их в блок. Прием сигналов со спутников осуществляется с равными интервалами времени от 1 до 50 секунд (интервал задается при установке блока в автомобиль). С таким же интервалом собирается информация во всех четырнадцати входов блока. После каждого сбора информации из нее формируется пакет данных объемом 48 байт. Пакет данных записывается в энергонезависимую память блока GPSR, объема памяти хватает для записи данных о маршруте и техническом состоянии автотранспорта за трехнедельный промежуток времени. Если память блока полностью заполняется, то самые новые данные начинают записываться на место самых старых.

– **Flash-карта** — специальное устройство, служащее для переноса данных, накопленных в модуле памяти электронного блока GPSR в память компьютера.

– **Считыватель** — специальный прибор, подключаемый к USB-порту компьютера, предназначенный для считывания flash-карт.

– **Программное обеспечение** — набор программ, устанавливаемых на компьютер, предназначенных для сбора и обработки данных, получаемых с модуля памяти электронного блока GPSR.

Программное обеспечение (ПО) состоит из нескольких частей:

- *Администратор* — данная часть представляет собой конфигурационную программу для всех остальных частей комплекса; в ней производится заполнение баз данных, настройка программного комплекса, выставление приоритетов и флагов доступа операторов к тем или иным функциям программы, настройка датчиков, установленных в машинах.

- *Шпион* — данный модуль работает в режиме фоновой задачи, он занимается приемом данных из порта компьютера, сортировкой и записью их в файлы данных устройств.

- *Диспетчер* — данная программа отображает на экране карту, на которой показывается маршрут, пройденный той или иной машиной из базы данных. Кроме того, имеются сведения о каждой точке пути (время, скорость, широта, долгота, высота над уровнем моря). Также в данной программе существует режим анимации, при котором показывается перемещение машины по выбранному маршруту. Возможно изменение скорости просмотра ролика, а также выбор конкретного отрезка времени маршрута для просмотра. По результатам пройденного маршрута можно построить отчет о движении транспортного средства из исходного пункта в пункт назначения.

- *Механик* — часть ПО, предназначенная для анализа таких параметров машины, как скорости движения машины, высоты над уровнем моря (можно построить график продольного разреза — зависимости высоты от времени или расстояния), а также произвольных величин, снимаемых с устанавливаемых в машине датчиков. Примеры датчиков: датчик температуры двигателя, датчик напряжения бортовой сети транспортного средства, датчик напряжения на аккумуляторе, датчик давления масла в двигателе, напряжение зажигания, датчик уровня топлива в баке. По каждому из датчиков можно построить графики зависимости значений, получаемых с датчиков, от времени и от пройденного расстояния.

Получение информации с электронного блока GPRS, установленного на автотранспортном средстве может быть осуществлено тремя способами:

1. Ручной режим «off-line». Снятие данных осуществляется с использованием переносной карты памяти (flash-карты). На приборе имеется модуль памяти, которого хватает для записи маршрута и данных о техническом состоянии автотранспорта за трехнедельный промежуток времени.

2. С помощью технологии Bluetooth «off-line». При этом снятие данных происходит в автоматическом режиме во время нахождения автомобиля в зоне действия Bluetooth приемника (обычно устанавливают на автобазе предприятия или в гараже).

3. В режиме реального времени «on-line» (GSM) связь — это возможность в любой момент посмотреть, где в настоящее время находится автотранспортное средство и проверить его техническое состояние. Снятие данных осуществляется при помощи модемной связи, обеспечиваемой GSM операторами.

*Работа в ручном режиме «off-line» (снятие информации при помощи flash-карты).*

При этом способе информация на жесткий диск компьютера поступает следующим образом. В специальный разъем, имеющийся на электронном блоке GPSR, устанавливается flash-карта. При этом происходит автоматический перенос информации, накопленной в модуле памяти электронного блока GPSR на flash-карту. Затем flash-карта извлекается. Далее оператор или лицо, ответственное за получение информации с транспортного средства, подключает flash-карту к считывателю, который соединен с компьютером диспетчера. Таким образом, информация поступает на жесткий диск компьютера и становится доступной для просмотра при помощи соответствующего программного обеспечения.

*Работа в режиме «off-line» (снятие информации в автоматическом режиме).*

В этом случае информация с модуля памяти электронного блока GPSR на жесткий диск компьютера поступает в автоматическом режиме с использованием беспроводной радио-модемной связи на основе технологии bluetooth. При этом задействованы два радио-модема, один из которых подключается к электронному блоку GPSR, установленному на транспортном средстве, а другой устанавливается на территории автобазы или в гараже и подключается к компьютеру диспетчера. Радио-модем, соединенный с компьютером диспетчера осуществляет постоянный мониторинг эфира и, как только в поле его действия оказывается наблюдаемое транспортное средство сигнал с радио-модема, установленного на транспортном средстве автоматически регистрируется в системе. После регистрации в системе, информация, накопленная в памяти электронного блока GPSR, по беспроводному каналу поступает на жесткий диск компьютера диспетчера (после проверки прав доступа). После чего посредством соответствующего программного обеспечения информация отображается на дисплее компьютера диспетчера.

Радиус действия радио-модема составляет до 100 м.

При данном способе в использование flash-карты и считывателя не требуется, но может применяться как резервный вариант.

*Работа в режиме реального времени «on-line».*

Для работы в режиме реального времени к электронному блоку GPSR подключается *GSM-модем*, аналогичный GSM-модем подключается к компьютеру диспетчера. В этом случае пакет

данных, помимо записи в память блока, передается по команде диспетчера в режиме реального времени по каналам сотовой связи на компьютер диспетчера. Таким образом, после установления соединения между GSM-модемами при помощи соответствующего программного обеспечения объект наблюдения отображается на дисплее компьютера диспетчера.

При данном способе в использование flash-карты и считывателя не требуется, но может применяться как резервный вариант.

Таблица 11.1

### Техническая характеристика системы GPS мониторинга автотранспорта

Интервал формирования пакета данных, с	от 1 до 50
Напряжение питания, В	от 8 до 30
Точность определений координат в 90 % случаях, м	25
Потребление тока базовым модулем, мА	30
Время работы базового модуля от автономного аккумулятора, ч	12
Количество точек маршрута, хранящихся в памяти устройства	180 000
<i>Период времени, в течение которого полностью заполняется внутренняя память устройства:</i>	
При формировании пакета данных с интервалом 1 с, сут	2
При формировании пакета данных с интервалом 50 с, сут	100
<b>Аналоговые входы:</b>	
Подключаемых входов	6
Запрограммированы при производстве	2
Диапазон измерений, В	от 0 до 40
Точность измерения, В	0,05
<b>Дискретные входы:</b>	
Подключаемых входов	6
Счетчики импульсов	2
Диапазон измерений, В	от 0 до 40
Максимальное напряжение «логический ноль», В	2
Минимальное напряжение «логической единицы», В	5
Рабочая температура, °С	от -40 до +50
Размеры блока GPSR в корпусе с автономным аккумулятором, мм	118 × 55 × 96
Размеры корпуса считывателя, мм	76 × 60 × 28
Размеры flash-карты, мм	50 × 30 × 16

Эксплуатация системы мониторинга автотранспорта является абсолютно бесплатной для пользователей и не предполагает никакой оплаты за пользование всеми ее возможностями (кроме оплаты услуг связи GSM операторам при работе в режиме «online»).

Точность определения координат в значительной степени зависит от наличия объектов, искажающих сигнал от спутников (например, за городом на открытом ровном пространстве точность может составлять менее метра, в условиях городской застройки возможно некоторое снижение точности).

## 11.4. Структура программного обеспечения

### 11.4.1. Программа «Шпион»

Для запуска программы «Шпион» при работе с flash-картой, необходимо дважды щелкнуть левой кнопкой мышки на ярлык с названием «CCSpy». В случае работы системы мониторинга в автоматическом режиме (с использованием технологии bluetooth) и в режиме реального времени запуск программы «Шпион» осуществляется двойным щелчком левой клавиши мыши на ярлык с названием «CCSpyBT». Эти ярлыки находятся в меню «Пуск / Программы / Car Control». Данная программа в среде Windows может запускаться в автоматическом режиме для этого необходимо нужный ярлык поместить в папку Автозагрузка, которая находится в меню «Пуск / Программы».

При запуске программы в нижнем правом углу появляется соответствующий ярлык при щелчке по которому правой клавишей мыши, появляется контекстное меню с командами (рис. 11.2, 11.3):

- **Выключить/Включить** — завершение работы/запуск программы;
- **Действия** — позволяет очистить память носителя информации (flash-карты) с переносом данных или без переноса;
- **Импорт из файла** — позволяет импортировать данные из файла;
- **Импорт данных из устройства** — для импортирования данных из папки DevData;
- **Параметры** — позволяет выставлять номер COM порта (и скорость считывания данных) к которому подключен считыватель;
- **О программе** — содержит сведения о программе;
- **Выход** — выход из программы.

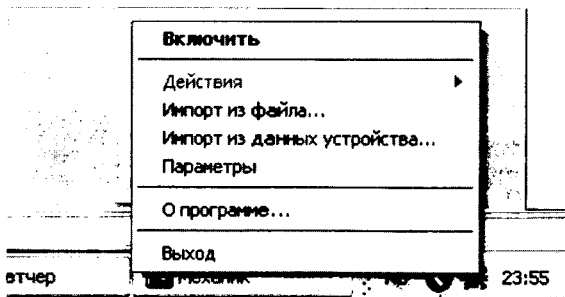


Рис. 11.2. Контекстное меню программы «Шпион», работающей с flash-картой

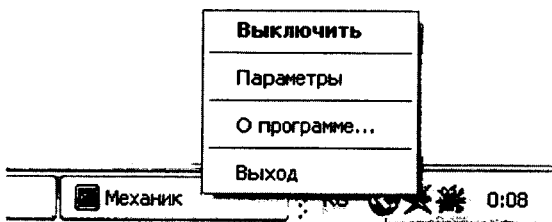


Рис. 11.3. Контекстное меню программы «Шпион» при передаче данных на основе технологии bluetooth и в режиме реального времени

#### 11.4.2. Программа «Администратор»

Для запуска программы «Администратор» (рис. 11.4) необходимо запустить файл «CCAdmin.exe». Это можно сделать путем двойного щелчка левой кнопки мыши на ярлык с названием «CCAdmin», расположенный в меню «Пуск / Программы / Car Control».

Окно программы состоит из нескольких частей. В верхней части находится меню и панель инструментов.

Панель инструментов состоит из дополнительных и дублирующих команд:

- «Первая запись», «Предыдущая запись», «Следующая запись», «Последняя запись» — позволяют листать записи;

- «Добавить группу», «Удалить группу» — позволяют добавлять и удалять группы записей;

- «Редактировать сведения о группе» — позволяют редактировать сведения о группе;

- «Изменения параметров программы» — позволяет изменять параметры программы (параметры программы «Шпион», информацию об устройствах при чтении данных на основе технологии bluetooth, обработку данных, отображение данных на карте);

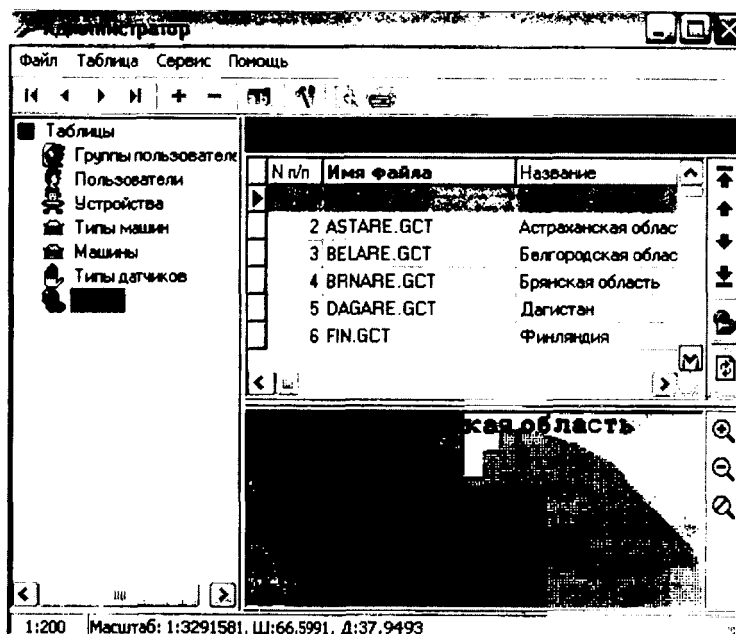


Рис. 11.4. Программа «Администратор»

– «Предварительный просмотр перед печатью таблицы», «Печать таблицы на принтере» — позволяют просматривать данные дисплея компьютера таблицы и выводить их на печать.

Меню состоит из вкладок «Файл», «Таблица», «Сервис» и «Помощь».

Меню «Файл» содержит команды: «Импорт», «Экспорт», служащие для экспортирования и импортирования данных; и «Выход» — для выхода из программы.

Меню «Таблица» включает команды: «Первая запись», «Предыдущая запись», «Следующая запись», «Последняя запись», «Добавить группу», «Удалить группу» и «Редактировать сведения о группе».

Меню «Сервис» содержит команду «Параметры», которая позволяет настраивать параметры программы.

Меню «Помощь» включает в себя «Содержание» и «О программе...».

В левой части экрана находится панель инструментов «Таблицы», включающая в себя вкладки:

– «Группы пользователей», «Пользователи» — содержащие информацию о пользователях имеющих доступ к программам;



– **«Устройства»** — содержит информацию о машине и типах датчиков подключенных к электрооборудованию машины;

– **«Типы машин»** — содержит информацию о типах автотранспортных средств;

– **«Машины»** — содержит информацию о контролируемых автотранспортных средствах (индикатор устройства, государственный регистрационный номер, номер двигателя, тип машины, марка машины, год выпуска и дата начала эксплуатации);

– **«Типы датчиков»** — содержит информацию о типах датчиков которые можно подключить к стандартному электрооборудованию автомобиля;

– **«Карты»** — содержит информацию о всех доступных картах интегрированных в программное обеспечение.

В правой части экрана находятся иконки команд, позволяющих работать с картами: **«Переместить в начало списка»**, **«Переместить вверх»**, **«Переместить вниз»**, **«Переместить в конец списка»**, **«Загрузить карту»**, **«Обновить список»**, **«Увеличить масштаб»**, **«Уменьшить масштаб»** и **«Исходный масштаб»**.

### 11.4.3. Программа «Диспетчер»

Для запуска программы «Диспетчер» (рис. 11.5) необходимо запустить файл «CCDisp.exe». Это можно сделать путем двойного щелчка левой кнопки мыши на ярлык с названием «CCDisp», находящийся в меню **«Пуск / Программы / Car Control»**.

Окно программы состоит из нескольких частей. В верхней части находится меню команд и панель инструментов. Меню включает в себя вкладки: **«Карта»** с командами **«Уменьшить»**, **«Увеличить»**, **«Вся карта»** и **«Выбрать»** — позволяют, соответственно, увеличивать, уменьшать масштаб карты, увидеть всю карту, а так же выбирать определенную карту из списка.

Меню **«Маршрут»** содержит команды:

– **«Старт»** и **«Финиш»** — позволяющие увидеть старт и финиш контролируемого объекта;

– **«Показать/скрыть остановки (реперы)»** — позволяет соответственно показывать / скрывать остановки (реперы);

– **«Отчет по маршруту»** — позволяет сформировать отчет о маршруте следования контролируемого объекта в виде таблицы. В отчете указываются величина пробега, продолжительность движения и остановок, пункты отправления и прибытия. Для создания отчета в виде таблицы на карте необходимо указать

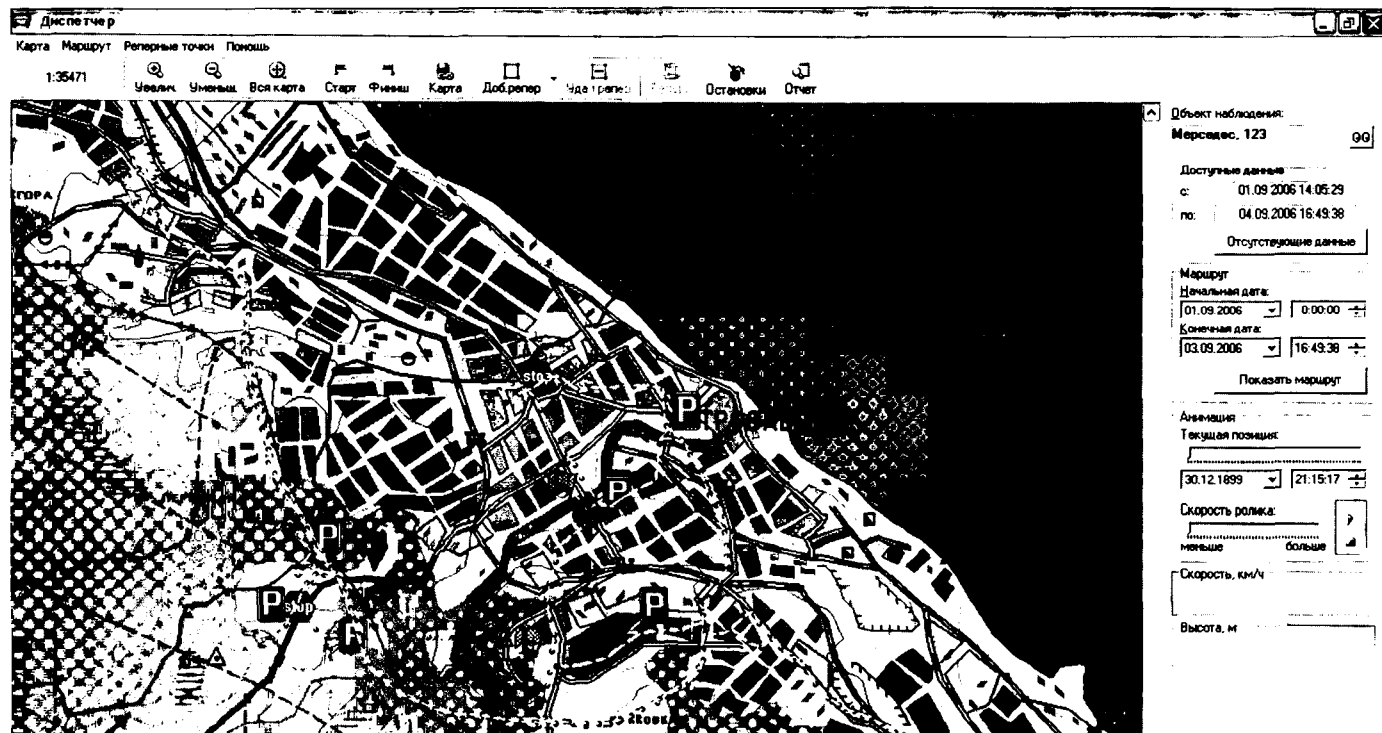


Рис. 11.5. Программа «Диспетчер»

реперные точки (контрольные точки). Полученные таблицы можно экспортировать в Excel с помощью соответствующей команды «Экспорт...»;

– «Сохранить координаты маршрута» — позволяет сохранять координаты маршрута в виде отдельного файла.

При работе системы в режиме реального времени в меню программы добавляется команда «Дозвон», которая позволяет получать информацию о контролируемом транспортном средстве в режиме «on-line».

Меню «Реперные точки» содержит команды «Добавить репер», «Удалить репер» и «Список реперов». Здесь мы можем, соответственно, добавлять, убирать реперные точки или просматривать их список.

Меню «Помощь» состоит из «Содержания» и «О программе».

Для удобства работы с программой панель инструментов содержит дублирующие команды.

Для получения информации о маршруте необходимо выбрать в правой части экрана **Объект наблюдения** и нажать клавишу **«Показать маршрут»**. После этого на карте отобразится вся информация о маршруте выбранного транспортного средства с указанием точек парковки (стоянки) и остановки (обозначаются знаками, соответственно, Р и STOP). Для того, чтобы получить отчет о маршруте в табличной форме на карте необходимо указать реперные точки. Реперные точки (контрольные точки по которым и будет формироваться отчет) обычно размещаются в начале и конце заданного маршрута. На карте можно установить любое количество реперных точек.

На белых полях **«Начальная дата»** и **«Конечная дата»**, находящихся в правой части экрана, указываются дата и время начала и конца наблюдения (рис. 11.6). После ввода данных в эти поля и нажатия на кнопку **«Показать маршрут»** на карте будет выведен маршрут контролируемого транспортного средства за указанный промежуток времени.

Данная программа позволяет отслеживать маршрут транспортного средства в виде ролика. При демонстрации ролика на экране появляется движущаяся машина, которая отображает на карте реальное перемещение контролируемой машины во времени с указанием маршрута, скорости движения и высоты над уровнем моря (это позволяет судить о том, двигалась ли машина



Рис. 11.6. Отчет о маршруте за заданный промежуток времени

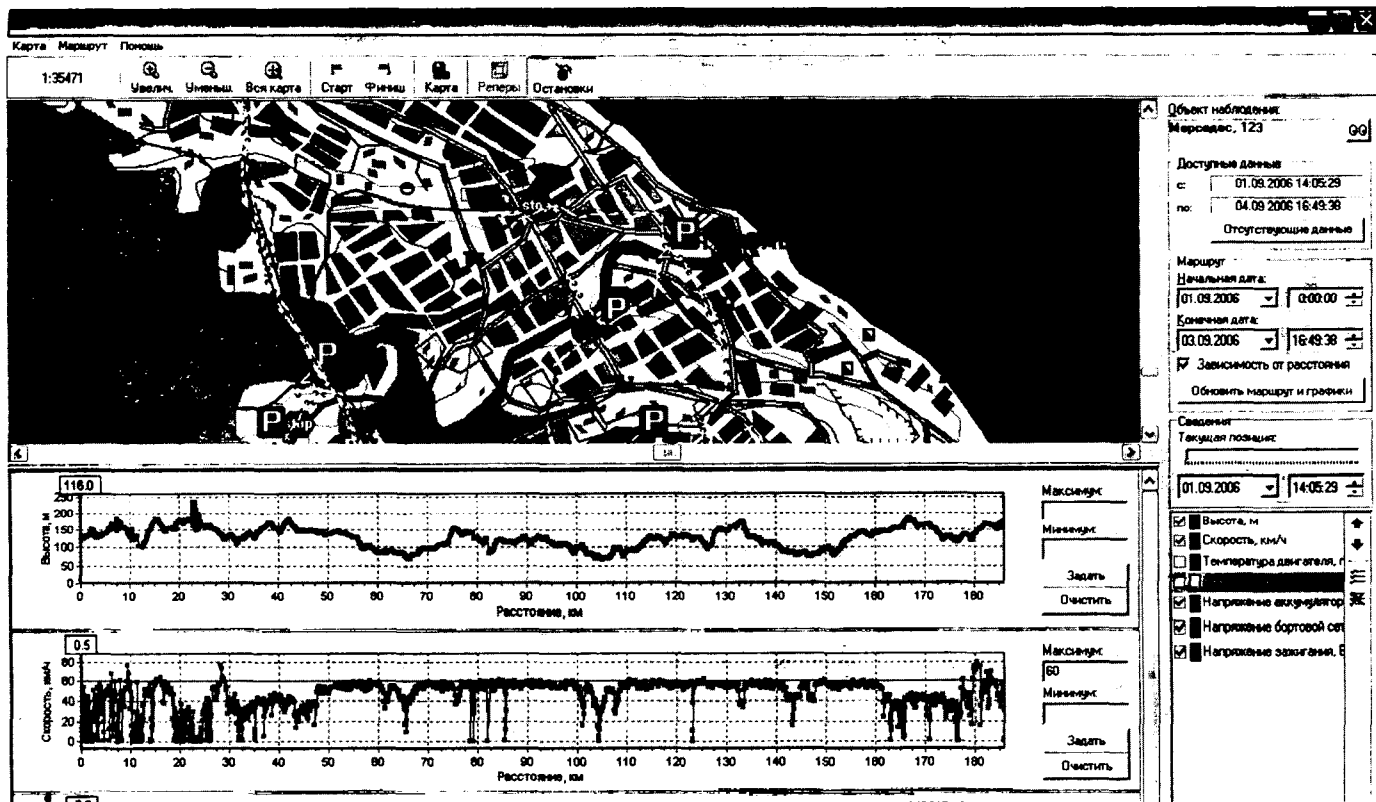


Рис. 11.7. Программа «Механик»

в гору, под гору или по горизонтальному участку). Управление роликом осуществляется при помощи клавиш, расположенных в правом нижнем углу экрана: «Начать воспроизведение», «Остановить воспроизведение» и «Скорость ролика» (рис. 11.6).

#### 11.4.4. Программа «Механик»

Для запуска программы «Механик» (рис. 11.7) необходимо запустить файл «ССMech.exe». Это можно сделать путем двойного щелчка левой кнопки мыши на ярлык с названием «ССMech», находящийся в меню «Пуск / Программы / Car Control».

По аналогии с предыдущей программой окно программы «Механик» состоит из нескольких частей. В верхней части находится меню команд и панель инструментов. Команды аналогичны командам программы «Диспетчер», но в отличие от программы «Диспетчер» в данной программе возможен просмотр (в зависимости от типов подключенных датчиков) графиков зависимостей технических параметров автомобиля (высота над уровнем моря, скорость движения автомобиля, температура охлаждающей жидкости двигателя, давление масла, уровень топлива, напряжения зажигания и др.) от пройденного расстояния (км). Кроме того, имеется опция задания максимального или минимального значения того или иного показателя (при этом отображаются на карте и графиках места превышения допустимых значений).

### 11.5. Анализ применения системы GPS мониторинга

По информации АХК «Кареллеспром» при сравнении представленных данных работы 8 сортиментовозов, необорудованных системой GPS в первом квартале 2005 г., и тех же самых автомашин, но уже оборудованных этой системой в первом квартале 2006 г. (ОАО «Лендерский ЛПХ», Республика Карелия), были получены следующие результаты:

1. Полностью исчезли приписки километража в путевых листах, так как они заполняются только на основе данных системы и, как следствие, сократились холостые пробеги.

2. Повысилась дисциплина водителей, отклонений от маршрутов стало значительно меньше, жестче стал контроль за скоростным режимом. (Водителей наказывают за превышение скорости на тяжелых участках дороги, что ранее приводило к поломкам ходовой части автомобиля).

3. Данные о техническом состоянии автомашины используются при расследовании дорожно-транспортных происшествий и предупреждении технических аварий.

4. На основе представленных данных расход топлива на 1 км полезной работы сократился на 10 %.

Расчеты показывают, что окупаемость системы GPS мониторинга (без учета стоимости ПК) составляет около 10 месяцев.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автомобильный транспорт леса: Справочник / Под общ. ред. В. А. Горбачевского. — М.: Лесн. пром-сть, 1973. — 376 с.
2. Алябьев В. И. Сухопутный транспорт леса / В. И. Алябьев, Б. А. Ильин, Б. И. Кувалдин и др. — М.: Лесн. пром-сть, 1990. — 413 с.
3. Андрианов Ю. С. Вывозка лесоматериалов саморазгружающимися автопоездами. — Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2001. — 230 с.
4. Бабков В. Ф. Дорожные условия и режимы движения автомобилей / В. Ф. Бабков, М. Б. Афанасьев. — М.: Транспорт, 1967. — 298 с.
5. Вельский А. Е. Проектирование профиля дорог с учетом неравномерного движения // Труды ХАДИ. Вып. 20. — М., 1969. — С. 28—34.
6. Вельский А. Е. Расчеты скоростей на автомобильных дорогах. — М.: Транспорт, 1968. — 48 с.
7. Большаков Б. М. Машинизация лесозаготовок в рыночных условиях // Лесн. пром-сть. 1995. № 12. С. 2—4.
8. Большаков Б. М. ЦНИИМЭ и научно-технический прогресс в лесозаготовительной промышленности. — Химки: ЦНИИМЭ, 1998. — 63 с.
9. Борисов Г. А. Моделирование движения лесовозного автопоезда на ЭВМ / Г. А. Борисов, Н. А. Каракулев, В. И. Скрыпник // Лесн. пром-сть. 1970. № 2. С. 31—32.
10. Борисов Г. А. Расчет на ЭВМ расходов на вывозке леса: Сб. науч. тр. КарНИИЛПа / Г. А. Борисов, В. И. Скрыпник. — Петрозаводск, 1969. — С. 51—55.
11. Брик М. И. Организация и совершенствование транспортных работ на лесозаготовках: Обзорная информация: Лесозаготовка и лесосплав / М. И. Брик. — М.: Лесн. пром-сть, 1986. Вып. 6. — 84 с.
12. Булатов А. Ф. Оптимизация в планировании и управлении предприятиями регионального лесопромышленного комплекса / А. Ф. Булатов, А. В. Воронин, В. А. Кузнецов, В. А. Пладов, И. Р. Шегельман. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2001. — 228 с.
13. Волков В. С. Повышение надежности лесовозных автопоездов: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. — Воронеж, 1999. — 40 с.
14. Горбачевский В. А. Обоснование скоростей движения лесовозных автопоездов на магистральных дорогах / В. А. Горбачевский, В. А. Носиков, В. В. Горбачевский // Труды ЦНИИМЭ. Современные методы строительства лесовозных дорог и организация транспорта леса. — Химки, 1976. — С. 16—21.



15. Дмитриевский С. М. О нормативных скоростях движения лесовозных автомобилей // Лесн. пром-сть. 1961. № 12. С. 21—22.

16. Единые нормы выработки и расценки на лесозаготовках. — М.: Лесн. пром-сть, 1988. — 52 с.

17. Зимелев Г. В. Теория автомобиля. — М.: Военное издательство Министерства обороны Союза ССР, 1957. — 455 с.

18. Ильин Б. А. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог / Б. А. Ильин, М. М. Корунов, Б. И. Кувалдин. — М.: Лесн. пром-сть, 1971. — 575 с.

19. Ильин Б. А. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог / Б. А. Ильин, Б. И. Кувалдин. — М.: Лесн. пром-сть, 1982. — 384 с.

20. Ильин Б. А. Теория лесотранспорта / Б. А. Ильин, Э. О. Салминен. — СПб.: ЛТА, 1992. — 188 с.

21. Ильин Б. А. Тягово-эксплуатационные расчеты при проектировании лесовозных дорог. — Л.: ЛТА, 1986. — С. 70.

22. Ильин В. П. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог / В. П. Ильин, Б. И. Кувалдин. — М.: Лесн. пром-сть. — 374 с.

23. Клычков П. Д. Об оптимизации удельной мощности и рациональной рейсовой нагрузке лесовозного автопоезда // Известия вузов: Лесной журнал. 1977. № 2. С. 47—52.

24. Клычков П. Д. Особенности эксплуатационных свойств лесовозных автопоездов. — Хабаровск, 1979. — 110 с.

25. Корунов М. М. Техническое нормирование средних скоростей движения лесовозных автопоездов. — М.: Лесн. пром-сть, 1955. — С. 13—15.

26. Корунов М. М. Примеры и задачи по сухопутному транспорту леса / М. М. Корунов, Н. Д. Тагильцев. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. — 94 с.

27. Кувалдин Б. И. Расчеты на ЭВМ режимов движения лесовозных автопоездов / Б. И. Кувалдин, В. И. Скрыпник // Известия вузов: Лесной журнал. 1976. № 6. С. 60—65.

28. Кувалдин Б. И. Совершенствование тяговых расчетов на лесовозном автотранспорте и применение ЭВМ для их выполнения: Материалы Всесоюзной научной конференции по проектированию, строительству и эксплуатации лесовозных дорог / Б. И. Кувалдин, В. И. Скрыпник. — Минск, 1972. — С. 49—52.

29. Курьянов В. К. Повышение эксплуатационно-экологического уровня лесовозного автомобильного транспорта: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. — М., 1993. — 39 с.

30. Лахно Р. П. Эксплуатационная характеристика лесовозного автомобиля и определение наивыгоднейшей рейсовой нагрузки автопоезда // Труды ЦНИИМЭ. 1967. Вып. 5. С. 39—74.

31. Межотраслевые нормы вывозки леса автомобилями-лесовозами / Министерство труда РФ. — М., 1995. — 43 с.

32. Межотраслевые нормы выработки и нормы времени на лесозаготовительные работы / Министерство труда РФ. — М., 1994. — 120 с.

33. Немцов В. П. Расчет некоторых показателей лесовозного автопоезда // Труды ЦНИИМЭ. 1986. Вып. 82. С. 56—60.

34. Немцов В. П. Эксплуатация автомобильного транспорта на лесозаготовительном предприятии / В. П. Немцов, Б. А. Шестаков. — М.: Лесн. пром-сть, 1982. — 272 с.

35. Носиков В. А. Моторное торможение лесовозного автопоезда // Труды ЦНИИМЭ. 1966. Вып. 47. С. 43—48.

36. Носиков В. А. Эффективность выпускного торможения лесовозного автопоезда // Труды ЦНИИМЭ. 1970. Вып. 105. С. 50—64.

37. Палшайти Э. Л. Некоторые вопросы расчета и проектирования продольного профиля на подъемах автомобильных дорог: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. — М., 1961. — 24 с.

38. Пладов А. В. К разработке системы оптимизации технологий и организации лесозаготовительных работ // Новые информационные технологии в целлюлозно-бумажной промышленности и энергетике: Материалы IV междунар. науч.-техн. конф. — Петрозаводск, 2000. — С. 58—59.

39. Пладов А. В. Совершенствование процессов обоснования и выбора рациональных эксплуатационных параметров лесовозных автопоездов // Материалы VII междунар. науч.-техн. конф. — Петрозаводск, 2006. — С. 70—71.

40. Прохоров В. Б. Эксплуатация машин в лесозаготовительной промышленности. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 304 с.

41. Романенко А. А. Испытание автомобилей Урал с коробками передач с различным числом ступеней // Автомобили, транспорт и двигатели: Сб. науч. тр. № 148. Челябинск, 1914.

42. Салминен Э. О. Автоматизация проектирования лесовозных дорог. — Л., 1990. — 262 с.

43. Салминен Э. О. Основы моделирования и оптимизации процессов лесотранспорта. — Л., 1986. С. 47; 1987. С. 50; 1988. С. 50; 1989. С. 44.

44. Матвиенко Л. С. Автомобильные лесовозные дороги: Справочник. — М.: Экология, 1991. — 336 с.

45. Система автоматизированного проектирования продольного профиля автомобильных дорог (САПАД-ЕС) / Всесоюзный фонд алгоритмов и программ. ПОО3252. — М., 1979.

46. Система автоматизированного проектирования продольного профиля / Государственный фонд алгоритмов и программ СССР: Инф. бюллетень. 1977 / В. И. Скрыпник, Г. А. Борисов, Р. А. Сюкияйнен, Ю. В. Гвоздовский и др. — Петрозаводск, 1978. — 68 с.

47. Скрыпник В. И. Аналитический метод определения расхода топлива при неустановившемся движении автомобиля: Реф. докл. науч.-техн. конф. — М.: Изд-во МЛТИ, 1971. — С. 71—76.

48. Скрыпник В. И. Вывод зависимостей для расчета показателей неустановившегося движения автомобиля с гидромеханической трансмиссией // Проблемы развития лесной промышленности и лесного хозяйства Карелии. — Петрозаводск, 1974. — С. 34—35.

49. Скрыпник В. И. Построение номограммы для определения скорости и времени неустановившегося движения лесовозного автопоезда с гидромеханической трансмиссией: Тез. докл. конф. молодых ученых и специалистов Карелии. — Петрозаводск, 1975. — С. 112—115.

50. Скрыпник В. И., Добрынин В. Ф. Определение некоторых зависимостей для расчетов неустановившегося движения лесовозных автомобилей (автопоездов) с различными типами трансмиссий / КарНИИЛП, 1974. 23 с. Деп. в ВНИПИЭИлеспром, № Д 740147.

51. Скрыпник В. И. К вопросу расчета показателей неустановившегося движения лесовозных автопоездов / В. И. Скрыпник, А. Н. Кочанов // Вопросы механизации и автоматизации работ в лесной промышленности. — Петрозаводск, 1976. — С. 76—81.

52. Скрыпник В. И. Новые методы тяговых расчетов на лесовозном транспорте / В. И. Скрыпник, А. Н. Кочанов. — Петрозаводск, 1979. — 118 с.

53. Скрыпник В. И. Табличный метод расчета показателей неустановившегося движения лесовозных автопоездов / В. И. Скрыпник, А. Н. Кочанов // Вопросы механизации и автоматизации работ в лесной промышленности Северо-Запада РСФСР: Межвуз. сб. Петрозаводск, 1977. С. 150—161.

54. Скрыпник В. И. Номографический метод расчета показателей неустановившегося движения лесовозных автопоездов / В. И. Скрыпник, А. Н. Кочанов, Н. В. Пашков // Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса: Межвуз. сб. науч. тр. — Л.: ЛТА, 1977. — С. 34—39.

55. Удовенко В. М. Экспериментальное исследование условий движения лесовозных автопоездов / В. М. Удовенко, А. А. Ведерников // Лесной журнал. 1969. № 22. С. 41—44.

56. Фаробин Я. В. Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для междугородних перевозок / Я. В. Фаробин, В. С. Щупляков. — М.: Транспорт, 1983. — 224 с.

57. Фаробин Я. Е. Трехзвенные автопоезда / Я. Е. Фаробин, Я. М. Якобашвили, А. М. Иванов. — М.: Машиностроение, 1993. — 224 с.

58. Хавкин К. А. Проектирование продольного профиля автомобильных дорог / К. А. Хавкин, Д. Н. Дашевский. — М.: Автотрансиздат, 1968. — 148 с.

59. Хорошилов Н. В. Временные указания для оценки трассы автомобильных дорог по скорости движения. — М.: Трансиздат, 1948. — 68 с.

60. Шегельман И. Р. База данных о транспортных средствах для хлыстов и сортиментов / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Пладов // Современные проблемы лесного комплекса: Сб. науч. трудов. — Петрозаводск: КарНИИЛП, 2000. — С. 3—13.

61. Шегельман И. Р. Комплексные исследования процессов первичного транспорта леса при сквозных технологических процессах лесозаготовок / И. Р. Шегельман, А. В. Кузнецов, О. Н. Галактионов // Экономические, экологические и технологические проблемы лесного комплекса: Науч. труды № 12 (Серия «Лесопромышленный комплекс»). — Петрозаводск, 2004. — С. 3—13.

62. Шегельман И. Р. Комплексный анализ производственно-хозяйственной деятельности лесозаготовительных предприятий / И. Р. Шегельман, М. Н. Рудаков, П. Е. Мошечкин. — СПб.: ПРОФИКС, 2006. — 336 с.

63. Шегельман И. Р. Лесная промышленность и лесное хозяйство: Словарь. 3-е изд., перераб. и доп. В 2 т. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2006. Т. 1. — 252 с. Т. 2. — 240 с.

64. Шегельман И. Р. Математическая модель выбора сквозных потоков заготовки, транспортировки и переработки древесного сырья / И. Р. Шегельман, Л. В. Щеголева, А. Ю. Пономарев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2005. Вып. 172. С. 32—36.

65. Шегельман И. Р. Математическое моделирование показателей проходимости лесных машин / И. Р. Шегельман, А. В. Кузнецов // Новые информационные технологии в целлюлозно-бумажном производстве и энергетике: Материалы VI межд. науч.-техн. конф. — Петрозаводск, 2004. — С. 130.

66. Шегельман И. Р. Методы моделирования движения лесовозных автопоездов / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Пладов, А. Н. Кочанов, В. А. Кузнецов // Технологии, машины и производство лесного комплекса будущего: Материалы Международной науч.-практ. конф. Ч. 2. — Воронеж, 2004. — С. 221—223.

67. Шегельман И. Р. Моделирование движения лесовозных автопоездов на ПЭВМ / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Пладов, А. Н. Кочанов, В. А. Кузнецов. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2003. — 234 с.

68. Шегельман И. Р. Моделирование движения лесовозных автопоездов с использованием ПЭВМ / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Пладов // Труды ЛИФа ПетрГУ. — Петрозаводск, 2003. — С. 164—168.

69. Шегельман И. Р. Оптимизация процессов вывозки различных видов древесного сырья от лесосеки до потребителя / И. Р. Шегельман, В. А. Кузнецов, В. И. Скрыпник, А. В. Пладов // Современные проблемы лесного комплекса: Сб. науч. трудов КарНИИЛП. — Петрозаводск, 2000. — С. 13—19.

70. Шегельман И. Р. Подсистема оптимизации лесотранспортных работ на лесозаготовках / И. Р. Шегельман, В. А. Кузнецов, В. И. Скрыпник, А. В. Пладов / Научные труды № 5 (Серия «Лесопромышленный комплекс»). — Петрозаводск, 2001. — С. 39—47.

71. Шегельман И. Р. Совершенствование технологии и организации вывозки леса автопоездами / И. Р. Шегельман, А. В. Пладов // Развитие производительных сил Республики Карелия: Материалы респ. науч.-практ. конф. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2006. — С. 38—39.

72. Шегельман И. Р. Современные методы и программы для решения задач тяговой динамики и технико-экономических расчетов при эксплуатации лесовозного автотранспорта / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, В. А. Кузнецов // Лесопромышленная логистика и информационные системы лесного комплекса: Материалы межд. науч.-техн. конф. — СПб., 2003. — С. 37—39.

73. Шегельман И. Р. Техническое оснащение современных лесозаготовок / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, О. Н. Галактионов. — СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. — 344 с.

74. Шегельман И. Р. Технологическая проходимость лесных машин: Методология и результаты оценки / И. Р. Шегельман, А. В. Кузне-

цов // Экономические, экологические и технологические проблемы лесного комплекса: Науч. труды № 12 (Серия «Лесопромышленный комплекс»). — Петрозаводск, 2004. — С. 13—26.

75. Шегельман И. Р. Оптимальный выбор параметров и типов лесовозных автопоездов / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник // Использование GPS для повышения качества управления транспортно-технологическими процессами в ЛПК: Материалы науч.-техн. семинара. — СПб., 2004. — С. 43—45.

76. Шегельман И. Р. Математическое моделирование показателей проходимости лесных машин / И. Р. Шегельман, А. В. Кузнецов // Новые информационные технологии в целлюлозно-бумажной промышленности и энергетике: Материалы VI международной науч.-техн. конференции (20—24 сентября 2004 г.). — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2004. — С. 130.

77. Шегельман И. Р. Экономико-математические методы исследования операций при организации лесозаготовок / И. Р. Шегельман, В. А. Кузнецов. — Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1999. — 64 с.

78. Шегельман И. Р. Эффективная организация автомобильного транспорта леса: / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Кузнецов. — Петрозаводск, Изд-во ПетрГУ, 2006. — 288 с.

79. Экономов А. Система GPS. Взгляд изнутри и снаружи: [Электронный ресурс]: Режим доступа к ст.: <http://www.orc.ru/~economov>

80. Телеметрические системы. Системы контроля за транспортом: [Электронный ресурс]: Режим доступа к ст.: <http://www.gpsr.ru>

81. Eissfeller B. Mode RTK in light of modernization of system GPS and use Galileo: [Электронный ресурс]: / B. Eissfeller, C. Tiberius, T. Pany, G. Heinrichs. Режим доступа к ст.: <http://www.osp.ru>

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

Таблица П.1.1

Скорости движения и коэффициенты учета инерции вращающихся масс автопоездов

Состав автопоезда		Номер передачи												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
МАЗ-509 + + ТМЗ-803	$v_{\text{мин}}$	0	1,97	3,76	5,72	8,6								
	$v_{\text{макс}}$	2,28	4,14	8,20	12,0	18,05								
	$\delta_r$	1,932	1,295	1,095	1,052	1,04	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\delta_n$	2,794	1,559	1,167	1,084	1,048								
КрАЗ-255Л + + ТМЗ-803	$v_{\text{мин}}$	0	1,94	3,7	5,12	8,44								
	$v_{\text{макс}}$	2,5	4,52	8,62	13,1	19,75	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\delta_r$	2,245	1,39	1,127	1,069	1,041								
	$\delta_n$	4,14	1,98	1,26	1,17	1,11								
ЗИЛ-131 + + ТМЗ-802	$v_{\text{мин}}$	0	1,72	3,06	4,8	7,0								
	$v_{\text{макс}}$	3,03	5,5	9,8	15,3	22,4	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\delta_r$	1,648	1,195	1,096	1,057	1,047								
	$\delta_n$	2,31	1,394	1,183	1,115	1,095								
KNFW-12Т + + ТМЗ-803	$v_{\text{мин}}$	0	2,66	4,13	7,57	10,25								
	$v_{\text{макс}}$	2,82	4,64	7,27	13,27	17,90	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\delta_r$	2,555	1,568	1,23	1,085	1,053								
	$\delta_n$	5,283	2,564	1,586	1,235	1,146								

Состав автопоезда		Номер передачи												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Урал-375 + + ТМЗ-803	$v_{\text{мин}}$	0	1,54	2,83	5,24	6,72								
	$v_{\text{макс}}$	2,63	4,78	9,08	16,25	20,83								
	$\delta_r$	2,54	1,48	1,148	1,051	1,046	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\delta_n$	4,388	2,056	1,326	1,125	1,101								
КрАЗ-260Л + + 2-Р-20	$v_{\text{мин}}$	0	1,05	1,60	1,88	2,25	3,61	5,47	7,22					
	$v_{\text{макс}}$	1,285	2,45	3,72	4,40	5,26	8,50	12,80	18,05					
	$\delta_r$	3,96	1,87	1,376	1,197	1,143	1,091	1,055	1,042	—	—	—	—	—
	$\delta_n$	8,357	3,162	1,934	1,168	1,489	1,226	1,137	1,104					
КамАЗ-5320 + + ТМЗ-803	$v_{\text{мин}}$	0	1,24	1,94	2,40	2,94	3,63	4,98	6,17	7,77	9,58			
	$v_{\text{макс}}$	2,61	3,22	5,06	6,22	7,65	9,45	12,93	16,0	20,1	25,0			
	$\delta_r$	2,74	2,16	1,485	1,323	1,226	1,156	1,092	1,069	1,042	1,042	—	—	—
	$\delta_n$	5,121	3,76	2,149	1,763	1,535	1,369	1,218	1,163	1,124	1,099			
КрАЗ-6437	$v_{\text{мин}}$	0	1,123	1,590	2,213	3,162	4,459	6,198	8,730					
	$v_{\text{макс}}$	1,684	2,358	3,304	4,648	6,64	9,364	13,016	18,33					
	$\delta_r$	2,09	1,57	1,312	1,20	1,107	1,074	1,057	1,049	—	—	—	—	—
	$\delta_n$	4,02	2,56	1,816	1,493	1,232	1,137	1,09	1,065					
МАЗ-5434	$v_{\text{мин}}$	0	1,212	1,697	2,387	3,410	4,809	6,684	9,257					
	$v_{\text{макс}}$	1,815	2,543	3,563	5,013	7,162	10,09	14,03	19,44					
	$\delta_r$	2,19	1,63	1,34	1,093	1,11	1,078	1,059	1,050	—	—	—	—	—
	$\delta_n$	4,02	2,56	1,816	1,458	1,232	1,137	1,09	1,065					
Сису-СМ300- САКН-8х2	$v_{\text{мин}}$	0	1,96	2,63	3,58	4,81	6,62	7,57	8,93	10,17	12,14	13,73	16,27	18,7
	$v_{\text{макс}}$	1,94	2,93	3,95	5,398	7,22	9,92	11,35	13,34	15,26	13,21	20,86	24,41	28,055
	$\delta_r$	3,933	2,330	1,788	1,378	1,226	1,127	1,10	1,077	1,062	1,048	1,040	1,033	1,029
	$\delta_n$	8,92	4,50	2,950	2,070	1,611	1,343	1,271	1,207	1,168	1,130	1,108	1,09	1,078

Состав автопоезда		Номер передачи												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Сису-М270-СКН-6х2	$v_{\text{мин}}$	0	1,91	2,55	3,40	4,70	6,10	7,37	8,67	9,91	11,84	13,55	15,86	18,22
	$v_{\text{макс}}$	2,04	3,08	4,12	5,640	7,59	9,85	11,90	14,00	16,01	19,12	21,90	25,62	29,44
	$\delta_r$	4,168	2,400	1,780	1,670	1,244	1,137	1,108	1,083	1,067	1,052	1,043	1,036	1,031
	$\delta_{\text{л}}$	8,920	4,501	2,950	2,070	1,611	1,343	1,271	1,207	1,168	1,130	1,108	1,09	1,078
МАЗ-63031	$v_{\text{мин}}$	0	2,50	3,40	4,38	5,52	8,77	11,90	15,34	19,29				
	$v_{\text{макс}}$	2,73	3,89	5,29	6,820	8,58	13,64	18,51	23,86	30,00				
	$\delta_r$	2,652	1,834	1,459	1,283	1,185	1,084	1,053	1,40	1,051	—	—	—	—
	$\delta_{\text{л}}$	4,350	2,920	2,057	1,652	1,426	1,194	1,123	1,090	1,072				
АЗ-63171	$v_{\text{мин}}$	0	2,01	2,73	3,51	4,42	7,03	9,53	12,3	15,47				
	$v_{\text{макс}}$	1,971	3,24	4,41	5,670	7,15	11,35	16,56	19,87	25,00				
	$\delta_r$	3,550	2,02	1,560	1,344	1,244	1,099	1,062	1,044	1,034	—	—	—	—
	$\delta_{\text{л}}$	6,872	3,34	2,287	1,970	1,563	1,228	1,142	1,101	1,079				
Урал-43204	$v_{\text{мин}}$	0	3,18	5,60	9,19	12,71								
	$v_{\text{макс}}$	2,504	4,86	8,57	14,05	19,43	—	—	—	—	—	—	—	—
	$\delta_r$	1,73	1,207	1,080	1,041	1,030								
	$\delta_{\text{л}}$	2,620	1,457	1,175	1,090	1,066								
МАЗ-6303-26	$v_{\text{мин}}$	0	1,15	1,61	2,26	3,23	4,56	6,34	8,93					
	$v_{\text{макс}}$	1,91	2,68	3,75	5,28	7,54	10,64	14,79	20,83					
	$\delta_r$	3,580	2,25	1,66	1,480	1,29	1,095	1,073	1,048	—	—	—	—	—
	$\delta_{\text{л}}$	6,95	4,48	2,47	2,01	1,66	1,34	1,24	1,16					
КАМАЗ-53288	$v_{\text{мин}}$	1,37	1,68	2,65	3,25	4,28	5,25	6,7	8,56	10,7	13,13			
	$v_{\text{макс}}$	2,32	2,84	4,49	5,5	7,24	8,88	11,84	14,49	18,11	22,22			
	$\delta_r$	2,1	1,74	1,3	1,21	1,12	1,09	1	1,04	1,03	1,02	—	—	—
	$\delta_{\text{л}}$	4,1	3,08	1,85	1,58	1,35	1,25	1,16	1,12	1,09	1,07			



Состав автопоезда		Номер передачи												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
МАЗ-630308-226	$v_{\text{мин}}$	6,12	2,92	2,06	1,65	1,43	1,19	1,112	1,09	1,07				
	$v_{\text{макс}}$	0,95	1,49	2,11	2,93	3,75	5,21	7,38	10,26	13,13				
	$\delta_r$	1,33	2,36	3,34	4,64	5,93	8,25	11,69	16,25	20,83	—	—	—	—
	$\delta_n$	6,75	2,72	1,74	1,53	1,29	1,19	1,095	1,063	1,07				
МЗКТ-6903	$v_{\text{мин}}$	13,6	4,35	2,82	2,01	1,75	1,53	1,27	1,18	1,12				
	$v_{\text{макс}}$	0,899	1,07	1,3	1,55	1,89	2,26	2,69	3,22	4,11				
	$\delta_r$	10,4	12,3	14,7							—	—	—	—
	$\delta_n$	1,55	1,85	2,25	2,69	3,25	3,91	4,65	5,57	7,1				
УРАЛ-ИВЕКО	$v_{\text{мин}}$	17,9	21,2	25,5							4,85	5,97	7,13	8,68
	$v_{\text{макс}}$	6,34	4,77	3,13	2,78	2,21	1,85	1,6	1,43	1,27				
	$\delta_r$	1,05	1,04	1,03							8,39	10,39	12,3	15
	$\delta_n$	14,52	10,6	6,41	5,53	4,07	3,17	2,54	2,09	1,68				
	$v_{\text{мин}}$	1,14	1,11	1,09							1,19	1,13	1,1	1,07
	$v_{\text{макс}}$	6,12	2,92	2,06	1,65	1,43	1,19	1,112	1,09	1,07				
	$\delta_r$	0,95	1,49	2,11	2,93	3,75	5,21	7,38	10,26	13,13	1,5	1,34	1,25	1,18
	$\delta_n$	1,33	2,36	3,34	4,64	5,93	8,25	11,69	16,25	20,83	4,85	5,97	7,13	8,68

Примечания.  $\delta_r$  — коэффициент учета инерции вращения масс (с грузом);  $\delta_n$  — коэффициент учета инерции вращения масс (без груза). Для автопоездов на базе МАЗ-63030 показатели те же, что и для МАЗ-63031.

Таблица П.1.2

Коэффициенты зависимостей, аппроксимирующих тяговые характеристики в виде  $F = \alpha - Bv^2$ 

Состав автопоезда	Коеф- фици- ент	Номер передачи												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
МАЗ-509 + + ТМЗ-803	a	5042	2790	1444	954	593	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	134	23,4	3,74	1,32	0,78	—	—	—	—	—	—	—	—
КрАЗ-255Л + + ТМЗ-803	a	6870	3790	1990	1309	870	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	204,3	36,3	5,96	2,0	1,272	—	—	—	—	—	—	—	—
ЗИЛ-131 + + ТМЗ-802	a	3153	1738	972	628	424	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	61,0	10,1	2,21	0,97	0,62	—	—	—	—	—	—	—	—
KNFW-12Т + + ТМЗ-803	a	6738	4121	2439	1441	1082	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	113,2	23,74	5,65	1,76	1,27	—	—	—	—	—	—	—	—
Урал-375 + + ТМЗ-803	a	4863	2620	1411	788	615	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	121,6	20,97	3,6	1,15	0,88	—	—	—	—	—	—	—	—
КрАЗ-260Л+ + 2-Р-20	a	16340	8590	5660	4790	4010	2500	1643	1165	—	—	—	—	—
	b	1765	256,9	103,1	45,75	27,24	5,41	2,64	1,48	—	—	—	—	—
КамАЗ-5320 + + ТМЗ-803	a	6150	4990	3170	2570	2095	1697	1237	1003	794	643	—	—	—
	b	148,6	80,54	20,94	11,44	6,49	3,76	1,84	1,29	0,96	0,72	—	—	—
КрАЗ-6437	a	11947	8534	6091	4329	3030	2149	1546	1087	—	—	—	—	—
	b	376	128,1	50,72	18,75	6,99	3,04	1,66	1,14	—	—	—	—	—
МАЗ-5437	a	9248	6604	4714	3350	2345	1663	1196	850	—	—	—	—	—
	b	474,6	173	63,33	23,15	8,36	2,75	1,66	1,02	—	—	—	—	—
Сису-СМ-300- САКН 8х2	a	17110	11298	8392,0	6165	4590,0	3340,4	2919,5	2448,9	2172,7	1819,6	1588,7	1357,9	1181,3
	b	1274	370,9	152,5	61,21	25,46	10,3	7,02	4,21	3,44	2,36	1,70	1,46	1,24

Состав автопоезда	Коэффици- ент	Номер передачи												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Сису-СМ-270- СКН 6х2	a	15585	10324	7769	5634	4194	3052,6	2668,0	2270,8	1985,4	1662,8	1451,8	1240,2	1079,6
	b	1183	345,2	142,4	57,48	23,02	9,64	6,74	4,45	3,26	2,25	1,77	1,41	1,17
МАЗ-63031	a	8960	6281,5	4628,6	3591,6	2855,7	1796,1	1323,9	1026,3	815,9	—	—	—	—
	b	165,8	51,96	22,81	11,38	6,17	2,14	1,54	1,06	0,94	—	—	—	—
МАЗ-63030	a	7923,0	5724,3	4211,6	3268,3	2596,6	1634,2	1204,6	934,1	724,4	—	—	—	—
	b	143,4	50,12	22,61	10,00	5,500	1,960	1,39	1,03	0,92	—	—	—	—
МАЗ-63171	a	18788	11426	8406,4	6524	4820	3261,8	2405	1864	—	—	—	—	—
	b	2557	468,4	187,0	87,84	44,42	11,7	5,17	2,71	1,83	—	—	—	—
Урал-43204	a	5770,9	2972,9	1687,0	1029	743,7	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	164,3	22,97	4,682	1,513	0,938	—	—	—	—	—	—	—	—
МАЗ-6363- 26	a	11316	8088	5577	4103	2873	1998,5	1480,7	1047,8	—	—	—	—	—
	b	337,4	119,9	43,82	15,68	6,11	2,089	1,41	0,972	—	—	—	—	—
КамАЗ- 53228	a	6888	5261	3549,6	2898	2202,5	1797,2	1341	1101	880,9	717	—	—	—
	b	151,5	82,62	20,83	11,35	4,98	2,7	1,69	2,2	0,918	0,78	—	—	—
МАЗ-630808- 226	a	20414	12428	9138,2	6882	5634,1	3547,6	2615,6	2027,4	1611,6	—	—	—	—
	b	2295,3	517,97	204,9	87,6	48,02	11,99	4,81	2,24	1,126	—	—	—	—
Урал-Ивеко	a	18851	15852	12996	10884	8944	7885,4	6291,4	5251	4121	3490	2853	2376	1951
	b	2034,1	1264,9	666,5	391,4	213,9	112,9	75,6	44,1	21,26	12,91	6,92	4,07	2,25
	a	1630	1377	1148	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	1,31	0,79	0,45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
МЗКТ 6903	a	22846	12841	9071	6532	51,14	3976	2594	1866	1456	—	—	—	—
	b	2428	432,1	152,9	57,7	28,14	11,03	4,46	2,23	1,53	—	—	—	—

Таблица П.1.3

Коэффициенты, зависимостей аппроксимирующих тормозную характеристику в виде  $F_t = a_t - b_t v^2$ 

Состав автопоезда	Коэффициент	Номер передачи												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
МАЗ-509 + ТМЗ-803	<i>a</i>	-2940	-1620	-848	-546	-370	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	408	68,1	9,82	2,72	0,814	—	—	—	—	—	—	—	—
КрАЗ-255Л + ТМЗ-803	<i>a</i>	-2467	-1354	-712	-468	-311	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	448	76,1	11,64	3,93	1,74	—	—	—	—	—	—	—	—
ЗИЛ-131 + ТМЗ-802	<i>a</i>	-1448	-798	-446	-287	-195	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	106,3	18,19	3,54	1,38	0,71	—	—	—	—	—	—	—	—
KNFW-12Т + ТМЗ-803	<i>a</i>	-2114	-1284	-766	-449	-333	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	371,7	83,16	18,56	4,4	2,30	—	—	—	—	—	—	—	—
Урал-375 + ТМЗ-803	<i>a</i>	-1372	-756	-398	-222	-173	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	214,2	26,22	5,67	1,36	0,88	—	—	—	—	—	—	—	—
КрАЗ-260Л + 2-Р-20	<i>a</i>	-6871	-3630	-2340	-1980	-1691	-1034	-664	-483	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	3481	546	147,8	90,14	52,64	13,74	4,77	2,08	—	—	—	—	—
КамАЗ-5320 + ТМЗ-803	<i>a</i>	-3170	-2580	-1630	-1330	-1010	-826	620	-506	-405	-330	—	—	—
	<i>b</i>	312,6	171,6	43,64	24,04	14,84	9,27	6,27	3,02	—	—	—	—	—
КрАЗ-6437	<i>a</i>	-4978	-3556	-2538	-1804	-1262,5	-895	-644,2	-457	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	825	272,2	96,65	35,73	13,32	5,78	2,99	1,08	—	—	—	—	—
МАЗ-5437	<i>a</i>	1040	367,5	120,6	44,11	15,33	5,24	2,99	0,952	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	-3853	-2751	-1964,2	-1389,5	-977	-692,9	-498	-354	—	—	—	—	—
Сису-СМ-300-САКН 8x2	<i>a</i>	-8820	-5824	-4320	-3177	-2366	-1722	-1504	-1262	-1120	-937,6	-818,9	-699,5	-608,9
	<i>b</i>	1611	469,2	192,9	77,4	32,2	13,04	8,34	5,11	4,13	2,77	1,624	1,63	1,49

Состав автопоезда	Коэффициент	Номер передачи												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Сису-СМ-270-СКН 6х2	a	-8033	-5322	-4003	-2904	-2162	-1574	-1371	-1171	-997,4	-857,0	-748,5	-639,2	-556,5
	b	1496	436	180,1	72,66	29,1	12,2	7,49	4,81	3,90	2,63	2,02	1,56	1,27
МАЗ-63031	a	-4618	-3237	-2386	-1852	-1320	-926	-682,5	-527	-420,1	—	—	—	—
	b	349,5	109,5	48,06	24,00	12,11	3,61	2,35	1,33	1,07	—	—	—	—
МАЗ-63030	a	-4084	-2950	-2171	-1685	-1339	-842	-621	-481	-373	—	—	—	—
	b	302,2	105,6	47,65	21,08	10,65	3,22	2032	1,26	1,04	—	—	—	—
МАЗ-63171	a	-9268	-5890	-4330	-3383	-2484	-1682	-1240	-959	-764	—	—	—	—
	b	1616	296,1	118,2	55,53	28,08	7,11	3,57	2,01	1,45	—	—	—	—
Урал-43204	a	-2975	-1533	-870	-531	-383	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	225	31,45	6,18	1,836	1,047	—	—	—	—	—	—	—	—
МАЗ-6363-26	a	-4150	-3123	-2231	-1586	-983	-687	-499,1	-402	—	—	—	—	—
	b	716	239,1	84,82	31,46	13,06	6,16	2,64	0,951	—	—	—	—	—
КамАЗ-53228	a	-3472	-2827	-1785	-1457	-1167	-902,6	-677	-533	-441	-363	—	—	—
	b	759,2	414,1	104,7	56	25	13,6	5,72	3,12	1,6	0,865	—	—	—
МАЗ-630808-226	a	-12538	-7610	-5605	-4590	-3453	-2172	-1602	-1241	-987	—	—	—	—
	b	2627	592	235,3	101	55,7	14,5	6,27	3,33	2,06	—	—	—	—
Урал-Ивеко	a	-14849	-12471	-10237	-8573	-7075	-5896	-4956	-4142	-3246	-2479	-2233	-1872	-1537
	b	2343	1443	796,4	468,7	259,7	154,3	90,4	52,7	25,4	15,4	8,27	4,87	3
	a	-1484	-1289	969	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	b	1,57	1,17	0,94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
МЗКТ6903	a	-8865	-4880	-3446	-2480	-1954	-1510	-986	-791	-553	—	—	—	—
	b	4807	855	259,9	98,09	47,8	18,8	7,58	3,79	2,3	—	—	—	—

Таблица П.1.4

Коэффициенты зависимостей, аппроксимирующие тяговую характеристику в виде  $F_t = a - bv$ 

Состав автопоезда	Коэффициент	Номер передачи									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
МАЗ-509 + ТМЗ-803	<i>a</i>	5425	3013	1573	1069	745	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	479	151,5	46,3	25,8	22,6	—	—	—	—	—
КрАЗ-255Л + ТМЗ-803	<i>a</i>	7538	4196	2223	1514	1128	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	777	254	77,7	46	38,3	—	—	—	—	—
ЗИЛ-131	<i>a</i>	3338	1838	1041	703	526	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	220,8	66,07	25,69	17,71	16,49	—	—	—	—	—
KNFW-12Т	<i>a</i>	7359	4446	2629	1638	1340	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	516	178	66,48	31,87	36,77	—	—	—	—	—
Урал-375	<i>a</i>	5184	2813	1532	912	770	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	419	135	44,28	25,3	24,82	—	—	—	—	—
КрАЗ-260Л	<i>a</i>	18 256	9871	6445	5270	4419	2708	1877	1603	—	—
	<i>b</i>	379,7	1064	588	306	218	69,34	51,35	68,08	—	—
КамАЗ-5320	<i>a</i>	6608	5354	3414	2773	2268	1850	1350	1153	972	846
	<i>b</i>	535	350	147	99	68,69	49,14	29,12	28,68	26,77	24,80
КрАЗ-6437	<i>a</i>	12430	8872	6473,3	4608	3242,8	2371,9	1740,7	1350,6	—	—
	<i>b</i>	920,0	445,3	283,3	147,2	78,46	54,00	35,38	35,20	—	—

Состав автопоезда	Коэф- фици- ент	Номер передачи									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
МАЗ-5434	a	10 385,4	7350	5289	3765	2632	1864	1429	1124	—	—
	b	1487	733,5	387,0	198,9	99,9	47,75	39,90	33,89	—	—
МАЗ-6303	a	8608	6201	3681	3566	2586	1861	1511	1330	1241	—
	b	8608	6201	3681	3566	2586	1861	1511	1330	1241	—
Урал-4320	a	6445	3316	1911	1236	974,5	—	—	—	—	—
	b	680,92	181	66,3	36,53	30,1	—	—	—	—	—
МАЗ-6303-26	a	12154	8720,4	6016,4	4415	3122	2167	1701	1348	—	—
	b	1064,4	559,9	281,2	141,9	79,13	39,4	35,7	34,6	—	—
КамАЗ-53288 + +ТМЗ-8966-010	a	7505,1	6014,57	3797,37	3114,72	2380,79	1958,7	1488,5	1273,34	964,13	1005,9
	b	617,3	373,2	148,7	106	66,25	49	34,48	32,04	24,3	34,3
МАЗ-630308- 226 + МАЗ- 83782	a	24 549,82	14 790,28	10 993,87	9096,34	6797,59	4316,15	3231,56	2582,22	2163,84	—
	b	6379,53	2309,03	1276,75	684,79	493,25	205,03	1213,9	84,59	66,98	—
Урал-Ивеко	a	216 091,05	18 358,12	14 921,56	12524,37	10 261,79	8485,43	8060,18	6043,93	4742,32	4016,44
	b	4987,63	3694,63	2368,78	1662,67	110,52	697,32	431,94	388,2	238,4	171,06
	a	3280,146	2733,94	2249,68	1875,34	1553,11	1320,31	—	—	—	—
	b	112,72	79,19	53,73	37,248	25,11	18,46	—	—	—	—

Таблица П.1.5

Коэффициенты зависимостей, аппроксимирующие тормозную характеристику в виде  $F_r = a - bu$ 

Состав автопоезда	Коэффициент	Номерпередачи									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
МАЗ-509 + + ТМЗ-803	<i>a</i>	1147	-509	-241	-102	+57	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	1430	402	109	51	23	—	—	—	—	—
КрАЗ-255Л + + ТМЗ-803	<i>a</i>	-1147	-509	-241	-102	+57	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	1650	524	153	78	52	—	—	—	—	—
ЗИЛ-131	<i>a</i>	-1125	-616	-334	-180	-78	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	384	119	41	25	19	—	—	—	—	—
KNFW-12Т	<i>a</i>	-241	-147	-144	-137	-1341	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	1695	625	218	94,5	66,7	—	—	—	—	—
Урал-375	<i>a</i>	-765	-495	-194	-66,0	-6,27	—	—	—	—	—
	<i>b</i>	773	178	73	31,4	26,1	—	—	—	—	—
КрАЗ-260Л	<i>a</i>	-4004	-1996	-1319	-1109	-964	-539	-274	-145	—	—
	<i>b</i>	6600	1974	812	585	409	172	90	55	—	—
КамАЗ-5320	<i>a</i>	-2119	-1694	-1077	-865	-584	-548	-369	-261	-163	-31
	<i>b</i>	1188	809	322	219	164	86,4	57,1	44,95	35,23	42,64
КрАЗ-6437	<i>a</i>	-5342	-2519	-1805	-1268	-8576	-706,8	-294,3	-206,3	—	—
	<i>b</i>	1247	1085	542,1	283,2	149,4	74,22	65,80	33,47	—	—



Состав автопоезда	Коэффициент	Номерпередачи									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
МАЗ-5434	a	-1362	-966,3	-871	-536	-473	-319	-119	-124	—	—
	b	3260	1775	736,6	379,4	1301	91,6	69,00	30,4	—	—
МАЗ-6303	a	-2651	-1924	-1315	-1054	-893,6	-457,9	-1734	-20,1	230	—
	b	1348	674,8	413,8	236,1	150,3	72,1	61,8	49,4	51,2	—
Урал-4320	a	-2033	-1046	-597	-278	-1237	—	—	—	—	—
	b	931,8	253,0	87,76	44,33	33,7	—	—	—	—	—
МАЗ-6303-26	a	-2337	-1899	-1378	-9644	-507	-573	-90,7	-92,4	—	—
	b	2327	1097,5	545,3	284,8	161,6	76,2	66,5	35,7	—	—
КамАЗ-53288+ + ТМЗ-8966-010	a	-376,92	-323,72	-191,04	-161,15	-379,37	-102,11	-229,87	-61,024	-49	-40,12
	b	3451	2285	910	608	386	234	166	87,6	59,1	37,3
МАЗ-630308-226+МАЗ-83782	a	-7803,55	-4906,83	-3416,62	-3224,9	-2143,2	-1346,59	993,833	-769,02	-611,99	—
	b	7301,42	2642,13	1460,32	776,49	555,5	220,45	119,7	72,03	45,51	—
Урал-Ивеко	a	-11578,2	-9610,52	-7867,61	-6611,37	-547,85	-4540,12	3821,76	3189,83	2504,107	-1849,26
	b	5745,63	4217,05	2847,5	1988,34	1333,3	942,44	664,52	464,9	284,83	204,84
	a	-982,7	-1380,66	-548,68	-1243,02	-14440,9	-1689,73	—	—	—	—
	b	45,04	32,48	38,16	53,49	94,99	138,38	—	—	—	—

Таблица П.1.6

Коэффициенты  $\alpha = I_m P / 2\pi r_{\text{дин}}$ 

Состав автопоезда	Коэф- фици- ент	Номер передачи													
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
МАЗ-509	14,69	7,82	4,25	2,79	1,86	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
КрАЗ-255Л	14,12	7,77	4,07	2,68	1,79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЗИЛ-131	17,05	9,39	5,27	3,38	2,31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
KNFW-12Г	12,38	7,52	4,49	2,63	1,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Урал-375	19,6	10,8	5,71	3,18	2,48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
КрАЗ-260Л	28,18	14,29	9,40	7,95	5,85	4,15	2,73	1,94	—	—	—	—	—	—	—
КамАЗ-5320	16,59	14,44	8,56	6,94	5,65	4,58	3,34	2,70	2,14	1,74	—	—	—	—	—
КрАЗ-6437	20,79	14,84	10,59	7,523	5,27	3,74	2,690	1,909	—	—	—	—	—	—	—
МАЗ-5434	19,60	14,00	9,991	7,100	4,97	3,525	2,536	1,804	—	—	—	—	—	—	—
Сису-СМ-300- САКН 6х2	18,01	11,93	8,862	6,51	4,847	3,528	3,083	2,624	2,294	1,992	1,677	1,434	1,248	—	—
Сису-СМ-270- САКН-6х2	17,16	11,37	9,29	6,203	4,509	3,361	2,938	2,500	2,186	1,830	1,599	1,366	1,189	—	—
МАЗ-63031	12,81	8,996	6,618	5,136	4,080	2,568	1,761	1,468	1,166	—	—	—	—	—	—
МАЗ-63030	12,81	8,996	6,618	5,136	4,080	2,568	1,761	1,468	1,166	—	—	—	—	—	—
МАЗ-63171	17,75	10,79	7,942	6,163	4,890	3,082	2,272	1,761	1,400	—	—	—	—	—	—
Урал-43204	17,27	8,913	5,058	3,084	2,229	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ЗИЛ-130	15,38	8,48	4,73	3,04	2,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
МАЗ-6303-26	18,29	13,06	8,046	6,625	4,637	2,389	2,366	1,751	—	—	—	—	—	—	—
КамАЗ 53228	15,8	12,9	8,15	6,66	50,6	4,13	3,1	2,53	2,02	1,65	—	—	—	—	—
МАЗ-630308-226	20,97	12,75	9,38	7,28	5,78	3,64	2,68	2,08	1,65	—	—	—	—	—	—
Урал-Ивеко	20,38	17,11	14,05	11,76	9,67	8,09	6,8	5,69	4,45	1,49	1,76	2,11	2,56	3,06	3,77

**Коэффициенты уравнений, аппроксимирующие зависимость  
часового расхода топлива от числа оборотов двигателя**

Наименование автомобиля	$a_0$	$a_1$	$a_2$
МАЗ-509	-6,172	$2,318 \cdot 10^{-2}$	$-2,651 \cdot 10^{-6}$
КраЗ-255Л	-4,675	$2,866 \cdot 10^{-2}$	$-2,42 \cdot 10^{-6}$
ЗИЛ-131	0,839	$1,356 \cdot 10^{-2}$	$-1,5 \cdot 10^{-7}$
KNFW-121	-16,69	$5,14 \cdot 10^{-2}$	$-6,69 \cdot 10^{-6}$
Урал-375	3,353	$1,307 \cdot 10^{-2}$	$-6,00 \cdot 10^{-7}$
КраЗ-260Л	-0,0595	$3,12 \cdot 10^{-2}$	$-2,55 \cdot 10^{-6}$
КамАЗ-5320	-3,664	$1,98 \cdot 10^{-2}$	$-1,37 \cdot 10^{-6}$
КраЗ-6437	-0,0694	$3,33 \cdot 10^{-2}$	$-2,72 \cdot 10^{-6}$
МАЗ-5434	-3	$2,76 \cdot 10^{-2}$	$-2,4 \cdot 10^{-6}$
Сису-СМ-300 САН 8х2	-55,28	$1,13 \cdot 10^{-1}$	$-2,78 \cdot 10^{-5}$
Сису-СМ-270 САН 6х2	6,214	$2,16 \cdot 10^{-2}$	$8,63 \cdot 10^{-7}$
МАЗ-63031	-13,95	$5,465 \cdot 10^{-1}$	$-8,5 \cdot 10^{-6}$
МАЗ-63030*	-12,78	$5,01 \cdot 10^{-1}$	$-7,79 \cdot 10^{-6}$
МАЗ-63171	-48,5	$1,114 \cdot 10^{-1}$	$-2,77 \cdot 10^{-5}$
Урал-43204	-3,664	$1,98 \cdot 10^{-2}$	$-1,37 \cdot 10^{-6}$
ЗИЛ-130	0,839	$1,356 \cdot 10^{-2}$	$-1,5 \cdot 10^{-7}$
КамАЗ-53228	21,483	0,00498	$6,8 \cdot 10^{-6}$
МАЗ-630308-226	-4,692	0,06089	$-1,2 \cdot 10^{-5}$
Урал-Ивеко	-14,89	0,0661	$-1,2 \cdot 10^{-5}$

Для МАЗ-6303-26 коэффициенты  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  те же, что и для МАЗ-63030.

# Приложение 2

Таблица П.2.1

Значение «х» для грузового направления в режиме РД

S	$x_I$	$x_{II}$	$x_{III}$	$x_{IV}$	$x_V$
1	1,04565	1,01291	1,0026	1,00106	1,0006
5	1,25005	1,06622	1,01305	1,00529	1,003
10	1,56262	1,13682	1,02628	1,01061	1,006
15	1,95336	1,2121	1,03968	1,01596	1,00902
20	2,44179	1,29236	1,05325	1,02133	1,01204
25	3,05236	1,37794	1,067	1,02673	1,01507
30	3,8156	1,46918	1,08093	1,03217	1,01811
35	4,76969	1,56647	1,09504	1,03763	1,02116
40	5,96234	1,6702	1,10933	1,04312	1,02322
45	7,45322	1,7708	1,12323	1,04864	1,02729
50	9,3169	1,89972	1,13848	1,05418	1,03037
60	14,5588	2,1585	1,16847	1,06537	1,03656
70	22,74922	2,45383	1,19911	1,07667	1,04278
80	35,54955	2,78957	1,23062	1,08809	1,04904
100	86,80457	3,60513	1,29615	1,1113	1,06167
120	211,95863	4,65913	1,36516	1,13501	1,07445
140	517,55869	6,02128	1,43786	1,15922	1,08739
160	1263,7702	7,78168	1,51442	1,18395	1,10048
180	3085,8629	10,05675	1,59506	1,2092	1,11373
200	7335,0327	12,99696	1,67999	1,23499	1,12714

Примечания: «х» для грузового направления в режиме РД:  $x = e^{\frac{2B\theta_s}{G\delta}}$ .

Значение «х» для грузового направления в режиме ТД

S	$x_I$	$x_{II}$	$x_{III}$	$x_{IV}$	$x_V$
1	1,10283	1,02721	1,00508	1,0018	1,00082
5	1,63135	1,14368	1,02565	1,00905	1,00411
10	2,6613	1,30801	1,05197	1,01818	1,0823
15	4,34151	1,49594	1,07895	1,02739	1,01237
20	7,08252	1,71088	1,10663	1,03669	1,01653
25	11,55407	1,9567	1,13502	1,04607	1,02071
30	18,84873	2,23785	1,64414	1,05553	1,0249
35	30,74886	2,55938	1,194	1,06508	1,02921
40	50,16214	2,92712	1,22463	1,07472	1,03334
45	81,83198	3,34769	1,25605	1,08445	1,03758
50	133,49656	3,82869	1,28827	1,09426	1,04184
60	355,27456	5,00796	1,35522	1,11415	1,05042
70	945,49254	6,55044	1,42564	1,13441	1,05907
80	2 516,2404	8,56802	1,49973	1,15503	1,06779
100	—	14,65888	1,65964	1,1974	1,08544
120	—	25,07962	1,83661	1,24133	1,10338
140	—	42,90829	2,03246	1,28688	1,12163
160	—	73,41103	2,24918	1,33409	1,14017
180	—	125,59765	2,48901	1,38303	1,15902
200	—	214,88281	2,75442	1,43378	1,17818

Значение «х» для порожнего направления в режиме РД

$S$	$x_I$	$x_{II}$	$x_{III}$	$x_{IV}$	$x_V$
1	1,0634	1,02313	1,0583	1,00245	1,00143
5	1,35985	1,12111	1,02948	1,0232	1,00715
10	1,84916	1,25688	1,05982	1,02479	1,01435
15	2,51456	1,4091	1,09106	1,03742	1,02161
20	3,4194	1,57975	1,12322	1,0502	1,02892
25	4,64984	1,77107	1,15633	1,06313	1,03627
30	6,32303	1,98555	1,19042	1,07623	1,04369
35	8,59831	2,22602	1,22551	1,08949	1,05115
40	11,69231	2,4956	1,26163	1,10291	1,05867
45	15,89967	2,79784	1,29882	1,165	1,06624
50	21,62099	3,13667	1,3371	1,13025	1,07386
60	39,98073	3,94242	1,41709	1,15827	1,08928
70	73,93087	4,95515	1,50186	1,18699	1,10492
80	136,7102	6,22804	1,59171	1,21641	1,12078
100	467,46718	9,83872	1,78784	1,27747	1,15318
120	1 598,4585	15,5427	2,00814	1,3416	1,18653
140	5 465,773	24,55355	2,25559	1,40894	1,22084
160	—	38,78842	2,53353	1,47966	1,25614
180	—	61,27592	2,84572	1,55394	1,29246
200	—	96,80051	3,19638	1,63194	1,32984

Значение «х» для порожнего направления в режиме ТД

S	$x_I$	$x_{II}$	$x_{III}$	$x_{IV}$	$x_V$
1	1,14431	1,04904	1,01139	1,00419	1,00195
5	1,96209	1,27044	1,05828	1,02114	1,00981
10	3,84979	1,61401	1,11995	1,04273	1,01972
15	7,55364	2,06047	1,18521	1,06473	1,02972
20	14,8209	2,60501	1,25428	1,00729	1,03983
25	29,07993	3,3095	1,32736	1,11028	1,05003
30	57,05741	4,20451	1,40473	1,13375	1,06033
35	111,95171	5,34156	1,48659	1,15772	1,07074
40	219,6592	6,7861	1,57323	1,1822	1,0824
45	460,99089	8,6219	1,66911	1,20719	1,09185
50	845,64243	10,95281	1,76133	1,23271	1,10256
60	3 255,5481	17,6779	1,97327	1,28539	1,1243
70	—	28,53223	2,20996	1,34031	1,14647
80	—	46,05119	2,47504	1,39759	1,16908
100	—	119,96403	3,1044	1,51958	1,21564
120	—	312,50808	3,8938	1,65222	1,26406
140	—	814,0882	4,88393	1,79644	1,3144
160	—	2 120,7119	6,12583	1,95324	1,36675
180	—	5 524,4861	7,68353	2,12374	1,42119
200	—	—	9,63732	2,30912	1,47779

Значение «у» для грузового направления в режиме РД

$t$	$y_I$	$y_{II}$	$y_{III}$	$y_{IV}$	$y_V$
0,1	1,00852	1,00449	1,00169	1,00106	1,0009
0,5	1,04335	1,02266	1,00849	1,00529	1,00452
1	1,08859	1,04583	1,01705	1,01061	1,00906
1,5	1,13578	1,06953	1,02569	1,01596	1,01363
2	1,18502	1,09377	1,0344	1,02133	1,01821
2,5	1,2364	1,11856	1,04318	1,02673	1,02281
3	1,29	1,1439	1,05203	1,03217	1,02744
3,5	1,34593	1,16982	1,06097	1,03763	1,03208
4	1,40428	1,19633	1,06997	1,04312	1,03675
4,5	1,46516	1,22344	1,07906	1,04864	1,04144
5	1,52869	1,25117	1,08822	1,05418	1,04615
6	1,66411	1,30851	1,10678	1,06537	1,05563
7	1,81153	1,36849	1,12565	1,07667	1,0652
8,5	2,0575	1,46367	1,15456	1,09385	1,07971
10	2,33688	1,56542	1,18422	1,1113	1,09443
12,5	2,88932	1,75101	1,23535	1,14101	1,1194
15	3,57235	1,9586	1,28869	1,17152	1,14493
17,5	4,41686	2,19081	1,24434	1,20284	1,17105
19,5	5,23408	2,39624	1,39057	1,22849	1,19238
20	5,461	2,45054	1,40238	1,23499	1,19777
22,5	6,75199	2,74107	1,46293	1,26801	1,2251
25	8,34816	3,06604	1,5261	1,30191	1,25305
27,5	10,32166	3,42954	1,59199	1,33672	1,28163
30	12,76171	3,83613	1,66073	1,37245	1,31087

Примечания: «у» для грузового направления в режиме РД:  $y = e^{\frac{B_g t}{G \delta}}$ .



## Значение «у» для грузового направления в режиме ТД

$t$	$y_I$	$y_{II}$	$y_{III}$	$y_{IV}$	$y_V$
0,1	1,01819	1,00928	1,00333	1,0018	1,00123
0,5	1,09431	1,04727	1,01677	1,00902	1,00618
1	1,19752	1,09677	1,03383	1,01812	1,0124
1,5	1,31046	1,14861	1,05117	1,02731	1,01865
2	1,43405	1,2029	1,06881	1,03657	1,02495
2,5	1,56929	1,25976	1,08673	1,04592	1,03128
3	1,7173	1,31931	1,10496	1,05536	1,03766
3,5	1,87926	1,38167	1,1235	1,06488	1,04407
4	2,05649	1,44698	1,14235	1,07449	1,05052
4,5	2,25044	1,51537	1,16151	1,08418	1,05701
5	2,46269	1,587	1,18099	1,09396	1,06354
6	2,94911	1,74058	1,22095	1,11378	1,07673
7	3,53161	1,90901	1,26225	1,13397	1,09008
8,5	4,62802	2,19271	1,32684	1,16493	1,11041
10	6,06482	2,51857	1,39474	1,19675	1,13113
12,5	9,5175	3,1728	1,51571	1,25171	1,16651
15	14,93576	3,99698	1,64718	1,30919	1,203
17,5	23,43862	5,03525	1,79004	1,36931	1,24064
20	36,78211	6,34321	1,9453	1,4322	1,27945
22,5	57,72198	7,99094	2,11403	1,49797	1,31947
25	90,58282	10,06669	2,29739	1,56677	1,36075
27,5	142,15117	12,68164	1,63872	1,63872	1,40332
30	223,07713	15,97535	2,71319	1,71398	1,44722

Значение «у» для порожнего направления в режиме РД

<i>t</i>	<i>y<sub>I</sub></i>	<i>y<sub>II</sub></i>	<i>y<sub>III</sub></i>	<i>y<sub>IV</sub></i>	<i>y<sub>V</sub></i>
0,1	1,01176	1,00802	1,00379	1,00245	1,00215
0,5	1,06019	1,04076	1,01908	1,01232	1,0108
1	1,12401	1,08318	1,03853	1,02479	1,02172
1,5	1,19166	1,12733	1,05835	1,03742	1,03276
2	1,26339	1,17328	1,07855	1,0502	1,04392
2,5	1,33943	1,2211	1,09913	1,06313	1,0552
3	1,42006	1,27087	1,12011	1,07623	1,0666
3,5	1,50553	1,32268	1,14149	1,08949	1,07812
4	1,59615	1,37659	1,16327	1,10291	1,08977
4,5	1,69222	1,4327	1,18547	1,1165	1,10154
5	1,79408	1,49109	1,2081	1,13025	1,11344
6	2,01656	1,61512	1,25465	1,15827	1,13763
7	2,26662	1,74947	1,303	1,18699	1,16235
8,5	2,70104	1,97223	1,37903	1,2314	1,20043
10	3,21873	2,22336	1,4595	1,27747	1,23975
12,5	4,31127	2,71495	1,60419	1,35812	1,30819
15	5,77465	3,31523	1,76322	1,44387	1,3804
17,5	7,73476	4,04824	1,93801	1,53503	1,45659
20	10,3602	4,94332	2,13014	1,63194	1,53699
22,5	13,67679	6,03631	2,34131	1,73497	1,62183
25	18,58703	7,37075	2,57342	1,8445	1,71135
27,5	24,89609	9,0007	2,8285	1,96095	1,80562
30	33,34664	10,98078	3,10894	2,08476	1,90549

Значение «у» для порожнего направления в режиме ТД

$t$	$y_I$	$y_{II}$	$y_{III}$	$y_{IV}$	$y_V$
0,1	1,02513	1,0166	1,00747	1,00418	1,00294
0,5	1,13215	1,08583	1,0379	1,02108	1,01478
1	1,28177	1,17902	1,07723	1,0426	1,02978
1,5	1,45116	1,28022	1,11806	1,06457	1,045
2	1,64293	1,39009	1,16043	1,08701	1,06045
2,5	1,86004	1,5094	1,20441	1,10992	1,07613
3	2,10585	1,63895	1,25006	1,13331	1,09203
3,5	2,38414	1,77962	1,29744	1,1572	1,10818
4	2,69921	1,93236	1,34661	1,18159	1,12456
4,5	3,05592	2,09821	1,39764	1,2065	1,14118
5	3,45977	2,2783	1,45061	1,23192	1,15805
6	4,43462	2,68617	1,56625	1,2844	1,19524
7	5,60415	3,16705	1,68334	1,33914	1,22805
8,5	8,24858	4,05451	1,88208	1,42558	1,28332
10	11,96998	5,19065	2,10428	1,51764	1,34108
12,5	22,26469	7,83479	2,53443	1,68446	1,44317
15	41,41333	11,82587	3,0525	1,86961	1,55303
17,5	77,03065	17,85002	3,67647	2,07512	1,67126
20	143,28045	26,74289	4,428	2,30322	1,79849
22,5	266,50806	40,6677	5,33314	2,55639	1,9354
25,5	561,22603	66,65248	6,66675	2,8972	2,11352
27,5	922,05568	92,65327	7,73639	3,14928	2,24128
30	1 715,0648	139,851 22	9,31775	3,47546	2,41191

Значение «р» для грузового направления в режиме РД

S	$\rho_I$	$\rho_{II}$	$\rho_{III}$	$\rho_{IV}$	$\rho_V$
2	3,467	1,017	0,207	0,084	0,048
4	13,47	4,034	0,827	0,337	0,191
8	50,9	15,867	3,297	1,347	0,765
12	108,372	35,108	7,394	3,026	1,719
16	182,609	61,387	13,099	5,373	3,054
20	270,869	94,353	20,397	8,384	4,768
24	370,86	133,67	29,272	12,055	6,861
28	480,664	179,022	39,706	16,386	9,331
32	598,675	230,106	51,684	21,372	12,177
38	723,552	286,636	65,19	27,011	15,4
40	854,172	348,339	80,208	33,3	18,997
44	989,596	414,958	96,723	40,237	22,968
48	1 129,039	486,246	114,719	47,819	27,312
52	1 271,843	561,969	134,181	56,042	32,028
60	1 565,426	725,847	177,441	74,405	42,574
68	1 866,943	904,947	226,384	95,304	54,597
80	2 329,082	1 198,932	310,202	131,36	75,387
100	3 114,198	1 745,972	476,697	203,833	117,328
120	3 908,102	2 350,258	675,219	291,501	168,287
140	4 705,606	2 998,783	904,15	394,047	228,157
160	5 504,583	3 681,591	1 161,952	511,16	296,832
180	6 304,165	4 390,911	1 447,165	642,534	374,208
200	7 103,993	5 120,744	1 758,404	787,873	460,18

Таблица П.2.10

Значение «р» для грузового направления в режиме ТД

S	$\rho_I$	$\rho_{II}$	$\rho_{III}$	$\rho_{IV}$	$\rho_V$
2	7,344	2,11	0,404	0,144	0,066
4	27,605	8,293	1,61	0,575	0,262
8	98,103	32,034	6,398	2,295	1,047
12	197,597	69,652	14,299	5,151	2,353
16	316,694	119,733	25,251	9,136	4,179
20	449,042	181,007	39,193	14,241	6,523
24	590,349	252,335	56,066	20,458	9,383
28	737,712	332,693	75,809	27,779	12,758
32	889,169	421,161	98,366	36,197	16,645
36	1 043,394	516,914	123,680	45,703	21,043
40	1 199,489	619,209	151,696	56,29	25,951
44	1 356,85	727,381	182,359	67,949	31,366
48	1 515,066	840,831	215,617	80,674	37,288
52	1 673,86	959,021	251,418	94,456	43,714
60	1 992,493	1 207,741	330,443	125,162	58,073
68	2 311,868	1 470,239	419,04	160,008	74,4312
80	2 791,505	1 884,133	569,053	219,909	102,684
100	3 591,366	2 611,894	861,756	339,614	159,58
120	4 391,346	3 369,668	1 203,34	483,395	228,562
140	5 191,343	4 144,987	1 589,096	650,4	309,432
160	5 991,343	4 930,561	2 014,768	839,805	401,998
180	6 791,343	5 722,129	2 476,508	1 050,82	506,069
200	7 591,343	6 517,201	2 970,842	1 282,679	621,458

Значение « $\rho$ » для порожнего направления в режиме РД

$S$	$\rho_I$	$\rho_{II}$	$\rho_{III}$	$\rho_{IV}$	$\rho_V$
2	1,359	0,209	-0,318	-0,423	-0,455
4	7,148	2,795	0,726	0,308	0,179
8	26,471	10,852	2,863	1,226	0,716
12	55,316	23,71	6,438	2,75	1,607
16	91,906	40,951	11,359	4,873	2,852
20	133,719	62,19	17,613	7,589	4,447
24	180,385	87,08	25,171	10,393	6,392
28	250,612	115,3	34,003	14,779	8,684
32	283,623	146,56	44,079	19,242	11,321
36	338,812	180,593	55,371	24,274	14,301
40	395,704	217,159	67,851	29,872	17,622
44	453,927	256,084	81,401	36,029	21,283
48	513,191	297,018	96,265	42,741	25,28
52	573,27	339,926	112,147	50,001	29,614
60	695,199	430,657	147,134	66,146	39,279
68	818,71	527,649	186,254	84,422	50,263
80	1 005,665	681,731	252,276	115,742	69,18
100	1 319,339	956,139	380,441	178,023	107,-93
120	1 633,951	1 245,444	529,103	252,383	152,793
140	1 948,838	1 544,178	696,012	338,246	206,051
160	2 263,805	1 848,862	879,168	435,06	266,685
180	2 573,795	2 157,364	1 076,737	542,303	334,457
200	2 893,792	2 468,238	1 287,284	657,476	409,177

Таблица П.2.12

Значение « $r$ » для порожнего направления в режиме ТД

$S$	$\rho_I$	$\rho_{II}$	$\rho_{III}$	$\rho_{IV}$	$\rho_V$
2	3,389	0,961	-0,146	-0,369	-0,439
4	14,303	5,655	1,406	0,534	0,245
8	48,903	21,321	5,541	2,086	0,979
12	95,339	45,226	12,263	4,667	2,177
16	105,679	75,94	21,518	8,25	3,876
20	206,045	112,293	33,135	12,72	6,072
24	265,76	158,283	47,028	18,36	8,721
28	326,843	198,109	63,097	24,854	11,839
32	388,726	240,103	81,244	32,285	15,424
36	451,074	296,715	101,379	40,639	19,471
40	512,674	347,479	123,413	49,9	23,976
44	576,472	404,03	147,262	60,059	28,937
48	632,343	460,053	172,845	71,053	34,349
52	702,267	517,293	200,075	72,975	40,209
60	828,198	634,603	259,249	109,291	53,26
68	954,174	754,687	324,204	138,889	68,062
80	1 143,164	938,141	431,408	189,203	93,487
100	1 458,162	1 248,74	632,525	287,987	144,23
120	1 773,162	1 562,05	856,73	404,13	205,112
140	2 086,162	1 876,401	1 099,341	536,237	275,718
160	2 403,162	2 191,152	1 356,62	633,026	355,635
180	2 718,162	2 506,057	1 625,61	343,32	444,655
200	3 033,162	2 821,02	1 903,732	1 016,833	542,262

# Приложение 3

Таблица П.3.1

Значение «х» для грузового направления в режиме РД

S	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
5	1,206	1,115	1,055	1,022	1,01	1,003	1,003	1,002
10	1,453	1,244	1,114	1,044	1,02	1,006	1,005	1,004
15	1,752	1,387	1,176	1,067	1,029	1,009	1,008	1,006
20	2,112	1,547	1,241	1,09	1,039	1,012	1,011	1,008
25	2,546	1,725	1,31	1,114	1,05	1,015	1,014	1,01
30	3,069	1,923	1,382	1,139	1,06	1,018	1,016	1,011
35	3,7	2,145	1,459	1,164	1,07	1,021	1,019	1,013
40	4,46	2,392	1,54	1,189	1,081	1,024	1,022	1,015
45	5,377	2,667	1,625	1,215	1,091	1,027	1,024	1,017
50	6,482	2,974	1,715	1,242	1,102	1,03	1,027	1,019
60	9,42	3,699	1,911	1,297	1,123	1,036	1,033	1,023
70	13,69	4,6	2,128	1,354	1,145	1,042	1,038	1,027
80	19,896	5,72	2,371	1,414	1,168	1,049	1,044	1,031
90	28,914	7,114	2,641	1,477	1,19	1,055	1,05	1,035
100	42,019	8,846	2,942	1,542	1,214	1,061	1,055	1,039
110	61,065	11,001	3,277	1,61	1,237	1,067	1,061	1,043
120	88,743	13,681	3,65	1,681	1,262	1,074	1,067	1,047
130	128,967	17,013	4,066	1,756	1,286	1,08	1,072	1,051
140	187,423	21,158	4,529	1,834	1,311	1,087	1,078	1,055
150	272,376	26,311	5,046	1,915	1,337	1,093	1,084	1,059
160	395,834	32,72	5,62	1,999	1,363	1,1	1,09	1,063
170	575,251	40,691	6,261	2,088	1,39	1,106	1,096	1,067
180	835,992	50,602	6,974	2,18	1,417	1,113	1,102	1,071
190	1214,917	62,929	7,769	2,277	1,445	1,119	1,107	1,075
200	1765,595	78,257	8,654	2,378	1,473	1,126	1,113	1,079



## Значение «х» для грузового направления в режиме ТД

$S$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
5	1,505	1,243	1,11	1,044	1,021	1,015	1,005	1,0019
10	2,265	1,544	1,232	1,091	1,042	1,031	1,0101	1,0037
15	3,408	1,919	1,368	1,139	1,064	1,047	1,0151	1,0056
20	5,129	2,384	1,518	1,19	1,086	1,063	1,0202	1,0075
25	7,72	2,962	1,686	1,243	1,109	1,079	1,0254	1,0094
30	11,617	3,681	1,871	1,298	1,132	1,096	1,0305	1,0113
35	17,483	4,573	2,077	1,355	1,156	1,113	1,0357	1,0132
40	26,311	5,683	2,306	1,416	1,18	1,13	1,0409	1,0151
45	39,597	7,061	2,56	1,478	1,205	1,147	1,0461	1,0170
50	59,591	8,774	2,841	1,544	1,23	1,165	1,0514	1,0189
60	134,963	13,547	3,501	1,684	1,282	1,201	1,062	1,0227
70	305,668	20,917	4,315	1,837	1,336	1,238	1,0727	1,0265
80	692,287	32,295	5,317	2,004	1,392	1,276	1,0835	1,0304
90	1567,912	49,863	6,552	2,186	1,451	1,315	1,0944	1,0342
100	3551,055	76,988	8,073	2,384	1,513	1,356	1,1054	1,0381
110	8042,538	118,868	9,948	2,601	1,576	1,398	1,1166	1,042
120	18 214,987	183,53	12,259	2,837	1,643	1,441	1,1278	1,0459
130	41 253,862	283,368	15,107	3,094	1,713	1,486	1,1392	1,0498
140	93 433,011	437,515	18,615	3,375	1,785	1,532	1,1506	1,0538
150	—	675,515	22,939	3,681	1,86	1,579	1,1622	1,0577
160	—	1 042,983	28,267	4,016	1,939	1,628	1,1739	1,0617
170	—	1 610,347	34,833	4,38	2,021	1,678	1,1858	1,0657
180	—	2 486,347	42,923	4,778	2,106	1,73	1,1977	1,0696
190	—	3 838,876	52,893	5,211	2,195	1,784	1,2098	1,0737
200	—	5 927,157	65,178	5,684	2,288	1,839	1,222	1,0777

Значение «х» для порожнего направления в режиме РД

S	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
5	1,293	1,157	1,102	1,043	1,02	1,006	1,006	1,005
10	1,671	1,339	1,213	1,089	1,041	1,013	1,012	1,009
15	2,16	1,55	1,337	1,136	1,062	1,02	1,019	1,014
20	2,793	1,793	1,472	1,185	1,084	1,026	1,025	1,018
25	3,61	2,075	1,622	1,237	1,106	1,033	1,031	1,023
30	4,667	2,401	1,786	1,291	1,128	1,04	1,038	1,028
35	6,033	2,778	1,968	1,347	1,151	1,046	1,044	1,032
40	7,798	3,215	2,167	1,405	1,174	1,053	1,051	1,037
45	10,081	3,72	2,387	1,466	1,198	1,06	1,057	1,042
50	13,032	4,305	2,63	1,53	1,222	1,067	1,064	1,047
60	21,777	5,765	3,191	1,666	1,272	1,081	1,077	1,056
70	36,391	7,72	3,871	1,813	1,324	1,095	1,091	1,066
80	60,813	10,337	4,697	1,974	1,378	1,109	1,104	1,076
90	101,625	13,842	5,7	2,15	1,435	1,123	1,118	1,086
100	169,824	18,535	6,915	2,34	1,494	1,138	1,132	1,096
110	283,791	24,819	8,391	2,548	1,555	1,153	1,146	1,106
120	474,241	33,234	10,181	2,774	1,618	1,168	1,16	1,116
130	792,499	44,502	12,353	3,02	1,685	1,183	1,175	1,126
140	1 324,338	59,591	14,988	3,289	1,754	1,198	1,189	1,136
150	2 213,088	79,795	18,186	3,58	1,825	1,214	1,204	1,147
160	3 698,269	106,85	22,065	3,898	1,9	1,23	1,219	1,157
170	6 180,141	143,078	26,773	4,244	1,978	1,246	1,235	1,168
180	10 327,574	191,59	32,484	4,621	2,059	1,262	1,25	1,179
190	17 258,308	256,549	39,415	5,031	2,143	1,278	1,266	1,19
200	28 840,19	343,534	47,823	5,477	2,231	1,295	1,281	1,2

## Значение «х» для порожнего направления в режиме ТД

S	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
5	1,753	1,338	1,206	1,089	1,044	1,034	1,0116	1,0045
10	3,074	1,789	1,454	1,186	1,09	1,069	1,0234	1,0091
15	5,389	2,393	1,753	1,292	1,137	1,105	1,0353	1,0136
20	9,449	3,201	2,114	1,407	1,187	1,142	1,0473	1,0182
25	16,566	4,282	2,549	1,532	1,239	1,181	1,0595	1,0228
30	29,044	5,727	3,074	1,668	1,293	1,22	1,0718	1,0274
35	50,921	7,661	3,706	1,817	1,35	1,262	1,0843	1,032
40	89,277	10,247	4,469	1,979	1,409	1,304	1,0969	1,0367
45	156,524	13,706	5,389	2,155	1,471	1,348	1,1097	1,0414
50	274,425	18,333	6,498	2,347	1,535	1,394	1,1226	1,0461
60	843,544	32,8	9,448	2,783	1,673	1,489	1,1489	1,0556
70	2592,938	58,684	13,738	3,301	1,823	1,591	1,1757	1,0651
80	7970,337	104,995	19,974	3,915	1,986	1,701	1,2032	1,0748
90	24 499,727	187,851	29,043	4,643	2,164	1,817	1,2314	1,0845
100	75 308,818	336,093	42,227	5,507	2,357	1,942	1,2602	1,0943
110	—	601,32	61,398	6,532	2,568	2,075	1,2897	1,1042
120	—	1075,85	89,272	7,747	2,798	2,218	1,3199	1,1142
130	—	1924,853	129,799	9,188	3,049	2,37	1,3507	1,1243
140	—	3443,845	188,726	10,897	3,322	2,533	1,3823	1,1345
150	—	6161,543	274,404	12,924	3,619	2,706	1,4147	1,1447
160	—	—	398,98	15,328	3,944	2,892	1,4478	1,1551
170	—	—	580,11	18,179	4,297	3,091	1,4817	1,1655
180	—	—	843,47	21,561	4,681	3,303	1,5163	1,1761
190	—	—	1226,391	25,571	5,101	3,529	1,5518	1,1867
200	—	—	1783,152	30,328	5,557	3,772	1,5881	1,1975

## Значение «у» для грузового направления в режиме РД

$t$	$y_I$	$y_{II}$	$y_{III}$	$y_{IV}$	$y_V$	$y_{VI}$	$y_{VII}$	$y_{VIII}$
0,5	1,0308	1,0257	1,0175	1,0098	1,0063	1,0038	1,0361	1,0338
1	1,0626	1,0524	1,0352	1,0198	1,0126	1,0077	1,0683	1,0677
1,5	1,0756	1,0729	1,0533	1,0298	1,0189	1,0116	1,0103	1,0102
2	1,129	1,0706	1,0716	1,04	1,0253	1,0155	1,0137	1,0136
2,5	1,164	1,1356	1,0904	1,0502	1,0318	1,0194	1,0172	1,017
3	1,1998	1,1648	1,1094	1,0605	1,0383	1,0233	1,0206	1,0205
3,5	1,2369	1,1948	1,1288	1,071	1,0449	1,0272	1,0241	1,0239
4	1,275	1,2256	1,1485	1,0815	1,0514	1,0312	1,0276	1,0274
4,5	1,3143	1,2571	1,1686	1,0922	1,058	1,0351	1,0311	1,0308
5	1,3548	1,2895	1,189	1,1029	1,0647	1,0391	1,0346	1,0343
6	1,4397	1,3568	1,2308	1,1248	1,0781	1,0471	1,0417	1,0413
7	1,5299	1,4276	1,2742	1,147	1,0917	1,0551	1,0488	1,0483
8	1,6257	1,5021	1,3191	1,1697	1,1055	1,0633	1,056	1,0555
9	1,7275	1,5805	1,3656	1,1929	1,1185	1,0715	1,0632	1,0626
10	1,8357	1,6629	1,4137	1,2165	1,1336	1,0797	1,0704	1,0698
12	2,0727	1,8409	1,515	1,2651	1,1623	1,0964	1,0851	1,0844
14	2,3405	2,0381	1,6236	1,3157	1,1918	1,1133	1,1	1,1
16	2,6429	2,2563	1,74	1,3682	1,1222	1,1305	1,1151	1,1141
18	2,9842	2,4978	1,8648	1,4229	1,2531	1,148	1,1304	1,1292
20	3,3697	2,7653	1,9985	1,4798	1,285	1,1658	1,1459	1,1446
22	3,805	3,0613	2,1418	1,3389	1,3176	1,1838	1,1616	1,1601
24	4,2964	3,3891	2,295	1,5988	1,351	1,202	1,1775	1,1759
26	4,8514	3,752	2,456	1,6625	1,3853	1,221	1,1936	1,1919
28	5,7481	4,1538	2,6363	1,647	1,4205	1,2395	1,21	1,2081
30	6,1857	4,5985	2,8253	1,8001	1,4566	1,2587	1,2266	1,2245

Значение « $y$ » для грузового направления в режиме ТД

$t$	$y_I$	$y_{II}$	$y_{III}$	$y_{IV}$	$y_V$	$y_{VI}$	$y_{VII}$	$y_{VIII}$
0,5	1,0687	1,0511	1,0341	1,0199	1,0138	1,0074	1,0064	1,0035
1	1,1421	1,1048	1,0694	1,0401	1,0278	1,0149	1,0127	1,0069
1,5	1,2205	1,1613	1,1059	1,0608	1,042	1,0225	1,0191	1,0105
2	1,3043	1,2206	1,1437	1,0818	1,0564	1,0301	1,0256	1,0139
2,5	1,394	1,283	1,1827	1,1033	1,071	1,0378	1,0321	1,0176
3	1,4896	1,3486	1,2231	1,1252	1,0858	1,0455	1,0387	1,0211
3,5	1,5919	1,4175	1,2648	1,1476	1,1009	1,0533	1,0453	1,0247
4	1,7013	1,4899	1,308	1,1703	1,1161	1,0611	1,0516	1,0282
4,5	1,8181	1,5661	1,3527	1,1936	1,1315	1,069	1,0586	1,0318
5	1,943	1,6462	1,3989	1,2173	1,1471	1,077	1,0653	1,0354
6	2,219	1,8187	1,496	1,2661	1,1791	1,0931	1,0789	1,0427
7	2,5343	2,0093	1,599	1,3169	1,2119	1,1094	1,0927	1,05
8	2,8943	2,22	1,711	1,3697	1,2456	1,126	1,1066	1,0573
9	3,3055	2,4527	1,9568	1,4247	1,2803	1,1428	1,1207	1,0674
10	3,7751	2,7098	2,2381	1,4818	1,3159	1,1599	1,135	1,0721
12	4,924	3,3076	2,2387	1,6031	1,3902	1,1949	1,1641	1,0871
14	6,4225	4,037	2,5597	1,7343	1,4687	1,2308	1,194	1,1023
16	8,377	4,9282	2,9137	1,8762	1,5516	1,2679	1,2246	1,1178
18	10,926	6,0155	3,3482	2,0297	1,6392	1,306	1,256	1,1335
20	14,2517	7,3428	3,8294	2,1958	1,7316	1,3454	1,2882	1,1494
22	18,589	8,9628	4,88	2,3756	1,8294	1,385	1,3212	1,1655
24	24,246	10,94	5,0091	2,5699	1,9326	1,4276	1,3551	1,1819
26	31,624	13,354	5,729	2,7802	2,0417	1,4277	1,3899	1,1984
28	41,249	16,308	6,5522	3,0077	2,157	1,4707	1,4256	1,2152
30	53,802	19,899	7,4938	3,2538	2,2787	1,5606	1,4621	1,2323

## Значение «у» для порожнего направления в режиме РД

$t$	$y_I$	$y_{II}$	$y_{III}$	$y_{IV}$	$y_V$	$y_{VI}$	$y_{VII}$	$y_{VIII}$
0,5	1,0426	1,0344	1,0351	1,0194	1,0131	1,008	1,0072	1,0082
1	1,087	1,0699	1,064	1,0392	1,0263	1,0162	1,0146	1,0164
1,5	1,1333	1,1068	1,0975	1,0594	1,0397	1,0243	1,0224	1,0247
2	1,1816	1,1448	1,1321	1,08	1,0533	1,0326	1,0294	1,0331
2,5	1,232	1,1842	1,1678	1,1008	1,0671	1,0409	1,037	1,0415
3	1,2844	1,2249	1,2046	1,1224	1,081	1,0492	1,0446	1,05
3,5	1,3391	1,267	1,2196	1,1441	1,0952	1,0517	1,0522	1,0586
4	1,3962	1,3106	1,2817	1,1664	1,1095	1,0662	1,0599	1,0672
4,5	1,4567	1,3557	1,3221	1,189	1,124	1,0748	1,0676	1,0759
5	1,5177	1,4023	1,3637	1,2121	1,1387	1,0834	1,0754	1,0847
6	1,6498	1,5004	1,451	1,2596	1,1687	1,1009	1,0911	1,1025
7	1,7932	1,6054	1,5433	1,3091	1,1994	1,1187	1,1071	1,1206
8	1,9493	1,7177	1,6427	1,3604	1,231	1,1368	1,1233	1,139
9	2,1189	1,338	1,7479	1,4138	1,2634	1,1551	1,1398	1,1576
10	2,3033	1,9665	1,8598	1,4692	1,2967	1,1738	1,1564	1,1766
12	2,7216	2,2513	2,1055	1,5868	1,3658	1,212	1,1906	1,2155
14	3,216	3,5773	2,3837	1,7137	1,4387	1,2515	1,2257	1,2557
16	3,3	2,9506	2,6987	1,8508	1,5154	1,2922	1,2618	1,2972
18	4,49	3,378	3,055	1,9988	1,5962	1,3343	1,2991	1,341
20	5,3053	3,8672	3,4588	2,1587	1,6813	1,3778	1,3373	1,3844
22	6,2688	4,4272	3,9157	2,3313	1,771	1,4227	1,3768	1,4302
24	7,4072	5,024	4,4331	2,1578	1,8654	1,4689	1,4175	1,4775
26	8,752	5,7475	5,0188	2,7192	1,9649	1,5168	1,4593	1,5263
28	10,3419	6,6428	5,6819	2,9368	2,0697	1,5662	1,5023	1,5768
30	12,22	7,6048	6,4326	3,1716	2,18	1,6172	1,5466	1,629

## Значение «у» для порожнего направления в режиме ТД

$t$	$y_I$	$y_{II}$	$y_{III}$	$y_{IV}$	$y_V$	$y_{VI}$	$y_{VII}$	$y_{VIII}$
0,5	1,0956	1,069	1,062	1,03425	1,0269	1,0156	1,0147	1,0084
1	1,2002	1,1428	1,1279	1,0697	1,0544	1,0315	1,0296	1,0169
1,5	1,3148	1,2217	1,1978	1,1063	1,0828	1,0476	1,0448	1,0255
2	1,4404	1,3061	1,2721	1,1442	1,1118	1,0639	1,06	1,0341
2,5	1,5781	1,3962	1,3509	1,1834	1,1417	1,0806	1,0758	1,0428
3	1,7288	1,4926	1,4347	1,224	1,1724	1,0975	1,0916	1,0516
3,5	1,894	1,5957	1,5237	1,2658	1,2038	1,1146	1,1077	1,0605
4	2,0749	1,7058	1,6181	1,3092	1,2362	1,1321	1,1239	1,0694
4,5	2,2781	1,8236	1,7185	1,354	1,2694	1,1497	1,1405	1,0784
5	2,4982	1,9495	1,825	1,4004	1,3035	1,1677	1,1573	1,0875
6	2,988	2,228	2,0583	1,498	1,3744	1,2044	1,1916	1,1059
7	3,5871	2,5461	2,3215	1,6023	1,4492	1,2424	1,227	1,1246
8	4,305	2,9099	2,6183	1,714	1,528	1,2815	1,2633	1,1436
9	5,167	3,3255	2,9531	1,8334	1,6113	1,3219	1,3007	1,1629
10	6,201	3,8005	3,3307	1,9611	1,699	1,3635	1,3394	1,1826
12	8,9326	4,9637	4,2369	2,244	1,889	1,4508	1,4199	1,2229
14	12,867	6,483	5,3896	2,5674	2,1003	1,5436	1,5054	1,2646
16	18,534	8,4672	6,8559	2,9377	2,3352	1,6423	1,596	1,3078
18	26,697	11,0589	8,721	3,3613	2,5963	1,7474	1,692	1,3524
20	38,456	14,443	11,094	3,846	2,8867	1,8592	1,7938	1,3986
22	55,394	18,864	14,112	4,4006	3,2095	1,9782	1,9018	1,4462
24	79,76	24,638	17,951	5,0352	3,5685	2,1047	2,0163	1,4956
26	114,93	32,176	22,835	5,7613	3,9675	2,2394	2,1376	1,5467
28	165,66	42,029	29,047	6,952	4,4111	2,3827	2,2663	1,5594
30	238,47	54,893	36,95	7,5426	4,9045	2,5351	2,4026	1,654

Значение «р» для грузового направления в режиме РД

S	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
5	21,094	12,617	6,359	2,58	1,158	0,356	0,322	0,227
10	79,507	48,717	24,989	10,245	4,617	1,421	1,287	0,909
15	168,877	105,872	55,246	22,887	10,354	3,194	2,893	2,043
20	283,926	181,911	96,518	40,399	18,348	5,672	5,138	3,63
25	420,276	274,881	148,228	62,676	28,577	8,853	8,021	5,669
30	574,296	383,035	209,827	89,617	41,02	12,736	11,54	8,158
35	742,974	504,805	280,795	121,122	55,655	17,319	15,693	11,097
40	923,811	638,784	360,642	157,093	72,461	22,598	20,479	14,484
45	1114,734	783,712	448,899	197,434	91,417	28,573	25,895	18,32
50	1314,024	938,458	545,126	242,052	112,502	35,240	31,941	22,603
60	1732,24	1273,454	759,837	343,753	160,979	50,646	45,913	32,508
70	2169,727	1636,852	1001,682	461,487	217,73	68,799	62,382	44,191
80	2620,473	2023,089	1267,887	594,574	282,596	89,684	81,334	57,647
90	3080,343	2427,692	1555,959	742,363	355,422	113,284	102,755	72,867
100	3546,492	2847,064	1863,662	904,232	436,056	139,584	126,633	89,847
110	4016,961	3278,311	2188,988	1079,584	524,346	168,566	152,955	108,578
120	4490,402	3719,108	2530,135	1267,848	620,148	200,216	181,706	129,055
130	4965,889	4167,583	2885,483	1468,475	723,316	234,517	212,875	151,271
140	5442,784	4622,233	3253,582	1680,942	833,709	271,454	246,449	175,219
150	5920,647	5081,849	3633,126	1904,748	951,189	311,011	282,413	200,892
160	6399,177	5545,457	4022,945	2139,412	1075,62	353,173	320,757	228,285
170	6878,165	6012,277	4421,988	2384,473	1206,869	397,925	361,466	257,39
180	7357,469	6481,678	4829,311	2639,491	1344,805	445,251	404,529	288,202
190	7836,99	6953,155	5244,068	2904,044	1489,299	495,135	449,932	320,713
200	8316,66	7426,301	5665,499	3177,728	1640,227	547,563	497,663	354,917



Значение « $\rho$ » для грузового направления в режиме ТД

$S$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
5	42,998	24,273	12,106	5,139	2,466	1,818	0,0	0,224
10	152,093	90,66	46,811	20,262	9,796	7,237	2,397	0,897
15	305,11	190,939	101,872	44,945	21,891	16,201	5,385	2,016
20	487,311	318,494	175,273	78,783	38,653	28,657	9,558	3,582
25	688,905	468	265,193	121,385	59,987	44,552	14,909	5,593
30	903,385	635,172	369,995	172,379	85,798	63,835	21,433	8,049
35	1 126,428	816,562	488,204	231,408	115,996	86,454	29,125	10,949
40	1 355,16	1 009,393	618,489	298,131	150,49	112,358	37,977	14,292
45	1 587,672	1 211,432	759,654	372,221	189,193	141,499	47,986	18,077
50	1 822,697	1 420,882	910,62	453,364	232,018	173,826	59,143	22,303
60	2 297,195	1 856,509	1 238,161	635,623	329,698	247,85	84,885	32,076
70	2 774,765	2 307,77	1 594,439	842,661	442,877	334,054	115,157	43,605
80	3 253,692	2 769,156	1 974,038	1 072,414	570,926	432,073	149,913	56,883
90	3 733,219	3 237,1	2 372,56	1 322,992	713,242	541,551	189,11	71,904
100	4 213,009	3 709,292	2 786,441	1 592,663	869,246	662,145	232,703	88,66
110	4 692,917	4 184,235	3 212,784	1 879,837	1 038,385	793,522	280,648	107,146
120	5 172,876	4 660,96	3 649,241	2 183,058	1 220,125	935,358	332,901	127,355
130	5 652,858	5 138,838	4 093,905	2 500,991	1 413,956	1 087,339	389,42	149,28
140	6 132,85	5 617,464	4 545,229	2 832,41	1 619,388	1 249,161	450,163	172,916
150	6 612,847	6 096,574	5 001,959	3 176,195	1 835,95	1 420,528	515,086	198,255
160	7 092,845	6 575,998	5 463,075	3 531,315	2 063,191	1 601,155	584,149	225,292
170	7 572,845	7 055,625	5 927,75	3 896,827	2 300,678	1 790,764	657,31	254,02
180	8 052,844	7 535,383	6 395,314	4 271,867	2 547,996	1 989,084	734,528	284,433
190	8 532,844	8 015,226	6 865,221	4 655,642	2 804,746	2 195,855	815,762	316,524
200	9 012,844	8 495,125	7 337,032	5 047,425	3 070,546	2 410,824	900,974	350,287

Таблица П.3.11

Значение «р» для порожнего направления в режиме РД

S	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
5	10,625	6,261	4,214	1,886	0,897	0,29	0,278	0,205
10	39,223	23,896	16,334	7,44	3,563	1,158	1,111	0,82
15	81,723	51,36	35,632	16,509	7,964	2,601	2,494	1,841
20	134,98	87,318	61,445	28,947	14,064	4,613	4,425	3,268
25	196,556	130,616	93,174	44,613	21,831	7,193	6,9	5,099
30	264,568	180,258	130,274	63,374	31,232	10,336	9,916	7,381
35	337,558	235,382	172,248	85,099	42,232	14,038	13,469	9,963
40	414,401	295,242	218,649	109,667	54,802	18,296	17,557	12,993
45	494,222	359,197	269,068	136,958	68,91	23,106	22,175	16,42
50	576,348	426,689	323,135	166,859	84,525	28,466	27,32	20,241
60	745,546	570,429	440,898	234,062	120,157	40,817	39,18	29,059
70	919,081	723,351	569,604	310,46	161,466	55,32	53,112	39,434
80	1 095,213	888,129	707,329	395,303	208,23	71,949	69,089	51,35
90	1 272,898	1 048,027	852,487	487,903	260,233	90,677	87,087	64,795
100	1 451,512	1 216,749	1 003,771	587,628	317,27	111,475	107,080	79,755
110	1 630,683	1 388,327	1 160,105	693,896	379,142	134,318	129,044	96,214
120	1 810,187	1 562,037	1 320,599	806,174	445,66	159,179	152,955	114,161
130	1 989,891	1 737,34	1 484,523	923,973	516,641	186,032	178,788	133,581
140	2 169,713	1 913,832	1 651,274	1 046,843	591,909	214,852	206,521	154,461
150	2 349,607	2 091,212	1 820,354	1 174,369	671,295	245,614	236,129	176,788
160	2 529,543	2 269,256	1 991,355	1 306,173	754,639	278,292	267,589	200,548
170	2 709,505	2 447,795	2 163,937	1 441,905	841,783	312,862	300,879	225,729
180	2 889,482	2 626,704	2 337,824	1 581,246	932,579	349,3	335,977	252,317
190	3 069,469	2 805,889	2 512,786	1 723,902	1 026,883	387,581	372,859	280,3
200	3 249,46	2 985,281	2 688,633	1 869,602	1 124,557	427,683	411,504	309,665

Таблица П.3.12

Значение «р» для порожнего направления в режиме ТД

$S$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
5	21,133	11,907	7,92	3,732	1,902	1,477	0,518	0,202
10	71,853	43,524	29,85	14,517	7,502	5,844	2,066	0,809
15	139,449	89,876	63,398	31,78	16,644	13,006	4,63	1,817
20	216,671	147,244	106,582	54,989	29,18	22,872	8,199	3,225
25	299,382	212,848	157,757	83,66	44,967	35,354	12,762	5,031
30	385,225	284,609	215,558	117,346	63,869	50,367	18,307	7,234
35	472,854	360,974	278,855	155,636	85,755	67,827	24,824	9,831
40	561,501	440,78	346,71	198,154	110,5	87,655	32,3	12,822
45	650,73	523,158	418,345	244,555	137,984	109,774	40,725	16,203
50	740,29	607,461	493,114	294,52	168,092	134,109	50,087	19,974
60	919,896	780,016	650,008	404,003	235,743	189,139	71,584	28,677
70	1 099,768	955,855	814,116	524,547	312,627	252,195	96,703	38,917
80	1 279,726	1 133,53	983,186	654,416	397,986	322,762	125,364	50,68
90	1 459,712	1 312,23	1 155,669	792,148	491,122	400,356	157,485	63,952
100	1 639,708	1 491,503	1 330,499	936,509	591,396	484,527	192,986	78,719
110	1 819,706	1 671,097	1 506,943	1 086,46	698,223	574,852	231,791	94,969
120	1 999,706	1 850,87	1 684,498	1 241,124	811,063	670,936	273,824	112,688
130	2 179,706	2 030,744	1 862,816	1 399,762	929,423	772,409	319,011	131,863
140	2 359,706	2 210,673	2 041,659	1 561,751	1 052,848	878,925	367,281	152,48
150	2 539,706	2 390,633	2 220,864	1 726,564	1 180,922	990,161	418,562	174,527
160	2 719,706	2 570,611	2 400,316	1 893,759	1 313,264	1 105,813	472,785	197,991
170	2 899,706	2 750,598	2 579,94	2 062,963	1 449,523	1 225,597	529,884	222,86
180	3 079,706	2 930,592	2 759,681	2 233,86	1 589,376	1 349,248	589,798	249,12
190	3 259,706	3 110,588	2 939,503	2 406,185	1 732,528	1 476,518	652,448	276,759
200	3 439,706	3 290,586	3 119,381	2 579,713	1 878,709	1 607,175	717,785	305,765

# Приложение 4

Таблица П.4.1

Значение «х» для грузового направления в режиме РД

S	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
1	1,0361	1,0238	1,0082	1,0049	1,0025	1,0016	1,0009	1,0007	1,0005	1,0005
10	1,4262	1,2650	1,0849	1,0504	1,0255	1,0157	1,0086	1,0066	1,0052	1,0045
20	2,0341	1,6002	1,1770	1,1033	1,0517	1,0317	1,0174	1,0132	1,0104	1,0091
30	2,9011	2,0243	1,2770	1,1588	1,0785	1,0480	1,0262	1,0199	1,0157	1,0137
40	4,1376	2,5607	1,3854	1,2172	1,1060	1,0645	1,0350	1,0266	1,0210	1,0182
50	5,9011	3,2393	1,5030	1,2785	1,1342	1,0812	1,0440	1,0333	1,0263	1,0229
60	8,4163	4,0978	1,6307	1,3428	1,1631	1,0982	1,0530	1,0401	1,0316	1,0275
70	12,0035	5,1837	1,7691	1,4105	1,1928	1,1155	1,0621	1,0470	1,0370	1,0321
80	17,1197	6,5574	1,9194	1,4815	1,2232	1,1331	1,0713	1,0538	1,0424	1,0368
90	24,4165	8,2951	2,0823	1,5561	1,2544	1,1509	1,0805	1,0608	1,0478	1,0415
100	34,8233	10,4933	2,2591	1,6345	1,2864	1,1690	1,0899	1,0678	1,0532	1,0462
110	49,6657	13,2740	2,4510	1,7168	1,3192	1,1874	1,0993	1,0748	1,0587	1,0510
120	70,8343	16,7917	2,6591	1,8032	1,3528	1,2061	1,1088	1,0818	1,0642	1,0557
130	101,0253	21,2415	2,8849	1,8940	1,3873	1,2251	1,1184	1,0890	1,0697	1,0605
140	144,0845	26,8705	3,1298	1,9894	1,4227	1,2443	1,1281	1,0961	1,0753	1,0653
150	205,4964	33,9912	3,3956	2,0896	1,4590	1,2639	1,1378	1,1033	1,0809	1,0702
160	293,0834	42,9990	3,6839	2,1948	1,4962	1,2838	1,1476	1,1106	1,0865	1,0750
170	418,0018	54,3938	3,9967	2,3053	1,5343	1,3040	1,1576	1,1179	1,0921	1,0799
180	596,1631	68,8082	4,3361	2,4214	1,5735	1,3245	1,1676	1,1252	1,0978	1,0848
190	850,2606	87,0426	4,7043	2,5434	1,6136	1,3454	1,1777	1,1326	1,1035	1,0897
200	1212,6598	110,1090	5,1037	2,6715	1,6547	1,3666	1,1878	1,1401	1,1093	1,0946

Значение «х» для грузового направления в режиме ТД

S	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
1	1,1943	1,1241	1,041	1,024	1,0113	1,0065	1,0030	1,0018	1,0011	1,0008
10	5,9014	3,2208	1,489	1,264	1,1194	1,0666	1,0305	1,0185	1,0114	1,0079
20	34,8265	10,3733	2,216	1,597	1,2530	1,1377	1,0619	1,0374	1,0228	1,0158
30	205,5252	33,4099	3,299	2,018	1,4026	1,2134	1,0943	1,0566	1,0344	1,0238
40	1212,8864	107,6051	4,910	2,550	1,5700	1,2943	1,1276	1,0761	1,0462	1,0319
50	7157,7278	346,5700	7,309	3,222	1,7574	1,3805	1,1620	1,0961	1,0581	1,0400
60	42240,6129	1116,2185	10,881	4,072	1,9672	1,4724	1,1974	1,1164	1,0701	1,0482
70	249278,7432	3595,0705	16,197	5,146	2,2021	1,5705	1,2340	1,1370	1,0822	1,0564
80	1471093,5172	11578,8549	24,111	6,502	2,4649	1,6751	1,2716	1,1581	1,0945	1,0647
90			35,891	8,217	2,7592	1,7867	1,3103	1,1795	1,1069	1,0731
100			53,428	10,383	3,0886	1,9057	1,3503	1,2014	1,1195	1,0815
110			79,532	13,121	3,4573	2,0326	1,3915	1,2236	1,1322	1,0900
120			118,392	16,581	3,8700	2,1680	1,4339	1,2463	1,1450	1,0986
130			176,237	20,953	4,3320	2,3124	1,4776	1,2694	1,1580	1,1073
140			262,346	26,478	4,8491	2,4665	1,5226	1,2929	1,1712	1,1160
150			390,528	33,459	5,4280	2,6308	1,5691	1,3168	1,1845	1,1248
160			581,338	42,281	6,0760	2,8060	1,6169	1,3412	1,1979	1,1336
170			865,377	53,429	6,8013	2,9929	1,6662	1,3660	1,2115	1,1425
180			1288,196	67,517	7,6132	3,1923	1,7170	1,3913	1,2253	1,1515
190			1917,603	85,319	8,5220	3,4049	1,7693	1,4171	1,2392	1,1606
200			2854,536	107,816	9,5393	3,6317	1,8233	1,4433	1,2532	1,1697

Значение «х» для порожнего направления в режиме РД

S	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
1	1,042	1,030	1,0130	1,0085	1,0047	1,0031	1,0018	1,0014	1,0011	1,0010
10	1,505	1,348	1,1373	1,0882	1,0481	1,0311	1,0178	1,0138	1,0111	1,0097
20	2,264	1,816	1,2935	1,1842	1,0984	1,0631	1,0360	1,0277	1,0223	1,0196
30	3,407	2,448	1,4712	1,2887	1,1512	1,0961	1,0545	1,0419	1,0336	1,0295
40	5,127	3,299	1,6733	1,4024	1,2066	1,1302	1,0733	1,0562	1,0450	1,0395
50	7,715	4,447	1,9031	1,5262	1,2646	1,1653	1,0924	1,0708	1,0566	1,0496
60	11,610	5,993	2,1645	1,6608	1,3254	1,2015	1,1119	1,0855	1,0683	1,0598
70	17,470	8,077	2,4617	1,8074	1,3891	1,2389	1,1317	1,1005	1,0801	1,0701
80	26,288	10,886	2,7998	1,9668	1,4558	1,2773	1,1519	1,1157	1,0921	1,0805
90	39,557	14,671	3,1844	2,1403	1,5258	1,3170	1,1724	1,1310	1,1042	1,0911
100	59,524	19,773	3,6217	2,3292	1,5992	1,3580	1,1983	1,1466	1,1164	1,1017
110	89,570	26,648	4,1191	2,5347	1,6760	1,4002	1,2146	1,1624	1,1288	1,1124
120	134,782	35,915	4,6849	2,7583	1,7566	1,4437	1,2363	1,1784	1,1412	1,1232
130	202,815	48,404	5,3283	3,0017	1,8410	1,4885	1,2583	1,1946	1,1539	1,1341
140	305,189	65,236	6,0601	3,2665	1,9295	1,5348	1,2807	1,2111	1,1667	1,1452
150	459,239	87,922	6,8924	3,5547	2,0223	1,5825	1,3036	1,2278	1,1796	1,1563
160	691,047	118,496	7,8390	3,8684	2,1195	1,6316	1,3268	1,2447	1,1926	1,1676
170	1039,865	159,702	8,9157	4,2097	2,2213	1,6823	1,3505	1,2618	1,2058	1,1789
180	1564,754	215,236	10,1402	4,5811	2,3281	1,7346	1,3746	1,2792	1,2192	1,1904
190	2354,589	290,083	11,5329	4,9853	2,4400	1,7885	1,3991	1,2968	1,2327	1,2020
200	3543,108	390,957	13,1168	5,4251	2,5573	1,8441	1,4240	1,3147	1,2463	1,2137

Таблица П.4.4

Значение «х» для порожнего направления в режиме ТД

S	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
1	1,227	1,160	1,065	1,0411	1,0212	1,0127	1,0062	1,0038	1,0024	1,0017
10	7,716	4,414	1,874	1,4959	1,2340	1,1347	1,0636	1,0390	1,0243	1,0169
20	59,530	19,486	3,513	2,2378	1,5227	1,2875	1,1313	1,0796	1,0491	1,0342
30	459,313	86,017	6,584	3,3475	1,8790	1,4609	1,2032	1,1217	1,0745	1,0517
40	3543,870	379,705	12,340	5,0076	2,3186	1,6577	1,2798	1,1655	1,1006	1,0695
50	27343,071	1676,131	23,129	7,4909	2,8611	1,8810	1,3612	1,2110	1,1273	1,0876
60	210968,075	7398,939	43,351	11,2058	3,5306	2,1344	1,4478	1,2582	1,1547	1,1060
70	1627744,354	32661,115	81,251	16,7630	4,3567	2,4218	1,5398	1,3073	1,1827	1,1247
80			152,288	25,0760	5,3760	2,7481	1,6378	1,3583	1,2113	1,1438
90			285,429	37,5116	6,6339	3,1182	1,7420	1,4114	1,2407	1,1631
100			534,971	56,1141	8,1861	3,5382	1,8528	1,4664	1,2708	1,1828
110			1002,683	83,9421	10,1014	4,0148	1,9706	1,5237	1,3016	1,2029
120			1879,302	125,5703	12,4650	4,5555	2,0960	1,5831	1,3332	1,2232
130			3522,327	187,8426	15,3815	5,1691	2,2293	1,6449	1,3656	1,2439
140			6601,806	280,9968	18,9804	5,8654	2,3711	1,7091	1,3987	1,2650
150			12373,592	420,3476	23,4214	6,6554	2,5220	1,7758	1,4326	1,2864
160			23191,499	628,8047	28,9015	7,5518	2,6824	1,8451	1,4674	1,3082
170			43467,222	940,6392	35,6639	8,5690	2,8530	1,9171	1,5029	1,3304
180			81469,478	1407,1173	44,0085	9,7231	3,0345	1,9919	1,5394	1,3529
190			152696,114	2104,9294	54,3055	11,0328	3,2275	2,0697	1,5767	1,3758
200			286194,337	3148,7977	67,0118	12,5188	3,4328	2,1504	1,6150	1,3991

Таблица П.4.5

Значение «у» для грузового направления в режиме РД

$t$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$
0,5	1,037	1,027	1,014	1,011	1,007	1,006	1,004	1,004	1,003	1,004
1,5	1,114	1,082	1,043	1,033	1,022	1,017	1,012	1,011	1,009	1,012
3	1,241	1,171	1,088	1,067	1,045	1,034	1,024	1,023	1,018	1,025
4,5	1,383	1,267	1,135	1,102	1,068	1,051	1,037	1,035	1,026	1,038
6	1,541	1,371	1,183	1,138	1,091	1,068	1,049	1,046	1,035	1,051
7,5	1,717	1,484	1,234	1,175	1,115	1,086	1,062	1,058	1,044	1,064
9	1,913	1,605	1,287	1,213	1,140	1,104	1,074	1,070	1,053	1,077
10,5	2,132	1,737	1,343	1,253	1,165	1,123	1,087	1,083	1,063	1,090
12	2,375	1,880	1,400	1,294	1,190	1,141	1,101	1,095	1,072	1,104
13,5	2,647	2,034	1,460	1,336	1,217	1,160	1,114	1,107	1,081	1,118
15	2,949	2,201	1,523	1,380	1,243	1,180	1,127	1,120	1,091	1,132
16,5	3,285	2,382	1,589	1,425	1,271	1,200	1,141	1,133	1,100	1,146
18	3,661	2,578	1,657	1,472	1,299	1,220	1,155	1,146	1,110	1,160
19,5	4,070	2,780	1,728	1,520	1,327	1,240	1,168	1,159	1,119	1,174
21	4,545	3,018	1,802	1,570	1,356	1,261	1,182	1,172	1,129	1,189
22,5	5,064	3,266	1,880	1,622	1,386	1,282	1,197	1,185	1,139	1,204
24	5,642	3,534	1,961	1,675	1,417	1,303	1,211	1,199	1,149	1,219
25,5	6,286	3,824	2,045	1,730	1,448	1,325	1,226	1,212	1,159	1,234
27	7,004	4,138	2,133	1,786	1,480	1,347	1,241	1,226	1,169	1,249
28,5	7,804	4,478	2,224	1,845	1,512	1,369	1,255	1,240	1,179	1,265
30	8,695	4,846	2,320	1,905	1,546	1,392	1,271	1,254	1,190	1,281



Значение «у» для грузового направления в режиме ТД

$t$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$
0,5	1,221	1,175	1,090	1,064	1,043	1,027	1,014	1,010	1,007	1,004
1,5	1,820	1,621	1,294	1,203	1,135	1,082	1,044	1,031	1,020	1,014
3	3,314	2,628	1,674	1,447	1,289	1,171	1,090	1,064	1,041	1,027
4,5	6,034	4,260	2,165	1,740	1,463	1,267	1,137	1,097	1,062	1,041
6	10,984	6,906	2,802	2,093	1,661	1,371	1,187	1,132	1,083	1,055
7,5	19,996	11,195	3,624	2,518	1,886	1,483	1,239	1,168	1,105	1,070
9	36,403	18,149	4,689	3,029	2,141	1,605	1,294	1,204	1,128	1,084
10,5	66,272	29,421	6,067	3,643	2,430	1,737	1,351	1,242	1,151	1,099
12	120,649	47,694	7,849	4,382	2,759	1,879	1,410	1,281	1,174	1,113
13,5	219,641	77,316	10,154	5,271	3,132	2,033	1,472	1,322	1,198	1,129
15	399,857	125,337	13,137	6,341	3,556	2,200	1,536	1,363	1,222	1,144
16,5	727,939	203,182	16,996	7,627	4,036	2,380	1,604	1,406	1,247	1,159
18	1325,213	329,377	21,988	9,174	4,582	2,576	1,674	1,450	1,272	1,175
19,5	2412,549	533,950	28,447	11,035	5,202	2,787	1,747	1,496	1,298	1,191
21	4392,044	865,583	36,803	13,273	5,906	3,015	1,824	1,543	1,324	1,207
22,5	7995,712	1403,190	47,613	15,966	6,704	3,263	1,904	1,592	1,351	1,223
24		2274,700	61,599	19,205	7,611	3,531	1,988	1,642	1,378	1,240
25,5		3687,499	79,694	23,101	8,641	3,820	2,075	1,693	1,406	1,257
27			103,104	27,787	9,809	4,133	2,166	1,747	1,434	1,274
28,5			133,390	33,423	11,136	4,473	2,261	1,802	1,463	1,291
30			172,572	40,203	12,642	4,839	2,360	1,858	1,493	1,308

Значение «у» для порожнего направления в режиме РД

$t$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$
0,5	1,042	1,034	1,022	1,019	1,014	1,011	1,008	1,008	1,006	1,009
1,5	1,133	1,105	1,069	1,057	1,041	1,033	1,025	1,024	1,019	1,027
3	1,283	1,222	1,142	1,117	1,085	1,067	1,050	1,048	1,038	1,054
4,5	1,453	1,351	1,221	1,181	1,130	1,102	1,077	1,074	1,057	1,083
6	1,645	1,493	1,304	1,248	1,176	1,138	1,103	1,099	1,077	1,112
7,5	1,863	1,650	1,394	1,320	1,225	1,176	1,131	1,126	1,097	1,142
9	2,110	1,824	1,490	1,395	1,276	1,215	1,159	1,152	1,117	1,172
10,5	2,390	2,016	1,592	1,474	1,329	1,255	1,188	1,180	1,138	1,204
12	2,707	2,229	1,702	1,558	1,384	1,296	1,217	1,208	1,159	1,236
13,5	3,065	2,463	1,819	1,647	1,441	1,339	1,248	1,237	1,180	1,269
15	3,472	2,723	1,943	1,741	1,501	1,383	1,279	1,267	1,202	1,303
16,5	3,932	3,010	2,077	1,841	1,563	1,428	1,311	1,297	1,225	1,338
18	4,453	3,327	2,220	1,946	1,628	1,475	1,343	1,328	1,248	1,374
19,5	5,043	3,677	2,372	2,056	1,695	1,524	1,377	1,360	1,271	1,411
21	5,712	4,065	2,535	2,174	1,765	1,574	1,411	1,392	1,294	1,449
22,5	6,469	4,493	2,709	2,298	1,839	1,626	1,446	1,426	1,318	1,488
24	7,326	4,966	2,896	2,429	1,915	1,680	1,482	1,460	1,343	1,528
25,5	8,297	5,490	3,094	2,567	1,994	1,735	1,519	1,495	1,368	1,569
27	9,397	6,068	3,307	2,714	2,077	1,792	1,557	1,531	1,393	1,611
28,5	10,643	6,707	3,534	2,868	2,163	1,851	1,595	1,567	1,419	1,655
30	12,053	7,414	3,777	3,032	2,252	1,912	1,635	1,605	1,446	1,699

Значение «у» для порожнего направления в режиме ТД

$t$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$	$y_6$	$y_7$	$y_8$	$y_9$	$y_{10}$
0,5	1,258	1,227	1,145	1,112	1,082	1,053	1,030	1,022	1,014	1,010
1,5	1,993	1,847	1,502	1,374	1,267	1,167	1,092	1,067	1,043	1,029
3	3,972	3,410	2,255	1,888	1,605	1,362	1,193	1,138	1,089	1,059
4,5	7,915	6,296	3,387	2,595	2,033	1,590	1,303	1,214	1,136	1,090
6	15,773	11,626	5,087	3,566	2,575	1,855	1,423	1,295	1,186	1,122
7,5	31,434	21,467	7,640	4,900	3,262	2,165	1,554	1,382	1,237	1,155
9	62,643	39,639	11,474	6,734	4,133	2,527	1,697	1,474	1,291	1,189
10,5	124,840	73,195	17,232	9,253	5,235	2,949	1,854	1,572	1,347	1,223
12	248,791	135,156	25,880	12,716	6,632	3,442	2,024	1,677	1,405	1,259
13,5	495,808	249,569	38,868	17,474	8,402	4,017	2,211	1,789	1,467	1,296
15	988,082	460,835	58,373	24,012	10,643	4,688	2,415	1,909	1,530	1,334
16,5	1969,121	850,941	87,666	32,997	13,483	5,471	2,637	2,037	1,597	1,373
18	3924,205	1571,282	131,659	45,343	17,080	6,385	2,880	2,173	1,666	1,413
19,5	7820,437	2901,407	197,729	62,310	21,637	7,451	3,146	2,318	1,739	1,454
21		5357,513	296,956	85,625	27,410	8,696	3,436	2,472	1,814	1,496
22,5		9892,766	445,977	117,664	34,723	10,149	3,752	2,638	1,893	1,540
24			669,782	161,691	43,987	11,844	4,098	2,814	1,975	1,585
25,5			1005,899	222,192	55,723	13,823	4,476	3,002	2,061	1,631
27			1510,690	305,331	70,589	16,133	4,888	3,202	2,151	1,679
28,5			2268,799	419,579	89,422	18,828	5,339	3,416	2,244	1,728
30			3407,351	576,575	113,280	21,973	5,831	3,644	2,342	1,778

Значение «р» для грузового направления в режиме РД

S	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>
1	0,702	0,466	0,163	0,098	0,050	0,031	0,017	0,013	0,010	0,009
10	63,299	43,537	15,866	9,667	4,994	3,107	1,716	1,308	1,035	0,903
20	227,219	161,749	61,796	38,048	19,812	12,363	6,846	5,222	4,134	3,605
30	461,691	338,992	135,438	84,246	44,207	27,673	15,360	11,723	9,285	8,100
40	745,631	562,900	234,623	147,407	77,943	48,944	27,229	20,796	16,478	14,378
50	1064,255	823,697	357,351	226,717	120,787	76,082	42,424	32,423	25,702	22,432
60	1407,198	1113,655	501,780	321,402	172,513	108,998	60,916	46,588	36,948	32,254
70	1767,192	1426,665	666,212	430,725	232,900	147,601	82,679	63,274	50,204	43,835
80	2139,142	1757,899	849,080	553,984	301,731	191,803	107,683	82,465	65,460	57,169
90	2519,474	2103,538	1048,943	690,511	378,798	241,518	135,900	104,144	82,706	72,246
100	2905,684	2460,565	1264,469	839,670	463,896	296,660	167,304	128,296	101,931	89,059
110	3296,015	2826,595	1494,434	1000,855	556,824	357,145	201,866	154,903	123,125	107,600
120	3689,236	3199,741	1737,706	1173,489	657,389	422,891	239,560	183,950	146,279	127,862
130	4084,482	3578,512	1993,245	1357,025	765,400	493,816	280,360	215,420	171,381	149,837
140	4481,150	3961,731	2260,090	1550,938	880,671	569,839	324,237	249,299	198,422	173,516
150	4878,813	4348,465	2537,357	1754,733	1003,024	650,881	371,167	285,571	227,392	198,893
160	5277,174	4737,978	2824,230	1967,933	1132,280	736,866	421,122	324,219	258,281	225,959
170	5676,025	5129,688	3119,956	2190,090	1268,270	827,716	474,077	365,228	291,079	254,707
180	6075,220	5523,134	3423,844	2420,773	1410,824	923,355	530,006	408,583	325,776	285,130
190	6474,655	5917,954	3735,254	2659,574	1559,781	1023,711	588,884	454,268	362,362	317,219
200	6874,259	6313,859	4053,597	2906,104	1714,981	1128,709	650,686	502,268	400,827	350,968

Значение «р» для грузового направления в режиме ТД

<i>S</i>	<i>P</i> <sub>1</sub>	<i>P</i> <sub>2</sub>	<i>P</i> <sub>3</sub>	<i>P</i> <sub>4</sub>	<i>P</i> <sub>5</sub>	<i>P</i> <sub>6</sub>	<i>P</i> <sub>7</sub>	<i>P</i> <sub>8</sub>	<i>P</i> <sub>9</sub>	<i>P</i> <sub>10</sub>
1	3,349	2,251	0,785	0,464	0,225	0,129	0,060	0,037	0,023	0,016
10	212,854	164,191	69,986	43,357	21,730	12,624	5,947	3,647	2,249	1,564
20	581,142	490,976	248,292	161,130	83,800	49,440	23,551	14,499	8,961	6,238
30	975,768	868,244	499,363	337,790	181,909	108,936	52,469	32,426	20,088	13,999
40	1374,858	1261,186	799,317	561,052	312,213	189,697	92,366	57,299	35,579	24,823
50	1774,703	1658,994	1132,108	821,191	471,279	290,395	142,916	88,991	55,385	38,685
60	2174,677	2058,314	1486,959	1110,512	656,039	409,783	203,805	127,379	79,457	55,562
70	2574,673	2458,103	1856,629	1422,927	863,754	546,696	274,726	172,341	107,749	75,430
80	2974,672	2858,037	2236,254	1753,618	1091,974	700,039	355,383	223,757	140,213	98,267
90	3374,672	3258,017	2622,567	2098,770	1338,514	868,785	445,488	281,510	176,801	124,048
100	3774,672	3658,011	3013,372	2455,366	1601,420	1051,973	544,761	345,485	217,468	152,751
110	4174,672	4058,009	3407,196	2821,019	1878,947	1248,701	652,931	415,568	262,167	184,353
120	4574,672	4458,008	3803,046	3193,838	2169,534	1458,123	769,735	491,649	310,854	218,831
130	4974,672	4858,008	4200,259	3572,329	2471,790	1679,447	894,918	573,619	363,484	256,163
140	5374,672	5258,008	4598,386	3955,308	2784,469	1911,929	1028,230	661,371	420,012	296,327
150	5774,672	5658,008	4997,128	4341,838	3106,461	2154,873	1169,433	754,798	480,394	339,300
160	6174,672	6058,008	5396,283	4731,179	3436,773	2407,625	1318,293	853,800	544,589	385,061
170	6574,672	6458,008	5795,715	5122,744	3774,516	2669,572	1474,582	958,273	612,552	433,588
180	6974,672	6858,008	6195,334	5516,069	4118,898	2940,141	1638,082	1068,118	684,241	484,859
190	7374,672	7258,008	6595,078	5910,787	4469,212	3218,792	1808,578	1183,239	759,615	538,852
200	7774,672	7658,008	6994,906	6306,607	4824,824	3505,022	1985,864	1303,538	838,632	595,547

Таблица П.4.11

Значение «р» для порожнего направления в режиме РД

$S$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$	$P_8$	$P_9$	$P_{10}$
1	0,3588	0,2630	0,1140	0,0750	0,0417	0,0272	0,0157	0,0122	0,0098	0,0086
10	31,8823	24,1040	10,9779	7,3175	4,1137	2,6957	1,5638	1,2120	0,9763	0,8590
20	112,7790	87,9160	42,1250	28,4732	16,2023	10,6742	6,2184	4,8259	3,8911	3,4251
30	226,2486	181,1904	91,0057	62,3453	35,9000	23,7763	13,9099	10,8091	8,7230	7,6818
40	361,3646	296,3256	155,4786	107,9028	62,8578	41,8475	24,5850	19,1294	15,4511	13,6127
50	510,8659	427,6810	233,6608	164,1982	96,7429	64,7383	38,1913	29,7550	24,0546	21,2018
60	669,9269	571,0715	323,8967	230,3609	137,2374	92,3032	54,6777	42,6547	34,5130	30,4330
70	835,3409	723,3919	424,7308	305,5910	184,0383	124,4015	73,9935	57,7976	46,8059	41,2907
80	1004,9768	882,3381	534,8833	389,1533	236,8563	160,8966	96,0893	75,1531	60,9134	53,7590
90	1177,4184	1046,2005	653,2290	480,3722	295,4155	201,6559	120,9163	94,6912	76,8154	67,8224
100	1351,7246	1213,7106	778,7783	578,6271	359,4525	246,5509	148,4267	116,3823	94,4924	83,4656
110	1527,2698	1383,9273	910,6615	683,3473	428,7162	295,4571	178,5735	140,1970	113,9250	100,6734
120	1703,6385	1556,1523	1048,1136	794,0088	502,9668	348,2535	211,3105	166,1066	135,0938	119,4307
130	1880,5544	1729,8673	1190,4622	910,1299	581,9756	404,8229	246,5923	194,0826	157,9800	139,7225
140	2057,8339	1904,6879	1337,1160	1031,2679	665,5244	465,0516	284,3744	224,0969	182,5646	161,5341
150	2235,3551	2080,3288	1487,5551	1157,0160	753,4050	528,8294	324,6128	256,1218	208,8291	184,8509
160	2413,0370	2256,5785	1641,3223	1287,0005	845,4186	596,0492	367,2647	290,1300	236,7552	209,6582
170	2590,8255	2433,2797	1798,0159	1420,8780	941,3759	666,6074	412,2877	326,0945	266,3245	235,9418
180	2768,6850	2610,3161	1957,2824	1558,3327	1041,0958	740,4034	459,6403	363,9888	297,5191	263,6874
190	2946,5916	2787,6011	2118,8111	1699,0747	1144,4059	817,3395	509,2817	403,7867	330,3213	292,8809
200	3124,5296	2965,0705	2282,3288	1842,8374	1251,1414	897,3213	561,1717	445,4623	364,7133	323,5084

Таблица П.4.12

Значение «р» для порожнего направления в режиме ТД

S	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>
1	1,701	1,258	0,548	0,354	0,186	0,112	0,055	0,034	0,021	0,015
10	102,175	85,279	45,833	31,480	17,466	10,787	5,377	3,364	2,116	1,486
20	270,347	242,274	153,317	111,533	65,372	41,423	21,079	13,288	8,397	5,911
30	447,073	415,516	293,694	224,057	137,945	89,552	46,486	29,524	18,745	13,227
40	624,908	592,438	451,621	358,287	230,509	153,096	81,020	51,836	33,063	23,384
50	802,887	770,194	618,911	507,027	339,272	230,228	124,134	79,996	51,257	36,337
60	980,884	948,139	791,196	665,468	461,164	319,332	175,314	113,784	73,236	52,037
70	1158,884	1126,126	966,148	830,392	593,695	418,989	234,079	152,988	98,909	70,440
80	1336,884	1304,123	1142,521	999,652	734,847	527,946	299,976	197,406	128,190	91,500
90	1514,884	1482,123	1319,653	1171,809	882,986	645,098	372,576	246,841	160,993	115,174
100	1692,884	1660,123	1497,190	1345,903	1036,787	769,473	451,480	301,104	197,234	141,417
110	1870,884	1838,122	1674,943	1521,291	1195,176	900,214	536,311	360,016	236,832	170,188
120	2048,884	2016,122	1852,811	1697,546	1357,284	1036,564	626,714	423,400	279,708	201,443
130	2226,884	2194,122	2030,741	1874,379	1522,405	1177,858	722,355	491,089	325,783	235,141
140	2404,884	2372,122	2208,703	2051,599	1689,968	1323,510	822,922	562,921	374,983	271,242
150	2582,884	2550,122	2386,683	2229,078	1859,510	1473,001	928,120	638,742	427,233	309,706
160	2760,884	2728,122	2564,673	2406,729	2030,656	1625,877	1037,672	718,399	482,461	350,494
170	2938,884	2906,122	2742,667	2584,496	2203,102	1781,735	1151,318	801,751	540,596	393,566
180	3116,884	3084,122	2920,664	2762,340	2376,600	1940,221	1268,812	888,658	601,570	438,885
190	3294,884	3262,122	3098,662	2940,236	2550,953	2101,024	1389,925	978,986	665,315	486,413
200	3472,884	3440,122	3276,661	3118,167	2725,997	2263,868	1514,440	1072,607	731,766	536,114

## Значение коэффициентов С

МАЗ-5434									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	
$C'_{гвх}$	0,1278	0,0623	0,0278	0,0124	0,0044	0,0015	0,0009	0,0006	
$C'_{пвх}$	0,1845	0,1052	0,0543	0,0247	0,0106	0,0038	0,0024	0,0010	
$C'_{гта}$	0,2790	0,1324	0,0529	0,0237	0,0081	0,0029	0,0017	0,0005	
$C'_{пта}$	0,4028	0,2235	0,1034	0,0471	0,0194	0,0072	0,0043	0,0009	
КРАЗ-6437									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	
$C'_{гвх}$	0,0774	0,0351	0,0166	0,0067	0,0027	0,0012	0,0007	0,0005	
$C'_{пвх}$	0,1141	0,0610	0,0341	0,0157	0,0069	0,0033	0,0019	0,0013	
$C'_{гта}$	0,1699	0,0746	0,0317	0,0128	0,0052	0,0023	0,0012	0,0004	
$C'_{пта}$	0,2502	0,1297	0,0649	0,0299	0,0132	0,0062	0,0033	0,0012	
МАЗ-6303-08									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$C'_{гвх}$	0,2823	0,1073	0,0522	0,0252	0,0147	0,0042	0,0019	0,0010	0,0006
$C'_{пвх}$	0,3644	0,1722	0,0970	0,0520	0,0331	0,0104	0,0049	0,0027	0,0017
$C'_{гта}$	0,3229	0,1228	0,0597	0,0288	0,0168	0,0057	0,0021	0,0011	0,0006
$C'_{пта}$	0,4169	0,1970	0,1109	0,0595	0,0378	0,0143	0,0055	0,0030	0,0015



МА3-6303									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9
С' <sub>гвх</sub>	0,0195	0,0099	0,0056	0,0028	0,0017	0,0007	0,0005	0,0003	0,0003
С' <sub>пвх</sub>	0,0215	0,0155	0,0102	0,0052	0,0036	0,0016	0,0013	0,0010	0,0009
С' <sub>ггд</sub>	0,0411	0,0208	0,0118	0,0059	0,0032	0,0011	0,0007	0,0003	0,0004
С' <sub>птд</sub>	0,0454	0,0326	0,0215	0,0110	0,0070	0,0027	0,0018	0,0012	0,0010
КРА3-255Л									
№ пер-чи	1	2	3	4	5				
С' <sub>гвх</sub>	0,0446	0,0128	0,0026	0,0009	0,0006				
С' <sub>пвх</sub>	0,0585	0,0217	0,0056	0,0020	0,0014				
С' <sub>ггд</sub>	0,0979	0,0269	0,0051	0,0018	0,0008				
С' <sub>птд</sub>	0,1284	0,0456	0,0110	0,0040	0,0019				
МА3-509									
№ пер-чи	1	2	3	4	5				
С' <sub>гвх</sub>	0,0005	0,0113	0,0022	0,0008	0,0005				
С' <sub>пвх</sub>	0,0008	0,0229	0,0051	0,0019	0,0012				
С' <sub>ггд</sub>	0,1381	0,0344	0,0059	0,0017	0,0005				
С' <sub>птд</sub>	0,2324	0,0695	0,0134	0,0040	0,0012				
МА3-6303-26									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	
С' <sub>гвх</sub>	0,0374	0,0218	0,0108	0,0043	0,0019	0,0008	0,0005	0,0004	
С' <sub>пвх</sub>	0,0513	0,0292	0,0193	0,0085	0,0040	0,0017	0,0012	0,0009	
С' <sub>ггд</sub>	0,0818	0,0434	0,0209	0,0087	0,0041	0,0023	0,0010	0,0004	
С' <sub>птд</sub>	0,1123	0,0582	0,0374	0,0171	0,0086	0,0050	0,0023	0,0009	

МАЗ-63171										
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$C'_{гвх}$	0,2590	0,0827	0,0428	0,0233	0,0127	0,0038	0,0017	0,0009	0,0006	
$C'_{пвх}$	0,3716	0,1390	0,0810	0,0442	0,0282	0,0094	0,0045	0,0024	0,0017	
$C'_{гта}$	0,1624	0,0523	0,0270	0,0147	0,0081	0,0023	0,0012	0,0007	0,0005	
$C'_{пта}$	0,2330	0,0878	0,0512	0,0279	0,0178	0,0057	0,0031	0,0018	0,0013	
УРАЛ-43-204										
№ пер-чи	1	2	3	4	5					
$C'_{гвх}$	0,0506	0,0101	0,0023	0,0008	0,0005					
$C'_{пвх}$	0,0001	0,0196	0,0049	0,0017	0,0011					
$C'_{гта}$	0,0693	0,0139	0,0031	0,0009	0,0005					
$C'_{пта}$	0,0001	0,0268	0,0065	0,0021	0,0012					
КРАЗ-2601										
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8		
$C'_{гвх}$	0,2175	0,0670	0,0366	0,0187	0,0116	0,0024	0,0012	0,0008		
$C'_{пвх}$	0,2279	0,0876	0,0575	0,0296	0,0211	0,0048	0,0025	0,0016		
$C'_{гта}$	0,4290	0,1425	0,0524	0,0368	0,0225	0,0061	0,0022	0,0010		
$C'_{пта}$	0,4494	0,1863	0,0824	0,0583	0,0409	0,0121	0,0045	0,0020		
КАМАЗ-53228										
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C'_{гвх}$	0,0355	0,0235	0,0081	0,0049	0,0025	0,0016	0,0009	0,0007	0,0005	0,0005
$C'_{пвх}$	0,0409	0,0298	0,0129	0,0085	0,0047	0,0031	0,0018	0,0014	0,0011	0,0010
$C'_{гта}$	0,1775	0,1170	0,0398	0,0234	0,0113	0,0064	0,0030	0,0018	0,0011	0,0008
$C'_{пта}$	0,2043	0,1485	0,0628	0,0403	0,0210	0,0126	0,0062	0,0038	0,0024	0,0017

УРАЛ-ИВЕКО																
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C'_{гвх}	0,1085	0,0897	0,0720	0,0475	0,0327	0,0206	0,0159	0,0104	0,0057	0,0036	0,0021	0,0013	0,0007	0,0004	0,0003	0,0001
C'_{пвх}	0,0919	0,0787	0,0682	0,0464	0,0345	0,0234	0,0195	0,0139	0,0083	0,0056	0,0034	0,0021	0,0013	0,0008	0,0005	0,0003
C'_{ггд}	0,1250	0,1024	0,0861	0,0568	0,0397	0,0278	0,0190	0,0125	0,0068	0,0044	0,0025	0,0015	0,0009	0,0005	0,0004	0,0003
C'_{птд}	0,1059	0,0898	0,0816	0,0555	0,0419	0,0315	0,0234	0,0166	0,0099	0,0068	0,0040	0,0025	0,0017	0,0009	0,0007	0,0006
СНСУ СМ-300 6*2																
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
C'_{гвх}	0,1016	0,0499	0,0267	0,0138	0,0065	0,0029	0,0020	0,0012	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004	0,0004			
C'_{пвх}	0,1347	0,0777	0,0488	0,0279	0,0149	0,0072	0,0052	0,0033	0,0028	0,0020	0,0014	0,0013	0,0011			
C'_{ггд}	0,1285	0,0631	0,0338	0,0175	0,0082	0,0036	0,0024	0,0015	0,0012	0,0008	0,0005	0,0005	0,0005			
C'_{птд}	0,1704	0,0984	0,0617	0,0353	0,0189	0,0092	0,0062	0,0040	0,0033	0,0023	0,0015	0,0014	0,0013			

# Приложение 6

Таблица П.6.1

## Значение коэффициентов $C_1$

МАЗ-5434									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	
$C'_{гвх}$	0,9565	0,3512	0,1523	0,0639	0,0326	0,0151	0,0121	0,0105	
$C'_{пвх}$	0,2880	0,2231	0,1659	0,1062	0,0631	0,0327	0,0278	0,0160	
$C'_{ггд}$	0,4372	0,3198	0,1615	0,1020	0,0344	0,0250	0,0191	0,0850	
$C'_{птд}$	0,6314	0,5398	0,3158	0,2026	0,0822	0,0627	0,0493	0,1434	
КРАЗ-6437									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	
$C'_{гвх}$	0,0947	0,0610	0,0465	0,0264	0,0153	0,0108	0,0072	0,0072	
$C'_{пвх}$	0,1395	0,1061	0,0951	0,0616	0,0388	0,0290	0,0198	0,0201	
$C'_{ггд}$	0,1284	0,1487	0,0889	0,0508	0,0290	0,0149	0,0134	0,0069	
$C'_{птд}$	0,1891	0,2584	0,1820	0,1184	0,0739	0,0398	0,0368	0,0191	
МАЗ-6303-08									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$C'_{гвх}$	0,3921	0,2393	0,1620	0,0975	0,0745	0,0336	0,0204	0,0145	0,0114
$C'_{пвх}$	0,5062	0,3840	0,3008	0,2016	0,1675	0,0837	0,0530	0,0381	0,0304
$C'_{ггд}$	0,4488	0,2739	0,1853	0,1106	0,0839	0,0361	0,0202	0,0122	0,0078
$C'_{птд}$	0,5794	0,4394	0,3442	0,2285	0,1887	0,0900	0,0523	0,0321	0,0207

МАЗ-6303									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9
С' <sub>гвх</sub>	0,0437	0,0311	0,0242	0,0157	0,0118	0,0073	0,0073	0,0053	0,0076
С' <sub>пвх</sub>	0,0483	0,0489	0,0442	0,0293	0,0256	0,0185	0,0192	0,0193	0,0213
С' <sub>ггд</sub>	0,0917	0,0664	0,0511	0,0331	0,0229	0,0120	0,0106	0,0064	0,0088
С' <sub>шд</sub>	0,1013	0,1043	0,0934	0,0619	0,0496	0,0303	0,0279	0,0232	0,0245
КРА3-255Л									
№ пер-чи	1	2	3	4	5				
С' <sub>гвх</sub>	0,0849	0,0448	0,0169	0,0106	0,0902				
С' <sub>пвх</sub>	0,1113	0,0761	0,0366	0,0233	0,2046				
С' <sub>ггд</sub>	0,1803	0,0572	0,0333	0,0179	0,0123				
С' <sub>шд</sub>	0,2364	0,0971	0,0720	0,0395	0,0278				
МАЗ-509									
№ пер-чи	1	2	3	4	5				
С' <sub>гвх</sub>	0,0811	0,0383	0,0138	0,0080	0,0071				
С' <sub>пвх</sub>	0,1364	0,0773	0,0316	0,0189	0,0172				
С' <sub>ггд</sub>	0,2420	0,1015	0,0326	0,0159	0,0072				
С' <sub>шд</sub>	0,4072	0,2052	0,0743	0,0374	0,0175				
МАЗ-6303-26									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	
С' <sub>гвх</sub>	0,0607	0,0509	0,0346	0,0196	0,0125	0,0074	0,0068	0,0067	
С' <sub>пвх</sub>	0,0834	0,0681	0,0620	0,0385	0,0260	0,0160	0,0157	0,0163	
С' <sub>ггд</sub>	0,1328	0,0997	0,0671	0,0393	0,0256	0,0142	0,0127	0,0070	
С' <sub>шд</sub>	0,1825	0,1335	0,1203	0,0772	0,0531	0,0310	0,0292	0,0168	

МАЗ-63171									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$C'_{гвх}$	0,4398	0,2085	0,1516	0,1070	0,0733	0,0350	0,0227	0,0149	0,0128
$C'_{пвх}$	0,6311	0,3502	0,2872	0,2027	0,1621	0,0869	0,0585	0,0393	0,0340
$C'_{гтд}$	0,2743	0,1373	0,0965	0,0676	0,0466	0,0212	0,0157	0,0110	0,0101
$C'_{птд}$	0,3937	0,2307	0,1828	0,1282	0,1030	0,0527	0,0404	0,0291	0,0269
УРАЛ-43-204									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$C'_{гвх}$	0,1049	0,0400	0,0164	0,0091	0,0078				
$C'_{пвх}$	0,0002	0,0771	0,0350	0,0202	0,0175				
$C'_{гтд}$	0,1436	0,0559	0,0217	0,0114	0,0087				
$C'_{птд}$	0,0002	0,1078	0,0464	0,0253	0,0196				
КРАЗ-2601									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$C'_{гвх}$	0,2340	0,1388	0,1043	0,0624	0,0465	0,0155	0,0119	0,0159	
$C'_{пвх}$	0,2451	0,1815	0,1639	0,0989	0,0846	0,0305	0,0243	0,0332	
$C'_{гтд}$	0,4067	0,2576	0,1440	0,1193	0,0873	0,0385	0,0208	0,0129	
$C'_{птд}$	0,4260	0,3367	0,2263	0,1890	0,1587	0,0756	0,0427	0,0269	

КАМАЗ-53228																
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
$C'_{гвх}$	0,0721	0,0526	0,0281	0,0215	0,0145	0,0110	0,0080	0,0076	0,0058	0,0082						
$C'_{пвх}$	0,0830	0,0668	0,0443	0,0370	0,0271	0,0216	0,0164	0,0158	0,0123	0,0177						
$C'_{гтд}$	0,3994	0,3221	0,1717	0,1231	0,0846	0,0526	0,0286	0,0207	0,0134	0,0090						
$C'_{птд}$	0,4597	0,4089	0,2711	0,2119	0,1577	0,1030	0,0588	0,0431	0,0284	0,0192						
УРАЛ-ИВЕКО																
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$C'_{гвх}$	0,1330	0,1310	0,1280	0,1008	0,0841	0,0882	0,0770	0,0459	0,0317	0,0242	0,0168	0,0122	0,0085	0,0060	0,0041	0,0030
$C'_{пвх}$	0,1127	0,1149	0,1212	0,0986	0,0887	0,1001	0,0945	0,0609	0,0464	0,0374	0,0275	0,0207	0,0149	0,0107	0,0074	0,0055
$C'_{гтд}$	0,1533	0,1495	0,1538	0,1206	0,1019	0,0859	0,0699	0,0549	0,0379	0,0289	0,0206	0,0154	0,0084	0,0072	0,0053	0,0062
$C'_{птд}$	0,1298	0,1311	0,1457	0,1179	0,1075	0,0975	0,0858	0,0730	0,0555	0,0447	0,0338	0,0262	0,0148	0,0130	0,0096	0,0115

Таблица П.7.1

Значение коэффициентов  $D$ 

МАЗ-5434									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	
$C'_{гвх}$	0,003826	0,001867	0,000831	0,000373	0,000132	0,000045	0,000028	0,000017	
$C'_{пвх}$	0,014645	0,008351	0,004310	0,001962	0,000839	0,000299	0,000188	0,000076	
$C'_{гта}$	0,008352	0,003965	0,001583	0,000710	0,000243	0,000085	0,000050	0,000016	
$C'_{пта}$	0,031972	0,017741	0,008207	0,003739	0,001538	0,000570	0,000339	0,000071	
КРАЗ-6437									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	
$C'_{гвх}$	0,001698	0,000770	0,000365	0,000147	0,000060	0,000027	0,000015	0,000010	
$C'_{пвх}$	0,007088	0,003792	0,002117	0,000975	0,000430	0,000203	0,000115	0,000081	
$C'_{гта}$	0,003726	0,001637	0,000695	0,000281	0,000114	0,000051	0,000027	0,000010	
$C'_{пта}$	0,015553	0,008058	0,004033	0,001857	0,000819	0,000385	0,000208	0,000076	
МАЗ-6303-08									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$C'_{гвх}$	0,005040	0,001917	0,000933	0,000449	0,000263	0,000075	0,000034	0,000018	0,000012
$C'_{пвх}$	0,018039	0,008525	0,004801	0,002575	0,001641	0,000516	0,000241	0,000133	0,000085
$C'_{гта}$	0,005767	0,002193	0,001067	0,000514	0,000301	0,000102	0,000038	0,000020	0,000010
$C'_{пта}$	0,020640	0,009753	0,005492	0,002943	0,001874	0,000707	0,000271	0,000147	0,000074



МА3-6303									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9
С' гвх	0,000358	0,000181	0,000103	0,000051	0,000031	0,000012	0,000009	0,000005	0,000006
С' пвх	0,001134	0,000816	0,000537	0,000276	0,000191	0,000087	0,000066	0,000051	0,000046
С' гта	0,000755	0,000382	0,000217	0,000109	0,000060	0,000020	0,000013	0,000006	0,000007
С' пта	0,002390	0,001718	0,001132	0,000582	0,000370	0,000143	0,000097	0,000062	0,000052
КРА3-255Л									
№ пер-чи	1	2	3	4	5				
С' гвх	0,001116	0,000320	0,000065	0,000023	0,000015				
С' пвх	0,003539	0,001315	0,000339	0,000123	0,000082				
С' гта	0,002447	0,000671	0,000127	0,000045	0,000020				
С' пта	0,007761	0,002756	0,000663	0,000241	0,000112				
МА3-509									
№ пер-чи	1	2	3	4	5				
С' гвх	0,000015	0,000377	0,000074	0,000027	0,000016				
С' пвх	0,000062	0,001854	0,000414	0,000157	0,000096				
С' гта	0,004604	0,001146	0,000196	0,000056	0,000017				
С' пта	0,018845	0,005637	0,001086	0,000324	0,000100				
МА3-6303-26									
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	
С' гвх	0,000779	0,000454	0,000225	0,000090	0,000040	0,000016	0,000011	0,000008	
С' пвх	0,002853	0,001622	0,001074	0,000472	0,000223	0,000094	0,000069	0,000051	
С' гта	0,001703	0,000905	0,000435	0,000181	0,000086	0,000048	0,000021	0,000008	
С' пта	0,006239	0,003232	0,002079	0,000948	0,000476	0,000278	0,000128	0,000050	

МАЗ-63171										
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$C'_{гвх}$	0,004708	0,001504	0,000777	0,000424	0,000232	0,000069	0,000032	0,000017	0,000011	
$C'_{пвх}$	0,018767	0,007018	0,004092	0,002231	0,001422	0,000477	0,000227	0,000123	0,000085	
$C'_{ггд}$	0,002952	0,000951	0,000491	0,000268	0,000146	0,000042	0,000022	0,000012	0,000009	
$C'_{птд}$	0,011769	0,004437	0,002587	0,001411	0,000899	0,000290	0,000156	0,000091	0,000067	
УРАЛ-43-204										
№ пер-чи	1	2	3	4	5					
$C'_{гвх}$	0,001376	0,000276	0,000063	0,000021	0,000013					
$C'_{пвх}$	0,000005	0,001239	0,000313	0,000109	0,000069					
$C'_{ггд}$	0,001884	0,000377	0,000083	0,000026	0,000015					
$C'_{птд}$	0,000007	0,001696	0,000413	0,000132	0,000077					
КРАЗ-2601										
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8		
$C'_{гвх}$	0,005411	0,001668	0,000910	0,000464	0,000289	0,000060	0,000030	0,000020		
$C'_{пвх}$	0,012520	0,004815	0,003158	0,001625	0,001162	0,000261	0,000138	0,000090		
$C'_{ггд}$	0,010672	0,003545	0,001304	0,000914	0,000559	0,000153	0,000055	0,000024		
$C'_{птд}$	0,024693	0,010234	0,004527	0,003201	0,002245	0,000664	0,000248	0,000112		
КАМАЗ-53228										
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C'_{гвх}$	9E-06	6E-04	2E-04	1E-04	6E-05	4E-05	2E-05	2E-05	1,3E-05	1E-05
$C'_{пвх}$	2E-05	0,002	7E-04	5E-04	0,0003	0,0002	1E-04	8E-05	6,2E-05	5E-05
$C'_{ггд}$	0,0044	0,003	1E-03	6E-04	0,0003	0,0002	8E-05	5E-05	2,8E-05	2E-05
$C'_{птд}$	0,0115	0,008	0,004	0,002	0,0012	0,0007	0,0003	0,0002	0,00014	9E-05

УРАЛ-ИВЕКО								
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6	7	8
C' <sub>гвх</sub>	0,001871	0,001547	0,001242	0,000819	0,000564	0,000355	0,000274	0,000180
C' <sub>пвх</sub>	0,000098	0,000063	0,000036	0,000022	0,000012	0,000007	0,000004	0,000003
C' <sub>ггд</sub>	0,005241	0,004486	0,003890	0,002648	0,001966	0,001333	0,001114	0,000790
C' <sub>птд</sub>	0,000472	0,000322	0,000193	0,000122	0,000071	0,000043	0,000027	0,000016
№ пер-чи	9	10	11	12	13	14	15	16
C' <sub>гвх</sub>	0,002156	0,001765	0,001485	0,000979	0,000685	0,000478	0,000328	0,000215
C' <sub>пвх</sub>	0,000117	0,000075	0,000043	0,000026	0,000016	0,000009	0,000007	0,000005
C' <sub>ггд</sub>	0,006038	0,005120	0,004652	0,003167	0,002387	0,001797	0,001332	0,000946
C' <sub>птд</sub>	0,000565	0,000385	0,000230	0,000145	0,000095	0,000052	0,000039	0,000033
СИСУ СМ-300 6*2								
№ пер-чи	1	2	3	4	5	6		
C' <sub>гвх</sub>	0,001623	0,000797	0,000427	0,000221	0,000104	0,000046		
C' <sub>пвх</sub>	0,006477	0,003738	0,002344	0,001341	0,000717	0,000348		
C' <sub>ггд</sub>	0,002052	0,001008	0,000540	0,000279	0,000131	0,000058		
C' <sub>птд</sub>	0,008190	0,004728	0,002965	0,001696	0,000906	0,000440		
№ пер-чи	7	8	9	10	11	12	13	
C' <sub>гвх</sub>	0,000032	0,000020	0,000016	0,000011	0,000008	0,000007	0,000006	
C' <sub>пвх</sub>	0,000250	0,000158	0,000134	0,000095	0,000070	0,000061	0,000052	
C' <sub>ггд</sub>	0,000038	0,000024	0,000019	0,000013	0,000009	0,000008	0,000007	
C' <sub>птд</sub>	0,000298	0,000192	0,000160	0,000111	0,000074	0,000068	0,000063	

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Принципы организации процессов автомобильного транспорта леса .....</b>	<b>5</b>
1.1. Измерители автомобильного транспорта леса .....	5
1.2. Классификация лесовозных автодорог .....	7
1.3. Основные элементы лесовозных автодорог .....	10
1.4. Нормы проектирования лесовозных автомобильных дорог ..	16
1.5. Ограничения скорости движения .....	27
1.6. Кинематика движения автопоезда .....	31
<b>2. Лесовозные автопоезда .....</b>	<b>35</b>
2.1. Тяговые машины для вывозки хлыстов и сортиментов .....	36
2.2. Предельные допустимые параметры автомобилей и автопоездов и технические характеристики автопоездов .....	41
2.3. Показатели функционирования лесовозных автопоездов ....	43
2.4. Прицепной состав лесовозных автопоездов .....	66
<b>3. Автопоезда для транспортировки щепы .....</b>	<b>76</b>
<b>4. Технология и техника для погрузки леса .....</b>	<b>92</b>
4.1. Машины и оборудование для погрузки леса .....	92
4.2. Организация и технология работ по погрузке леса на лесосеке .....	97
<b>5. Выбор эффективных эксплуатационных параметров вывозки леса .....</b>	<b>110</b>
5.1. Неустановившееся движение автопоездов .....	110
5.2. Составление таблиц и методика расчета показателей движения автопоездов табличным методом .....	124
5.3. Табличный метод определения экстремальных точек на графике скоростей движения .....	129
5.4. Аналитический метод определения скорости и времени движения лесовозных автопоездов .....	132
5.5. Скорость и время движения в режиме движения накатом ...	141
5.6. Скорость и время движения в режиме совместного торможения двигателем (моторным тормозом) и колесными тормозами .....	145

5.7. Определение расхода топлива при неустановившемся режиме движения автопоезда .....	148
5.8. Ограничение скорости движения лесовозных автопоездов по условиям видимости .....	151
6. Построение графиков скоростей и режимов движения .....	153
6.1. Учет ограничений скоростей движения .....	153
6.2. Режимы движения лесовозных автопоездов .....	155
6.3. Определение скорости и времени движения на лесовозной дороге .....	157
6.4. Определение скорости и времени движения лесовозных автопоездов на дорогах общего пользования .....	169
7. Программа расчета показателей движения лесовозных автопоездов на ПЭВМ .....	179
7.1. Назначение и возможности программы .....	179
8. Нормы выработки на вывозке леса автопоездами .....	191
9. Производительность лесовозных автопоездов .....	197
9.1. Технологические процессы вывозки леса автопоездами .....	197
10. Определение эффективности работы лесовозных автопоездов при вывозке леса на нижний склад и непосредственно потребителю .....	204
10.1. Расчет технико-экономических показателей для обоих вариантов вывозки .....	204
10.2. Анализ технико-экономических показателей .....	210
11. Применение системы GPS мониторинга автомобильного транспорта .....	215
11.1. Основные положения .....	215
11.2. Применение систем GPS мониторинга в лесопромышленном комплексе .....	215
11.3. Назначение и состав системы GPS мониторинга .....	219
11.4. Структура программного обеспечения .....	224
11.4.1. Программа «Шпион» .....	224
11.4.2. Программа «Администратор» .....	225
11.4.3. Программа «Диспетчер» .....	227
11.4.4. Программа «Механик» .....	232
11.5. Анализ применения системы GPS мониторинга .....	232
Список использованных источников .....	234
Приложения .....	240

**Илья Романович Шегельман  
Владимир Иванович Скрыпник,  
Алексей Владимирович Кузнецов  
Андрей Викторович Пладов**

**ВЫВОЗКА ЛЕСА АВТОПОЕЗДАМИ.  
ТЕХНИКА ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

**Специальность 260100 "Лесинженерное дело"  
Специальность 170400 "Машины и оборудование лесного комплекса"**

Подписано к печати 06.12.2007. Формат 60×90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Уел. печ. л. 19. Тираж 1000 экз. Заказ 4512

ООО «ПРОФИКС». 190031, Санкт-Петербург, в/я 340

*Отпечатано с готовых диапозитивов в ГУП «Типография «Наука»  
199034, Санкт-Петербург, 9-я линия, 12*