

А. Г. ГРИЦКЕВИЧ, инженер

ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ ПРОХОДИМОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ЛЕСОВОЗНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ БССР

Для успешного решения задач, стоящих перед лесной промышленностью, большое значение имеет лесовозный транспорт. Он является основным и решающим звеном лесозаготовительного процесса, так как древесина приобретает наибольшую ценность, если она вывезена из леса к магистральным путям общего значения или на склад потребителя. Поэтому вопросы улучшения работы автомобильного лесовозного транспорта являются весьма актуальными.

ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИИ

Предприятия лесной промышленности БССР ведут лесозаготовки в лесах второй группы. Эксплуатируемый ими лесосечный фонд расположен на территории в среднем не менее 100 административных районов республики и отводится в рубку малыми по площади и запасу лесосеками, в большинстве своем отдаленными одна от другой на большие расстояния.

Наличие большого количества мелких лесосек объемом 700—900 м³, расположенных на большой территории, усложняет лесозаготовку. Например, Гомельский леспромхоз расположен на территории 7 лесхозов, Полоцкий—6, Барановичский—5. В среднем каждый леспромхоз имеет ежегодно 200—300 делянок, в большинстве своем расположенных вдали одна от другой, вдали от транспортных путей и пунктов примыкания.

По климатическим условиям территория Белорусской ССР целиком относится к зоне средних широт. По количеству осадков республика принадлежит к наиболее увлажненной части Европейской территории СССР. Среднегодовая температура воздуха здесь изменяется от 4,4° тепла в Витебской области до 7,3°—в Брестской. В западных областях

климат значительно теплее и мягче, чем в восточных. Среднегодовое количество осадков в центральной части БССР колеблется в пределах 540—700 мм. В отдельные годы количество их значительно отклоняется от средних многолетних. Наибольшее количество осадков (1021 мм) наблюдалось в Полесской области и наименьшее (294 мм)—в Гомельской. В течение года осадки выпадают неравномерно. Промерзание почв невелико и зависит от снегового покрова.

Зима продолжается в восточных областях 153—162 дня, в западных—130—150 дней. Зимы в Белоруссии, как правило, богаты оттепелями, часто длительными. В декабре и феврале на каждые три дня приходится один день оттепелей. Наиболее холодный месяц—январь, но и в январе среднесуточная температура воздуха колеблется от 0° до 5° мороза.

Весна продолжается в восточных областях 35—37 дней, а в западных—36—44 дня. Для весны характерна частая смена холода и тепла.

Лето является вторым длинным сезоном года. Продолжительность лета в восточных областях 100—110 дней, а в западных—105—109 дней. Лето умеренное и достаточно влажное. Количество осадков иногда достигает значительной величины. Известны случаи, когда в Мозыре за июль выпало 280 мм, в Полоцке—225 мм осадков. Бывают очень большие ливни. Например, в 1927 г. в Ельске ливень дал 129 мм осадков.

Из приведенного краткого обзора видно, что климат БССР мягкий и богатый атмосферными осадками, что, естественно, усложняет условия работы лесозаготовителей.

Почвенно-грунтовые условия Белорусской ССР характеризуются показателями, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Почвы	Распределен по БССР в %	Из них под лесом в %
Дерновые	0,5	5,7
Дерново-подзолистые	57,9	27,8
из них:		
на глинах и тяжелых суглинках	0,5	6,2
на суглинках средних и легких	21,6	6,5
на супесях	19,1	21,3
на песках	16,7	63,6
Дерново-подзолистые заболочиваемые	12,2	52,2
Дерновые и торфяно-болотные	23,8	30,5
Аллювиально-луговые	1,7	—
Под водой, дорогами и постройками	3,9	—

Разбросанность лесосечного фонда лесозаготовительных предприятий БССР небольшими деланками, расположенными на большой территории, приводит к частому перебазированию

нию средств производства с места на место и развитию широкой сети лесовозных дорог. Строительство широкой сети улучшенных лесовозных дорог в почвенно-грунтовых условиях республики приводит к большим дополнительным затратам, отрицательно влияющим на себестоимость продукции. Поэтому исследование проходимости лесовозных автомобилей по неулучшенным грунтовым дорогам на естественном основании является актуальной проблемой лесозаготовителей республики.

ПРОХОДИМОСТЬ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ЕСТЕСТВЕННЫМ ГРУНТОВЫМ ДОРОГАМ

Прочность нежестких дорожных одежд основывается на нормировании величины предельных деформаций, вызывающих их разрушение. Эти деформации постепенно накапливаются при повторных воздействиях нагрузок от проезжающих автомобилей. За основную характеристику грунтов принимаются их модули деформации в период года, наиболее неблагоприятный для прочности грунтов.

Расчет накопления деформаций ведется только для периода опасного увлажнения грунта, так как в остальное время года модуль деформации грунта значительно превышает его весеннее и осеннее значения. В зависимости от климатических условий длительность периода расчетного увлажнения, как весеннего, так и осеннего, может колебаться в довольно широких пределах.

На основании многолетних наблюдений, установленных ДОРНИИ, определим несущую способность для каждого типа грунтов Белорусской ССР. Значение модулей деформации принимаем для III климатической зоны, увлажнение для сухих мест по I типу (нормальное увлажнение), для мокрых и заболочиваемых почв—по II типу (избыточное увлажнение поверхностными водами) и для болотных почв—по III (избыточное увлажнение грунтовыми водами).

Почвенно-грунтовые условия по несущей способности будут характеризоваться данными табл. 2.

По методике, разработанной проф. Н. Н. Ивановым, определим модуль деформации грунтов, обеспечивающий нормальную работу различных лесовозных автомобилей, применяемых на лесозаготовках республики.

Расчет модуля деформации производим по формуле

$$E = \frac{\pi \cdot P}{2 \cdot \lambda} \cdot K,$$

где π — постоянное число, равное 3,14;

P — удельное давление на покрытие в $\text{кг}/\text{см}^2$;

λ — допускаемая относительная деформация одежды (принимаем $=0,08$);

K — коэффициент повторности приложения нагрузки.

Таблица 2

Почвы	Модуль деформации грунта на поверхности в кг/см ²	Распределение по БССР в %
Дерново-подзолистые, развивающиеся:		
на песках	150—170	16,7
на супесях	120—150	19,1
Дерновые на выходах известковых пород	100—120	0,1
Дерново-подзолистые заболочиваемые, развивающиеся:		
на супесях	90—130	1,7
на рыхлых песках	90—70	10,2
Дерновые на пылевато-суглинистых и глинистых породах	65—80	0,3
Дерново-подзолистые, развивающиеся:		
на глинах и тяжелых суглинках	65—80	0,5
на суглинках средних и легких	65—80	21,6
Дерново-подзолистые заболочиваемые, на суглинках	65—80	0,3
Дерновые на мощных лесовых суглинках	65—75	0,1
Дерновые и торфяно-болотные, развивающиеся на легких и тяжелых суглинках	50—65	23,8

Исходя из дорожно-климатического районирования СССР, разработанного ДОРНИИ, расчет ведем по III климатической зоне.

Коэффициент повторности рассчитываем по формуле

$$K = 0,5 + 0,55 \lg N,$$

где N — среднесуточная интенсивность движения.

В расчет среднесуточной интенсивности движения вводим дополнительный коэффициент, учитывающий движение с прицепом: для легкого одноосного прицепа—1,25, а для тяжелого двухосного—2,60.

Результаты расчетов прочности дорожной одежды для лесовозных автомобилей сведены в табл. 3.

По несущей способности грунтов территории Белорусской ССР и расчетным значениям требуемой прочности дорожной одежды для лесовозных автомобилей (табл. 3) строим диаграмму несущей способности грунтов республики (рис. 1).

Из диаграммы несущей способности грунтов Белорусской ССР видно, что наиболее проходимыми являются автомашины ЗИЛ-151 и ЗИЛ-157. Автомашин ЗИЛ-151 охватывает более 40% всей территории республики, а ЗИЛ-157—80%. Поэтому автомобиль ЗИЛ-157 является наиболее проходимой машиной в условиях БССР.

Таблица 3

Марки автомобилей	Общая нагрузка на заднюю ось в кг	Расчетное удельное дав- ление на оде- жду P_1 в кг/см ²	Интенсив- ность движения N	Расчетный модуль деформации в кг/см ²
ЗИС-5	4660	4,5	70	137
ЗИЛ-150	6020	4,4	158	136
ЗИЛ-151	3800	3,4	158	105
МАЗ-200	10100	6,0	158	185
МАЗ-501	8350	5,0	158	155
ЗИЛ-157	3580	2,4	118	73

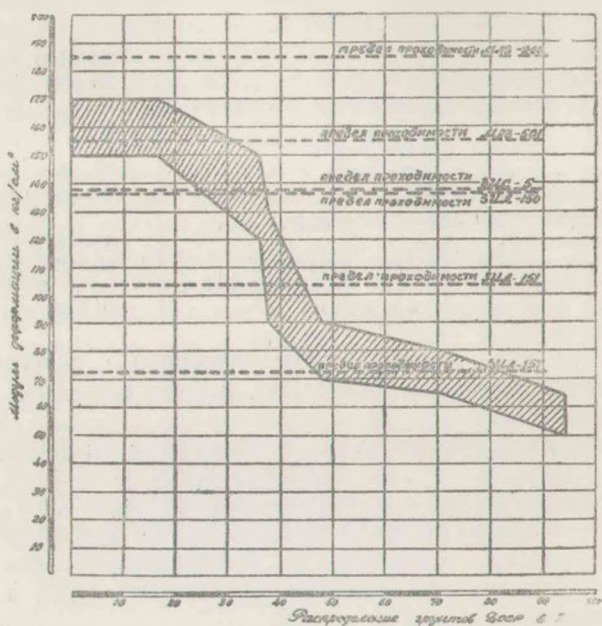


Рис. 1. Диаграмма несущей способности грунтов Белорусской ССР.

Остановимся на некоторых исследованиях, проведенных Центральным научно-исследовательским институтом механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ) совместно с автозаводом им. Лихачева над автомашинами ЗИЛ-157 и ЗИЛ-151, представляющими наибольший интерес для лесозаготовителей республики (отчет № 14—«Исследование работы лесовозного автопоезда»).

1 Значение P увеличивается на 10% из расчета жесткости шин.

Под руководством кандидата технических наук В. А. Горбачевского были проведены экспериментальные исследования влияния давления воздуха в шинах на тяговые качества автомобиля и изучение зависимости коэффициента буксования от силы тяги на крюке автомашины. Исследование влияния давления воздуха в шинах на тяговые качества лесовозного автомобиля были проведены на трех типах грунтовых дорог. С целью получения сравнительных показателей одновременно с автомашиной ЗИЛ-157 определялись основное сопротивление движению и сила тяги на крюке автомобиля ЗИЛ-151.

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ШИНАХ НА ТЯГОВЫЕ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЯ

Исследование проводилось на автомобиле ЗИЛ-157, имеющем односкатные колеса с шинами 12,00-18 и централизованную подкачку шин. При проведении испытаний в зависимости от давления воздуха в шинах определялись следующие показатели: площади отпечатков шин, средние удельные давления при опоре колеса на плоскость, статические радиусы, тяговые усилия и сопротивления движению.

Исследования показали (рис. 2), что при уменьшении давления воздуха в шине ее контактная площадь увеличивается, причем темп увеличения площади отпечатков повышается с уменьшением давления.

При понижении давления воздуха в шинах с 2,5 до 0,5 кг/см² площадь отпечатков удваивается и соответственно уменьшается среднее удельное давление колеса на опорную плоскость. Приведенные материалы подтверждают значительное уменьшение воздействия колеса на путь при понижении давления воздуха в шинах, что имеет особое значение для неулучшенных грунтовых лесовозных дорог на естественном основании, имеющих небольшую несущую способность.

Необходимо отметить, что при давлении воздуха в шинах 2 кг/см² это давление приблизительно равно среднему удельному давлению на полотно пути. С уменьшением давления воздуха в шинах его абсолютная величина имеет меньшее значение, чем соответствующее удельное давление, что объясняется восприятием значительной части нагрузки деформированным каркасом шины. При давлениях воздуха в шине более 2 кг/см² его абсолютное значение превосходит величину удельного давления. Это объясняется тем, что максимальное удельное давление превосходит среднее удельное давление.

Величина статического радиуса качения определялась в лабораторных условиях. Понижение давления воздуха в шинах с 3,5 до 1,5 кг/см² вызывает плавное и относительно неболь-

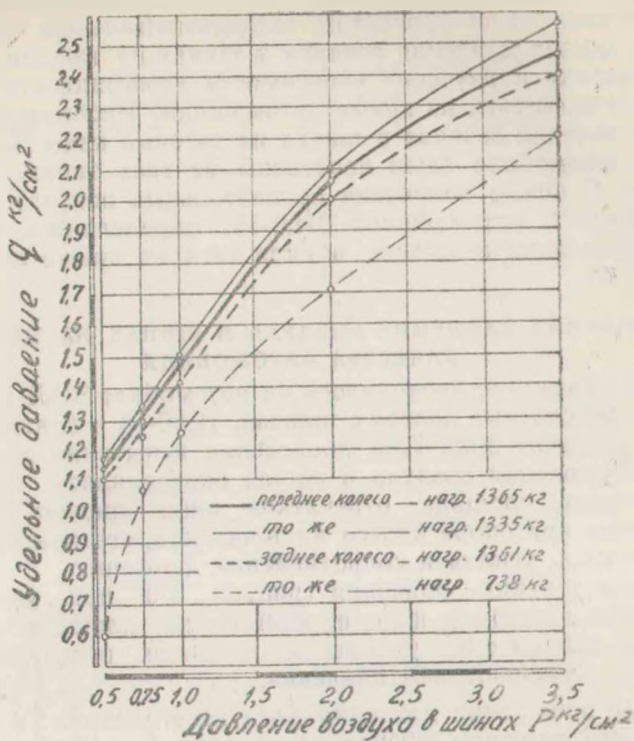


Рис. 2. Зависимость удельного давления колес автомобиля ЗИЛ-157 на грунт от давления воздуха в шинах.

шое уменьшение статического радиуса качения. В интервале давлений 1,5—1,0 кг/см² наблюдается более значительное его уменьшение и в интервале давлений 1,0—0,5 уменьшение статического радиуса качения происходит весьма быстро, а следовательно, резко увеличиваются деформации в каркасе шины.

Приведенные материалы позволяют сделать вывод о том, что при давлении воздуха в шине 12,00—18 ниже 1,5 кг/см² будет иметь место значительная деформация каркаса и сократится срок службы шины, а поэтому дальнейшее понижение давления до 1,0 кг/см² может допускаться только в исключительных случаях на коротких участках труднопроходимого пути.

Основное сопротивление движению и тяговые усилия на крюке автомобиля ЗИЛ-157 определялись при движении по дорогам следующих типов:

1. Обочина неустроенной дороги на черноземе. Верхний слой дороги (8—9 см) оттаял и представлял собой густую

липкую грязь. Температура воздуха 4°C, временами шел дождь.

2. Мелкозернистый влажный песок с примесью чернозема (пашня). Температура воздуха 5°C.

3. Целина на черноземе (луговина). Почва покрыта травянистым покровом средней густоты и сильно увлажнена. Температура воздуха 6°C, временами шел дождь.

С целью получения сравнительных показателей были определены сила тяги на крюке и сопротивление движению автомобиля ЗИЛ-151 при нагрузке в кузове 2,5 т.

Испытания показали, что во всех случаях автомобиль ЗИЛ-157 значительно превосходит по тяговому усилию на крюке автомобиля ЗИЛ-151. На всех типах дорог, на которых проводились испытания, тяговое усилие на крюке автомобиля ЗИЛ-157 значительно возрастает при уменьшении давления воздуха в шинах (рис. 3).

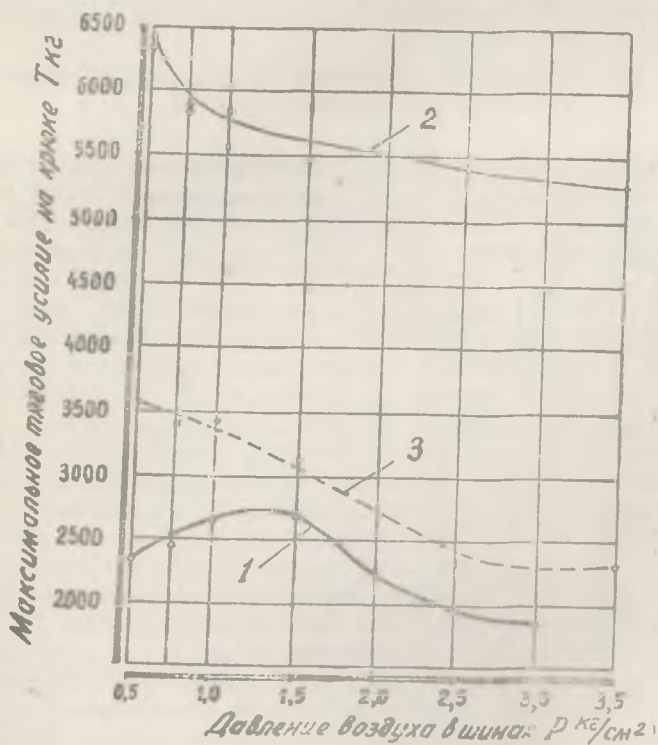


Рис. 3. Тяговые усилия на крюке автомобиля ЗИЛ-157 (вес 8300 кг) в зависимости от давления воздуха в шинах.

На обочине грунтовой переувлажненной дороги (кривая 1) при снижении давления воздуха в шинах с 2,5 до 1,0—

1,5 кг/см² тяговое усилие на крюке возрастает с 1980 до 2667—2710 кг. При дальнейшем понижении давления воздуха отмечено уменьшение тяговых усилий. Тяговое усилие на крюке автомобиля ЗИЛ-151 на этой дороге составило всего 1200 кг.

При движении по мелкозернистому влажному песку (кривая 2) тяговое усилие на крюке автомобиля ЗИЛ-157 при понижении давления воздуха в шинах с 2,5 до 0,5 кг/см² возрастает с 5400 до 6400 кг. Тяговое усилие автомобиля ЗИЛ-151 в этих условиях составило 3400—4120 кг.

Тяговое усилие автомобиля ЗИЛ-157 на черноземной целине (кривая 3) устойчиво возрастает от 2317 кг при давлении воздуха 3,5 кг/см² до 3560 кг при давлении 0,5 кг/см². Тяговое усилие на крюке автомобиля ЗИЛ-151 в этих условиях равнялось 1906 кг.

Определение основного сопротивления движению автомобилей производилось самопишущим динамометром Шеффер-Буденберга. (Рис. 4).

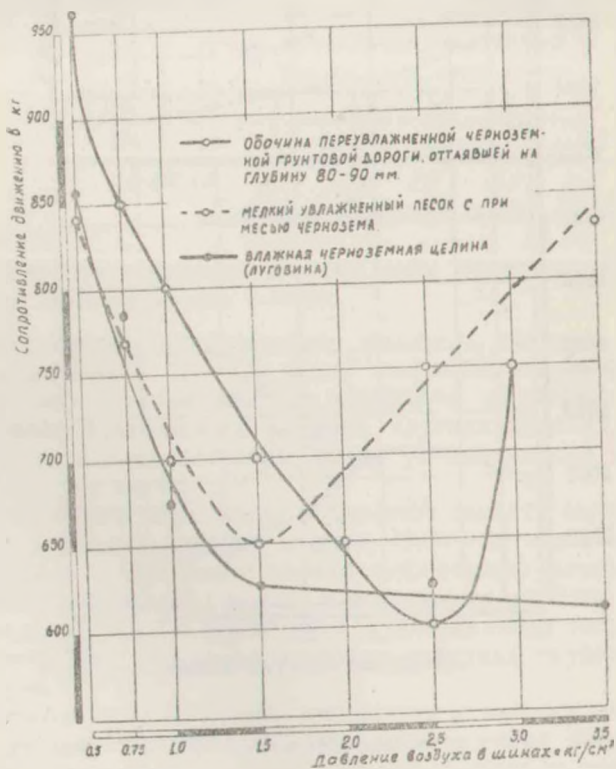


Рис. 4. Сопротивление движению автомобиля ЗИЛ-157 в зависимости от давления воздуха в шинах.

На обочине грунтовой переувлажненной дороги оно для автомобиля ЗИЛ-157 было минимальным при давлении воздуха в шинах $2,5 \text{ кг/см}^2$. С уменьшением давления сопротивление движению быстро возрастало за счет потерь на деформацию грунта ввиду увеличения ширины профиля шины при сохранении глубины колеи. Основное сопротивление движению автомобиля ЗИЛ-151 на этой дороге было равно 800 кг .

На мелкозернистом влажном песке основное сопротивление движению автомобиля ЗИЛ-157 было минимальным при давлении воздуха в шинах $1,5 \text{ кг/см}^2$. Увеличение сопротивления движению при повышении давления воздуха объясняется ростом потерь на деформацию грунта, а при понижении давления—ростом потерь на деформацию каркаса шины.

На влажной черноземной целине сопротивление движению быстро уменьшалось при увеличении давления в шинах до $1,5 \text{ кг/см}^2$, а далее почти не уменьшалось, что, видимо, объясняется хорошей несущей способностью грунта.

ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА БУКСОВАНИЯ ОТ СИЛЫ ТЯГИ НА КРЮКЕ АВТОМОБИЛЯ

Исследование проводилось на автомобиле ЗИЛ-151 с шинами 8,25—20. Автомобиль был забалластирован песком. При этом нагрузка на ось составила 2400 кг , а на среднюю и заднюю оси— 7100 кг . Общий вес груженного автомобиля составил 9500 кг .

Опыты проводились на контрольном участке снежной уплотненной дороги длиной 50 м при следующих вариантах давления воздуха в шинах тягача: $3,0$; $2,5$; $2,0$; $1,5$; $1,0 \text{ кг/см}^2$.

Величина тягового усилия на крюке тягача регулировалась путем включения I или II передач коробки перемены передач буксируемых автомобилей и при максимальных нагрузках дополнительным включением тормозов. При проведении опытов регистрировались: тяговое усилие, число оборотов карданного вала автомобиля ЗИЛ-151 и время прохождения контрольного участка (рис. 5).

Проведенные исследования показали, что на плотных участках снежных дорог при температурах -6 — -12°C давление воздуха в шинах не оказывает существенного влияния на коэффициент буксования и максимальную силу тяги на крюке. Зависимость коэффициента буксования от тягового усилия на крюке автомобиля при изменении последнего от 0 до 2000 — 2400 кг имеет прямолинейный характер. В этом интервале коэффициент буксования изменялся от 0 до $0,02$ — $0,04$. Отмеченные тяговые усилия не являются максимальными, но их целесообразно принимать в качестве расчетных. В дальнейшем их будем именовать «устойчивыми тяговыми усилиями».

За пределами устойчивого тягового усилия коэффициент буксования быстро увеличивается, достигая при максимальных значениях тягового усилия на крюке 0,06—0,15. Максимальные тяговые усилия 2500—2800 кг являются неустойчивыми, т. е. в силу значительной пробуксовки колес происходит обледенение поверхности колес. При этом уменьшается тяговое усилие и резко возрастает коэффициент буксования.

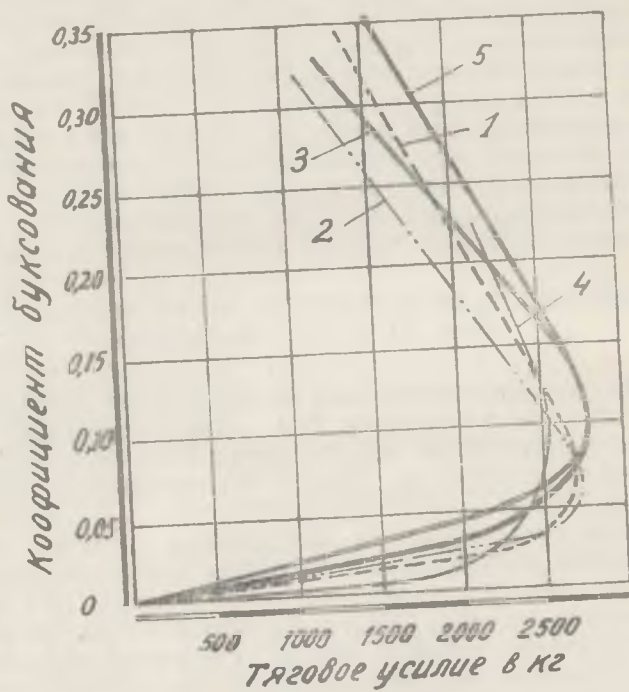


Рис. 5. Зависимость коэффициента буксования от тягового усилия на крюке автомобиля ЗИЛ-157 при давлениях в шинах тягача: 1—3,0 кг/см²; 2—2,5 кг/см²; 3—2 кг/см²; 4—1,5 кг/см²; 5—1 кг/см².

Коэффициент буксования при одном и том же тяговом усилии может иметь два сильно отличающихся по величине значения. При тяговом усилии на крюке 2000 кг коэффициент буксования до достижения устойчивого тягового усилия составляет в среднем 0,03, а после достижения максимального тягового усилия увеличивается в среднем до 0,22, т. е. в 7 раз.

Для избежания потерь на буксование не следует превышать устойчивого тягового усилия. Если же автомобиль вышел из зоны устойчивого тягового усилия, то необходимо его вернуть в эту зону путем снижения оборотов колес до минимума. При этом движение должно совершаться без рывков.

Особенно важно плавно трогать с места, не допуская значительной пробуксовки колес.

ВЫВОДЫ

1. С целью повышения проходимости, снижения воздействия автомобилей на путь и уменьшения затрат на строительство и содержание дорог на лесовозных автомобилях рекомендуется применять шины низкого давления с централизованной подкачкой воздуха.

2. Применение односкатных колес с шинами низкого давления резко повышает силу тяги на крюке автомобиля и понижает сопротивление движению, что приводит к значительному увеличению проходимости.

3. Для уменьшения воздействия подвижного состава на путь необходимая грузоподъемность автопоезда должна достигаться не за счет увеличения осевых нагрузок, а за счет увеличения числа осей. Исходя из этого, следует отдать предпочтение трехосному шасси лесовозного автомобиля и двухосному шасси прицепов.

4. Применение лесовозных автомобилей высокой проходимости дает возможность значительно сократить расстояние трелевки и тем самым уменьшить себестоимость единицы продукции лесозаготовительного предприятия.
