

УДК 630*383

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ГРУЗОБОРОТОВ ЛЕСОВОЗНЫХ УСОВ

Арутюнян А.Ю., Бурмистрова О.Н.

ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», Ухта,
e-mail: oburmistrova@ugtu.net

В статье ставится задача по разработке методики определения возможной работоспособности грунтовых усов с учетом изменения модуля деформации грунта в течение летнего периода; проведение натурных регулярных наблюдений за изменениями модуля деформации грунтов (супеси и суглинки) во времени на опытных площадках в Республике Коми и проверка расчетным путем возможности увеличения работоспособности грунтовых усов. Предложена формула для определения оптимального грузооборота уса, при котором обеспечивается минимум дорожно-строительных и транспортно-эксплуатационных затрат (включая трелевку). Получена формула для определения возможной работоспособности грунтового уса, по которой была сделана попытка определить численные значения возможной (расчетной) работоспособности грунтовых усов для лесовозных автопоездов. В итоге была составлена таблица оптимальных предельногодичных графиков работы грунтовых усов.

Ключевые слова: грунт, дорога, автопоезд, климат, деформация, лесоматериалы

ON THE DETERMINATION OF THE TURNOVER OF GOODS OPTIMAL FORESTRY ADV

Harutyunyan A.Y., Burmistrova O.N.

FGBOU VPO «Ukhta State Technical University», Ukhta, e-mail: oburmistrova@ugtu.net

The article raises the problem of the development of methods for determining possible health mustache ground, adjusting the deformation modulus of soil during the summer period; conducting regular field observations of changes in the deformation modulus of soil (sandy loam and loam) in time for the experimental plots in the Republic of Коми and verification by calculation of the opportunity to increase the efficiency of ground-mustache. The formula to determine the optimal gruzoobo Rota mustache, which provides a minimum of road construction, transport and operating costs (including skidding). The formula for determining the possibility of work-capacity ground whisker, on which an attempt was made to determine the numerical values of the possibility Noi (estimated) Health groundwater mustache for logging trucks. The result was drafted on the table-optimal schedules prednemogetnih ground mustache.

Keywords: soil, road, trailer, climate, deformation of timber

В 2013 году была выполнена работа по определению стоимости строительства и содержания 1 км уса различных типов (летнего действия), установлена зависимость роста глубины колеи на проезжей части грунтовых усов от количества проходов лесовозного подвижного состава, получены формулы для определения работоспособности усов, рассмотрен вопрос об оптимальном (общем) грузообороте уса, установлена расчетом зависимость стоимость постройки и содержания 1 км уса с гравийным покрытием от размеров общего грузооборота. Для контроля полученных численных значений изучаемых стоимостных характеристик принимаемых значений эксплуатационных показателей (скорость движения, полезная нагрузка на автопоезд, работоспособность усов и т.д.) был проведен анкетный опрос по вопросам работы лесовозных усов с охватом 52 лесоперерабатывающих предприятий Северо-Запада европейской части страны. Результаты опроса показали в частности, что определенные путем составления смен значения стоимости постройки

и содержания усов с различными видам покрытий достаточно хорошо совпадают со средними значениями этих затрат, показанных в анкетах опроса.

Для определения оптимального грузооборота уса, при котором обеспечивается минимум дорожно-строительных и транспортно-эксплуатационных затрат (включая трелевку) предложена формула

$$Q_{\text{опт}} = \left[\frac{(y-x)(\alpha + \beta x)x Q_{\text{пол}}^{\text{аб}}}{0,9 M_{\text{час}} b_{\text{тр}} (\gamma - \delta x)} \right]^{1/2} \quad (1)$$

где $Q_{\text{пол}}^{\text{аб}}$ – полезная нагрузка на автопоезд, м³; $M_{\text{час}}$ – стоимость машино-часа автопоезда, р/ч; $b_{\text{тр}}$ – стоимость трелевки, р/м³км; α – средняя скорость движения автопоезда по естественной грунтовой поверхности ($\alpha = 4 \dots 5$ км/ч); β – коэффициент пропорциональности (принятый равным 0,001); γ – коэффициент, учитывающий повышенный расход горючего, износ шин и автопоезда в целом при работе на грунтовых усах без улучшения проезжей части, $\gamma = 1,7 \dots 2,0$; δ – коэффициент пропорциональности (принят

равным 0,0001); X и Y – стоимость строительства и содержания соответственно 1 км уса и ветки, которые могут быть определены по следующим формулам:

$$x = C_{yc} + B_{yc},$$

$$y = (C_b + 0,5r_b b_b)k,$$

где C_{yc} , C_b – стоимость строительства км уса и ветки, р/км; r_b – срок службы веток, лет; k – коэффициент, учитывающий частичную прокладку веток по не эксплуатационным площадям ($k = 1,05 \dots 1,2$).

Обработка опытов и литературных источников [1, 2] позволила получить следующую формулу для оценки зависимости глубины колеи на грунтовых усах от количества проходов подвижного состава

$$h = \frac{pD}{E} \left[1 + 1,5 \ln(NK_n K_{nop} K_{np}) \right], \quad (2)$$

где p – среднее удельное давление колеса на проезжую часть, МПа; D – диаметр эквивалентного круга площади отпечатка колеса автомобиля, м; E – модуль деформации проезжей части, МПа; N – количество проходов груженого автопоезда; K_n – коэффициент, учитывающий количество осей ($K_n = 1$ для трелевочного автомобиля и 0,67 для двухосного); K_{nop} – коэффициент, учитывающий движение автомобилей без груза ($K_{nop} = 1,1 \dots 1,2$); K_{np} – коэффициент, учитывающий вывозку лесопроизводства автопоездом.

Используя зависимость (2) в работах [3, 4] была получена следующая формула для определения возможной работоспособности грунтового уса

$$Q_p = Q_{пол} I^\alpha, \quad (3)$$

$$\alpha = \left(\frac{h_{доп} E}{pD} - 1 \right) \frac{1}{1,5} - \ln(K_n K_{nop} K_{np}), \quad (4)$$

где $h_{доп}$ – предельно допускаемая глубина колеи, м; остальные обозначения в формуле (2).

Пользуясь формулой (4) была сделана попытка определить численные значения возможной (расчетной) работоспособности грунтовых усов для лесовозных автопоездов типов КраЗ-6133М6+ТМЗ-80, МАЗ-6312В9-476-012+ТМЗ-803 и ЗИЛ-131+ТМЗ-802.

При этом были приняты следующие значения модуля деформации грунтов (в МПа):

Таблица 1

Вид грунта	Тип местности по условиям увлажнения	
	1	2
Супесь	12	6
Суглинок	9	4,5

Приведенные выше значения модулей приняты по рекомендациям конструкции ВСН 46–61 для 1-го типа местности, а для 2-го типа – снижены на 50% (нормативные значения в инструкции для 2 типа местности не приведены), то есть для условий весеннего увлажнения.

Результаты расчетов показали, что возможная работоспособность грунтовых усов без укрепления проезжей части при использовании на вывозке лесопроизводства автомобилей гр. А даже в 1 типе местности оказалась незначительной, что не согласуется с имеющимся опытом вывозки лесопроизводства по грунтовым усам.

С учетом этого, было принято решение выполнить работу по определению возможной работоспособности грунтовых усов с учетом переменного значения модулей деформации, которые к середине лета значительно возрастают (3–4 раза).

Для этого было необходимым, прежде всего, разработать соответствующую методику, так как такого рода расчеты до настоящего времени не производились.

Зависимость модуля деформации грунта в неморозный период от фактора времени была принята параболической, вида

$$E = S + qt - rt^2, \quad (5)$$

где t – текущая координата времени в сутках, отсчитываемая от какой-то начальной даты неморозного периода (в работе принято 1 мая за дату начала отсчета); S , q , r – коэффициенты, зависящие от рода грунта, условий водоотвода и климатических условий.

При вывозке древесины по грунтовым усам, крайне важно установить наиболее целесообразную дату начала вывозки древесины. Если, например, начать вывозку очень рано, когда модуль деформации грунта еще не велик, то предельно допустимая деформация ездовой поверхности (то есть глубина колеи) наступит очень скоро и общий объем вывозки древесины до разрушения ездовой поверхности будет небольшой. С другой стороны, если начать вывозку поздно – ближе к середине лета, когда модуль деформации максимальный, то в этом случае, с наступлением осени модуль деформации начнет уменьшаться и общее число дней в работы уса будет ограниченным.

Очевидно, существует какая-то оптимальная дата начала вывозки, при которой общий период работы уса в течение неморозного периода с заданным суточным объемом вывозки был бы максимальным.

Для определения этой даты предложено уравнение

$$1,5pD \frac{0,67 + \ln(kN_{\text{сут}})}{S + qt_m - rt^2} + \frac{\ln 2}{S + q(t_n + 1) - r(t_n + 1)^2} + \frac{\ln 3/2}{S + q(t_n + 2) - r(t_n + 2)^2} + \dots + \frac{\ln 3/2}{S + q(t_n + m - 1) - r(t_n + m - 1)^2} = h_{\text{доп}}, \quad (6)$$

из которого зная m – общее число календарных дней работы уса (рисунок) можно определить t_n – оптимальную дату начала вывозки.

Величину m предложено определять по формуле

$$m = \frac{q}{r} - 2t_n \quad (7)$$

Обозначения те же, что и в формуле (6). $h_{\text{доп}}$ – максимально допустимая по условиям движения глубина колеи, см; $N_{\text{сут}}$ – суточная интенсивность движения, авт/сут; K – коэффициент, учитывающий тип автомобиля, наличие прицепного состава и движение по усу в порожняковом направлении.

Подставив значение m в формулу (7), а затем в (6), получим t_n .

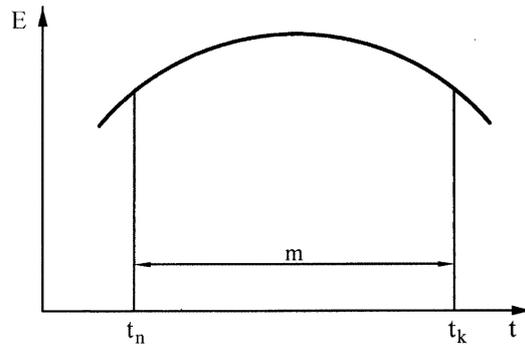
Расчеты показали, что автопоезда КрАЗ-6133М6+ГКБ-9283 дата начала вывозки (в средний год) $t_n = 42-44$ (11–13 июня), а календарная продолжительность летнего сезона вывозки $m = 97-113$ дней.

Работоспособность грунтового уса с учетом указанного выше можно определить по формуле

$$|Q_p|_{\text{max}} = Q_{\text{пол}} N_{\text{сут}} m_{\text{max}} K_{\text{рем}} K_{\text{ш}} K_{\text{клим}}, \quad (8)$$

где $Q_{\text{пол}}$ – полезная нагрузка на автопоезд, м³; $N_{\text{сут}}$ – суточная интенсивность

движения, авт/сут; m_{max} – максимальное число дней работы уса; $K_{\text{рем}}$ – коэффициент, учитывающий возможность увеличения работоспособности уса за счет ремонтных профилировок проезжей части ($K_{\text{рем}} = 1,0 \dots 1,2$); $K_{\text{ш}}$ – коэффициент, учитывающий влияние ширины проезжей части уса, $K_{\text{ш}} = 1,0$ при движении колес автопоезда по одному следу и $K_{\text{ш}} = 2,0$ при движении автопоездов с прокладкой новых колеи; $K_{\text{клим}}$ – коэффициент, учитывающий климат района.



Теоретическая зависимость изменения модуля деформации грунта в течение безморозного периода

Таблица 2

Оптимальные преднемноголетние графики работы грунтовых усов

Тип автопоезда	Дата начала работы уса	Число календарных дней работы	Дата окончания работы	Модуль деформации, МПа		Расчетное число дней работы уса	Возможная работоспособность уса за летний период, тыс. м ³
				в первый день работы	максимальный		
Грунт супесчаный							
КрАЗ-6133М6 + ГКБ-9383 (ТМЗ-803)	41 (10/06)	115	156 (4/10)	13,4	18,0	71	40,6
Урал-43204 + 2Р-8,5	21 (21/05)	155	176 (23/10)	9,6	18,0	109	54,7
Грунт суглинистый							
КрАЗ-6133М6 + ГКБ-9383 (ТМЗ-803)	48 (17/6)	89	137 (14/09)	14,7	18,8	55	27,5
Урал-43204 + 2Р-8,5	27 (27/05)	131	158 (6/10)	10,6	18,6	92	46,0

Расчеты по формуле (8) показали, что учет переменного значения модуля деформации в течение лета дает существенное увеличение расчетной работоспособности грунтовых усов. Например, для автопоезда КраЗ-6133М6 + ГКБ-9383 Q_p определялось равной 27...40 тыс.м³, вместо 1,5...8 тыс. м³, полученных при $E = \text{const}$ (при суточном объеме вывозки в 500 м³ с $K_{\text{клим}} = 0,8$). Еще более значительно (в 3–4 раза) возрастает расчетная работоспособность грунтовых усов при вывозке лесопроductии автопоездами легкого типа Урал 43204+2Р-3 (до 120 и более тыс. м³ за сезон).

Следует, однако, отметить, что такой объем вывозки лесопроductии должен быть освоен за 120...130 рабочих дней, то есть при вывозке в сутки до 1000 и более м³, что трудно осуществить. Тем не менее, из выполненного анализа формулы (8) вытекает целесообразность организации максимально возможного использования грунтовых усов в оптимальный период их работы с доведением суточного объема вывозки до возможного максимума (не менее 400...500 м³). Уменьшение полезной нагрузки на автопоезд КраЗ-6133М6+ГКБ-9383 с 28 до 24 м³ не дает ощутимого эффекта в увеличении чис-

ла дней работы и работоспособность грунтового уса и не может быть рекомендовано.

В табл. 2 приведены оптимальные предельногодичные графики работы грунтовых усов (первый тип местности II дорожно-климатическая зона) при вывозке в сутки 500 м³ лесопроductии.

Список литературы

1. Алябьев В.И., Ильин Б.А., Кувалдин Б.И., Грехов Г.В. Сухопутный транспорт леса / В.И. Алябьев, Б.А. Ильин, Б.И. Кувалдин, Г.В. Грехов. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 416 с.
2. Бабков В.Ф. Дорожные условия и режимы движения автомобилей / В.Ф. Бабков, М.Б. Афанасьев, А.П. Васильев и др. – М.: Транспорт, 1967. – 227 с.
3. Бурмистрова О.Н. К вопросу моделирования оптимального распределения транспортных потоков лесопроductии по видам транспорта / Ю.Н. Пильник, Е.Н. Мотрюк // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2–10. – С. 2111–2114.
4. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог : в 2 т. : учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.П. Васильев. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – т. 1. – 320 с.
5. Скрыпников А.В. Анализ методов оценки надежности сложных технических комплексов / А.В. Скрыпников, М.М. Умаров, А.Ю., Арутюнян, Е.В. Чернышова // *Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции*. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 2015. – С. 76–81.