

УДК 629.114.4.001.2

Е.В. Платонова

Платонова Елена Вячеславовна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Архангельский государственный технический университет, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры промышленного транспорта АГТУ. Имеет 6 печатных работ по изучению скорости движения лесовозных автопоездов и пропускной способности лесовозных дорог.



ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО ТРАНСПОРТА

Исследована зависимость среднетехнической скорости от параметров продольного профиля. С использованием метода множественной нелинейной корреляции получены уравнения элементарных математических функций.

Ключевые слова: множественная линейная и нелинейная корреляция, дисперсия продольных уклонов.

Известны различные способы определения скорости движения поездов [1, 3]. Она зависит не только от состава автопоезда, максимального подъема участка профиля, но и от среднеарифметического уклона продольного профиля, дисперсии уклонов, других факторов.

В данной работе получены зависимости для определения средней технической скорости движения от различных параметров продольного профиля, а также установлен математический закон, которому соответствуют результаты исследований.

Для получения фактических данных обработан 101 профиль лесовозных дорог протяженностью от 6 до 10 км, покрытие из железобетонных плит. Требовалось определить среднюю техническую скорость в грузовом и порожняковом направлениях, а также некоторые характеристики продольного профиля. С этой целью использованы материалы изысканий: пикетаж и отметки земли каждой трассы. Затем по программе Spl101 строили профиль каждой дороги. По программе Ukl21 рассчитывали наибольший подъем в грузовом направлении, средний арифметический уклон и дисперсию продольных уклонов. Исследования выполняли для автомобиля MA3-5337-041 как в грузовом, так и в порожняковом направлениях с учетом массы автопоезда. Скорость устанавливали используя программу Maz_5337 (определение времени движения автопоезда в грузовом и порожняковом направлениях).

Зависимость средней технической скорости от перечисленных характеристик найдена методом множественной линейной регрессии [2]. По специально разработанной программе MinCor21 получено уравнение линейной множественной регрессии:

$$v = 13,0 - 0,00608 mi + 0,0212 si - 0,000048 di,$$

где v – средняя техническая скорость, м/с;

mi – максимальный подъем в грузовом направлении, ‰;

si – среднее арифметическое значение продольных уклонов, ‰;

di – дисперсия уклонов продольного профиля,

$$di = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (s_i - \bar{s})^2,$$

где n – число пикетов на расчетном продольном профиле;

s_i – продольный уклон на каждом пикете.

Коэффициент множественной корреляции (R) составил 0,760. Коэффициенты частной корреляции: $R_1 = 0,145$ (для максимального продольного уклона); $R_2 = 0,162$ для среднего арифметического); $R_3 = 0,517$ (для дисперсии продольных уклонов). Обусловленность нормальной системы при определении множественной линейной корреляции COND = 7052. Зависимость средней скорости от дисперсии продольных уклонов можно описать формулой

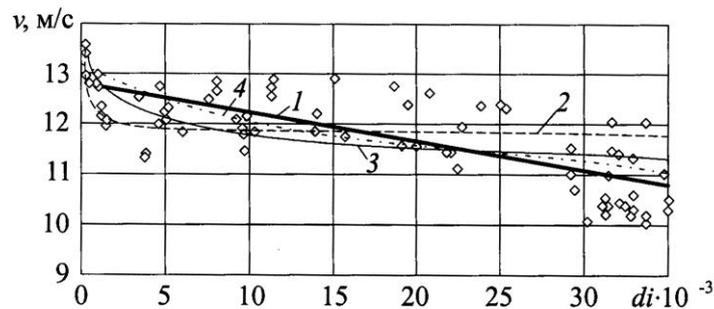
$$v = 12,7 - 0,0000565 di$$

и представить в виде графика (кривая 1 на рисунке).

Анализ полученных данных позволил установить связь средней технической скорости движения с максимальным подъемом в грузовом направлении, средним арифметическим уклоном и дисперсией продольных уклонов. С этой целью разработана программа MinCog22, где в качестве четвертого параметра принята обратная характеристика дисперсии уклонов ($1/di$). После обработки фактических данных получено уравнение

$$v = 13,0 - 0,00986 mi + 0,00944 si - 0,0000467 di + 167 / di.$$

Коэффициент множественной корреляции $R = 0,780$. Коэффициенты частной корреляции: $R_1 = 0,227$ (для максимального продольного уклона); $R_2 = 0,0718$ (для среднего арифметического); $R_3 = 0,512$ (для дисперсии



Графики зависимости скорости движения от дисперсии уклонов продольного профиля: 1 – для di ; 2 – для $1/di$;

3 – $\ln(di)$; 4 – для \sqrt{di}

продольных уклонов); $R_4 = 0,268$ (для обратной характеристики дисперсии продольных уклонов). Обусловленность нормальной системы при определении множественной линейной корреляции $COND=161700$. Среднюю скорость в зависимости от дисперсии продольных уклонов можно определить по формуле

$$v = 11,7 + 375,3/di$$

и представить в виде кривой 2 на рисунке.

Использование обратной характеристики дисперсии уклонов ($1/di$) недостаточно полно характеризует опытные данные. Поэтому было принято решение в качестве четвертого параметра использовать простейшие математические характеристики: $\ln(di)$ и \sqrt{di} . Для этой цели разработаны программы MinCor23 (для $\ln(di)$) и MinCor24 (для \sqrt{di}). Обработка данных позволила получить следующие результаты.

Для $\ln(di)$ уравнение имеет вид

$$v = 13,5 - 0,00688 mi + 0,0185 si - 0,0000436 di - 0,0566 \ln(di).$$

Коэффициент множественной корреляции $R = 0,761$. Коэффициенты частной корреляции: $R_1 = 0,157$ (для максимального продольного уклона); $R_2 = 0,136$ (для среднего арифметического); $R_3 = 0,389$ (для дисперсии продольных уклонов); $R_4 = 0,0657$ (для логарифмической функции от дисперсии продольных уклонов). Обусловленность нормальной системы при определении множественной линейной корреляции $COND=3169$. С учетом этого средняя скорость в зависимости от дисперсии продольных уклонов может быть определена по формуле

$$v = 15,6 - 0,41 \ln(di)$$

и представлена в виде кривой 3 на рисунке.

Для \sqrt{di} уравнение имеет вид

$$v = 12,8 - 0,00515 mi + 0,0244 si - 0,0000675 di + 0,00466 \sqrt{di}.$$

Коэффициент множественной корреляции $R = 0,763$. Коэффициенты частной корреляции: $R_1 = 0,120$ (для максимального продольного уклона); $R_2 = 0,180$ (для среднего арифметического); $R_3 = 0,280$ (для дисперсии продольных уклонов); $R_4 = 0,0895$ (для квадратного корня от дисперсии продольных уклонов). Обусловленность нормальной системы при определении множественной линейной корреляции $COND=6420$. С учетом этого средняя скорость в зависимости от дисперсии продольных уклонов может быть определена по формуле

$$v = 13,17 - 0,012 \sqrt{di}$$

и представлена кривой 4 на рисунке.

Как видим, использование метода множественной нелинейной корреляции не позволяет получить результаты, максимально соответствующие фактическим. Наиболее точно опытные данные характеризует уравнение

прямой, полученное с помощью метода множественной линейной регрессии. Поэтому в расчетах требовалось определять зависимость предложенными методами и только после этого делать выводы.

Кроме того, результаты исследований позволили сделать основной вывод, что для определения средней технической скорости движения автопоездов должна быть использована дисперсия уклонов продольного профиля дороги (коэффициент частной корреляции для дисперсии продольных уклонов наибольший во всех четырех случаях). Максимальный уклон и значения средних арифметических уклонов оказывают незначительное влияние на скорость движения.

Разработанные программы Sp1101, Ukl21, Maz_5337, MinCor21, MinCor22, MinCor23, MinCor24 находятся на кафедре промышленного транспорта АГТУ (г. Архангельск) и могут быть использованы заинтересованными лицами и проектными организациями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единые нормы выработки и расценки на лесозаготовительные работы [Текст]. – М.: Экономика, 1989. – 84 с.
2. *Езекиэл, М.* Методы анализа корреляций и регрессий [Текст] / М. Езекиэл, К.А. Фокс. – М.: Статистика, 1966. – 558 с.
3. Общесоюзные нормы технологического проектирования лесозаготовительных предприятий. Ч. 1. Нормы [Текст]. – Л.: Лесн. пром-сть, 1980. – 192 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 30.06.03

E.V. Platonova

Use of Multiple Regression Methods for Average Speed Determination of Timber-carrying Transport Movement

Dependence of average-technical speed on parameters of longitudinal profile is investigated. The equations of elementary mathematical functions are obtained by using the method of nonlinear multiple correlation.

