

УДК 625.7/8:69.002.51

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕТИ ДОРОГ НА РАССТОЯНИЕ И
ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРЕБАЗИРОВОК ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАШИН**

д.т.н., проф. Радкевич А.В., к.т.н. Степаненко А.А., Яковлев С.А.
*Днепропетровский национальный университет железнодорожного
транспорта имени академика В. Лазаряна*

Постановка проблемы. Так как рассредоточенность объектов строительства на местности является основной особенностью транспортного строительства [1, 2 и др.], построение простой и в то же время близкой к реальному процессу модели, учитывающей форму обслуживаемой территории, связано с необходимостью проведения дополнительных исследований.

Связь с научными и практическими заданиями и анализ последних исследований и публикаций. В действительности перебазировки дорожно-строительной техники осуществляются не по прямым участкам дорог, связывающим пункты её убытия и прибытия, а по сети дорог, что приводит к увеличению действительного расстояния перебазировок. Решение задачи нахождения параметров расстояния перебазировки дорожно-строительных машин для формы территории, отличной от окружности (когда обслуживаемая территория имеет форму, ограниченную окружностью радиуса R – это простейший случай), является сегодня предметом практических и научных исследований [3, 4, и др.].

Формулировка целей. Необходимо найти математическое выражение для определения расстояния и длительности перебазировок дорожно-строительных машин с учетом сети дорог на обслуживаемой территории.

Изложение основного материала исследований. Предположим, что дороги расположены таким образом, что они либо параллельны, либо перпендикулярны друг другу (рис. 1). Пусть перебазирвка осуществляется из пункта А в пункт В. Так как по прямой АВ движение невозможно, перебазирвку необходимо осуществлять по сети дорог, два возможных пути которой показаны на рис. 1 сплошной линией и пунктиром.

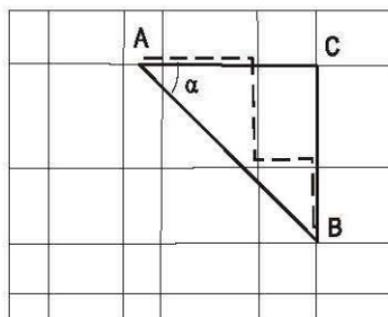


Рис. 1. Возможные пути перебазирвки с учетом сети дорог

Без доказательства (опущено ввиду простоты) отметим, что наименьшее расстояние перебазирвки в рассматриваемом случае будет равно сумме катетов АС и АВ прямоугольного треугольника АСВ.

Для любого расположения пунктов А и В на обслуживаемой территории можно построить прямоугольный треугольник, катеты которого параллельны участкам дорог, по которому можно определить действительное расстояние перебазирвки

$$S_g = S(\sin \alpha + \cos \alpha), \quad (1)$$

где S – расстояние между пунктами А и В; α – острый угол

прямоугольного треугольника, удовлетворяющий условию $0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{4}$.

Математическое ожидание расстояния перебазирвки будет

$$M[S_g] = \int_0^{\frac{\pi}{4}} \int_0^{\infty} P(S)P(\alpha)S(\sin \alpha + \cos \alpha)d\alpha dS. \quad (2)$$

Так как направление перебазирвки зависит от расположения пунктов А и В, равновероятно распределенных на обслуживаемой территории, угол α будет распределен на отрезке $[0, \frac{\pi}{4}]$ по закону, близкому к равномерному

$$P(\alpha) = \begin{cases} \frac{4}{\pi} \cdot n_{\text{пу}} \cdot \alpha \leq \left[0, \frac{\pi}{4}\right]; \\ 0; n_{\text{пу}} \cdot \alpha \notin \left[0, \frac{\pi}{4}\right]. \end{cases} \quad (3)$$

Подставляя выражение для $P(\alpha)$ в интеграл (2) после ряда преобразований получаем

$$M[S_g] = \frac{4}{\pi} \int_0^{\infty} P(S) \cdot S \cdot dS, \quad (4)$$

но

$$\int_0^{\infty} P(S) \cdot S \cdot dS = M'_S[S].$$

Учитывая это, получаем выражение для математического ожидания расстояния перебазировки с учетом сети дорог в зависимости от математического ожидания расстояния по прямой между пунктами

$$M[S_g] = \frac{4}{\pi} M'_S[S] \approx 1,27 M'_S[S]. \quad (5)$$

Аналогично найдем дисперсию расстояния перебазировки с учетом наличия сети дорог. По определению дисперсии

$$D[S_g] = \int_0^{\frac{\pi}{4}} \int_0^{\infty} P(S) \frac{4}{\pi} \left\{ S(\sin \alpha + \cos \alpha) - M[S_g] \right\}^2 d\alpha \cdot dS. \quad (6)$$

Подставляя выражение для $M[S_g]$ согласно (5) в подынтегральную функцию выражения (2), после ряда преобразований, получаем

$$D[S_g] = \frac{4}{\pi} \left[\left(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{2} \right) \int_0^{\infty} S^2 P(S) dS - \frac{8}{\pi} M'_S \int_0^{\infty} S P(S) dS + \frac{4}{\pi} M_S^2 \right] \quad (7)$$

где $M'_S = M'_S[S]$.

Учитывая, что $\int_0^{\infty} S^2 P(S) dS = D_S(S) + M_S^2$,

$$\int_0^{\infty} S P(S) dS = M'_S,$$

на основании выражения (2.58) получаем

$$D[S_q] = \left(1 + \frac{2}{\pi}\right) D'_S(S) + \frac{4}{\pi} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{2} - \frac{4}{\pi}\right) M_S^2. \quad (8)$$

Подсчитав приближенно коэффициенты выражения (8), получаем формулу для определения дисперсии расстояния перебазировок с учетом сети дорог

$$D[S_q] = 1,636 D'_S(S) + 0,0142 M_S^2. \quad (9)$$

Подставляя выражения для $M'_S[S]$ и $D'_S[S]$ в (5) и (8), получаем

$$M[S_q] = \frac{4}{\pi} \sqrt{S_r} Z^q M_1[S], \quad (10)$$

$$D[S_q] = 1,636 S_r \left\{ \frac{1}{3} Z - M_S^2[S] \right\} + 0,0142 M_S^2. \quad (11)$$

Учитывая, что для квадрата единичной площади

$$M_1[S] = 0,51$$

после преобразований выражений (10), (11) и округления коэффициентов получаем простые формулы для определения параметров $M[S_q]$ и $D[S_q]$

$$M[S_q] = 0,65 \sqrt{S_r} Z^q, \quad (12)$$

$$D[S_q] = 1,636 S_r \left(\frac{1}{3} Z - 0,256 Z^{2q} \right), \quad (13)$$

$$\text{где } Z = \frac{1}{2} \left(A_R + \frac{1}{A_R} \right);$$

q – следует принять равным 0,5 при приближенных расчетах или равным 0,43 при более точных.

Время, необходимое для преодоления транспортом расстояния S при перебазировке, определим по формуле

$$T_S = \frac{S}{V_{cp}}, \quad (14)$$

где V_{cp} – средняя скорость движения.

Согласно свойствам математического ожидания и дисперсии взаимонезависимых величин, учитывая выражения (10) и (11), получим

$$M_T [t_S] = M[S_q] \cdot / \cdot V_{cp} \quad (15)$$

$$D_T [t_S] = D[S_q] \cdot / \cdot V_{cp}^2, \quad (16)$$

где $M_T [t_S]$ – математическое ожидание времени перебазировки машины; $D_T [t_S]$ – дисперсия времени перебазировки.

Время, необходимое для перебазировки строительных машин с объекта на объект зависит не только от расстояния S . В работе [5] предлагается следующее выражение для его определения

$$t_{II} = t_{DM} + t_S + t_M, \quad (17)$$

где t_{DM} – время демонтажа машин и простоя с момента окончания работы до начала перебазировки; t_S – время, необходимое для преодоления расстояния S ; t_M – время монтажа машины на новом объекте.

Если не требуется демонтаж и монтаж, то учитывается время на погрузку и разгрузку машины.

Отрезки времени t_{DM} и t_M могут включать время погрузки на трейлер, разгрузки с трейлера и ряд других операций. По-видимому, их более правильно называть отрезками времени подготовительно-заключительных операций. В общем случае параметры t_{DM} и t_M являются случайными величинами.

Обсуждение результатов. Учитывая, что случайные величины, входящие в выражение (17) взаимонезависимы, согласно свойствам математического ожидания и дисперсии на основании выражений (15)–(17), получим

$$M[t_{II}] = M[t_{DM}] + M[S_q] \cdot / \cdot V_{cp} + M[t_M], \quad (18)$$

$$D[t_{II}] = D[t_{DM}] + D[S_q] \cdot / \cdot V_{cp} + D[t_M]. \quad (19)$$

Эти выражения могут быть использованы при определении необходимого количества машин и трейлеров.

Кроме того, существует большое количество других задач управления национальной экономикой, где они могут быть использованы. Например, определение среднего порожнего пробега такси, определение количества передвижных ремонтных станций и др.

Выводы:

1. На среднее расстояние перебазировки дорожно-строительных машин и трейлеров основное влияние оказывает площадь обслуживаемой территории. Поэтому влияние обслуживаемой территории на количественные характеристики работы строительных машин можно

учитывать на основании либо среднего радиуса равновеликой окружности R , либо ее площади S_T .

2. Если форма обслуживаемой территории вытянута значительно в каком-либо направлении (отношение минимального расстояния между точками к максимальному не превышает 0,5) то ее влияние на количественные характеристики работы строительных машин может быть учтено в виде коэффициента асимметрии A_R .

3. Наличие сети дорог на обслуживаемой территории приводит к увеличению моментов расстояний перебазировок. Математическое ожидание расстояния увеличивается в 1,27, а дисперсия – примерно, в 1,64 раза.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кантрорер С.Е. Применение методов линейного программирования для оптимального распределения машин по объектам строительства. – Механизация строительства, 1966, № 3, с.9-12.
2. Рыбальский В.И. Автоматизированные системы управления в строительств. – Киев: Вища школа, 1974. – 480 с.
3. Основы управления технологическими процессами /Под ред. Н.С.Райбмана. – М.: Наука, 1978. – 440 с.
4. Сторожилова Г.И. Определение времени перебазировки строительных машин. – Горные, строительные и дорожные машины: Респ. межвед. науч.техн. сб., 1981, вып.32, с.112-116.
5. Радкевич А.В. Управление техничного розвитку парку будівельно-дорожніх машин / Днепропетровск: ООО СП „Флора Интер”, 2000.-с.42-46.
6. Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов в строительстве / В.В.Семковский, В.Н.Шафранский, П.Котов, и др.- М.: Стройиздат., 1978. – 368 с.