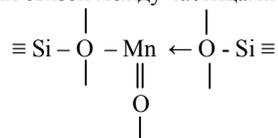


металлического марганца и нагревании до 250<sup>0</sup>С связано с образованием дополнительных связей между частицами КВСС и ШММ типа



образовавшимися в результате разложения карбоксилата марганца, перехода из двухвалентного в трехвалентное состояние и взаимодействия марганца с отрицательно заряженной поверхностью кремнеземистых частиц.

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. А.Н. Пшинько., Н.В. Савицкий., С.А. Корецкая., А.А. Гончаренко Решение вопросов энерго- и ресурсосбережения путем организации производства и технологии получения теплоизоляционного материала. // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна. – Вып. 4. – Д.: Изд-во Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, 2004. –С. 200-202.
2. В.Н. Гребенников., А.Г. Григоренко., С.В. Федоренко., А.Ф. Подпольный., Н.В. Савицкий., В.А. Ткаченко., А.Н. Пшинько., А.А.Гончаренко., Н.М. Федорченко Концептуальный подход к организации производства и технологии получения теплоизоляционного материала и изделий. // Сб. науч. тр. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Днепропетровск: ПГАСиА, 2002. – Вып. №21. –С. 71-74.
3. А.А. Гончаренко Актуальность производства и применения новых теплоизоляционных материалов в строительстве. // Сб. науч. тр. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Днепропетровск: ПГАСиА, 2003. – Вып. №22. –С. 160-164.
4. А.А. Гончаренко Изготовление качественного пеностекла путем введения соединений влияющих на рекристаллизацию стекла. // Сб. науч. тр. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Днепропетровск: ПГАСиА, 2005. – Вып. №35. –С. 162-166.
5. А.Н. пшинько., Н.В. Савицкий., С.А. Корецкая., А.А. Гончаренко Использование отходов металлургической промышленности при получении модифицированного теплоизоляционного материала «Heatisol-2». // Сб. науч. тр. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Днепропетровск: ПГАСиА, 2004. – Вып. №7-8. –С. 81-85.
6. А.А. Гончаренко Оптимизация состава теплоизоляционного материала «Heatisol-2» на основе стеклобоя и отходов промышленности. // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна. – Вып. 9. – Д.: Изд-во Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, 2005. –С. 163-165.
7. Чумак Л.И. Теплоизоляционные материалы на основе пылей газоочисток производства ферросилиция и металлического марганца: автореф. дисс. на

соиск. канд.техн.наук: спец.05.23.05 «Строительные материалы и изделия»/ Чумак Л.И. - Д., 1992. –18с.

8. Полтавцев А.П. Безобжиговые высокотемпературные перлитоволокнистые теплоизоляционные изделия на шлакожидкостекольных связующих: автореф. дисс. на соиск. канд.техн.наук: спец.05.23.05 «Строительные материалы и изделия»/ Полтавцев А.П. - Д., 1984. –24с.
9. Корецкая С.А. Облицовочная плитка на основе концентрированной вяжущей силикатной суспензии и пыли газоочистки производства металлического марганца автореф. дисс. на соиск. канд.техн.наук: спец.05.23.05 «Строительные материалы и изделия»/ Корецкая С.А. - Д.,2001. –21с.
10. А.Н. Пшинько., Н.В. Савицкий., А.А. Гончаренко Влияния силикатных вяжущих веществ на свойства пенобетона. // Сб. науч. тр. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Днепропетровск: ПГАСиА, 2007. – Вып. №43. –С. 398-405.
11. Пивинский Ю.Е. Керамические вяжущие и керамобетоны. /Пивинский Ю.Е.// М.: Металлургия, 1990.-272с.
12. Ребиндер П.А. Физико-механическая механика. /Ребиндер П.А.// Изд. «Знание», 1958, С.59.

### 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 существуют 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 перебазировка осуществляется из пункта А в пункт В. Так как по прямой АВ движение невозможно, перебазировку необходимо осуществлять по сети дорог, два возможных пути которой показаны на рис. 1 сплошной линией и пунктиром.

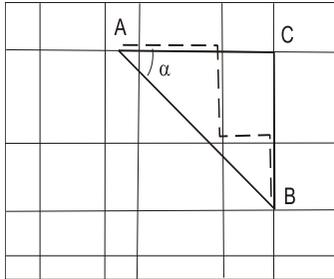


Рис. 1. Возможные пути перебазировки с учетом сети дорог

Без доказательства (опущено ввиду простоты) отметим, что наименьшее расстояние перебазировки в рассматриваемом случае будет равно сумме катетов AC и AB прямоугольного треугольника ACB.

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 перебазировки

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

где  $S$  – расстояние между пунктами А и В;  $\alpha$  – острый угол

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

Математическое ожидание расстояния перебазировки будет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 перебазирровок 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  $D'[S]$  в (5) и (8), получаем

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

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

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 перебазирровке, 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

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

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

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

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

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

где  $t_{DM}$  – время демонтажа машин и простоя с момента окончания работы до начала перебазирровки;  $t_S$  – 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

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

$$D[t_{\Pi}] = D[t_{DM}] + D[S_q] \cdot V_{cp}^2 + D[t_M]. \quad (19)$$

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 перебазирровки 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. Управління технічного розвитку парку будівельно-дорожніх машин / Днепропетровск: ООО СП „Флора Ингер”, 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.

УДК 624.042.8

### ОБРАЩЕНИЕ МАТРИЦ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ФОРМ КОЛЕБАНИЙ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ

д.т.н., доц. Распопов А.С.

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна*

В работе [1] показано, что использование графов и автоматов позволяет получить новый источник информации о свойствах стержневой системы, ускоряющий проведение динамических расчетов по традиционным методикам. При этом удается перейти к более рациональному построению и упрощению как основной топологической модели, так и отображающей алгебраической системы уравнений. Получение уравнения состояния всей системы по уравнениям состояния отдельных ее частей включает следующие этапы: разделение системы на подсистемы или отдельные части, каждую из

которых удобно проанализировать в отдельности; построение изоморфного представления динамической системы в виде графа и анализа состояния подсистем (подавтоматов) с помощью таблиц переходов; идентификация характеристических функций автомата и формирование ассоциированных матриц для каждой из подсистем; объединение полученных матриц в единое ортогональное уравнение состояния соединенной системы.

Если решить исходную систему линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных начальных параметров, то для различных значений  $\lambda$  по рекуррентным соотношениям [2] можно определить формы собственных колебаний.

Для нахождения  $n$  неизвестных НП  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  систему  $n$  линейных уравнений приводят к виду

$$\sum_{k=1}^n a_{ik} x_k = b_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \text{ или } Ax = b, \quad (1)$$

при условии, что одна произвольная компонента вектора  $x$ , например  $x_1$ , принимается равной единице, а все остальные неизвестные вычисляются в относительной форме  $x_k / x_1$ .

В этом случае столбец коэффициентов  $a_{11}, a_{21}, \dots, a_{n1}$  при параметре  $x_1$  преобразуется с изменением знака в столбец свободных членов  $b_i$ , который расположен в правой части уравнений (1), т. е.  $b_i = -a_{i1}$ . Для уравнивания числа неизвестных с числом уравнений одно из уравнений системы, соответствующее нулевому значению какого-либо КП, например  $x_j$ , исключается. Тогда ранг матрицы системы  $r = n - 1$ .

Далее обычно рассматривают два основных подхода к решению системы неоднородных алгебраических уравнений. Первый из них сводится к определению вектора  $x$  по некоторому заданному вектору  $b$ , и второй – к непосредственному построению обратной матрицы  $A$  и нахождению  $x = A^{-1}b$ .

Если обозначить определитель, составленный из коэффициентов левой части уравнения (1), через  $D = |a_{ik}|^n$ , то согласно правилу Крамера [3–6], система (1) имеет единственное решение

$$x_k = \frac{D_k}{D} \quad (k = 1, 2, \dots, n), \quad (2)$$

где  $D_k$  – определитель, составленный подобным образом как и  $D$ , но с заменой элементов  $k$ -го столбца, соответствующего определяемому неизвестному НП, свободными членами  $b_1, b_2, \dots, b_n$ , или, если выразить алгебраическое дополнение элемента  $a_{ik}$  через  $A_{ik}$ , то можно записать