

УДК 621.2:004.67

А. В. ШИЛОВИЧ, доктор технических наук, Гомельский филиал Международного университета трудовых и социальных отношений

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕМОНТНЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

Предложен уточненный расчет продолжительности ремонтных работ на позиции поточной линии при разделении объема ремонта между исполнителями по максимальному времени окончания работ в целях определения рационального такта линии.

**В** настоящее время улучшение использования основных фондов затруднено высокой степенью их физического износа, который в Республике Беларусь по оценкам специалистов составляет 60–70 %. Одним из путей преодоления такой ситуации является их ремонт. Однако нельзя забывать, что ремонт является более трудоемким делом, чем изготовление нового. Поэтому проблема повышения эффективности выполнения ремонтных работ заслуживает повышенного внимания.

Одним из путей решения этой проблемы является организация выполнения ремонтных работ поточным методом. Большой вклад в разработку и применение этого метода на железнодорожном транспорте внесли В. И. Сенько, В. П. Бугаев, В. И. Букин и др.

Предлагались различные методы организации потока: объекты движутся по потоку или работники перемещаются вдоль зафиксированных объектов. Это не исключает основной трудности в использовании рассматриваемого метода в ремонтном деле – различие трудоемкостей ремонта объектов, находящихся на позициях поточной линии. Последнее затрудняет обеспечение равной длительности выполнения ремонтных работ на каждой позиции ремонта, что является обязательным при организации потока. Преодоление этого явления на каждом предприятии осуществляется по-разному. В одном случае подбираются объекты ремонта по трудоемкости, в другом – используется различная численность работников на позициях при приближенно равной трудоемкости на ней и т. д. В последнем случае считается, что длительность ремонта на позиции при определенной трудоемкости на ней обратно пропорциональна численному составу находящихся здесь ремонтников. Однако такой подход не учитывает разделение всего объема работ между отдельными исполнителями (или их группами). В последнем случае длительность ремонта определяется по максимальному времени, затрачиваемому каждым ремонтником (группой). Учитывая высокую чувствительность параметров функционирования поточной линии к длительности ремонта на позиции, расчет этого показателя необходимо вести с высокой точностью. Выполнить это возможно с помощью формул, вывод которых предложен ниже.

Рассмотрим модель выполнения ремонтных работ на позиции поточной линии, когда объем работ разделен между двумя группами (исполнителями) ремонтников. В процессе данного исследования было установлено,

что время выполнения ремонтных работ на позиции подчиняется нормальному закону распределения. Продолжительности выполнения ремонта отдельными исполнителями (группами) представляют собой случайные величины  $x, y$ . Тогда необходимо установить закон распределения максимальной величины из двух случайных и определить ее математическое ожидание.

Пусть имеются две случайные величины  $x, y$  с совместной плотностью  $f(x, y)$ . Найдем интегральную функцию распределения  $G(Z)$  и плотность распределения максимальной из этих двух величин  $Z = \max\{x, y\}$ . Будем искать функцию распределения случайной величины  $Z: G(z) = P\{Z < z\}$ . Для того чтобы максимальная из величин  $x, y$  была меньше  $z$ , необходимо, чтобы каждая из этих величин была меньше  $z: G(z) = P\{x < z, y < z\} = F(z, z);$  и  $F(x, y) = \int_{-\infty}^x \int_{-\infty}^y f(x, y) dx dy.$

Таким образом,  $G(z) = \int_{-\infty}^z \int_{-\infty}^z f(x, y) dx dy.$

Чтобы найти плотность  $g(z)$ , продифференцируем  $G(z)$  по параметру, входящему в пределы интегрирования. Дифференцировать будем как сложную функцию двух переменных  $z_1, z_2$ , из которых каждая зависит от  $z, (z_1 = z; z_2 = z) g(z) = dG(z) / dz.$  После преобразований получим  $g(z) = \int_{-\infty}^z f(z, y) dy + \int_{-\infty}^z f(x, z) dz.$  В нашем частном случае величины  $x, y$  независимы  $f(x, y) = f_1(x)f_2(y).$  Тогда  $g(z) = f_1(z) \int_{-\infty}^z f_2(y) dy + f_2(z) \int_{-\infty}^z f_1(x) dx.$  Или более компактно:  $g(z) = f_1(z)F_2(z) + f_2(z)F_1(z).$  Если случайные величины  $x$  и  $y$  независимы и одинаково распределены, то  $f_1(x) = f_2(x) = f(x); g(z) = 2f(z)F(z),$  но, как указывалось выше,

$$f(z) = [1/G_p \sqrt{2\pi}] \exp[-(z - t_p)^2 / 2G_p^2];$$

$$F(z) = [1/\sqrt{2\pi}] \int_{-\infty}^z \exp[-(y - t_p)^2 / 2G_p^2] dy.$$

Тогда

$$g(z) = [2/G_p \sqrt{2\pi}] \exp[-(z - t_p)^2 / 2G_p^2] \times \int_{-\infty}^z (1/\sqrt{2\pi}) \exp[-(y - t_p)^2 / 2G_p^2] dy,$$

где  $t_p$  – математическое ожидание времени выполнения ремонтных работ одним исполнителем (группой);  $G_p$  – среднее квадратическое отклонение времени выполнения ремонтных работ на позиции одним исполнителем (группой).

Очевидно, расчет математического ожидания  $Z = \max\{x, y\}$  можно выполнить следующим образом:  $M[\max(x, y)] = \int_{-\infty}^{\infty} zg(z) dz.$  Пусть  $[(z - t_p)/G_p] = t,$  тогда  $dz = G_p dt.$  После подстановки и преобразований получим  $M[\max(x, y)] = t_p + G_p \int_{-\infty}^{\infty} t d\Phi^2(t).$  Интеграл во втором слагаемом может быть найден обычным путем, его величина составляет  $1/\sqrt{\pi}.$  Тогда  $M[\max(x, y)] = t_p + G_p/\sqrt{\pi}.$

Следовательно, если число исполнителей (групп), работающих на ремонтной позиции,  $n = 2,$  то  $t_p = T/2,$

$G_p = G/\sqrt{2}$ , где  $T$ ,  $G$  – соответственно длительность выполнения ремонтных работ на позиции и ее средне-квадратическое отклонение (без деления работ по исполнителям). В этом случае математическое ожидание максимального времени выполнения ремонтных работ на позиции составляет  $M[\max(x, y)] = T/2 + [1/\sqrt{2\pi}]G$ .

Аналогичные рассуждения при разделении работ на позиции между тремя исполнителями приводят к следующему результату  $M[\max(x, y)] = T/3 + [1/2(\sqrt{2/\pi})]G$  и т. д.

Получено 29.11.2012

**A. V. Shilovich.** Improvement of calculation of parameters functioning of repair production lines.

Proposed revised estimates of the duration of works on the position of the production line with the division of the level of repairs between performers on the maximum time of completion of works in order to determine the rational of tact line.

Таким образом, если трудоемкость ремонтных работ объекта подчиняется нормальному закону распределения и на позициях предусматривается разделение работ между исполнителями, то установление такта поточной линии следует осуществлять на основе расчетов математического ожидания максимального времени, затрачиваемого ремонтниками (их группами) на каждой позиции поточной линии по формулам, приведенным выше.