

**Секция «9. Количественные методы и информационные технологии в финансах и экономике»**

**Имитационная модель для оценки экономической эффективности организации трудового распорядка рабочего дня работника**

**Варнавский Александр Николаевич**

*Кандидат наук*

*Рязанский государственный радиотехнический университет, ФАИТУ, Рязань, Россия*

*E-mail: varnavsky\_alex@rambler.ru*

Задача оптимизации организации трудовой деятельности и распорядка рабочего дня работника является актуальной, поскольку от ее решения зависит снижение негативных воздействий трудовой деятельности, поддержание работоспособности на максимальном уровне в течение длительного времени, сохранение физического здоровья и поддержание оптимального психофизиологического состояния работников. Известно, что ухудшение состояния здоровья работников влечет за собой серьезные экономические потери: рост страховых выплат по болезни, прямые медицинские затраты, расходы на обучение работников взамен выбывших из-за несчастных случаев, травматизма, снижение производительности труда. Так, величина этих затрат в США превышает 150 млрд. долл. США в год [1].

*Целью работы* является разработка имитационной модели для оценки экономической эффективности оптимальной организации трудового распорядка рабочего дня работника.

Имитационное моделирование выбрано по причине того, что деятельность работника можно представить как последовательность процессов выполнения работы и связанных с ним процессов утомления и уменьшения работоспособности, и процессов регламентированного отдыха и связанных с ним процессов восстановления работоспособности [2].

Для описания процесса снижения работоспособности  $B(t)$  во время работы при наличии утомления можно использовать зависимость вида

$$B(t) = B_0 \exp(-\mu_u \cdot t),$$

где  $B_0$  – начальное значение работоспособности;  $\mu_u$  – интенсивность накопления утомления.

Для описания процесса восстановления работоспособности  $B(t)$  во время отдыха можно использовать зависимость вида

$$B(t) = (B_m - B_{0m})(1 - \exp(-\mu_v \cdot Tr)) + B_{0m},$$

где  $B_m$  и  $B_{0m}$  – значения уровней работоспособности в моменты начала работы (максимальное значение работоспособности) и начала перерыва;  $\mu_v$  – интенсивность восстановления работоспособности.

Если число периодов регламентированного отдыха за рабочий день равно  $n$ , длительности интервалов работы и отдыха равны  $Tw$  и  $Tr$  соответственно, и все интервалы распределены равномерно, то длительность интервала  $Tw$  деятельность работника с учетом наличия обеденного перерыва длительностью  $To$ , будет определяться по формуле

$$Tw = (T - To - n \cdot Tr) / (n + 2),$$

где  $T$  – число минут в рабочем дне (например,  $T=540$  мин для 8 часового рабочего дня и 60 мин обеденного перерыва).

Можно обозначить номер интервала деятельности работника длительности  $Tw$  как  $i$ , причем  $i$  принимает значения в диапазоне  $1..n+2$ . В интервалах  $((Tw+Tr)i-Tr; (Tw+Tr)i)$  при  $i=1..n/2+1$ ,  $((T-T_h)/2; (T+T_h)/2)$ ,  $((T+T_h)/2+(Tw+Tr)(i-(n/2+1))-Tr; (T+T_h)/2+(Tw+Tr)(i-(n/2+1)))$  при  $i=n/2+2..n+2$ , являющихся перерывами для регламентированного отдыха и обеденным перерывом, происходит увеличение значения  $B(t)$ . На остальных интервалах происходит снижение работоспособности  $B(t)$ .

Чем выше работоспособность работника, тем качественнее выполняется деятельность, в единицу времени больше количества сделанной работы. Поэтому можно считать, что производительность труда работника  $Prm$  пропорциональна интегралу от работоспособности на интервале деятельности. Соответственно, чем выше производительность работника за рабочий день, тем выше экономическая эффективность организации трудового распорядка.

Разработана имитационная модель деятельности работника в течение дня, позволяющая определить производительность труда за рабочий день. В модели формируются и определяются временные параметры работы и отдыха, интенсивности накопления усталости и восстановления работоспособности, далее происходит установка начальных значений работоспособности, производительности, счетчика интервалов работы. На каждом шаге модельное время сравнивается с суммой длительностей половины рабочего дня и обеденного перерыва, осуществляя тем самым моделирование деятельности работника либо до обеденного перерыва либо после. Описываются деятельность работника и его производительность на  $i$ -ом интервале работы, отдых и восстановление на периоде, следующем за  $i$ -м интервалом работы. Определяются и задаются значения уровня работоспособности в момент начала перерыва, в том числе и во время обеденного перерыва. По окончании рабочего дня происходит расчет общей производительности труда работника за день.

В пакете GPSS World [3] была реализована имитационная модель.

Было проведено исследование влияния числа  $n$  регламентированных перерывов на производительность  $Prm$  за рабочий день. Для этого провели серию экспериментов с полученной имитационной моделью, определяя значения  $Prm$  при  $n$  от 2 до 20. Результатом эксперимента стала зависимость производительности труда работника от числа регламентированных перерывов  $Prm(n)$ .

Изменяя значения параметров  $B_m, \mu_u, \mu_v$ , повторили серию экспериментов по определению зависимостей  $Prm(n)$  при  $n$  от 2 до 20. Необходимость проведения таких экспериментов обусловлена тем, что значения  $B_m, \mu_u, \mu_v$  зависят от биологических свойств работника и его текущего функционального состояния. В результате получили семейство кривых зависимостей  $Prm(n)$  при разных значениях  $B_m, \mu_u, \mu_v$  (рис. 1).

Проанализировав результаты моделирования, можно сделать два основных вывода.

Во-первых, производительность работника  $Prm$  за рабочий день является функцией от числа регламентированных перерывов  $n$ , причем такая зависимость имеет один максимум при некотором значении  $n_{\text{опт}}$ :  $Prm(n_{\text{опт}})=\max$ .

Во-вторых,  $n_{\text{опт}}$  в каждой зависимости  $Prm(n, B_m, \mu_u, \mu_v)$  имеет свое значение, т.е. является функцией от величин параметров  $B_m, \mu_u, \mu_v$ :  $n_{\text{опт}}=f(B_m, \mu_u, \mu_v)$ .

Исходя из данных выводов, для определения оптимального числа регламентиро-

ванных перерывов введем критерий максимальной производительности, суть которого можно сформулировать следующим образом. Для каждого работника в зависимости от его биологических свойств и текущего функционального состояния на момент начала работы может быть выбрано определенное число  $n_{\text{опт}}$  регламентированных перерывов, только при этом значении будет достигнута максимальная производительность за рабочий день.

Определить значения  $B_m$ ,  $\mu_u$ ,  $\mu_v$  с дальнейшим расчетом  $n_{\text{опт}}$  перед началом работы можно путем проведения тестирования, по результатам которого возможна оценка интенсивностей утомления и восстановления, максимальной работоспособности.

Использование результатов моделирования позволит оценить эффективность организации трудового распорядка рабочего дня работника и оптимально организовать производственные работы по критерию максимальной производительности, а также будет способствовать сохранению физического здоровья и поддержанию оптимального психофизиологического состояния работников.

### Литература

1. Дружинин Г.В. Учет свойств человека в модулях технологий. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика». 2000.
2. Рыбников О.Н. Психофизиология профессиональной деятельности. М.: Изд. центр «Академия». 2010.
3. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. М.: Бестселлер. 2003.

### Иллюстрации

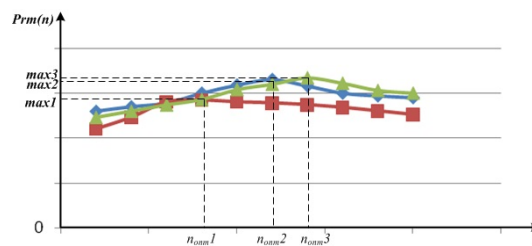


Рис. 1: Семейство кривых зависимостей  $Prm(n)$  при разных значениях  $B_m$ ,  $\mu_u$ ,  $\mu_v$