

# РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЛЕТНЫХ РАБОТ ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМАЛЬНОГО ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЯ ПИЛОТОВ

Варнавский А. Н.

Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань, Россия

Летчик – это профессия с вредными условиями труда. Летчики возглавляют рейтинг самых вредных для здоровья профессий. Они чаще списываются в 42 года и доживают в среднем до 55 лет. Среди профессиональных заболеваний у пилотов в первую очередь отмечают сердечно-сосудистые заболевания, инфаркты, во вторую – потерю слуха (из-за шума).

Часто пилоты жалуются на высокую утомляемость – «разбитость», частые головные боли и нестабильное артериальное давление. По результатам диагностики у них отмечается общий энергодефицит и нарушение работы сердечно-сосудистой, нервной и иммунной систем. В отчетах по расследованию инцидентов периодически встречается формулировка «накопленная усталость», фигурирующая в качестве причины совершения ошибки. В обычной жизни она может не проявлять себя, а в воздухе не позволяет своевременно и адекватно среагировать на изменившиеся параметры полета.

Негативность воздействия летных условий обусловлено тем, что если человек передвигается со скоростью свыше 60 км/ч, то его организм подвергается повышенным нагрузкам.

**Целью работы** является моделирование и разработка способов оптимизации персонализированного планирования летных работ, исходя из принципа достижения максимальной производительности труда и здоровьесбережения пилота.

Для исследования процесса деятельности пилота будем использовать имитационное моделирование. При имитационном моделировании реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс деятельности пилота во времени, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс работы, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики деятельности.

## Математическое описание деятельности пилотов

Можно считать, что производительность труда пилота в текущий момент времени пропорциональна работоспособности пилота, соответственно за рабочий день производительность  $Pr$  можно определить как

$$Pr = k + \int_0^{t_{\text{раб}}} B(t) dt, \quad (1)$$

где  $B(t)$  – зависимость величины работоспособности пилота от времени,  $t_{paб}$  – время деятельности,  $k$  – коэффициент, который учитывает преобразование величины деятельности пилота в количество продукции или услуг.

При моделировании деятельности пилота необходимо учитывать процессы его утомления и восстановления, непосредственно влияющие на работоспособность.

Для описания процесса снижения работоспособности  $B$  от длительности работы  $t$  при наличии утомления можно использовать зависимость вида

$$B(t)=B_0 \exp(-\mu_u \cdot t), \quad (2)$$

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

Снижение утомления и восстановление работоспособности достигается организацией перерывов для отдыха между отдельными летными операциями, которые могут иметь различную продолжительность. Наиболее интенсивное восстановление работоспособности происходит в начале каждого перерыва.

Для описания процесса восстановления работоспособности  $B$  от длительности отдыха  $t$  можно использовать зависимость вида

$$B(t)=(B_m-B_{0m})(1-\exp(-\mu_v \cdot t))+B_{0m}, \quad (3)$$

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 и длительность периодов регламентированного отдыха для восстановления работоспособности равно  $n$  и  $Tr$  [мин] соответственно, и все перерывы распределены равномерно, то длительность интервала  $Tw$  [мин], в течение которого осуществляется деятельность пилота с учетом наличия обеденного перерыва длительностью  $T_h$  [мин], будет определяться по формуле

$$Tw = \frac{T \quad T_h \quad n \oplus Tr}{n + 2}, \quad (4)$$

где  $T$  – число минут в рабочем дне.

Обозначим номер интервала деятельности пилота длительности  $Tw$  как  $i$ . Соответственно  $i$  может принимать значения в диапазоне  $1 \dots n+2$ .

Используя формулы (1)-(4), запишем выражение для определения производительности труда  $Pr_1$  в первой половине рабочего дня в виде:

$$Pr_1 = k \sum_{i=1}^{n/2+1} \left( \frac{Tw+Tr}{i} + Tr \right) B(t) dt. \quad (5)$$

Аналогичное выражение запишем для производительности труда  $Pr_2$  во второй половине рабочего дня:

$$Pr_2 = k \sum_{i=\frac{n}{2}+2}^{n+2} \left( \frac{T+T_h}{2} + (Tw+Tr) \left\{ i \left\lfloor \frac{n}{2} + 2 \right\rfloor \right\} \right) B(t) dt. \quad (6)$$

В интервалах  $((T_w+Tr)i-Tr; (T_w+Tr)i)$  при  $i=1..n/2+1$ ,  $((T-T_h)/2; (T+T_h)/2)$ ,  $((T+T_h)/2+(T_w+Tr)(i-(n/2+1))-Tr; (T+T_h)/2+(T_w+Tr)(i-(n/2+1)))$  при  $i=n/2+2..n+2$ , являющихся перерывами для регламентированного отдыха и обеденным перерывом, происходит увеличение значения  $B(t)$  в соответствии с формулой (3), величина производительности труда  $Pr_1$  или  $Pr_2$  при этом не меняется.

Производительность  $Prm$  за рабочий день найдем по формуле:

$$Prm=Pr_1+Pr_2. \quad (7)$$

#### **Имитационная модель деятельности пилота**

Разработаем имитационную модель деятельности пилота в течение дня, которую реализуем в пакете GPSS World.

#### **Экспериментальные исследования с разработанной моделью**

Исследуем влияние числа  $n$  регламентированных перерывов на производительность  $Prm$  за рабочий день. Для этого проведем серию экспериментов с полученной имитационной моделью, определяя значения  $Prm$  при  $n$  от 2 до 20. Результатом эксперимента является зависимость  $Prm(n)$ .

Изменяя значения параметров  $B_m, \mu_u, \mu_v$ , повторим 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 пилота и его текущего функционального состояния.

Проанализировав результаты моделирования, можно сделать два основных вывода.

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

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

Аналогичная модель может быть построена и для описания зависимости интегральной оценки состояния от длительностей работы и регламентированных перерывов.

Исходя из моделей и выводов из них, для определения оптимального числа регламентированных перерывов введем критерий максимальной производительности и здоровьесбережения, суть которого можно сформулировать следующим образом. Для каждого пилота в зависимости от его биологических свойств и текущего функционального состояния на момент начала работы может быть выбрано определенное число  $n_{opt}$  регламентированных перерывов, только при этом значении будет достигнута максимальная производительность за рабочий день с максимальным здоровьесбережением.

#### **Выводы.**

Таким образом, использование методики по регламентации времени на отдых и числа перерывов, в которой такие значения задаются постоянными в зависимости только от типа летных работ, имеет существенный недостаток, связанный с тем, что отсутствие учета текущих значений  $B_m, \mu_u, \mu_v$  может привести к отклонению производительности за рабочий день от максимально возможного. При этом увеличивается величина ухудшения состояния пилота и возрастает риск возникновения профессиональных заболеваний.

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