

УДК 65.50:62.5

В.Т.Белан, В.И.Корсун, Е.М.Снежко

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАШИНИСТА ПРОКАТНОГО СТАНА

Постановка проблемы

Современный прокатный стан - это сложная техническая система, требующая от оператора (или группы операторов) большого напряжения при ее обслуживании. Создание современного автоматизированного пульта управления с передачей части операторских функций автоматическим системам и с высоким уровнем эргономичности требует глубокого анализа операторской деятельности в различных условиях. Значительно уменьшить объем экспериментальных исследований, повысить точность анализа, увеличить количество анализируемых параметров позволяет имитационное моделирование операторской деятельности. Моделирование позволяет получить также данные о перспективных пультах управления, провести сравнительный анализ различной компоновки пультов. Для решения подобных задач была разработана имитационная модель деятельности оператора прокатного стана и соответствующее программное обеспечение.

Анализ последних достижений

Основные результаты исследований и моделирования информационной нагрузки человека-оператора получены для операторов энергокомплексов, в космической и авиационной отраслях [1,2]. Для операторов прокатного производства такие исследования ранее не проводились. Методологической основой проведенного исследования явились методы статистического и имитационного моделирования [3,4].

Постановка задачи

Для решения подобных задач была разработана имитационная модель деятельности оператора прокатного стана и соответствующее программное обеспечение. Участок чистой группы клетей является одним из наиболее напряженных рабочих мест прокатного стана, поэтому именно он был в первую очередь выбран для моделирования.

расчет информационной и физической нагрузки старшего оператора чистовой группы клетей стана проводился на основе описания основных функций оператора и эскиза пульта перспективного стана "2500", разработанных Киевским НПО "Промавтоматика".

Основная часть

Методика исследования

Для моделирования был выбран период нормальной (безаварийной) работы оператора по поддержанию нормального темпа прокатки, включая этап перенастройки стана на новый типоразмер. В этом случае можно выделить несколько основных режимов работы оператора: формирование параметров перестройки; -нормальный контроль за прохождением полосы; устранение отказов.

Поскольку пооперационный алгоритм деятельности оператора разработан не полностью, были сделаны определенные предположения о порядке обращения к индикаторам и органам управления пульта.

Для выполнения комплексной функции формирования параметров перестройки предполагается следующая последовательность элементарных действий: поиск и нажатие кнопки "Исходные данные"; считывание и запоминание параметров полосы нового типоразмера с экрана монитора; -поиск и нажатие одной из кнопок группы "Режим перестройки"; -поиск и нажатие кнопки "Вызов базы"; -считывание и запоминание необходимых параметров настройки оборудования; -регулировка геометрии полосы при помощи кнопок и работы с курсором; -регулировка температурного режима при помощи кнопок "Т" и далее аналогично предыдущей операции; регулировка скоростей по клетям.

Расчет информационной и физической нагрузки оператора

При расчете информационной нагрузки оператора при выполнении элементарных операций были использованы следующие постоянные скорости передачи информации, принятые в психологии и эргономике:

- поиск индикаторов или органов управления 3, 5-9.5 бит/с;
- считывание показаний со стрелочных приборов 2-3 бит/с;
- реакция выбора, запоминание, решение задач типа "или" 3.5-5.5 бит/с;
- время нажатия кнопки 0.17 с,

- время работы с курсором 2 с на каждый параметр.

Количество информации, перерабатываемое оператором при выборе органа управления из группы N аналогичных или снятие показаний с индикатора с N возможными состояниями, вычисляется по известной формуле теории информации:

$$J = \log_2 N$$

Так как пульт управления оператора чистовой группы клеток достаточно протяженный и состоит из трех частей, в которых не все участки находятся в зоне непосредственной близости к оператору, принято целесообразным для расчета информационной и физической нагрузки оператора разделить пульт на 4 зоны, пропорционально удаленности от оператора (рис. 1).

При подсчете информационной нагрузки при поиске индикатора или органа управления из этих зон скорость обработки информации в рамках табличного интервала принимается равным соответственно для зоны: 1 - 4.4, 2 - 5.7, 3 - 7.0, 4 - 8.3 бит/с. Для реакции выбора и считывания показаний были выбраны средние значения 4.5 бит/с и 2.5 бит/с независимо от зоны.

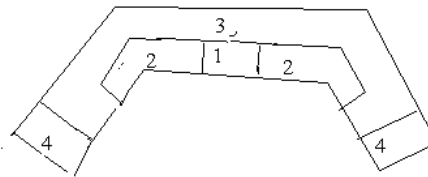


Рисунок 1 - Зоны пульта управления

Механическая нагрузка оператора рассчитывается в условных единицах. При этом принимаются следующие значения элементарных нагрузок и времен: перемещение руки из зоны в зону и внутри зоны - 1 мех. ед. и 0.5 с.; нажатие кнопки - 0.5 мех.ед. и 0.17с.

Для учета эффективности работы операторов различной квалификации при расчете информационной нагрузки вводится коэффициент K , на который умножается скорость переработки информации.

Структура моделирующей программы

Для проведения имитационного моделирования использовался пакет программ непрерывно-дискретного моделирования, являющийся адаптацией известного пакета SLAM I4I. В модели используются переменные для описания состояния оператора и стана. Возможны 4 типа событий. Событие типа 1 – начало прокатки новой

полосы. Событие типа 2 (авария) приводит к изменению параметров прокатки текущей полосы. Событие с кодом 3 (конец аварии) стирает признаки о нарушении работы, работа продолжается в нормальном режиме. Событие с кодом 4 (ожидание полосы) необходимо для выдерживания паузы при смене полос и вызвано особенностями аппарата отслеживания времени пакета.

Различия в организации технологического процесса моделировались тремя возможными ситуациями по количеству полос различных типоразмеров:

- три полосы одного типоразмера и пять полос другого (цикл 1);
- пять полос одного типоразмера и пять полос другого (цикл 2);
- двадцать полос одного типоразмера и пять полос другого (цикл 3).

Результаты моделирования

Существенными для операторов факторами технологического процесса являются количество прокатанных за определенное время полос и количество проведенных при этом перестроек стана. В табл.1 приведена часть полученных данных для трех значений уровня тренированности оператора. На рис.2 показаны зависимости этих параметров от типа цикла.

Табл.1

Результаты моделирования нагрузки оператора

К	Тип цикла	Уд.нагрузка			Уд.время		
		Восприятие	Анализ	Движение	Восприятие	Анализ	Движение
0,8	1	0,46	1,16	0,3	0,12	0,32	0,15
0,8	2	0,38	0,94	0,26	0,1	0,26	0,13
0,8	3	0,67	1,76	0,43	0,18	0,49	0,21
1	1	0,54	1,38	0,35	0,11	0,31	0,17
1	2	0,44	1,12	0,29	0,09	0,25	0,11
1	3	0,78	2,1	0,5	0,17	0,5	0,24
1,2	1	0,61	1,58	0,39	0,11	0,29	0,19
1,2	2	0,5	1,28	0,33	0,09	0,24	0,16
1,2	3	0,89	2,4	0,56	0,16	0,45	0,27

Нужно отметить, что более половины в общей нагрузке оператора данного участка стана составляет информационная нагрузка по анализу поступающих сигналов и решению логических задач типа "или" (от 51 до 53%). Восприятие зрительных сигналов занимает 19-20% в общей нагрузке, механическая работа 27-29%. при одинаковом в среднем числе отказов оборудования производительность оператора существенно зависит от количества перенастроек оборудования за это время: при пяти перенастройках в час прокатано только 16 полос, при одной - 24 полосы. Производительность зависит также от

характеристик полос: уменьшение числа перестроек с пяти до двух не привело к увеличению производительности, так как в числе 16 полос в первом случае меньше длинных полос, катаемых с меньшей скоростью, чем в числе 13 во втором случае.

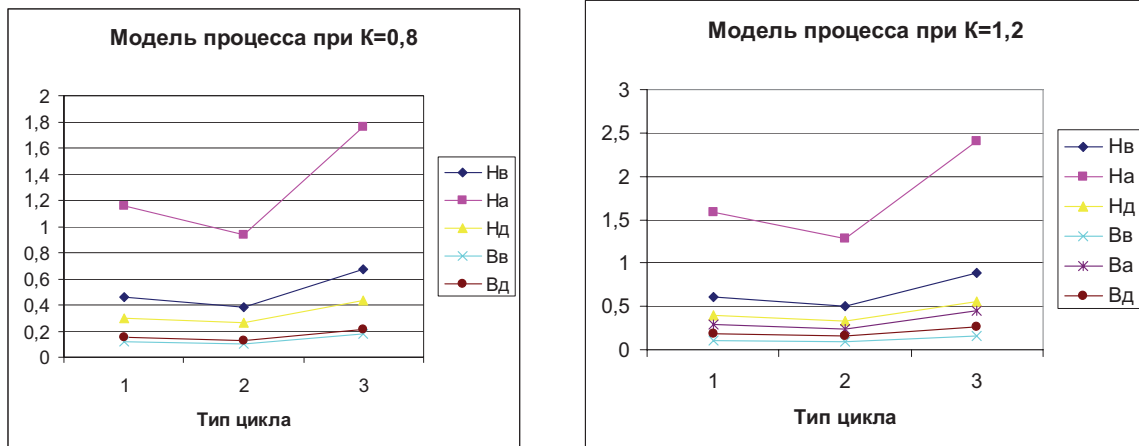


Рисунок 2 - Зависимости удельной нагрузки и удельного времени занятости оператора при различных типах циклов прокатки

Увеличение производительности оператора с 13 до 24 полос в час ведет к резкому увеличению коэффициента занятости оператора, который определяется как отношение времени, занятого всеми видами деятельности, к общему времени работы. Этот коэффициент равен 0.48 при производительности 13 полос и 0.87 при росте производительности. При этом пропорционально возрастает и доля нагрузки каждого вида: перцептивная на 7%, механическая на 9%, мыслительная на 22%.

Величина каждого вида нагрузки зависит не только от производительности, но и от количества перенастроек. При почти равной производительности (16 и 13 полос в час) при пяти перенастройках информационная нагрузка по анализу и решению логических задач выше на 6%, по восприятию зрительной информации - на 2%, механическая - на 4.5%.

Различия в уровне профессиональной подготовки оператора моделировались заданием трех значений коэффициента K : 0.86 1.06 1.2. Чем больше коэффициент, тем выше скорость переработки информации оператором, тем выше его профессиональная подготовка. Уровень профессиональной подготовки не влияет на коэффициент загруженности, который определяется только организацией технологического процесса.

Различная профессиональная подготовка операторов приводит к перераспределению времени, занятого нагрузкой каждого вида. За счет увеличения удельной информационной нагрузки в единицу времени более подготовленному оператору удастся уменьшить долю времени, занятого мыслительной работой в общем времени занятости, на несколько процентов. Для оператора с $K=1.2$ удельное время на восприятие информации уменьшается в среднем на 2%, на ее анализ на 6% по сравнению с оператором, для которого $K=0.8$. Но это уменьшение времени связано с ростом абсолютной и удельной нагрузки, поэтому более квалифицированный оператор нуждается в другой организации технологического процесса по сравнению с менее квалифицированным.

Заключение

Таким образом, в работе старшего оператора чистовой группы клеток стана "2500" наибольшую часть составляет нагрузка по анализу информации и решению логических задач. Абсолютная величина нагрузок всех видов возрастает с увеличением количества перенастроек (нагрузка по анализу возрастает в большей степени) и с ростом производительности работы оператора.

Правильная организация технологического процесса не должна предусматривать частые перенастройки, увеличивающие нагрузку оператора и снижающие его производительность. С другой стороны, в отсутствие перенастроек работа оператора по поддержанию заданного темпа прокатки приводит к увеличению коэффициента занятости почти до 90%, что не отвечает психофизиологическим нормам (до 70%). В этом случае организация технологического процесса должна предусматривать увеличение паузы между полосами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов М.В. Контроль функционального состояния человека-оператора М:Наука, 1987 -196с.
2. Рыжов Б.Н., Сальницкий В.П. Методика оценки уровня психической напряженности сб. «Космическая биология и авиационная медицина», М:Наука, 1983, №5
3. Аффифи Л, Эйзел Е. Статистический анализ:подход с использованием ЭВМ, М: Мир, 1992- 202с.
4. Pritzker A., Introduction to Simulation. and SLAM II . Wiley, New York, 1995

Получено 04.03.2008 г.