

МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ НАЛАДЧИКА ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИНХРОННОЙ ЛИНИИ

Большой интерес и **актуальность** представляет функционирование человеко-машинных систем в автоматизированном производстве, в частности, при использовании автоматизированных синхронных линий (АСЛ).

Данному вопросу посвящено большое число работ, например [1] и др. Известно, что человеко-машинные системы (СЧМ) разделяют на три класса: системы непрерывного типа; системы смешанного типа; дискретные системы.

В системах непрерывного типа человек участвует в процессе управления постоянно. При нормальном течении процесса, роль оператора сводится только к наблюдению за его ходом. Оператор активно вмешивается в процесс (восстанавливает его нормальное течение), в случае отклонения его параметров от нормы. СЧМ непрерывного типа характеризуются высокой степенью автоматизации всех процессов (проверки, подготовки, применения по назначению).

В СЧМ смешанного типа процесс управления также носит непрерывный характер, оператор периодически решает задачи, которые могут непрерывно следовать одна за другой. В интервалах между решениями задач у оператора наступает оперативная пауза, то есть время ожидания (прогнозирования) следующей задачи. Задача такой СЧМ может быть выполнена в том случае, если в требуемый момент времени оператор готов к приему поступающей информации и при этом имеет место одна из следующих ситуаций:

- в течение времени ожидания и времени решения задачи оператором, технические средства работали безотказно, оператор правильно и своевременно выполнил свои действия;
- произошел отказ технических средств, но оператор своевременно устранил его и при решении задачи не допустил ошибок;
- технические средства работали безотказно, а оператор допустил ошибку, но своевременно ее устранил.

В СЧМ дискретного типа четко выражена дискретность решения отдельных задач. В перерывах между ними оператор находится в режиме ожидания и подготовки к решению очередной задачи (в частности, в этом режиме оператор может заниматься прогнозированием возможных управляющих воздействий). В таких человеко-машинных системах работа оператора совпадает по времени с работой технических средств.

Для СЧМ дискретного типа применим такой же показатель надежности, как и для систем смешанного типа. Задача СЧМ дискретного типа будет выполнена, если выполняются условия:

- в требуемый момент технические средства будут находиться в работоспособном состоянии и не откажут в течение заданного времени выполнения задачи, а действия оператора были безошибочными и своевременными, неготовая или отказавшая техника была своевременно восстановлена, оператор при решении задачи не допускал ошибок;
- при безотказной работе техники оператор допустил ошибку, но своевременно ее исправил.

На сегодняшний день не разработаны математические модели для расчета уровня безопасности СЧМ в целом. Практически отсутствуют частные показатели безопасности человека и техники. Вероятность травмирования наладчика складывается из совместного появления двух событий: появления травмоопасных отказов на какой то технологической ячейке (ТЯ) и пребывания наладчика в это время в зоне действия этих отказов у соответствующей ТЯ. Вероятность появления травмоопасных отказов за определенное время может быть определена на основе использования модели АСЛ [2] при известной функции распределения (ФР) $F_{Отк}(t_{om})$ времени наработки на данный отказ. В этой статье она подробно не рассматривается.

Целью статьи является определение стационарной вероятности пребывания наладчика у той или иной ТЯ, а также средней относительной частоты попадания в указанные состояния.

Задача ставится и решается в следующем виде. Один наладчик обслуживает линию из n -станков. Перемещение наладчика от станка к станку описывается случайным процессом, позволяющим определить стационарную вероятность его пребывания у ТЯ, в том числе и во время травмоопасного отказа последнего. Таким образом, в статье строится модель поведения наладчика при обслуживании АСЛ.

При построения рассматриваемой модели предполагаем, что ФР $F_{v_i}(t)$ или математические ожидания mv_i времен v_i , ($i = \overline{1, n}$) пребывания наладчика на i -ой операции известны из собранных статистических данных и зависят от вида оборудования, сложности операций контроля и измерения, которые в свою очередь зависят от параметров обслуживаемых деталей и узлов.

Вероятности P_{ij} перехода наладчика от любой i -ой ячейки к любым другим j -м образуют квадратную матрицу $\|P_{ij}\|$ размера $n \times n$ и должны быть определены тем или иным способом, например, как это рассмотрено ниже. Считаем, что на одной и той же ячейке на втором цикле наладчик не задерживается, поэтому диагональные элементы матрицы полагаем равными нулю: $P_{ii} = 0$.

Предполагаем, что вероятности перехода наладчика от i -ой ячейки к любой j -ой ($i \neq j$) равны относительной доле времени чистого обслужи-

вания заявки (без блокировок) от суммарного времени чистого ее обслуживания на всех ячейках:

$$P_{ij} = \frac{m\alpha_j}{\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n m\alpha_k}, (j = \overline{1, n}; j \neq i),$$

где $m\alpha_j$ ($j = \overline{1, n}; j \neq i$) – математическое ожидание времён α_j обслуживания заявок на j -ых ячейках, имеющих ФР $F_i(t)$.

Данное предположение сделано из следующих соображений: чем больше время обслуживания заявки на ячейке, тем больше вероятность каких-то отклонений от технологического процесса и тем чаще наладчик обслуживает данное оборудование и больше вероятность его перехода к данной ячейке.

Отметим, что в случае имеющегося действующего оборудования эти вероятности P_{ij} и ФР $F_{v_i}(t)$ или математические ожидания mv_i времен v_i могут быть определены экспериментально.

Представим граф состояний системы в следующем виде на рисунке 1:

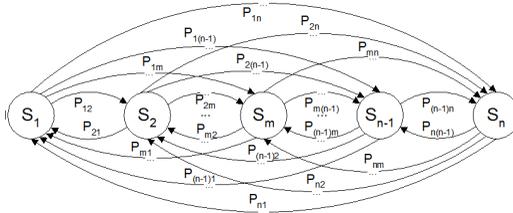


Рис. 1 – Граф состояний переходов наладчика

Состояния графа: S_1 – наладчик обслуживает ячейку \mathcal{A}_1 ; S_2 – наладчик обслуживает ячейку \mathcal{A}_2 ; ... ; S_m – наладчик обслуживает ячейку \mathcal{A}_m ; ... ; S_{n-1} – наладчик обслуживает ячейку \mathcal{A}_{n-1} ; S_n – наладчик обслуживает ячейку \mathcal{A}_n .

Считаем, что процесс Марковского восстановления задается двухкомпонентной цепью Маркова $(S_n, \theta_n; n \geq 0)$ с вероятностями переходов [3]:

$$P \{S_{n+1} = r, \theta_{n+1} \leq t/S_n = k\} = Q_{kr}(t).$$

В данном случае компоненты S_n и θ_n условно независимы, то есть выполняется равенство

$$P \{S_{n+1} = r, \theta_{n+1} \leq t/S_n = k\} = P \{S_{n+1} = r/S_n = k\} \cdot P \{\theta_{n+1} \leq t/S_n = k\}.$$

Тогда компоненты полумарковской матрицы для дискретного фазового пространства состояний $E = (\overline{1, n})$ равны

$$\rho_3 = \frac{-P_{21}P_{12}P_{43} + P_{21}P_{13}P_{42} + P_{23}P_{12}P_{41} + P_{13}P_{41} + P_{23}P_{42} + P_{43}}{z}; \quad (5)$$

$$\rho_4 = \frac{1 - P_{12}P_{31}P_{23} - P_{21}P_{12} - P_{13}P_{31} - P_{32}P_{21}P_{13} - P_{32}P_{23}}{z}, \quad (6)$$

где

$$z = P_{13}P_{41} - P_{21}P_{12} + P_{12}P_{41} + P_{42} + P_{21}P_{32}P_{43} - P_{21}P_{12}P_{43} + P_{31}P_{43} - P_{32}P_{23} + P_{32}P_{43} - P_{32}P_{21}P_{13} - P_{12}P_{31}P_{23} + P_{12}P_{31}P_{43} + P_{21}P_{42} - P_{32}P_{23}P_{41} + P_{32}P_{13}P_{41} + P_{23}P_{42} - P_{13}P_{31} + P_{23}P_{12}P_{41} + P_{23}P_{31}P_{42} - P_{13}P_{31}P_{42} + P_{21}P_{13}P_{42} + P_{43} + P_{41} + 1.$$

Подставляя выражения (3)...(6) в (1) определяем стационарное распределение $\pi = (\pi_k; k \in E)$ ПМП.

В ряде случаев во время всего периода работы наладчик находится непосредственно у оборудования линии, то есть на какой-то из её операций он присутствует в тот или иной момент времени в течение её работы. Это объясняется тем, что при современном уровне развития техники, как правило, невозможно создать полностью автоматизированную линию в дискретном машино- и приборостроительном производстве. Постоянное вмешательство человека требуется для устранения мелких отказов (например, заклинивание детали при подаче), периодического контроля параметров изделий, для предотвращения параметрических отказов и других вспомогательных действий. Даже если присутствуют элементы автоматического контроля и блокировок, то нужно учитывать то обстоятельство, что и они, как и всё оборудование, имеют конечную надёжность и периодически отказывают. Данное обстоятельство может привести к нежелательным отказам всего оборудования, что особенно важно при высокопроизводительном производственном процессе, когда узлы и агрегаты работают на предельных динамических нагрузках, заложенных в них приводах.

Если же в какие-то моменты времени непосредственное вмешательство наладчика в работу АСЛ не требуется и он находится на наблюдательном пункте, то данное обстоятельство не меняет сущности предложенной модели. В этом случае предполагается, что линия содержит $(n - 1) -$ у ТЯ, а вместо n -ой ТЯ имеется в виду наблюдательный пункт, на котором находится наладчик. В этом состоянии травму он получить не может. При этом стационарное распределения ПМП и ВЦМ определяются по тем же формулам.

При известных для каждой операции ФР $F_{OTk}(t_{om})$ времен наработки на травмоопасные отказы на основании построенной модели можно определить вероятность получения травмы наладчиком $P_{ТНk}(t_{om})$ на $k -$ ой операции за время $t_{om} : P_{ТНk}(t_{om}) = F_{OTk}(t_{om}) \cdot \pi_k$.

В качестве примера рассчитаем стационарные вероятности пребывания наладчика в том или ином состоянии по формулам (1), (3)...(6).

Исходные данные для расчета следующие. Математические ожидания времён чистого обслуживания продукции на ячейках: $m\alpha_1 = 1$,

$m\alpha_2 = 1,5$, $m\alpha_3 = 1,4$, $m\alpha_4 = 1,2$. Математические ожидания времён пребывания наладчика на ячейках: $mv_1 = 12$, $mv_2 = 18$, $mv_3 = 16$, $mv_4 = 13$. Времена взяты в условных единицах.

Результаты моделирования: $\pi_1 = 0.1696$, $\pi_2 = 0.3350$, $\pi_3 = 0.2857$, $\pi_4 = 0.2097$; среднее время пребывания наладчика на любой из позиций $m = 14.9856$. Допустим, необходимо уменьшить стационарную вероятность пребывания наладчика в состоянии S_2 в 1.2 раза. Это можно сделать, например, двумя способами: уменьшить среднее время чистого машинного обслуживания $m\alpha_2$ на $TЯ_2$ или уменьшить среднее время пребывания наладчика mv_2 на этой ячейке. Новые значения указанных величин соответственно равны $m\alpha_2 = 1.0054$ и $mv_2 = 13.84$. При этом математическое ожидание чистого машинного времени $m\alpha_2$ необходимо уменьшить в 1.492 раза, а среднее время пребывания наладчика на ячейке mv_2 – в 1.3 раза. Окончательный выбор пути решения задачи возлагается на конструктора и осуществляется им неформально, с учетом обстоятельств, не отраженных в модели.

Обобщая сказанное выше, можно сделать **вывод**, что в результате проведённых исследований построена модель для определения стационарных вероятностей пребывания наладчика у той или иной ТЯ и средние относительные частоты попадания им в эти состояния. Модель позволяет определять параметры, обеспечивающие требуемые вероятности пребывания наладчика на той или иной операции.

Результаты дальнейших исследований должны заключаться в определении вероятности получения наладчиком той или иной травмы любым из травмоопасных отказов на любой из ТЯ при использовании построенной модели, а также модели приведенной в [2].

Литература

1. Борисов Б.М. Проектирование систем “человек-машина” с микропроцессором в контурах управления / Б.М. Борисов.– Л.: Изд. Инт повышения квалификации специалистов судостроительной промышленности, 1978.–24с.
2. Заморенова Д.В. Время обслуживания партии продукции синхронной переналаживаемой автоматизированной линией/ Д.В. Заморенова, В.Я. Копп, Ю.Е. Обжерин, М.В. Заморенов // Труды Одесского политехнического университета: научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. – Одесса, 2005. – Спецвыпуск. – С.122 –131.
3. Королюк В.С. Стохастические модели систем/ В.С. Королюк . – К.: Наук. думка, 1989. – 208 с.

Получено 12.05.2008