

УДК 621.9.06

Мелещук Д.В.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Медведев О.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА МЕХОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Многономенклатурные автоматизированные производственные участки являются эффективным средством повышения производительности труда в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства. При большом разнообразии номенклатуры деталей, обрабатываемых на каждом автоматизированном участке, интервалы времени обработки деталей на многоцелевых станках и интервалы времени транспортирования деталей с помощью автоматизированной транспортно-складской системы характеризуются большим рассеянием значений. В этих условиях оценка эффективности работы элементов многономенклатурного автоматизированного участка путем построения циклограмм, характерных для оценки работы автоматических линий, с учетом средних значений указанных интервалов приводит к завышенным результатам. При этом не учитываются потери, связанные с возможностью одновременного простоя нескольких станков в ожидании загрузки новыми заготовками, а также простои, возникающие из-за неравномерного поступления заготовок. Поэтому возникает потребность в других способах моделирования взаимосвязанной работы элементов многономенклатурного автоматизированного участка на стадии их проектирования, которые будут учитывать стохастический характер времени работы отдельных элементов. В данной работе рассмотрены возможности использования методов имитационного моделирования для оценки эффективности работы многономенклатурного производственного участка.

Основная концепция имитационного моделирования системы в этом случае состоит в отображении изменений ее состояния с течением времени. При этом определяющим является выделение и однозначное описание состояний моделируемой системы.

Имитационные модели позволяют без использования каких-либо аналитических или других функциональных зависимостей отображать сложные объекты, состоящие из разнородных элементов, между которыми существуют разнообразные связи. На стадии проектирования многономенклатурного автоматизированного участка, когда нет точных сведений о распределении интервалов времени, можно провести моделирование с различными законами распределения.

Для моделирования работы многономенклатурного автоматизированного участка необходимо: разработать структуру имитационной модели многономенклатурного автоматизированного участка; разработать программу с заложенной структурой имитационной модели, которая позволит определять коэффициент загрузки многоцелевых станков и транспортных средств по времени, требуемое количество приспособлений-спутников, циркулирующих на многономенклатурном автоматизированном участке; на конкретном примере апробировать применение разработанной модели.

Для моделирования необходимо знать структуру многономенклатурного автоматизированного участка и порядок работы его оборудования. В большинстве случаев основное оборудование на многономенклатурном автоматизированном участке расположено в линию вдоль трассы транспортного робота, который за-

хватывает приспособления-спутники с заготовками с промежуточной позиции центрального накопителя со штабелером.

Штабелер принимает спутники, с установленными вручную заготовками, от участка подготовки спутников. Определение количества различных видов оборудования осуществляется на основе нормированных технологических процессов, разработанных для каждого наименования детали.

Для описания работы автоматизированного участка предложена следующая имитационная модель.

Первоначально выбирается закон распределения времени подготовки приспособлений-спутников t_n (установка заготовок на спутниках и размещения их в центральном накопителе), времени транспортирования спутников транспортным роботом t_{tr} , времени обработки спутников на многоцелевых станках с ЧПУ $t_{маш}$ и вводятся необходимые параметры для генерации случайных значений t_n с помощью генератора псевдослучайных чисел. Затем вводятся значения приращения времени работы участка Δt и длительность моделирования работы участка $T_{макс}$.

Далее определяется, занят ли участок подготовки спутников в текущий момент времени. Если подготовка спутника не осуществляется ($t_{ync} = 0$), то происходит генерация псевдослучайной величины t_n по выбранному закону распределения и запускается счетчик времени работы участка подготовки спутников t_{ync} . Если в момент t_{ync} уже шла подготовка спутника ($t_{ync} > 0$), то счетчик времени работы участка подготовки спутников производит его приращение на Δt . Если $t_{ync} \geq t_n$ то происходит обнуление счетчика времени t_{ync} и производится приращение числа спутников, находящихся в центральном накопителе на 1. Если подготовка спутника в этот момент не завершена ($t_{ync} < t_n$), то осуществляется анализ состояния транспортной системы. В том случае, если счетчик времени работы транспортного средства $t_{mp.мек}$ равен нулю и в центральном накопителе Z_n имеются подготовленные спутники ($Z_n > 0$), формируется случайное значение времени t_{mp} на основе выбранного ранее закона распределения. Если в данный момент уже осуществлялось транспортирование ($t_{mp.мек} > 0$), то счетчик времени транспортирования производит приращение текущего времени транспортирования на Δt . Если транспортная система свободна ($t_{mp.мек} = 0$), но в центральном накопителе нет готовых спутников ($Z_n = 0$), то счетчик времени работы транспортного средства t_{tr} не запускается и осуществляется переход к рассмотрению состояния промежуточных накопителей. Производится выбор накопителя, в котором заполнено минимальное число позиций. Если все накопители имеют в данный момент одинаковое заполнение, то выбирается накопитель с меньшим номером. Определяется, есть ли свободные позиции в выбранном накопителе. Если в накопитель может быть помещен еще один спутник ($Z_{imin} \leq N$, где N — емкость накопителя), то число спутников в центральном накопителе уменьшается на единицу и запускается счетчик времени транспортирования t_{tr} . Если данный накопитель полностью занят ($Z_{imin} > N$), то осуществляется переход к рассмотрению состояния промежуточных накопителей.

Далее определяется, закончено ли транспортирование, и в этом случае ($t_{mp.мек} \geq t_{mp}$) счетчик числа спутников в накопителе Z производит приращение этого числа на 1 и обнуляется счетчик транспортирования $t_{mp.мек}$. Если транспортирование не окончено ($t_{mp.мек} < t_{mp}$), осуществляется переход к анализу состояния промежуточных накопителей.

Затем определяется наличие спутников в i -ом накопителе, и если он не пуст, то проверяется, свободен ли в данный момент станок. Если станок не занят об-

работкой ($t_{\text{маш. тек}} = 0$), происходит формирование случайного значения $t_{\text{маш}}$ и приращение счетчика текущего машинного времени $t_{\text{маш}}$. Если станок в данный момент уже работает ($t_{\text{маш. тек}} > 0$), формирования $t_{\text{маш}}$ не происходит.

Определяется окончание обработки спутника ($t_{\text{маш. тек}} \geq t_{\text{маш}}$) и если оно произошло, обнуляют счетчик $t_{\text{маш. тек}}$. И уменьшают число спутников в i -ом накопителе на 1. Организуется анализ состояний всех накопителей и станков. Контролируется величина текущего времени работы участка и организуется приращение времени работы. Если текущее время работы участка многономенклатурного автоматизированного участка T станет равным $T_{\text{макс}}$, то дальнейшего приращения текущего времени не происходит. При $T = T_{\text{макс}}$ осуществляется расчет коэффициента использования накопителей как частное от деления суммарного времени работы станков на произведение числа станков и $T_{\text{макс}}$.

$$K_i = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n \cdot T_{\text{макс}}}$$

где n – количество станков; T_i – время работы i -го станка, $T_{\text{макс}}$ – максимальное время работы участка.

Средний коэффициент загрузки пристаночных накопителей в ГПС по времени можно определить как отношение среднего числа пристаночных накопителей, имеющих в стационарном режиме не менее одного спутника, к числу промежуточных накопителей (станков)

$$K_H = \frac{S_{\text{ср}}}{S} \quad (2)$$

где $S_{\text{ср}}$ – среднее число пристаночных накопителей, имеющих не менее одного спутника; S – число промежуточных накопителей, равное числу станков.

В качестве программы для реализации описанной имитационной модели выбран табличный редактор Microsoft Excel, который позволяет использовать полученные данные для дальнейших расчетов показателей эффективности участка и для графического представления данных. В самой программе предусматриваем форму для упрощенного ввода данных для имитационной модели, таких как выбор закона распределения для каждого времени $t_{\text{п}}$, $t_{\text{пр}}$, $t_{\text{маш}}$, а также ввод параметров, необходимых для генерации случайных величин по этому закону. Так же на форме присутствуют текстовые поля для ввода количества станков, вместимости их накопителей, а также для ввода значения приращения времени Δt . Кроме того предусматриваем возможность ввода среднего значения параметров времени вместо генерации случайного числа по законам распределения для того, чтобы была возможность сравнить полученные значения и в случае, когда закон распределения неизвестен.

Рассмотрим пример моделирования многономенклатурного участка со структурой, представленной на рисунке 1.

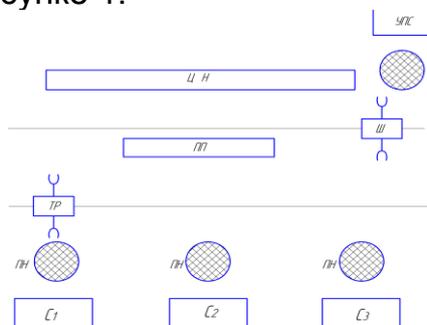


Рисунок 1 – Структура многономенклатурного автоматизированного участка мехобработки

В этот участок входят: C_1, C_2, C_3 – многооперационные станки с ЧПУ; ПН – промежуточные (пристаночные) накопители; ЦН – центральный стеллаж

накопитель; Ш – штабелёр; УПС – участок подготовки спутников; ТР – транспортный робот; ПП – промежуточная позиция хранения спутников. Перед каждым станком участка располагается промежуточный накопитель, предназначенный для обеспечения возможности автономной работы станка в течение некоторого времени и сглаживания неравномерности поступления спутников на обработку. Емкость промежуточного накопителя по рекомендациям [3] предварительно принималось равной 3 спутникам. Число спутников, циркулирующих между станком и участком их подготовки, предварительно принималось равным суммарной ёмкости промежуточных накопителей (9 штук).

При моделировании общее время работы участка было выбрано равным 50 мин. Был выбран равномерный закон распределения случайных величин времени t_n в промежутке от 1 до 2 мин., $t_{тр}$ в промежутке от 3 до 4 мин., $t_{маш}$ в промежутке от 5 до 6 мин. Окно программы, показывающее исходные данные и результаты имитации, отражено на рисунке 2.

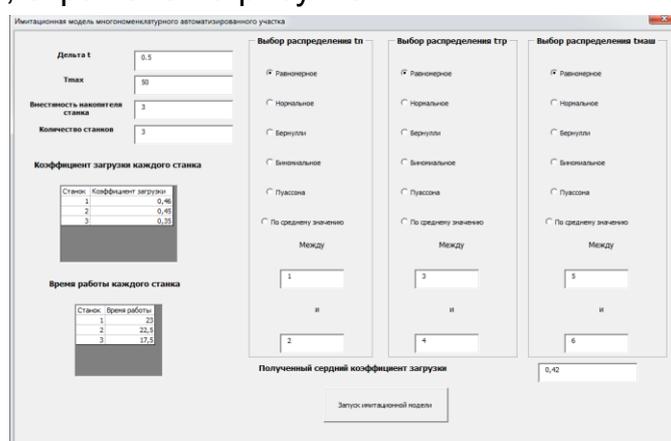


Рисунок 2 – Окно созданной программы «Имитационная модель многономенклатурного автоматизированного участка»

Значение среднего коэффициента загрузки станков 0,42 значительно меньше нормативного, что свидетельствует о необходимости увеличения интенсивности подготовки и транспортирования приспособлений-спутников за счет увеличения числа рабочих на участке подготовки спутников и применения модели транспортного робота с большей скоростью транспортирования.

Разработанная методика моделирования многономенклатурного автоматизированного участка позволяет оценить эффективность работы участка на стадии его проектирования и принять обоснованные решения по количественному составу элементов многономенклатурного автоматизированного участка и по требуемой интенсивности вспомогательных операций (подготовки спутников и их транспортирования). Методика может быть полезна инженерам машиностроительных заводов, занимающимся проектированием многономенклатурных автоматизированных участков.

Список цитированных источников

1. Вентцель, Е.С. Исследование операций – М.: Советское радио, 1972.
2. Новиков, О.А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О.А. Новиков, С.М. Петухов. – М.: Советское радио, 1969.
3. Гибкие производственные комплексы/ Под. ред. П.И. Белянина. – М.: Машиностроение, 1984.
4. Имитационное моделирование производственных систем / Под ред. А.А. Вавилова. – М.: Машиностроение, 1983.