МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 519.876.5

В.А. Полетаев, В.В. Зиновьев, А.Н. Стародубов, А.И. Цигельников

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Автоматизированные производственные системы (АПС) обеспечивают высокую производительность и качество изготавливаемой продукции, однако наличие большого числа взаимосвязанного оборудования приводит к возникновению проблемы выбора структуры АПС, состава оборудования РТК, типа транспортной системы. Кроме того решение указанной проблемы осложняется наличием внецикловых потерь времени, носящих стохастический характер. Поэтому актуальной является задача определения эффективного количества технологического оборудования (станков в составе РТК и транспортных средств в АПС), обеспечивающего максимизацию загрузки оборудования и производительности системы.

Имитационное моделирование позволяет решить данную проблему. Имитационные модели дают оценку характеристик производительности АПС, коэффициента загрузки оборудования и других характеристик. С помощью имитационного моделирования можно оценить влияние загруженности РТК на производительность системы, установить при какой загрузке РТК необходимо улучшение транспортной системы, определить какое количество транспортных средств обеспечит максимальную производительность.

В данной статье продолжаются исследования, проведенные в работе [2], рассматриваются два варианта повышения производительности АПС при максимальной загрузке оборудования:

- определение минимально необходимого количества станков-дублеров в каждом РТК;
- определение минимального числа транспортных средств.

Задачей первого исследования являлась оценка минимально необходимого количества станков-дублеров в каждом РТК на производительность АПС. Исследования проводились на программном комплексе, использующем имитационные модели GPSS/H и описанном в статье [3]. АПС состоит из 5 РТК, с программой выпуска 150 деталей в сутки. В ходе серии экспериментов постепенно снижа-

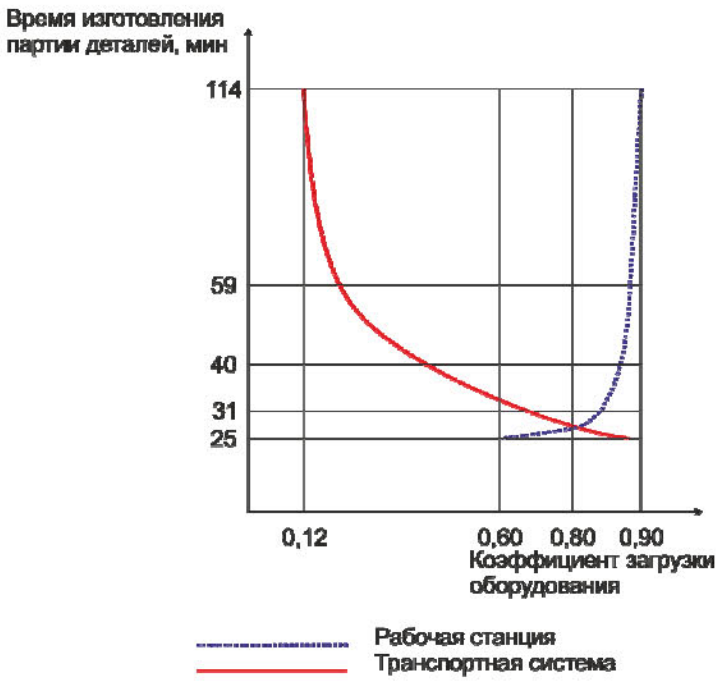

Рис. 1. График зависимости времени изготовления партии деталей от среднего коэффициента загрузки оборудования и транспортной системы

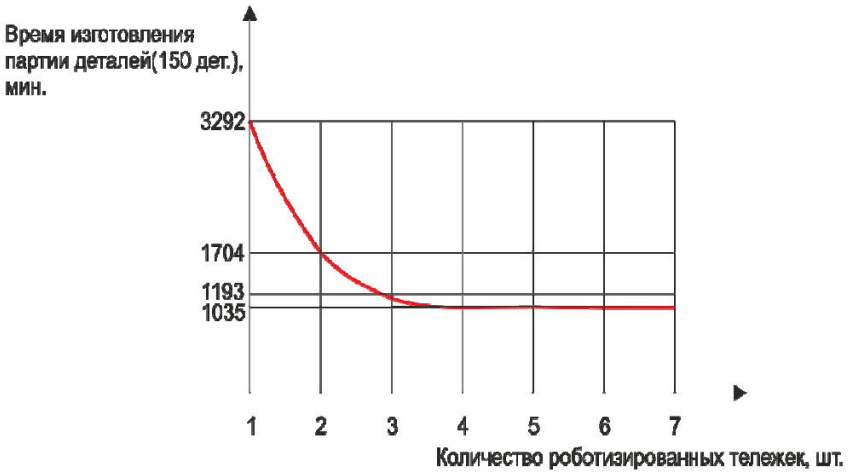

Рис. 2. График зависимости времени изготовления партии деталей от количества роботизированных тележек

Рис. 3. График зависимости коэффициента загрузки оборудования (наиболее загруженного участка технологической цепочки) от количества роботизированных тележек

лась средняя загрузка РТК, входящих в состав АПС, за счет увеличения количества станков дублеров. Порядок проведения экспериментов был следующим. Первоначальная структура АПС оценивалась с помощью имитационных моделей GPSS/H, выявлялась наиболее загруженная РТК. Производительность комплекса оценивалась по времени изготовления партии деталей. Для увеличения снижения коэффициент загрузки РТК, в его состав добавлялся еще один обрабатывающий станок. Затем производилась оценка полученной структуры АПС и выбор новой РТК, для добавления дополнительной единицы оборудования. В результате проведения серии экспериментов построен график, представленный на рис. 1.

Как видно из графика, с уменьшением коэффициента загрузки РТК, уменьшается время изготовления партии деталей, а следовательно, происходит рост производительности АПС, при этом увеличивается загрузка транспортной системы (увеличивается число заявок на транспортировку). При достижении коэффициента загрузки транспортной системы значения 0.8, рост производительности прекращается. Дальнейший рост производительности достижим улучшением характеристик транспортной системы.

Задачей второго исследования являлось определение минимального количества роботизированных тележек, обеспечивающих максимальную производительность. Для решения этой задачи была произведена серия экспериментов, варьировалось количество роботизированных тележек от 1 до 7. Для каждого варианта создана имитационная модель, получены данные о производительности АПС и загрузке оборудования. На рис. 2 приведен график зависимости времени необходимого на производство заданного количества деталей от количества роботизированных теле-

жек.

При увеличении количества роботизированных тележек, отмечается рост производительности. Рост производительности наблюдается до тех пор, пока он не ограничивается производительностью обрабатывающего оборудования.

На рис. 3 представлен график зависимости загрузки оборудования от количества роботизированных тележек.

Из графиков 2 и 3 видно, что рост производительности АПС (сокращение времени изготовления партии деталей) наблюдается при увеличении количества транспортных средств, до тех пор пока не ограничивается производительностью РТК. При загрузка хотя бы одной из РТК технологической цепочки до 80 %, происходит постепенное замедление роста и при величине загрузки РТК более 93 % дальнейшее увеличение числа роботизированных тележек нецелесообразно.

Для приведенного частного случая 3 роботизированные тележки обеспечивают наибольшую производительность АПС.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Увеличение производительности РТК, увеличивает производительность АПС, до тех пор пока загрузка транспортной системы не достигает 80 %, дальнейший рост производительности возможен лишь за счет увеличения пропускной способности транспортной системы.

При коэффициенте загрузки РТК равном 80–90 %, увеличение производительности транспортной системы оказывается не эффективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зиновьев, В. В.* Моделирование систем при помощи компьютерной имитации и анимации: учеб. пособие / В. В. Зиновьев, А. Н. Стародубов. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т., 2010. – 118 с.

2. *Полетаев, В. А.* Проектирование компьютерно-интегрированных производственных систем / В. А. Полетаев, В. В. Зиновьев, А. Н. Стародубов, И. В. Чичерин; под ред. В. А. Полетаева. – М.: Машиностроение, 2011. – 324 с.

3. *Полетаев В. А., Цигельников А. И., Зиновьев В. В., Стародубов А. Н.* Алгоритм работы модуля оптимизации структуры автоматизированной производственной системы // Вестник КузГТУ, 2011. – № 6. – С. 79–81.

4. *Полетаев В. А., Цигельников А. И., Зиновьев В. В., Стародубов А. Н.* Автоматизация поиска оптимального варианта автоматизированной транспортно-складской системы // Вестник КузГТУ, 2012. – № 4. – С. 114–118.

□ Авторы статьи :

Полетаев Вадим Алексеевич , докт. техн. наук, профессор каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ. E-mail: pva@kuzstu.ru

Зиновьев Василий Валентинович, канд. техн. наук, с.н.с. лаборатории проблем энергосбережения, главный ученый секретарь КемНЦ СО РАН, доцент каф.информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ. E-mail: z_v_v@pambler.ru

Стародубов Алексей Николаевич, к.т.н., научный сотрудник лаборатории проблем энергосбережения КемНЦ СО РАН, доцент каф. информационных и автоматизированных производственных систем КузГТУ. E-mail: staraleksei@rambler.ru

Цигельников Алексей Иванович, инженер лаборатории проблем энергосбережения КемНЦ СО РАН, аспирант каф.информационных и автоматизированных производственных систем КузГ ТУ. Тел. 8-3842-34-92-09