

## 2.33. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №33. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

**Цель работы:** научиться визуализировать и анализировать результаты имитационного моделирования технологической линии сборки электронных модулей на печатных платах.

### Задание по практической работе

Задача 1: вывести результаты имитационного моделирования технологической линии сборки электронных модулей на печатных платах.

### Порядок выполнения практической работы

Визуализация состояния и анализ модели в Plant Simulation выполняется несколькими способами. Один из них – использование объекта потока информации Chart, отображающего статистику использования объекта в графическом виде. Чтобы это сделать, объект потока необходимо добавить на модель и привязать к автомату, с которого будет собираться статистика. Иконка объекта показана на рис. 2.242.

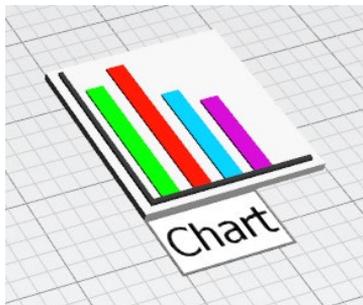


Рис. 2.242. Объект потока информации Chart

Также, нажав клавишу F6, возможно получить суммарную статистику по одному или нескольким выбранным объектам в табличном виде. Откроется окно со статистикой (пример представлен на рис. 2.243). В таблицах окна выводится статистика по состоянию каждого объекта, свойствам материало потока, основным временным характеристикам (ожидание, работа, переналадка и др.), а также накопленная статистика ресурсов, сводная статистика классов и статистика по персоналу.

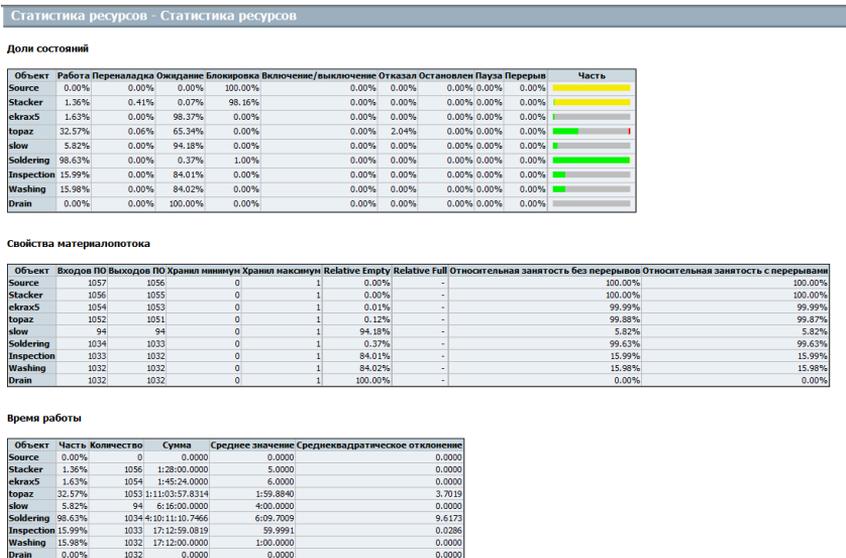


Рис. 2.243. Окно статистики ресурсов

Основные результаты имитационного моделирования по созданной модели технологической линии сборки с одним рабочим местом монтажника представлены на рис. 2.244 и в табл. 2.1.

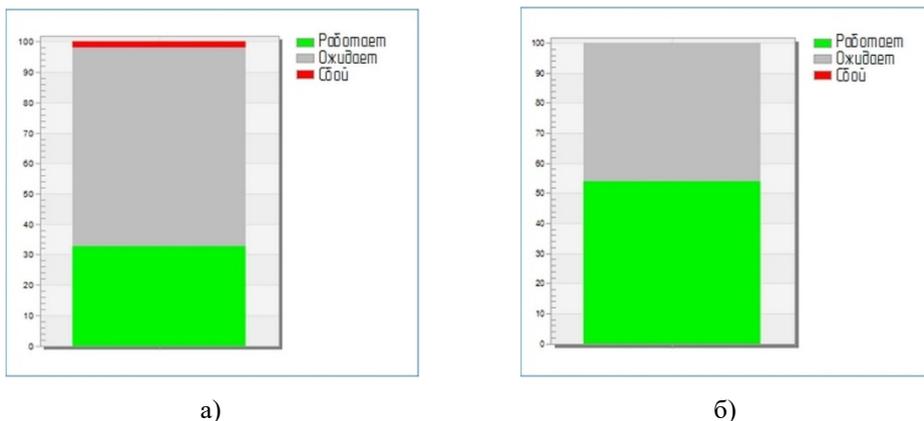


Рис. 2.244. Основные результаты имитационного моделирования по созданной модели технологической линии сборки с одним рабочим местом монтажника: статистика автомата установки компонентов Тораз X (а); статистика печи пайки оплавлением HotFlow 3/14e (б)

Таблица 2.1

Суммарная статистика работы технологической линии с одним рабочим местом монтажника

| Параметр                          | Значение    |
|-----------------------------------|-------------|
| Штучное время                     | 93 ч 59 мин |
| Производительность                | 9 шт./ч     |
| Загрузка штабелера                | 2,2%        |
| Загрузка Ekra X5 Professional     | 2,2%        |
| Загрузка Topaz X                  | 32,4%       |
| Загрузка HotFlow 3/14e            | 55,1%       |
| Загрузка монтажника               | 88,2%       |
| Загрузка контролера               | 18,7%       |
| Загрузка автомата отмывки и сушки | 6,5%        |

Одним из достоинств имитационного моделирования по сравнению с натурными экспериментами является возможность виртуальной реализации различных сценариев работы линии вида «что, если». Изменения в цифровой модели можно вносить в любой момент времени, а результаты такого изменения практически сразу же визуализируются.

### Задание по практической работе

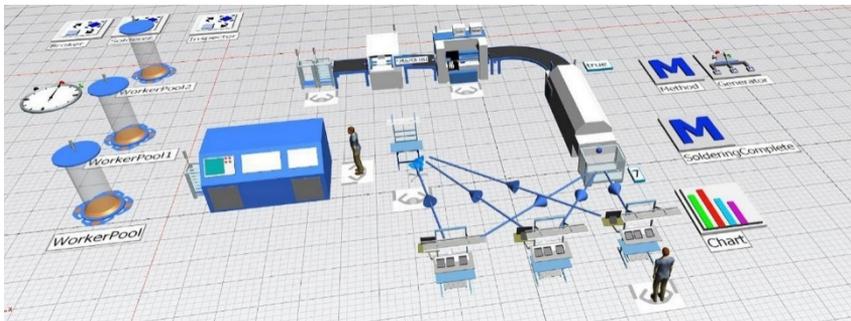
**Задача 2:** модернизировать линию с целью снижения штучного времени и повышения производительности сборки.

### Порядок выполнения практической работы

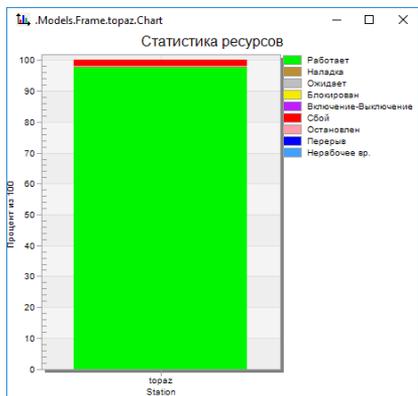
Выполним модернизацию модели линии с отработкой нового сценария. Анализируя приведенные на рис. 2.244 и в табл. 2.1 результаты моделирования, можно отметить существенную недогрузку автоматизированного оборудования линии, так как при такой организации рабочих мест большую часть времени техпроцесса занимает ручная пайка, а автоматы установки компонентов и пайки оплавлением значительную часть времени находятся в режиме ожидания.

Для решения данной проблемы необходимо изменить состав рабочих мест, выполнив балансировку линии по производительности. Введем двух дополнительных работников, осуществляющих установку и пайку компонентов в отверстия. Модернизированная модель с использованием трех монтажников и соответствующие изменениям результаты моделирования показаны на рис. 2.245 и в табл. 2.2.

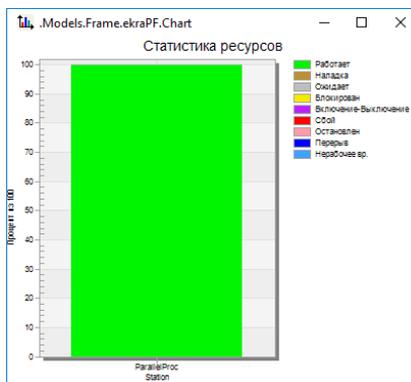
Полученные результаты свидетельствуют о близкой к 100% загрузке оборудования, что обуславливает в 2,5 более высокие показатели производительности данного сценария работы линии по сравнению с исходным вариантом в части количества выпущенных изделий в единицу времени. Сводный график, по которому можно оценить результаты, показан на рис. 2.246.



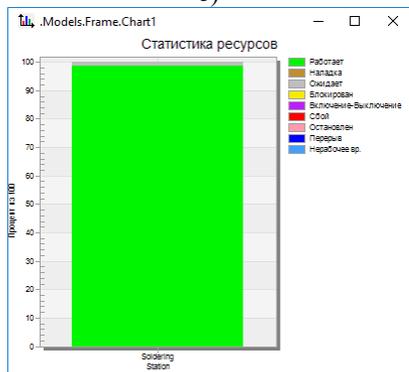
а)



б)



в)



г)

**Рис. 2.245.** Модернизированная имитационная модель технологической линии сборки с использованием трех рабочих мест монтажников вместо одного и соответствующие результаты моделирования: топология модернизированной имитационной модели (а); статистика автомата установки компонентов Topaz X (б); статистика печи пайки оплавлением HotFlow 3/14e (в); статистика монтажника (г)

Несмотря на то, что полученные результаты демонстрируют низкие показатели простоя, а, следовательно, и высокие показатели производительности линии, в получившийся технологический процесс имеет смысл добавить монтажников, выполняющих операцию ручной пайки, либо установку автоматизированной селективной пайки. Таким образом цифровое производство может быть подвергнуто модернизации.

Таблица 2.2

Суммарная статистика работы технологической линии с тремя рабочими местами монтажников

| Параметр                          | Значение    |
|-----------------------------------|-------------|
| Штучное время                     | 45 ч 24 мин |
| Производительность                | 23 шт./ч    |
| Загрузка штабелера                | 4,1%        |
| Загрузка Ekra X5 Professional     | 4,1%        |
| Загрузка Toraz X                  | 95,7%       |
| Загрузка Ersa HotFlow 3/14e       | 100%        |
| Загрузка монтажника               | 97,8%       |
| Загрузка контролера               | 40,4%       |
| Загрузка автомата отмывки и сушки | 15,1%       |

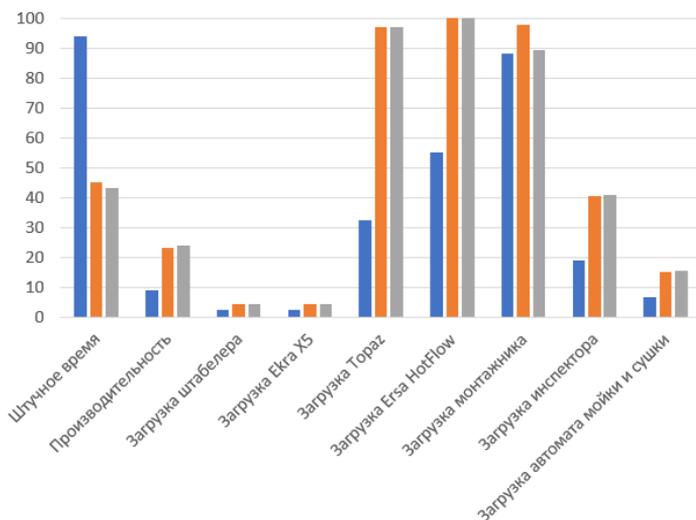
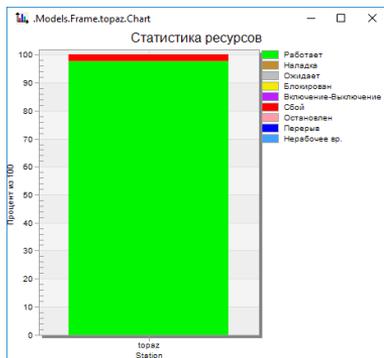


Рис. 2.246. Сводный график статистики объектов модели

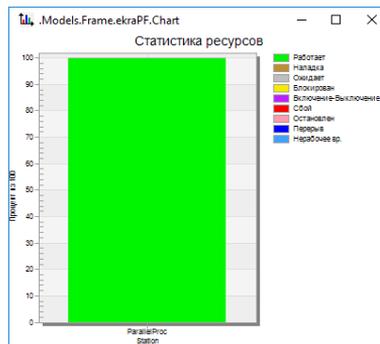
**Задача 3:** найти возможности дополнительной модернизации линии.

### Порядок выполнения практической работы

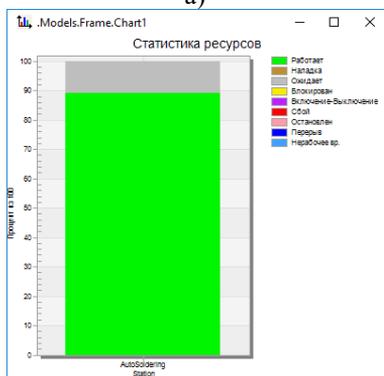
Для решения поставленной задачи проведем эксперимент с использованием установки селективной пайки волной модели Ersa Versaflow 3/45 вместо рабочих мест монтажников. Результаты этого эксперимента показаны ниже на рис. 2.247.



а)



б)



в)

**Рис. 2.247.** Модернизированная имитационная модель технологической линии сборки с использованием установки селективной пайки полной и соответствующие результаты моделирования: статистика автомата установки компонентов Topaz X (а); статистика печи пайки оплавлением HotFlow 3/14e (б); установки селективной пайки Versaflow 3/45 (в)

Статистика объектов по данному варианту реализации техпроцесса сведена в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Суммарная статистика работы технологической линии с тремя рабочими местами монтажников

| Параметр                          | Значение    |
|-----------------------------------|-------------|
| Штучное время                     | 43 ч 16 мин |
| Производительность                | 24шт./ч     |
| Загрузка штабелера                | 4,1%        |
| Загрузка Ekra X5 Professional     | 4,1%        |
| Загрузка Topaz X                  | 96,7%       |
| Загрузка HotFlow 3/14e            | 100%        |
| Загрузка Versaflow 3/45           | 89,2%       |
| Загрузка контролера               | 40,7%       |
| Загрузка автомата отмывки и сушки | 15,4%       |

### **Содержание отчета**

1. Краткий конспект теоретической части.
2. Скриншоты финальных моделей и результирующие файлы моделей в электронном виде.
3. Исходные данные и результаты анализов в печатном и электронном виде.
4. Выводы по работе.
5. Ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Как использовать для визуализации результатов моделирования объект потока информации Chart?
2. Поясните достоинства имитационного моделирования по сравнению с натурными экспериментами.
3. Как осуществлять эксперименты вида «что, если» с помощью имитационного моделирования?
4. Какие формы визуализации выходных данных предлагает система Plant Simulation?