

УДК 65.011.56:621.9

**ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ СБОРКИ МИКРООБЪЕКТИВА**

Б.С. Падун, М.А. Рябов

Рассматривается новая концепция построения автоматизированной системы управления сборочным производством на основе адаптивно-селективной сборки. Эта концепция обеспечивает новые методы проектирования и организации автоматизированных систем управления исходя из особенностей подобных производств, таких как соблюдение строгих математических моделей обеспечения функциональной точности прибора, неточное задание особенностей работы линии, эффективная и безаварийная работа разнообразных устройств линии в не определенных заранее ситуациях и т.д.

Ключевые слова: метод проектирования, метод сборки, технологический процесс, автоматизированная система управления, структура автоматизированной системы управления, синхронизация, реальное время, нештатные ситуации.

Введение

Автоматизация сборки точных приборов при небольших партиях их выпуска невозможна без создания специальных методов сборки и интеллектуальной автоматической системы управления [1, 2]. Управление линией осуществляется по результатам виртуальной сборки, которая должна базироваться на строгих математических моделях обеспечения функциональной точности прибора [3]. Но в настоящее время используемые модели не всегда адекватны, поэтому в процессе сборки могут возникнуть ситуации, требующие оперативного решения. Кроме этого, необходимо обеспечить эффективную и безаварийную работу разнообразных устройств линии в не определенных заранее ситуациях, возникающих на

линии [4, 5]. Следовательно, требуется разработать метод построения систем управления технологическими процессами, которые характеризуются неточным заданием особенностей работы линии.

Характеристика объекта управления

В технологической системе (ТС) сборки оптических изделий используется оборудование с программным управлением. ТС построена по модульному принципу [5, 6]. К основным элементам ТС сборки относятся: 1) роботы-манипуляторы, контрольно-измерительные устройства и установки, автоматы для выполнения сборочных операций, локальные хранилища; 2) шатлы, траки, стрелки и фиксирующие устройства транспортных линий; 3) складское оборудование. Назовем указанные элементы модулями первого уровня.

Из модулей первого уровня собираются модули второго уровня: станции сборки и измерений; автоматические склады; транспортные системы. Модули второго уровня объединяются в модули третьего уровня – зоны сборки и складская система, в которую входят стационарные и мобильные склады. Модули третьего уровня объединяются в линию сборки. Назовем его модулем четвертого уровня.

Постановка задачи

Необходимо построить автоматизированную систему управления (АСУ) ТС сборки микрообъектива (МО), обеспечивающую в соответствии с заданной программой простое и надежное управление разнородными устройствами, действия которых не синхронизированы во времени, и возможность оперативного изменения процесса сборки.

Структура АСУ ТС

В качестве управляющего автомата используется вычислительная сеть, включающая персональные компьютеры и контроллеры [6]. На этой сети реализуется АСУ, в задачи которой входят:

- прием данных о технологическом процессе сборки (ТПС) от автоматизированной системы проектирования (САПР) ТПС;
- декомпозиция ТПС на технологические процессы зон, станций, модулей;
- загрузка программ и данных на соответствующие компоненты ТС сборки;
- выполнение программ управления;
- синхронизация работы оборудования;
- формирование сообщений о нормальном завершении операций;
- контроль исправности управляющих устройств и объектов управления;
- распознавание нештатных ситуаций;
- передача сообщений о нештатных ситуациях, возникающих в работе ТС, в САПР.

Модули линии сборки – это, в общем случае, самостоятельные единицы оборудования, способные работать независимо и параллельно. Например, устройства первого уровня независимо друг от друга выполняют действия по выполнению переходов, станции независимо друг от друга выполняют предписанные им технологические операции, в зонах независимо друг от друга выполняются части технологического процесса [6]. В единое целое оборудование станции объединяет система управления станцией, оборудование зоны – система управления зоной, ТС сборки как единое целое – АСУ всей линией.

Таким образом, АСУ линией сборки строится как четырехуровневая система (рис. 1):

- на первом уровне средствами управления модулей решаются локальные задачи управления стендами, устройствами и т.п.;
- на втором уровне координируются работы модулей первого уровня, из которых состоит станция или автоматический склад. Координация осуществляется либо от компьютера станции, либо от компьютера линии сборки, которые загружают в системы управления модулей первого уровня необходимые программы и данные (технологические процессы). Одной из основных функций второго уровня управления является функция синхронизации работы компонентов исполнительной системы с темпом работы оборудования согласно заданной технологии изготовления изделий. Синхронизация выполняется путем инициирования работы соответствующих компонентов в заданные моменты времени согласно циклограмме функционирования исполнительного оборудования ТС линии сборки и программ системы управления линией сборки и текущему состоянию каждого компонента ТС линии сборки;
- на третьем уровне координируется работа станций конкретных зон и складской зоны. Координация в этом случае осуществляется от компьютера линии сборки, загружающего в системы управления станциями необходимые программы и данные (технологические процессы), а также выполняющего программу (технологический процесс), обеспечивающую необходимую дисциплину эксплуатации зоны. На этом уровне также выполняется синхронизация работ станций путем инициирования их работы в заданные моменты времени согласно текущему состоянию станций и по определенной временной диаграмме;

- на четвертом уровне выполняется координация работ стационарного склада и зон сборки от компьютера линии сборки, выполняющего сформированную дисциплину работы линии сборки в целом. Особо важна синхронизация работ робота-штабелера с состоянием позиций приема и съема тары в зонах.

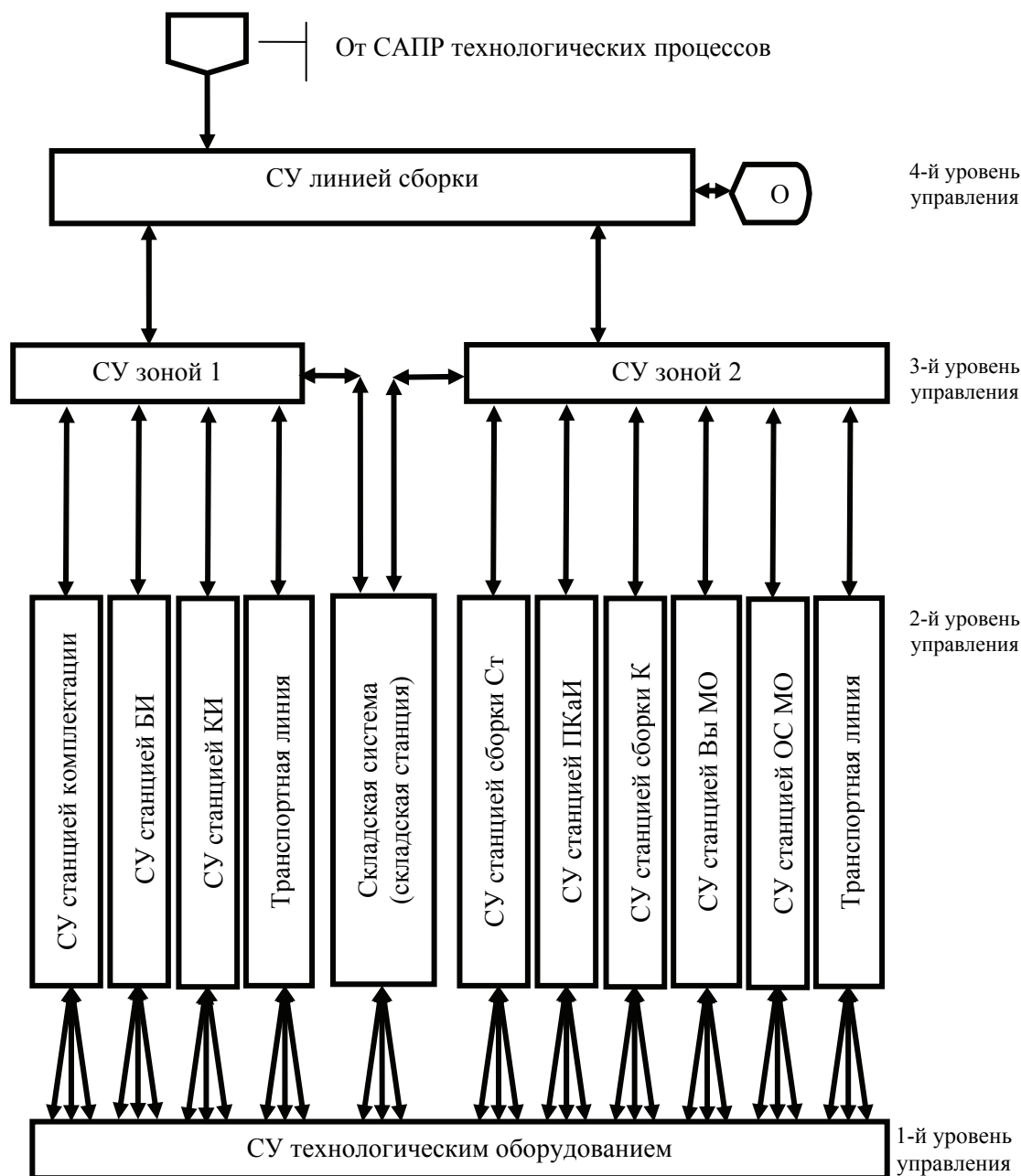


Рис. 1. Структура автоматизированной системы управления линией сборки:
 СУ – система управления; О – оператор; БИ – бесконтактное измерение; КИ – контактное измерение;
 Ст – внутренний стакан; ПКай – проверки качества изображения; Вы – высота; К – корпус;
 ОС – окончательная сборка

Инициирование работы компонентов и контроль их состояния достигается за счет передачи сообщений (данные для программ и данные о состояниях оборудования) между компьютерами разных уровней управления. Информационные связи между компьютерами организованы иерархически. Сообщения о состояниях оборудования линии сборки могут передаваться между компьютерами разных уровней.

Для выполнения виртуальной сборки, проектирования ТПС и повышения гибкости линии сборки предназначена программная система проектирования технологии сборки изделий (САПР технологических процессов), способная, при выполнении некоторых требований, обеспечить такой вариант ТПС, который может быть оптимальным образом реализован на ТС линии. Данная система связана с системой управления линией сборки по вычислительной сети.

Программное обеспечение АСУ

Учитывая задачи и конфигурацию ТС линии сборки, в программное обеспечение АСУ включаются следующие компоненты (рис. 2): монитор АСУ; система управления и контроля сборки изделий; банк данных. Система управления и контроля сборки изделий делится на комплексы и модули, что позволяет повысить адаптивные и эволюционные свойства программного обеспечения (ПО) АСУ.

АСУ технологической системой сборки работает в двух режимах:

- в режиме реального времени, когда она управляет ТС или принимает данные от станций измерения;
- в диалоговом режиме, когда выполняется настройка системы, анализируется работа или состояние компонентов технологической системы или формируются отчеты по выполнению производственных функций.



Рис. 2. ПО АСУ ТС

Информационное обеспечение АСУ

Управление и контроль над процессом сборки ведется на базе результатов моделирования сборки, которое проводится в САПР ТПС. В АСУ данные о ТПС поступают в виде структурированной записи:

```

<ТПС> ::= <имя ТПС> <данные о ТПС> <конец ТПС>
<данные о ТПС> ::= <ТПС для зоны> | <ТПС для зоны> <данные о ТПС>
<ТПС для зоны> ::= <имя зоны> <данные о ТПС в зоне> <конец ТПС в зоне>
    
```

Будем называть ТПС для станции технологической операцией сборки (ТОС), тем самым подчеркивая важность синхронизации работы оборудования на станциях линии сборки.

<данные о ТПС в зоне> ::= <ТОС станции> | <ТОС станции><данные о ТПС в зоне>
 <ТОС станции> ::= <имя станции> <данные о ТОС станции> <конец ТОС>
 <данные о ТОС станции> ::= <ТПС для конкретного устройства> | <ТПС для конкретного устройства>
 <данные о ТОС станции>
 <ТПС для конкретного устройства> ::= <имя устройства> <данные для программы> <признак конца>
 Структура данных для программы управления конкретным устройством оригинальна.

Синхронизация работы оборудования линии

Синхронизация основана на применении механизмов семафоров и прерываний [6, 7]. С помощью семафора распределяются критические ресурсы на станциях, например, пространство обслуживания тар при работе робота-перекладчика и робота-манипулятора. Если значение семафора равно нулю, то ресурс свободен. При захвате ресурса к нему прибавляется единица, при освобождении – вычитается единица. С помощью прерываний обеспечивается синхронизация устройств разных станций и зон.

Внештатные ситуации

Внештатные ситуации (если исключить выход из строя оборудования) возникают при взаимодействии модулей между собой. Например:

- необходимо со станции снять тару на подошедший шатл, но на шатле находится тара;
- на столик станции надо поставить тару, но на столике находится тара;
- тара к станции подвезена, но в ней находятся не те детали, которые должны участвовать в сборке, и т.д.

Для работы алгоритмов выявления нештатных ситуаций необходимы данные о текущем состоянии линии. Для этого вводятся дескрипторы модулей. Для станций и зон дескрипторы оригинальны. Рассмотрим в качестве примера дескриптор одной из станций.

<дескриптор станции> ::= <состояние устройства> | <состояние устройства> <дескриптор станции>
 <состояние устройства> ::= <имя устройства> <характеристики устройства>
 <характеристики устройства> ::= <характеристика устройства> | <характеристика устройства> <характеристики устройства>
 <характеристика устройства> ::= <рабочее состояние> | <ожидание> | <расположение> | <что хранится>

Заключение

Автоматизированная система управления линией сборки микрообъектива имеет децентрализованное управление, обеспечивает эффективную эксплуатацию устройств технологической системы сборки, синхронизирует работу устройств с различным временем выполнения действий, обеспечивает контроль и выявление нештатных ситуаций.

Литература

1. Азбель В.О., Егоров В.А., Звоницкий А.Ю. и др. Гибкое автоматическое производство / Под общ. ред. С.А. Майорова, Г.В. Орловского, С.Н. Халкиопова. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1985. – 454 с.
2. Замятин В.К. Технология и автоматизация сборки: Учебник для машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1993. – 464 с.
3. Лебедовский М.С., Вейц В.Л., Федотов А.И. Научные основы автоматической сборки. – Л.: Машиностроение, 1985. – 316 с.
4. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства. – Л.: Машиностроение, 1983. – Т. 1. – 404 с.; Т. 2. – 376 с.
5. Парамонов Ф.И. Автоматизация управления групповыми поточными линиями. – М.: Машиностроение, 1973. – 392 с.
6. Федотов А.В. Автоматизация управления в производственных системах: Учеб. пособие. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001. – 368 с.
7. Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов: Учеб. пособие для студ. сред. проф. образования. – М.: Академия, 2005. – 352 с.

- Падун Борис Степанович** – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кандидат технических наук, доцент, bsp.tps.ifmo@mail.ru
- Рябов Максим Александрович** – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, maximryabov@gmail.com