

---

---

# СБОРКА МИКРООБЪЕКТОВ

---

---

УДК 65.011.56:621.9

Б. С. ПАДУН, С. М. ЛАТЫЕВ

## ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРКИ МИКРООБЪЕКТОВ

Рассматривается процесс автоматизированной сборки микрообъективов, который основан на предварительном моделировании процесса этой сборки. Представлена концепция построения системы автоматизированной сборки. Описаны состав и структура интегрированной системы сборки, технологическая система и программные средства управления сборкой, а также проектирования виртуальной сборки.

*Ключевые слова:* технологическая система сборки, микрообъектив, автоматизация сборки, виртуальная сборка.

**Введение.** Требования к точности функционирования приборов, в частности микрообъективов (МО), постоянно возрастают, достичь ее за счет уменьшения погрешности изготовления деталей и узлов в некоторых случаях невозможно, поэтому необходимо искать новые пути обеспечения точности приборов. Один из путей — обеспечение функциональной точности при сборке прибора путем использования таких методов, как, например, селективная сборка, применение компенсаторов, коррекция элементов изделия. Характерное организационное отличие этих методов — зависимость операций сборки от операций формообразования.

Второй путь — обеспечение функциональной точности приборов за счет коррекции формообразующих операций. В этом случае организуется обратная связь между сборочной и формообразующими операциями, здесь можно выделить два метода: организация обратной связи во время изготовления конкретного изделия и организация обратной связи на основе предварительного прогноза изменения параметров оснащения. Первый метод получил название „адаптивно-селективная сборка“ (АСС) [1], второй назовем методом перспективного прогноза [2].

Следует отметить, что и первый, и второй путь предполагают использование дополнительных измерительных операций, которые могут выполняться до, во время и после сборки. В настоящей работе для достижения заданной точности при сборке МО выбран второй путь.

**Концепция построения системы сборки микрообъективов.** Основная идея концепции — это сборка МО по результатам виртуальной сборки, которая проводится с использованием математических моделей, описывающих функциональную точность МО [3]. Позволяет реализовать виртуальную сборку специальная программная система, задача которой определить из заданных множеств деталей и узлов МО те, которые могут обеспечить при совместной сборке требования по точности конкретного объектива. Следовательно, интегрируются технологическая система сборки (ТСС) и система автоматизированного проектирования виртуальной сборки (САПР ВС).

Нетрудно заметить, что ТСС должна содержать средства измерения деталей и узлов, от которых зависит функциональная точность МО, а для реализации и качественного обеспечения спроектированной виртуальной сборки целесообразно автоматизировать процесс сборки. Следует назвать еще несколько принципов проектирования ТСС:

1) линии сборки и склады рассматриваются как единая система. Сборочные действия на линии в общем случае не согласуются по времени их выполнения, поэтому для их синхронизации предусмотрена организация „разделяющих“ складов, в которых хранятся детали, узлы и собранные изделия;

2) прямоточность движения собираемого изделия на линиях;

3) замыкание линии и оперативная программная переадресация транспортных тележек (шаттлов). Это обеспечит выполнение операций на ТСС в любой последовательности;

4) возможность перехода без существенных потерь времени от сборки МО одного наименования к сборке МО другого наименования, основанная на унификации конструкций МО [4] и технологий их изготовления [5], что позволит обеспечить рабочие места типовой и групповой технологической оснасткой.

**Состав и структура интегрированной системы.** В соответствии с концепцией построения системы сборки в ней предусмотрено пять компонентов (рис. 1):

1) автоматизированная складская система, предназначенная для накопления, хранения и учета деталей, сборочных единиц и МО, а также синхронизации операций сборки и контроля. В состав складской системы входят мобильные склады ( $M_1$  и  $M_2$ ), подключенные к стационарному через порты приема (Р — подвижный робот, обслуживающий стационарный склад);

2) линия „измерений изделий и сборки узлов МО“. По результатам работы этой линии формируются базы данных об изделиях, в которых каждой измеряемой детали и узлу присвоено оригинальное имя, выполняется виртуальная сборка узлов и МО в целом, проектируются технологические процессы сборки и алгоритм управления линией сборки;

3) линия сборки МО (работает на основе результатов виртуальной сборки);

4) автоматизированная система управления (АСУ) ТСС;

5) САПР ВС, которая проектирует технологические процессы сборки и схемы эксплуатации оборудования.

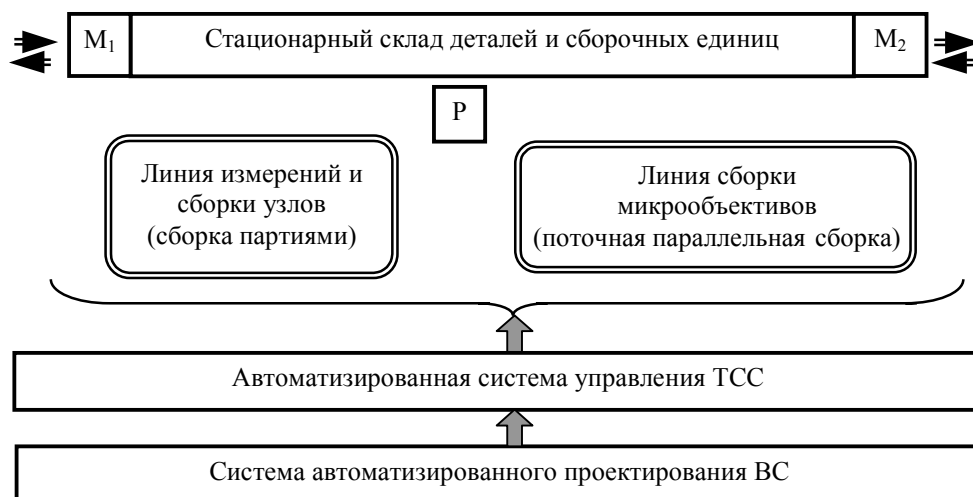


Рис. 1

На линии измерений деталей и сборки узлов МО параллельно выполняются сборочные операции. Предусмотрены три станции (рис. 2, а): комплектации и сборки (1), бесконтактного (2) и контактного измерения изделий (3). На линии сборки МО осуществляется поточная параллельная сборка, на ней предусмотрены пять станций (рис. 2, б): сборки стакана (4), контроля изображения (5), сборки корпуса (6), контроля высоты МО (7) и окончательной сборки

МО (8). Транспортная связь между зонами обеспечивается через стационарный склад. Мобильные склады позволяют обеспечить транспортную связь между цехами формообразования и сборочными линиями. Нетрудно заметить, что АСУ объединяет в единое целое все компоненты ТСС. Автоматизированная система управления информационно связывает ТСС с САПР ВС.

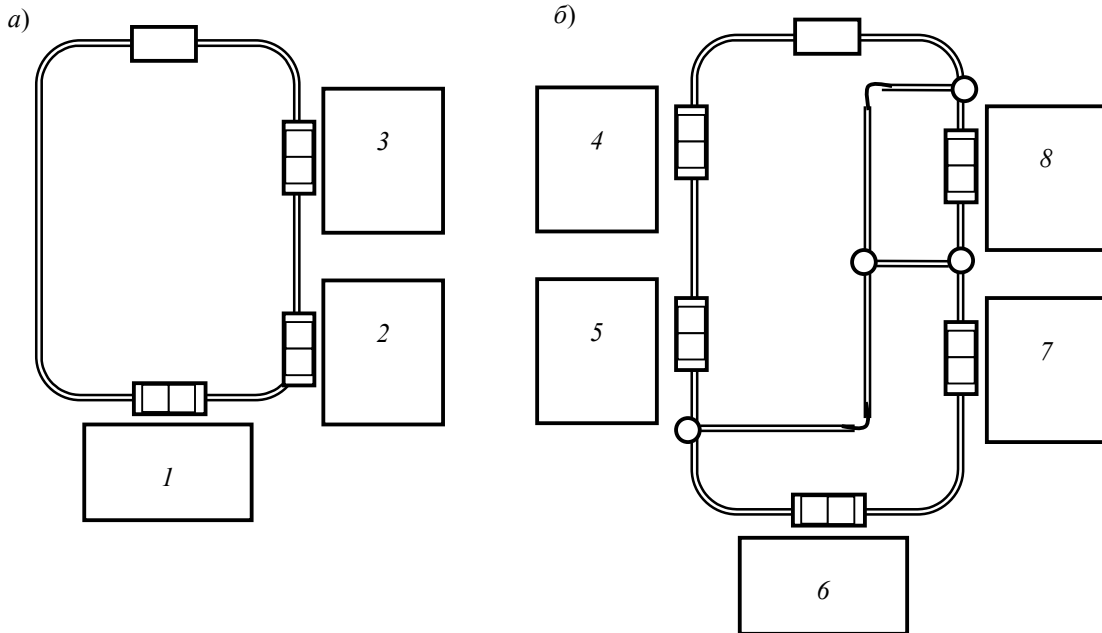


Рис. 2

**Алгоритм работы ТСС.** В системе можно выделить четыре основных типа транспортных потоков, если рассматривать склад (см. рис. 1) как начальную и конечную точки потоков:

1) измерительный — поток деталей или узлов, проходящий только через одну операцию измерения;

2) комплектации и измерений узла — поток сборки, проходящий через операции сборки и измерения. Данный поток определяет размещение станций на первой линии (рис. 2, а);

3) подготовительный — поток для заполнения буферных накопителей (лифтовых складов) на станциях тарами с деталями и узлами. Буферные накопители предназначены для того, чтобы создать страховочные (например, линзы, оправы, прокладные кольца) и технологические (например, сборочные единицы „линза в оправе“) запасы и обеспечить эффективную организацию контрольных операций;

4) потоки, проходящие через операции сборки МО. Эти потоки могут быть разветвляющимися вследствие неудовлетворительного результата контрольных операций (см. рис. 2, б).

Такое разделение транспортных потоков закладывается в базовый алгоритм работы ТСС: *измерение линз и оправ* → *комплектация, сборка и измерение узлов „линза в оправе“* → *измерение механических деталей* → *комплектация деталей в буферных накопителях* → *сборка МО*.

Измеренные детали и узлы накапливаются в стационарном складе до момента использования при сборке линзы. Данные об измерении деталей и узлов автоматически накапливаются в базе данных.

В реальной ситуации алгоритм сборки МО может иметь другой порядок действий либо может усложниться за счет организации параллельного измерения партий разных объектов или за счет совмещения во времени второго и первого потоков, либо упроститься за счет разделения во времени процессов комплектации и измерения узлов и т.п.

**Автоматизированная система управления ТСС** строится как четырехуровневая. Средствами управления первого уровня решаются задачи управления отдельными элемента-

ми ТСС, например, приводом робота, переключником, шаттлом и т.д. В средства управления отдельного элемента первого уровня включаются один или несколько контроллеров и одна или несколько типовых программных функций управления конкретным элементом ТСС. На данном уровне средства управления объединяют отдельные элементы.

На втором уровне средства управления координируют работу оборудования, выполняющего конкретную сборочную операцию, например, измерительную, складскую, сборки узла „линза в оправе“ и т.д. Каждая единица оборудования, функционирующая независимо и параллельно, рассматривается как единое целое. Средства управления второго уровня в общем случае включают компьютер (контроллер или вычислительный комплекс) и программы, которые передают данные, обрабатывают прерывания, передают управление программам первого уровня и т.д. Одной из основных функций средств управления второго уровня является синхронизация темпа работы компонентов исполнительной системы с темпом работы оборудования в соответствии с заданной технологией изготовления изделий. Синхронизация выполняется путем инициирования работы соответствующих компонентов в заданные моменты времени, согласно циклограмме (временной диаграмме) функционирования элементов ТСС и программ средств управления, а также текущему состоянию каждого элемента ТСС. Средства управления второго уровня объединяют оборудование станций в единое целое, а оборудование склада — в единый стационарный склад.

На третьем уровне координируется работа станций конкретной линии и стационарного склада. Станции рассматриваются на данном уровне как неделимые единицы. Средства управления третьего уровня включают компьютер и программы, которые передают данные (технологические процессы), обрабатывают прерывания, передают управление программам второго уровня, выполняют программу (технологический процесс) работы линии, обеспечивают необходимые условия эксплуатации линии или склада. На этом уровне также выполняется синхронизация функционирования станций путем инициирования их работы в заданные моменты времени согласно текущему состоянию станций и по определенной временной диаграмме. Средства управления третьего уровня объединяют станции в неделимую линию, стационарный и мобильные склады — в единую складскую систему.

На четвертом уровне осуществляется координация работы складской системы с работой линии сборки. Средства управления четвертого уровня включают компьютер и программы, которые выполняют спроектированную дисциплину работы всей ТСС. Особенно важно согласовать работу робота-штабелера с состоянием позиций приема и съема тары на линиях. Программное обеспечение (ПО) четвертого уровня включает программную систему контроля ТСС и контроля технологии сборки, оно функционирует в диалоговом режиме с пользователем.

Следовательно, АСУ ТСС работает:

- в режиме реального времени, когда она управляет аппаратной частью технологической системы или принимает данные от измерительных станций;
- в диалоговом режиме, когда выполняется настройка системы или анализируются работа и состояние компонентов ТСС, или формируются отчеты по выполнению производственных функций.

Управление и контроль процесса сборки ведется с учетом результатов виртуальной сборки.

**Система автоматизированного проектирования ВС.** Программное обеспечение САПР ВС состоит из четырех компонентов (рис. 3): управляющей программы „монитор“, системы моделирования сборки изделия, системы визуализации процесса сборки изделия, банка данных. Компоненты „монитора“ работают в диалоговом режиме. Системы моделирования (иначе — виртуальной сборки и визуализации) функционируют в автоматическом режиме. Банк данных работает в автоматическом и диалоговом режимах.

Для повышения гибкости линии сборки предусмотрена программная система проектирования технологии сборки изделий, которая способна при выполнении некоторых требований обеспечить такой вариант технологического процесса сборки нового изделия, который может быть реализован на ТСС. Данная система может быть информационно связана с АСУ ТСС и САПР ВС.

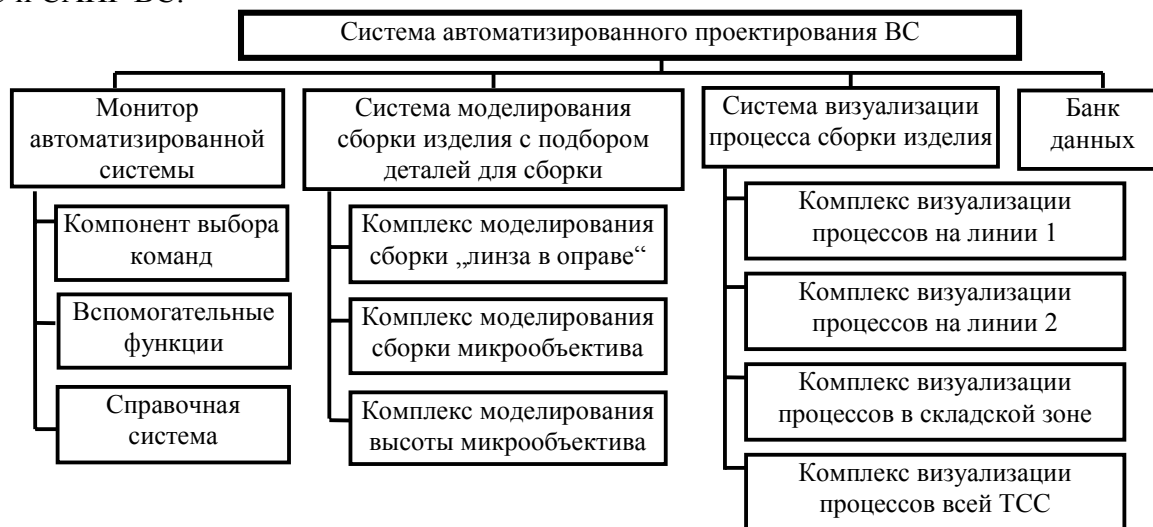


Рис. 3

Рассмотренный подход позволяет обеспечить системе сборки ряд полезных свойств, а именно:

- параллельность выполнения сборочных операций при выходе на устойчивый режим работы ТСС, что является следствием независимой работы линий и станций;
- адаптивность, которая обеспечивается моделированием технологических процессов (и выбором оптимального варианта) при изменении запросов деталей и узлов на стационарном складе;
- оперативность корректировки технологических процессов сборки, которая достигается благодаря возможностям САПР ВС;
- возможность эволюции системы за счет применения методов адаптивно-селективной сборки и перспективного прогноза (применение этих методов не только уменьшает ограничения по объему партии, но и позволяет изменить базовый технологический процесс сборки);
- возможность использования станций комплектации и сборки для оптимизации размещения деталей в таре;
- система сборки строится как прототип будущих производственных систем сборки.

**Заключение.** Предложенный подход уже сегодня является „полигоном“ для проведения научных и практических работ по исследованию и изучению методов обеспечения функциональной точности оптических приборов на этапе их сборки, исследованию методов измерений и созданию стендов для контроля качества прибора, исследованию способов автоматизации сборочных операций и созданию линий сборки, разработке автоматизированных систем управления ТСС и проектирования технологических операций сборки.

В проекте участвуют творческие коллективы специалистов России и Германии, организованы группы преподавателей, аспирантов и студентов разных кафедр, работающих над комплексными проблемами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zocher K.-P. Adaptive und Selektive Montage in der flexiblen Fertigung // Informationsmaterial TU Ilmenau. 2002. Februar. S. 423—424.

2. Падун Б. С., Свердлина И. И. Новый подход к организации технологической подготовки производства с элементами управления точностью // Инструмент и технологии. 2004. № 21—22. С. 99—104.
3. Латыев С. М., Смирнов А. П., Воронин А. А., Падун Б. С., Яблочников Е. И., Фролов Д. Н., Табачков А. Г., Тезка Р., Цохер П. Концепция линии автоматизированной сборки микрообъектива на основе адаптивной селекции их компонентов // Оптич. журн. 2009. Т. 76, № 7. С. 79—83.
4. Tabachkov A. G., Frolov D. N., Latyev S. M., Zocher K.-P. Die Haupttendenzen der Projektierung der Microobjektive // 50<sup>th</sup> Intern. Wissenschaftliches Kolloquium. TU Ilmenau. 2005. S. 535—536.
5. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства. Л.: Машиностроение, 1983.

**Сведения об авторах**

**Борис Степанович Падун**

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: bsp.tps.ifmo@mail.ru

**Святослав Михайлович Латыев**

— д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра компьютеризации и проектирования оптических приборов; E-mail: latyev@qrv.ifmo.ru

Рекомендована кафедрой  
технологии приборостроения

Поступила в редакцию  
14.12.09 г.