

КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

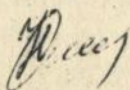
УДК - 658.52.011.56.012.3-621.865.8.002

САМОХАТКО ЮРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

АВТОМАТИЗАЦИЯ СВЯЗНЫХ ПРОИЗВОДСТВ НА ОСНОВЕ
МНОГОУРОВНЕВОГО АНАЛИЗА ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Специальность 05.13.07 - Автоматизация технологических
процессов и производств (в том
числе по отраслям)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Киев - 1992



00819773 (Z)

Работа выполнена на кафедре
Киевского политехнического

Научный руководитель - кандидат технических наук,
профессор

Ямпольский Л. С.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор

Пуховский Е. С.

- кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Зак Ю. А.

Ведущее предприятие - указано в решении Совета

Защита диссертации состоится " 21 " декабря 1992г.
в 15³⁰ часов на заседании специализированного Совета

Д 068.14.07 по присуждению ученой степени доктора наук при
Киевском политехническом институте по адресу 252056, г. Киев, 56,
проспект Победы 37

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского
политехнического института

Автореферат разослан " 20 " ноября 1992г.

Отзывы на автореферат диссертации в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять в адрес Киевского политехнического института

Ученый секретарь
Специализированного Совета
кандидат технических наук,
доцент

В. Д. Романенко

АННОТАЦИЯ

Целью диссертационной работы является - повышение уровня автоматизации сборочного процесса путем обеспечения эффективного функционирования всех уровней сборочной системы на основе оптимизации их организационно- технологических связей.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- 1 - разработан метод, позволяющий учесть взаимосвязи параметров и показателей эффективности различных уровней сборочной системы;
- 2 - разработана математическая модель многоуровневой сборочной системы, отражающая связи между уровнями системы и позволяющая на основе программной реализации модели на ЭВМ получить численные характеристики динамических параметров процесса совмещения сборочных компонентов и технико-экономических показателей эффективности работы всех уровней системы;
- 3 - выполнен анализ взаимодействия критериев оптимальности различных уровней сборочной системы;
- 4 - разработана методика обеспечения эффективного функционирования реальной сборочной системы.

Автор защищает:

- метод многоуровневого анализа функционирования автоматизированной сборочной системы;
- математическую модель многоуровневой системы сборки;
- результаты анализа взаимодействия показателей эффективности различных уровней сборочной системы;
- методику обеспечения эффективного функционирования многоуровневых сборочных систем.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Интенсификация темпов развития приборостроительных отраслей неразрывно связана с повышением уровня рентабельности средств автоматизации сборочных работ, удельная трудоемкость которых в машиностроении составляет 30-40%, а в приборостроении 65-70% при удельном весе автоматизированных сборочных процессов - 6 и 15%, соответственно.

В этих условиях противоречие между все возрастающей потребностью народного хозяйства в новой высокопроизводительной технике и сложностью ее освоения машиностроительными предприятиями может быть преодолено путем создания эффективно функционирующих автоматизированных систем, обладающих способностью адаптации к выпуску новой продукции.

В то же время проблема обеспечения эффективности функционирования многоуровневых сборочных систем, технологическая совокупность которых и образует сборочное производство, исследована недостаточно. Это объясняется отсутствием метода, позволяющего рассматривать работу всех уровней автоматизированной сборочной системы во взаимосвязи критериев и параметров их функционирования. Решение данной проблемы вызывает также необходимость построения адекватной математической модели, позволяющей повысить эффективность функционирования сборочной системы в целом за счет оптимизации межуровневых связей внутри модели и последующей ее реализации в сфере сборочного производства.

Методы исследований. Обоснованность научных положений в диссертации базируется на применении системного подхода и использовании методов оптимизации технологических процессов в машиностроении, теории планирования машинного эксперимента, математической статистики, теории систем, математического анализа, а также методов численного анализа.

Научную новизну диссертационной работы составляют:

- метод многоуровневого анализа функционирования автоматизированной сборочной системы;
- математическая модель многоуровневой системы сборки;
- результаты анализа взаимодействия критериев оптимальности различных уровней сборочной системы;
- методика обеспечения эффективного функционирования многоуровневых сборочных систем.

Практическая ценность. Создан методологический аппарат,

позволяющий рассматривать функционирование уровней сборочной системы во взаимосвязи их критериев и параметров.

Разработанная на основе результатов исследований инженерная методика обеспечения эффективного функционирования многоуровневых сборочных систем позволяет повысить эффективность их эксплуатации в условиях реального сборочного производства.

Реализация результатов работы. Разработанная в рамках настоящей работы инженерная методика построения 3-х уровневой сборочной системы была применена при создании автоматической линии (АЛ) ВЦРП 442314.004 сборки лентопротяжного механизма (ЛПМ) автомагнитолы "Гродно - 209", что позволило оптимизировать структуру АЛ, режимы процессов сборки деталей и подузлов ЛПМ. В конечном итоге практическая реализация методики обусловила повышение производительности линии в 1,8 раза и сокращение стоимости оборудования на 16%.

Суммарный экономический эффект от использования указанной методики в КНИТИ составил 36,4 тыс. рублей.

Апробация работы. Основные результаты работ, доложены на: международной научно-технической конференции "Молодые ученые в решении комплексной программы научно-технического прогресса стран - членов СЭВ" (Киев, 1989 г.), республиканской научно-технической конференции "Опыт внедрения гибких производственных модулей на предприятиях приборостроения" (Львов, 1988 г.), международной научно-технической конференции "Новые технологии в машиностроении" (Харьков, 1992 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 4 печатных работы.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы из 75 наименований и приложений. Основная часть работы изложена на 159 страницах машинописного текста. В работе 21 иллюстрация и 2 таблицы.

Во введении приведена краткая характеристика работы и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена исследованию проблем эффективного функционирования автоматизированных сборочных систем на основе анализа результатов теоретических и экспериментальных работ отечественных и зарубежных ученых, а также опыта эксплуатации

средств автоматизации сборочного производства.

Во второй главе разработан метод многоуровневого анализа функционирования сборочной системы. На основе полученных аналитических зависимостей критериев оценки эффективности функционирования технологических уровней построена математическая модель 3-х уровневой автоматизированной сборочной системы.

Третья глава посвящена разработке методики обеспечения оптимального функционирования 3-х уровневой сборочной системы.

В четвертой главе проведен анализ результатов машинного эксперимента функционирования 3-х уровневой сборочной системы. Исследовано влияние технологических параметров сборочного процесса на технико-экономические показатели эффективности функционирования системы в целом.

Приложения содержат тексты программ для ЭВМ, акты о внедрении результатов работы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Изложенный в работе анализ результатов ранее проведенных теоретических и экспериментальных исследований сборочных систем свидетельствует о том, что подавляющее большинство их моделей отражают автономное функционирование отдельных сборочных модулей, материальных потоков, либо собственно технологических процессов, т.е. без учета взаимосвязи параметров каждой из указанных составляющих производства. Такое представление сборочных систем не позволяет обеспечить эффективное функционирование системы в целом вследствие отсутствия взаимосвязи критериев эффективности каждого из уровней сборочной системы.

В то же время проведенный автором анализ типов многоуровневых систем показал, что для повышения эффективности функционирования сборочной системы необходимо рассматривать ее технологический, технический и организационный уровни во взаимосвязи критериев эффективности их функционирования. Отсутствие механизма взаимосвязи указанных критериев и параметров различных уровней препятствует созданию сборочных систем, способных работать в оптимальном (или, по крайней мере, квазиоптимальном) режиме эксплуатации сборочного

оборудования.

Кроме того, анализ существующих оценок эффективности функционирования сборочных систем показал, что :

- для обеспечения взаимосвязи уровней системы в целом необходимо отражение в каждой из оценок показателей эффективности смежных технологически и организационно подчиненных уровней системы;

- функциональные зависимости, характеризующие организационно-технические уровни системы (а именно: ее производительность и себестоимость продукции) должны в явном виде содержать показатели надежностной функции системы.

Отсутствие таких зависимостей не позволяет получать качественные и количественные оценки одновременного влияния режимов сборочного процесса и внецикловых потерь его производительности на себестоимость объектов сборочного производства.

На решение указанных и смежных с ними задач повышения эффективности функционирования сборочных систем были направлены настоящие исследования.

Метод многоуровневого анализа функционирования системы, разработанный в рамках настоящей работы, позволил осуществить исследование всех уровней автоматизированной системы во взаимосвязи критериев и факторов их функционирования.

Особенностью упомянутого метода, на котором основано построение модели автоматизированной сборочной системы, является то, что нахождение экстремальных значений целевых функций критериев оптимальности каждого последующего уровня сборочной системы осуществляется с учетом экстремальных значений целевых функций критериев оптимальности каждого предыдущего уровня. В общем случае построенная на основе предложенного метода модель многоуровневой системы имеет вид:

$$\begin{aligned}
 F_3(\bar{X}_3, \bar{f}_2^*) &= (f_{31}(\bar{X}_3, \bar{f}_2^*), \dots, f_{3m}(\bar{X}_3, \bar{f}_2^*)) \rightarrow \text{opt при } \bar{X}_3 \in D_3; \\
 F_2(\bar{X}_2, \bar{f}_1^*) &= (f_{21}(\bar{X}_2, \bar{f}_1^*), \dots, f_{2w}(\bar{X}_2, \bar{f}_1^*)) \rightarrow \text{opt при } \bar{X}_2 \in D_2; \quad (1) \\
 F_1(\bar{X}_1) &= (f_{11}(\bar{X}_1), \dots, f_{1g}(\bar{X}_1)) \rightarrow \text{opt при } \bar{X}_1 \in D_1;
 \end{aligned}$$

где F_1 , F_2 , F_3 - векторные критерии оптимальности соответственно 1-го, 2-го и 3-го уровней;

X_1, X_2, X_3 - векторы параметров из областей D_1, D_2 и D_3 ; F_1^* , F_2^* - результат оптимизации критериев оптимальности на 1-м и 2-м уровнях; $f_{11}, \dots, f_{1y}, f_{21}, \dots, f_{2w}, f_{31}, \dots, f_{3m}$ - целевые функции 1-го, 2-го и 3-го уровней.

В отличие от традиционных методов описания технологических систем предложенный метод, благодаря взаимосвязи параметров оптимизации смежных уровней, обеспечивает работу в оптимальном режиме системы в целом. Достигается это тем, что критерии оптимизации каждого предыдущего уровня системы, как это видно из (1), используются в качестве переменных (или констант) целевых функций каждого последующего (вышестоящего) уровня системы.

В зависимости от последнего условия предложено решение задачи (1) двумя способами:

1. Включением показателей эффективности нижестоящих уровней в вышестоящие в виде констант.

2. Включением показателей эффективности нижестоящих уровней в вышестоящие в виде переменных (варьируемых) факторов.

Первый способ целесообразен в том случае, когда целевая функция вышестоящего уровня включает избыточное число собственных варьируемых параметров.

Второй способ предпочтительней, если увеличение числа доминирующих по своему влиянию на критерии оптимальности параметров не вызывает существенной погрешности вычислений при отыскании экстремума целевой функции.

Однако в обоих случаях для практической реализации модели (1) требуется ее представление как совокупности целевых функций всех уровней, включающих в явном виде функциональную связь режимы сборочного процесса и технико-экономические показатели функционирования сборочного оборудования.

Анализ показателей эффективности функционирования сборочной системы, выполненный с указанной целью, позволил определить критерии оптимальности каждого уровня, параметры, влияющие на эффективность функционирования сборочного оборудования, и ограни —

чения, накладываемые на эти параметры.

Так в рамках настоящей работы на основе аналитических и статистических данных была впервые получена зависимость комплексного показателя надежности от параметров, характеризующих интенсивность эксплуатации, конструкцию и технологические особенности оборудования:

$$\xi_{\text{т.и.}} = 1 - \left(\frac{T_{\text{оп.}}^{\text{lim}} \left(\frac{T_{\text{оп.}}^{\text{lim}}}{\sum_{\xi=1}^{m_1} \sum_{\nu=1}^{\ell} B_{\xi\nu}} - 1 \right)}{T_{\text{рем.}} + T_{\text{обсл.}}} + 1 \right)^{-1}, \quad (2)$$

где $\xi_{\text{т.и.}}$ - коэффициент технического использования ($0,7 < \xi_{\text{т.и.}} < 0,95$); $T_{\text{оп.}}^{\text{lim}}$ - лимитирующее время (время цикла); $B_{\xi\nu}$ - удельная длительность восстановления работоспособности оборудования с учетом ξ - тых типов оборудования и ν - го их числа в оборочной системе; m_1 - общее количество узлов оборочной системы; ℓ - количество единиц оборудования данного типа; $T_{\text{рем.}}$ и $T_{\text{обсл.}}$ - времена ремонта и обслуживания.

Получена также зависимость, связывающая себестоимость выпускаемой системой продукции с цикловой производительностью и надежностью оборудования:

$$C = \frac{1}{3600 Q_{\text{ц}}} \left(C_{\text{ч.}} \left(1 + \frac{a}{100} \right) + \frac{C_{\text{ц}}}{k_{\text{ем.}} \Phi \xi_{\text{т.и.}}} \left(\frac{1}{T} + \frac{b}{100} \right) \right), \quad (3)$$

где C - себестоимость выпускаемой продукции, руб.; $Q_{ц.}$ - цикловая производительность, шт./час.; a - цеховые накладные расходы, %; Π - стоимость оборудования, руб.; $k_{см.}$ - количество смен работы оборудования; Φ - годовой фонд времени эксплуатации оборудования при односменном режиме работы; T - срок использования оборудования, час.; b - эксплуатационные расходы, %.

Модель многоуровневой сборочной системы (включая и другие полученные функции) приобретает вид, представленный на рис.1, где на первом уровне (процесса сборки) решается задача минимизации машинного T_m и вспомогательного T_b времени сборки при условии обеспечения 100%-й собираемости деталей; на втором уровне (функционирования сборочных модулей) решается задача обеспечения наибольшей цикловой производительности при наивысшем уровне надежности оборудования ($\lambda_{тн}$ - коэффициент технического использования - комплексный показатель надежности); на третьем уровне (функционирования сборочной системы) решается задача минимизации себестоимости C продукции, выпускаемой сборочной системой, и максимизация ее фактической производительности $Q_{ф.}$, где ограничения накладываются технологическими возможностями системы и условиями ее эксплуатации.

Разработанная модель функционирования автоматизированной сборочной системы охватывает все уровни: процесс сборки, функционирование сборочных модулей, функционирование всей системы в целом во взаимосвязи критериев и параметров различных уровней системы. Реализация модели обеспечивает оптимальное функционирование автоматизированной сборочной системы в целом при одновременном обеспечении оптимальных или близких к ним режимов функционирования смежных уровней системы, вследствие чего и достигается повышение уровня эффективности автоматизации сборочных процессов.

Методика обеспечения оптимального функционирования 3-х уровнейой сборочной системы включает разработку алгоритма численного решения многокритериальной задачи эффективного функционирования сборочной системы.

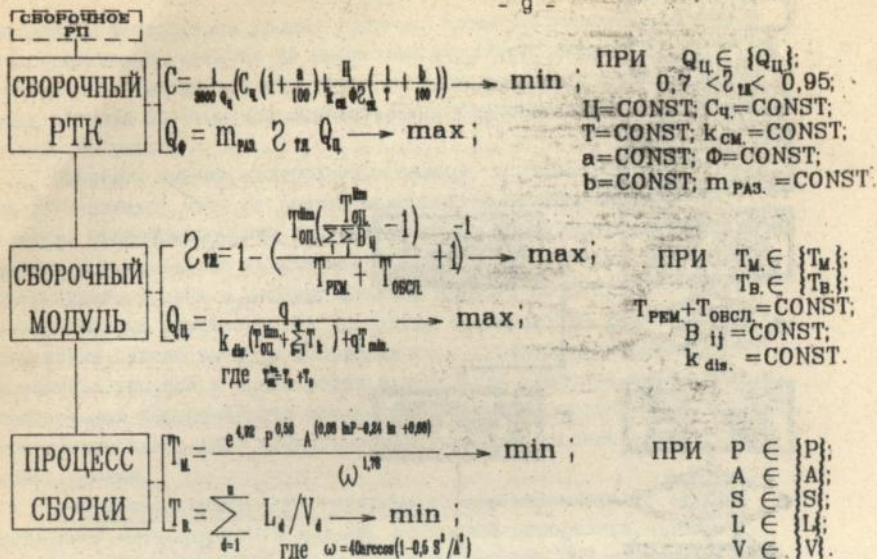


Рис. 1. Математическая модель сборочной системы.

В приведенных на рис. 1 целевых функциях, кроме описанных выше, приняты следующие обозначения:

$m_{\text{РАЗ}}$ = const - коэффициент размерности; $k_{\text{дис}}$ - коэффициент дисбаланса операционного времени; T_K - операционное время; q - число технологических позиций системы; $T_{\text{оп}}^{\text{lim}}$ - минимальное операционное время; e - основание натуральных логарифмов; P - сборочное усилие; A - амплитуда сборки; ω - угловая скорость сборки; L_d, V_d - расстояние и скорость вспомогательного движения; n - количество вспомогательных движений, выполняемых на рабочей позиции.

Блок-схема построенного алгоритма численного решения задачи многоуровневой оптимизации (рис. 2) отражает содержание процедуры отыскания точек Парето при решении многокритериальной задачи

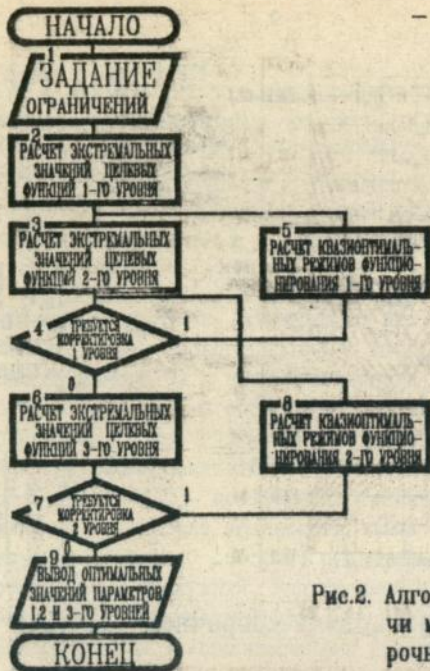


Рис.2. Алгоритм численного решения задачи многоуровневой оптимизации сборочной системы.

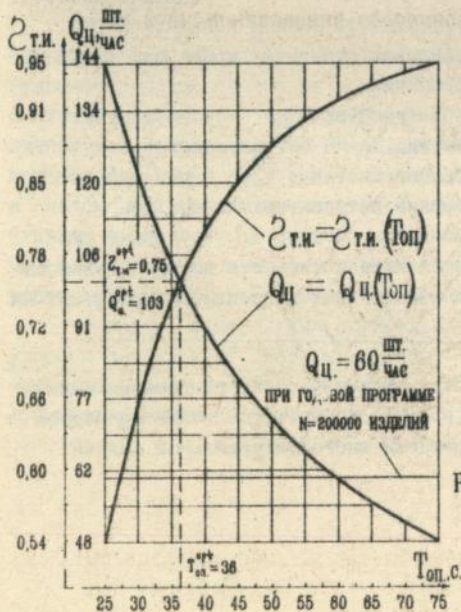


Рис.3. Определение оптимальных режимов функционирования сборочной системы.

на каждом исследуемом уровне системы, процесса определения наиболее приемлемого решения из множества возможных решений Парето (путем учета межуровневых связей) и процедуры согласования работы всех уровней системы для осуществления эффективного ее функционирования в целом.

Проведен синтез межуровневых связей, в результате которого установлено, что: а) прямые межуровневые связи отражают факт влияния функционирования предшествующих уровней системы на последующие и учитываются включением показателей эффективности каждого предыдущего уровня в целевые функции каждого последующего через установленные параметры; б) процедура формирования обратных межуровневых связей вызвана необходимостью согласования критериев различных уровней и заключается в уточнении значений параметров и показателей эффективности предыдущего уровня сборочной системы для достижения наибольшей эффективности функционирования ее последующего уровня.

Результаты машинного эксперимента, проведенного на основе созданной математической модели, позволили определить область наиболее эффективного функционирования типовой 3-х уровневой сборочной системы, в качестве которой была выбрана автоматическая линия (АЛ) сборки лентопротяжного механизма (ЛПМ) автомагнитолы "Гродно-209".

Как видно из рис. 3, в отличие от первоначально достигнутых разработчиком (КНИТИ ПО "Радар") режимов функционирования АЛ: цикловой производительности $Q_{ц} = 60$ шт./час, операционном времени $T_{оп.} = 60$ с и коэффициенте технического использования $\xi_{т.и.} = 0,59$, оптимизация режимов сборки позволила сократить операционное время на 40% ($T_{оп.}^{opt.} = 36$ с) повысить цикловую производительность на 71,6% ($Q_{ц.}^{opt.} = 103$ шт./час) и значение комплексного показателя надежности на 27% ($\xi_{т.и.}^{opt.} = 0,75$).

Установлено, что дальнейшее увеличение цикловой производительности $Q_{ц.}$ за счет интенсификации режимов сборки нецелесообразно, т.к. приводит (см. рис. 2) к снижению уровня надежности сборочной системы (т.е. значения $\xi_{т.и.}$) вследствие роста потока отказов и внецикловых потерь времени работы АЛ, а значит и ее фактической производительности.

Таким образом применение метода многоуровневой оптими-

зации сборочных систем позволяет находить оптимальные сочетания режимов сборки и технико-экономических показателей эффективности их функционирования.

На основе анализа межуровневых связей функционирования сборочной системы установлено также, что изменение комплексного показателя надежности - коэффициента технического использования в стандартных пределах (ГОСТ 13377-75), т. е.

$\zeta_{т.н.} = 0,70 - 0,95$ вызывает рост фактической производительности применительно к сборочным АЛ от 31% до 48% в зависимости от достигнутого уровня цикловой производительности (рис. 4).

Исследовано влияние степени надежности функционирования сборочной АЛ на себестоимость собираемых изделий (в данном случае ЛПМ). Установлено, что при изменении комплексного показателя надежности в указанных выше стандартных пределах вызывает снижение себестоимости на 25,3%. Причем с ростом цикловой производительности АЛ интенсивность снижения себестоимости убывает (рис. 5).

Наиболее высокий уровень эффективности функционирования сборочной системы достигается при соблюдении оптимальных соотношений технико-экономических критериев эффективности C , $Q_{ф.}$ и $Q_{ц.}$ (рис. 6), численные характеристики которых получены на основе программной реализации модели 3-х уровневой сборочной системы.

Область эффективного функционирования автоматизированной сборочной системы в графической интерпретации (рис. 7) представляет собой кривую А-В пересечения двух поверхностей, координаты точек которых представляют собой численный массив данных себестоимости сборки изделий C и фактической производительности $Q_{ф.}$, находящихся согласно разработанному методу в функциональной связи с показателями надежности функционирования $\zeta_{т.н.}$ сборочных модулей и их цикловой производительностью $Q_{ц.}$.

Значения режимов сборки и технико-экономических критериев эффективности, соответствующие координатам точек кривой А-В (см. рис. 7), обеспечивают функционирование сборочной системы в оптимальном режиме.

Методика оптимального проектирования многоуровневых сбороч-

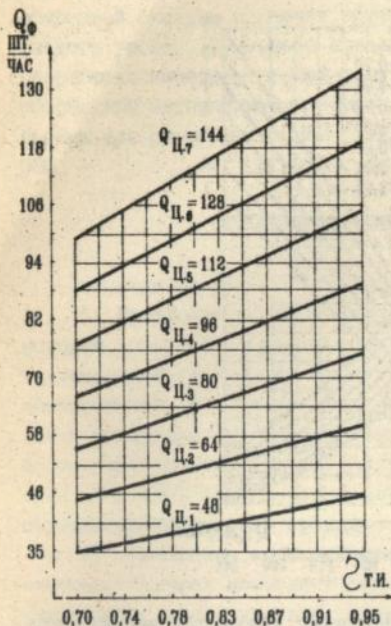


Рис.4. Влияние комплексного показателя надежности на фактическую производительность АЛ.

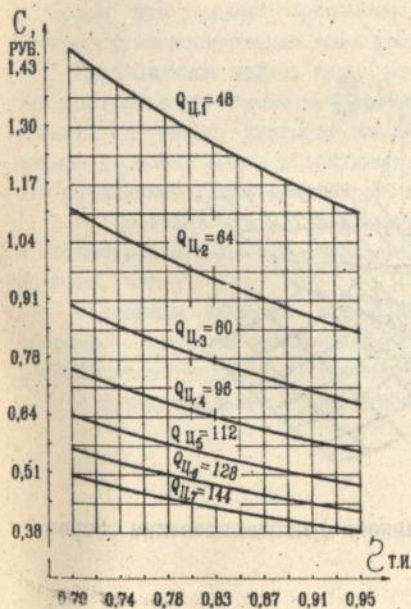


Рис.5. Зависимость себестоимости сборки изделий от степени надежности функционирования АЛ.

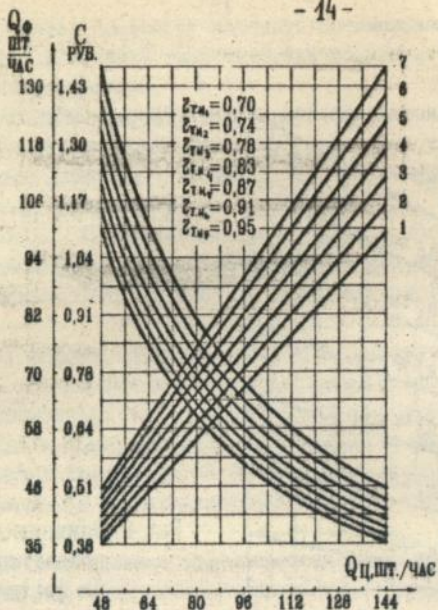


Рис.6. Определение оптимальных соотношений критериев эффективности функционирования сборочной АЛ.

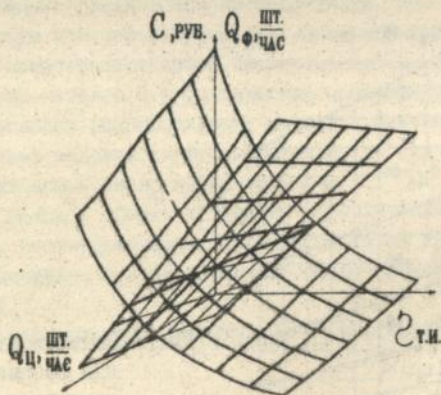


Рис.7. Определение области эффективного функционирования сборочной системы.

ных систем включает синтез межуровневых связей многоуровневой сборочной системы и расчет эффективных режимов функционирования каждого уровня. На основе предложенной методики осуществлена разработка конструкторской документации автоматической линии сборки ЛПМ автомагнитолы "Гродно-209". В работе приведены программы для расчета режимов функционирования сборочной линии на ЭВМ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Основные результаты работы следующие:

1. Предложен метод многоуровневого анализа функционирования, который позволяет осуществлять исследование всех уровней автоматизированной системы во взаимосвязи критериев и факторов их функционирования, и отличается от известных подходов тем, что нахождение экстремальных значений целевых функций критериев оптимальности каждого последующего уровня сборочной системы осуществляется с учетом экстремальных значений целевых функций критериев оптимальности каждого предыдущего уровня.

2. Построена математическая модель многоуровневой сборочной системы, которая позволяет определить режимы эффективного функционирования всех уровней системы. Ее реализация обеспечивает оптимальное функционирование автоматизированной сборочной системы в целом при условии обеспечения оптимальных или близких к ним режимов функционирования всех уровней системы.

Предложенная модель отличается от известных моделей тем, что она построена на основе метода многоуровневого анализа функционирования системы и, учитывая взаимосвязи критериев и факторов различных уровней, более объективно оценивает показатели эффективности функционирования автоматизированной сборочной системы.

3. Проведен анализ взаимодействия показателей эффективности и параметров функционирования уровней сборочной системы, который показал, что:

- границы области эффективной эксплуатации многоуровневой сборочной системы определяются оптимальным сочетанием критериев эффективности каждого из уровней системы;
- функциональные связи основных критериев эффективности, а

именно: фактической производительности $Q_{\text{ф}} = Q_{\text{ф}}(Q_{\text{ч}}, \xi_{\text{т.н.}})$ и себестоимости сборки изделий $C = C(Q_{\text{ч}}, \xi_{\text{т.н.}})$ могут быть аппроксимированы поверхностями 1-го и 2-го порядка соответственно;

- оптимальные значения критериев эффективности функционирования сборочной системы находятся на пересечении указанных поверхностей.

Численный анализ межуровневых связей сборочной системы позволил установить:

- доминирующее влияние на себестоимость сборки изделий (в сравнении с другими критериями эффективности) оказывает цикловая производительность сборочной системы, так изменение этого параметра с нижнего до верхнего уровня варьирования позволяет снизить себестоимость сборки изделий на 65,6%;

- в конечном итоге оптимизация межуровневых связей сборочной системы - АЛ сборки ЛПМ автомагнитолы "Гродно-209" позволила повысить фактическую производительность линии в 1,7 раза при одновременном снижении себестоимости сборки на 24,3 %.

4. Разработанная методика обеспечения оптимального функционирования трехуровневой сборочной системы, позволяющая установить значения количественной зависимости показателей эффективности уровней сборочной системы, что дает возможность осуществить рациональное проектирование и эффективную эксплуатацию автоматизированных сборочных систем.

5. На основании данной методики осуществлена разработка конструкторской документации автоматической линии сборки ЛПМ автомагнитолы "Гродно-209".

6. Суммарный экономический эффект от использования методики обеспечения оптимального функционирования сборочной системы в КНИТИ составил 36400 руб.

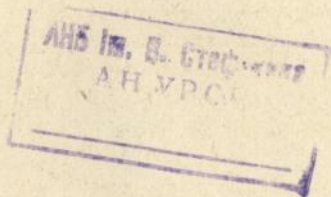
Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Самохатко Ю. В. Настройка устройств программного управления ЛР // Настройка промышленных роботов / Под ред. Л. С. Ямпольского. - К.: Техніка, 1992, с. 219-227.

2. Полищук М. Н., Ямпольский Л. С., Нищенко И. А., Самохатко Ю. В. Динамический анализ роботизированной сборки цилиндрических соединений. // Вестник машиностроения. - 1988, №6, с. 41-47.

3. Ямпольский Л. С., Лавров А. А., Самохатко Ю. В., Семенченко В. Л. Многоуровневые модели сборочных роботизированных производств// Материалы международной научно- технической конференции "Новые технологии в машиностроении". - Харьков, 1992. - С. 123-124.

4. Ямпольский Л. С., Самохатко Ю. В. Оптимальное управление в многоуровневых сборочных системах// Материалы международной научно- технической конференции "Молодые ученые в решении комплексной программы научно- технического прогресса стран - членов СЭВ". - Киев, 1989. - С. 239-240.



Подл. к печ. 5. 11. 92 Формат 60 × 84 $\frac{1}{4}$ Бумага Тим №2
Печ. офс. Усл. печ. л. 0,23 Уч.-изд. л. 0,66 Тираж 100.
Зак. 2-3519 . Бесплатно.

Киевская книжная типография научной книги. Киев, Репина, 4.

Ab 26.140

AB 26.140