

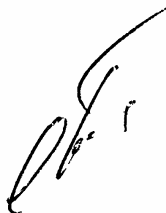
На правах рукописи
УДК 658.5

Бысов Сергей Александрович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОРГАНИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРОЦЕССОВ
МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Специальность 05.02.22 – Организация производства (машиностроение)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва, 2012

Работа выполнена в Калужском филиале ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»

Научный руководитель кандидат технических наук, доцент
Малышев Евгений Николаевич

Официальные оппоненты: Майоров Анатолий Николаевич – доктор
технических наук, кафедра «Менеджмент»
ФГБОУ ВПО «Московский государственный
технический университет имени
Н.Э. Баумана», профессор

Орлов Виктор Николаевич – кандидат
технических наук, Товарковский завод-филиал
ОАО «Калужский завод «Ремпутьмаш»,
директор

Ведущая организация ОАО Научно-производственное предприятие
Калужский приборостроительный завод
«Тайфун»

Защита состоится «_15_»_ноября_ 2012 г. в _12_ часов на заседании
диссертационного совета Д 212.141.05 ФГБОУ ВПО «Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана» по адресу: 105005, Москва,
2-я Бауманская ул., д.7.

Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим
выслать по указанному адресу.

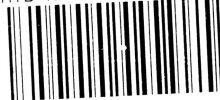
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский
государственный технический университет имени Н.Э. Баумана».

Телефон для справок (499) 267-0963

Автореферат разослан «21» октября 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.141.05
к.т.н., доцент

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



2011357

Бисов С.А. Разработка методов

Силаева Л.А.

2634

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В машиностроительном производстве предметы труда находятся на технологическом оборудовании всего 5 % времени от нахождения их в цехах, остальное время приходится на дополнительные операции и перерывы, в том числе пролеживание.

Сборочные операции являются составной частью подавляющего числа технологических процессов изготовления изделий в машиностроении. Примерно 35...40 % соединений деталей осуществляется по гладким цилиндрическим поверхностям, примерно треть из них – продольно-прессовые соединения, образованные запрессовкой различного вида втулок. Наиболее распространенными представителями сборочных единиц с запрессованными втулками являются корпуса, крышки, рычаги и шатуны. Технология их производства включает обработку базовых и сопрягаемых поверхностей деталей на металлорежущих станках, соединение деталей на сборочном оборудовании и окончательную доработку деталей в сборе на металлорежущих станках с целью минимизации проявляющихся технологических погрешностей. Время, связанное с перемещением деталей на сборку и обратное перемещение сборочных единиц на станок для доработки в сборе, является непроизводительно затраченным и может достигать нескольких часов.

Учитывая непроизводительный характер затрат времени, связанных с перемещением объектов производства между средствами производства, свойственных организации машиностроительного производства на основе последовательного выполнения обрабатывающих и сборочных процессов, а также структуру технологических погрешностей изготовления сборочных единиц, является актуальной задача организации технологических систем производства сборочных единиц на основе концентрации сборочных и обрабатывающих процессов.

Технологическая система является частью производственной системы и, как любая другая система, имеет свою структуру и функционирует в определенных условиях. Метод, положенный в основу организации технологических систем, оказывает решающее влияние как на эффективность принятого метода организации производства, так и на результативность производственной системы в целом.

Существенный вклад в развитие теории управления технологическими системами внесли многие российские и зарубежные ученые: К.А. Багриновский, А.П. Градов, В.Г. Засконов, В.А. Ириков, А.К. Еналеев, П.А. Краюхин, Н.Н. Моисеев, Д.А. Новиков, В.В. Федоров, T. Groucs, R. Myerson, R. Radner и др.

Среди работ в области разработки организационно-экономических методов и моделей следует отметить результаты исследований таких ученых как: В.С. Акопов, А.А. Колобов, А.Н. Майоров, Л.М. Мартынов, О.Н. Мельников, И.Н. Омельченко, С.Г. Фалько и др.

Основы совершенствования сборочных процессов были заложены и развиты в трудах выдающихся отечественных ученых: Б.С. Балакшина, Г.А. Гузова,

И.Н.Э. Бауман
ВНЕШНИЙ

В.С. Корсакова, М.П. Новикова и др. Выполнено значительное количество исследований по выявлению влияния технологических методов на качество поверхности и свойства изделий. Этому направлению посвящены работы Б.М. Базрова, А.С. Васильева, А.М. Дальского, А.И. Кондакова, А.А. Маталина и др.

В настоящее время практически отсутствуют теоретические и экспериментальные исследования, в том числе и обобщение производственного опыта, которые послужили бы научной базой при организации технологических систем на основе концентрации сборочных и обрабатывающих процессов.

Целью работы является повышение эффективности технологических систем производства сборочных единиц.

Объектом исследования в работе являются технологические системы (ГОСТ 27.004-85) производства сборочных единиц в машиностроении.

Предметом исследования в работе является организация технологических систем производства сборочных единиц.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Провести анализ современного состояния организации технологических систем производства изделий, составные части которых подлежат обработке в сборе;
2. Разработать формализованные условия концентрации процессов машиностроительного производства;
3. Провести анализ возможности концентрации обрабатывающих и сборочных процессов путем установления их функционально-параметрической взаимосвязи;
4. Разработать программу предварительных исследований, позволяющих определять целесообразность концентрации процессов;
5. Выявить организационно-технологические факторы, оказывающие влияние на величину сокращения длительности производственного цикла изготовления изделий при концентрации сборочных и обрабатывающих процессов по сравнению с изготовлением на основе последовательного выполнения обработки и сборки;
6. Разработать математические модели, позволяющие минимизировать длительность производственного цикла и технологическую себестоимость изготовления изделий на основе концентрации процессов при задаваемых значениях организационно-технологических факторов;
7. Выявить специфические требования к объектам производства, подлежащим обработке и соединению в организуемых технологических системах;
8. Разработать метод организации технологических систем на основе концентрации процессов механосборочного производства;
9. Разработать методику принятия научно обоснованного решения об организации технологических систем механосборочного производства изделий на основе концентрации процессов.

Научная новизна проведенного исследования отражена в следующих, выносимых на защиту положениях:

- разработан метод организации технологических систем на основе концентрации процессов механосборочного производства;
- разработаны математические модели, позволяющие минимизировать длительность производственного цикла и технологическую себестоимость изготовления сборочных единиц при организации производства на основе концентрации процессов при задаваемых значениях организационно-технологических факторов;
- формализованы условия концентрации процессов машиностроительного производства в виде логических ограничений и допущений;
- установлена функционально-параметрическая взаимосвязь обрабатывающих и сборочных процессов;
- выявлены организационно-технологические факторы, оказывающие влияние на длительность производственного цикла изготовления изделий при организации технологических систем механосборочного производства на основе концентрации процессов, установлена взаимосвязь между факторами.

Практическая значимость работы заключается в разработанной методике организации технологических систем на основе концентрации процессов механосборочного производства, обеспечивающей как высокую результативность организуемых технологических систем, так и выполнение требований к изготавливаемым изделиям; в разработанной и апробированной программе практических мероприятий, позволяющих определять целесообразность и эффективность организации технологических систем производства сборочных единиц на основе концентрации обрабатывающих и сборочных процессов; а также в выявленных требованиях к объектам производства, рекомендуемым к обработке и соединению в организуемых технологических системах.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использовались основные положения организации производства, автоматизации и управления технологическими процессами и производствами, технологии машиностроения, проектирования технологического оборудования, математической статистики, системного анализа, теории множеств.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных и производственных условиях.

Достоверность и обоснованность научных результатов подтверждены проверками их эффективности при разработке и реализации технологических процессов изготовления сборочных единиц *Крышка* и *Плита кондукторная* в производственных условиях и экспериментальными исследованиями.

Реализация работы. Результаты работы нашли применение в условиях промышленного производства на предприятиях г. Калуги: ОАО «Калугатрансмаш» и ОАО «Инструментальный завод «Инсэл».

Апробация работы. Результаты работы докладывались на научном семинаре кафедры ИБМ4 «Менеджмент» МГТУ им. Н.Э. Баумана (2012 г.), на заседаниях кафедры «Технологии машиностроения» Калужского филиала МГТУ

им. Н.Э. Баумана (2008, 2011 г.г.), на Международном Форуме по проблемам науки, техники и образования (Москва, 2009 г.), на Международном симпозиуме «Проблемы машиностроения и их эффективное решение» (Москва, 2010 г.), на Всероссийских научно-технических конференциях «Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в ВУЗе» (Калуга, 2007 и 2009 г.г.).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 9 печатных работ, в том числе 5 работ в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов, списка литературы из 116 наименований. Работа изложена на 173 страницах машинописного текста, содержит 44 рисунка, 16 таблиц и 4 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность задачи организации технологических систем на основе концентрации процессов механосборочного производства.

В первой главе проведен анализ организации технологических систем на основе их функционального назначения и на основе концентрации процессов; дана характеристика и показана значительность номенклатуры сборочных единиц, составные части которых подлежат обработке в сборе (корпуса, крышки, рычаги, шатуны), проанализированы процессы их изготовления, структура технологических погрешностей.

Одной из мер по сокращению потерь времени, связанных с перемещением полуфабрикатов между оборудованием, является организация технологических систем на основе концентрации процессов, что зависит в первую очередь от технологической гибкости используемого оборудования. На сегодняшний день технологическая гибкость машиностроительного оборудования и систем (способность реализовывать производственные процессы различными методами и способами) неуклонно повышается по мере повышения технического уровня станков, совершенствования существующих или появления новых технологий.

Это находит подтверждение в большом количестве практических работ, выполненных современными исследователями в области машиностроения, в которых показано эффективное использование оборудования за пределами его функционального назначения на основе принятых организационно-технологических решений. Приведенные в примерах решения приняты на основании имеющихся у их авторов опыта и интуиции.

Выполненными исследованиями установлено, что в настоящее время отсутствует формализованное научно обоснованное решение задачи организации технологических систем, реализующих механосборочные технологические процессы на основе концентрации обрабатывающих и сборочных процессов.

Во второй главе разработан метод организации технологических систем на основе концентрации процессов механосборочного производства. Разработаны и научно обоснованы основные условия организации технологических систем производства сборочных единиц на основе концентрации сборочных и обрабатывающих процессов, среди которых следует выделить:

1. Наличие технологических возможностей оборудования реализовывать технологические процессы на основе концентрации.
2. Приспособленность конструкции изделия к изготовлению в условиях концентрации обрабатывающих и сборочных процессов.
3. Результативность организационно-технологических систем на основе концентрации обрабатывающих и сборочных процессов.

Несоответствие факторов производства указанным условиям означает невозможность или неэффективность внедрения организационно-технологических систем на основе концентрации обрабатывающих и сборочных процессов.

Организация технологических систем в составе производственной системы должна основываться на комплексе функций, для реализации которых они предназначены. Если посредством технологической системы предполагается реализация m различных технологических процессов, то множество функций F , подлежащих реализации:

$$F = \bigcup_{i=1}^m F_i ,$$

где $F_i = \{f_{ik_i} | k_i = 1, \dots, n_i\}$ - множество функций, необходимых для реализации i – го технологического процесса.

В табл. 1 представлены функции, необходимые для реализации обрабатывающего и сборочного технологических процессов.

Сравнивая функцию формообразования поверхностей вращения, реализуемую, например, на токарно-винторезном станке и характеризуемую соответствующей матрицей обобщенных перемещений, и функцию сопряжения поверхностей по цилиндрическим поверхностям вдоль оси вращения, также характеризуемую соответствующей матрицей обобщенных перемещений, можно заметить, что рассматриваемая функция формообразования поверхностей вращения содержит в себе функцию сопряжения поверхностей вдоль их оси вращения:

$$f_{2cb} \subset f_{1фop} \text{ (или } f_{23} \subset f_{13} \text{ (табл. 1))}, \quad (1)$$

где $f_{1фop}$ - функция формообразования, f_{2cb} - функция сопряжения поверхностей.

В работе показано, что для множества параметров, характеризующих функцию формообразования поверхностей вращения $P_{1фop}$ и функцию сопряжения деталей по поверхностям вращения P_{2cb} , справедливо:

$$P_{2cb} \subset P_{1фop} , \quad (2)$$

а для множеств значений параметров функций формообразования $Q'_{1\text{фор}}$ и сопряжения $Q'_{2\text{сб}}$ справедливо:

$$Q_{1\text{фор}} \cap Q_{2\text{сб}} \neq \emptyset. \quad (3)$$

В выполненных в диссертационной работе исследованиях установлена параметрическая взаимосвязь между функцией формообразования поверхностей вращения и функцией сопряжения деталей по цилиндрическим поверхностям.

Таблица 1.

Функции технологической системы, необходимые для реализации обрабатывающего и сборочного технологических процессов

Множество функций, необходимых для реализации технологических процессов	
обрабатывающего F_1	сборочного F_2
Функция загрузки заготовок и выгрузки деталей f_{11}	Функция загрузки деталей и сборочных единиц (СЕ) и выгрузки узлов и сборочных единиц f_{21}
Функция ориентирования и закрепления заготовок или приспособлений с заготовками в рабочей зоне перед началом обработки f_{12}	Функция ориентирования и фиксации относительного положения деталей и СЕ в рабочей зоне перед началом сопряжения f_{22}
Функция формообразования поверхностей f_{13}	Функция сопряжения деталей и сборочных единиц f_{23}
Функция смены отдельных инструментов или их комплектов f_{14}	Функция смены отдельных инструментов или их комплектов f_{24}
Функция доставки смазывающе-охлаждающих сред в зону обработки f_{15}	Функция обеспечения температурного воздействия на детали и СЕ в рабочей зоне f_{25}
Функция удаления стружки и СОТС из рабочей зоны f_{16}	Функция удаления стружки и загрязнений из рабочей зоны f_{26}
...	...
Функция текущего и окончательного контроля параметров и результатов обработки f_{1n_1-1}	Функция текущего и окончательного контроля параметров и результатов сборки f_{2n_2-1}
Функция управления работой отдельных подсистем, а также работой системы в целом f_{1n_1}	Функция управления работой отдельных подсистем, а также работой системы в целом f_{2n_2}

Функционально-структурное описание разработанного в диссертационной работе процесса выявления функционально-параметрической общности процессов обработки и сборки показано на рис. 1.

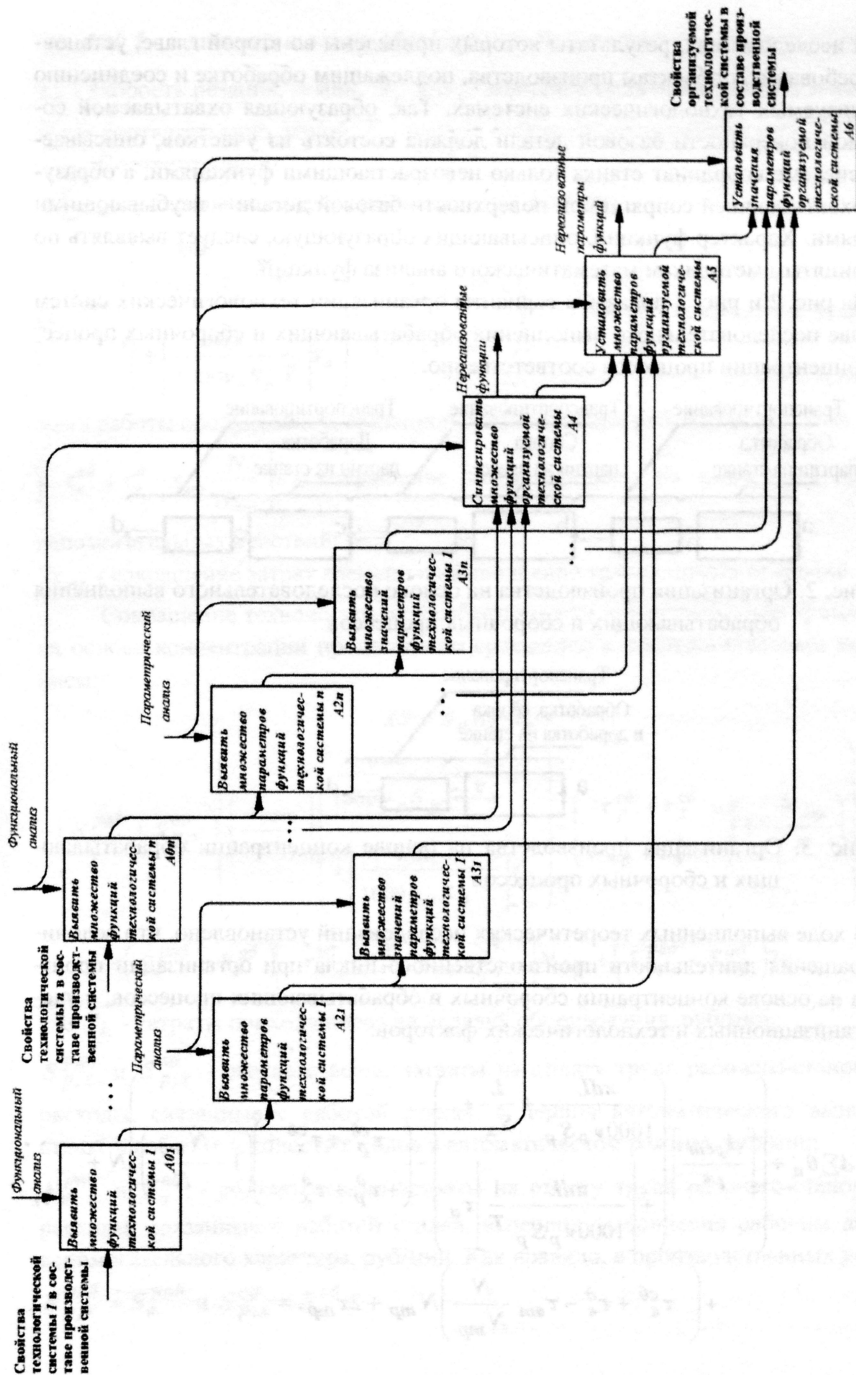


Рис. 1. Функционально-структурное описание процесса выявления функционально-параметрической общности процессов обработки и сборки

В исследованиях, результаты которых приведены во второй главе, установлены требования к объектам производства, подлежащим обработке и соединению в организуемых технологических системах. Так, образующая охватываемой сопрягаемой поверхности базовой детали должна состоять из участков, описываемых в системе координат станка только невозрастающими функциями, а образующая охватывающей сопрягаемой поверхности базовой детали – неубывающими функциями. Характер функций, описывающих образующую, следует выявлять по общепринятым методикам математического анализа функций.

На рис. 2 и рис. 3 показаны варианты организации технологических систем на основе последовательного выполнения обрабатывающих и сборочных процессов и концентрации процессов соответственно.



Рис. 2. Организация производства на основе последовательного выполнения обрабатывающих и сборочных процессов

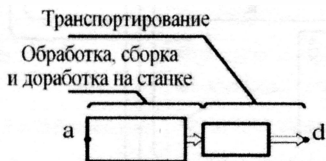


Рис. 3. Организация производства на основе концентрации обрабатывающих и сборочных процессов

В ходе выполненных теоретических исследований установлено, что величины сокращения длительности производственного цикла при организации производства на основе концентрации сборочных и обрабатывающих процессов, с учетом организационных и технологических факторов:

$$\Delta\theta_{\alpha} = \Delta\Sigma\theta_{\alpha} + \left[\frac{\Delta_{\text{учм}}}{t^*} \right] \left(\left[\frac{\pi dL}{1000\nu_p S_p} + \frac{L}{S_x} + \frac{\pi dL}{1000\nu_p S_p} \frac{1}{T} \right] \tau_u \right) - \left(\tau_p^{c\delta} + \tau_x^{c\delta} + \tau_p^{\delta} + \tau_x^{\delta} \right) \left(1 - \frac{N_{mp}}{N} \right) N + \left(\tau_{\epsilon}^{c\delta} + \tau_{\epsilon}^{\delta} - \tau_{\epsilon m} \frac{N}{N_{mp}} \right) N_{mp} + 2\tau_{mp}. \quad (4)$$

где d и L - диаметр и длина обрабатываемой поверхности соответственно, мм.
 v_p - скорость резания, м/мин, S_p и S_x - величина подачи на рабочих и холостых ходах соответственно, мм/об, T - период стойкости инструмента, мин.

Соответственно:

$\Delta \Sigma \theta_n$ - сокращение затрат времени на переналадку;

$$\left[\frac{\Delta_{ycm}}{t^*} \right] \left[\frac{\frac{\pi d L}{1000 v_p S_p} + \frac{L}{S_x} + \left[\frac{\pi d L}{1000 v_p S_p} \frac{1}{T} \right] \tau_u} \right] - \left(\frac{\tau_p^{cb} + \tau_x^{cb}}{\tau_p^{\partial} + \tau_x^{\partial}} + \right) \left(1 - \frac{N_{mp}}{N} \right) - \text{сокращение затрат вре-}$$

мени работы оборудования, связанной с выполнением рабочих и холостых ходов.

$$\left(\tau_e^{cb} + \tau_e^{\partial} - \tau_{em} \frac{N}{N_{mp}} \right) - \text{сокращение затрат времени на выполнение рабочим}$$

вспомогательных действий;

$2\tau_{mp}$ - сокращение затрат времени на выполнение транспортных операций.

Сокращение технологической себестоимости при организации производства на основе концентрации процессов по сравнению с последовательным выполнением:

$$\begin{aligned} \Delta S &= S_n \Delta \Sigma \theta_n + \\ &+ \left(S_{p,x}^{rab} + S_{p,x}^{ob} \right) \left[\frac{\Delta_{ycm}}{t^*} \right] \left[\frac{\frac{\pi d L}{1000 v_p S_p} + \frac{L}{S_x} + \left[\frac{\pi d L}{1000 v_p S_p} \frac{1}{T} \right] \tau_u} \right] - \left(\frac{\tau_p^{cb} + \tau_x^{cb}}{\tau_p^{\partial} + \tau_x^{\partial}} + \right) \left(1 - \frac{N_{mp}}{N} \right) N + \\ &+ \left(S_e^{rab} + S_e^{ob} \right) \left(\tau_e^{cb} + \tau_e^{\partial} - \tau_{em} \frac{N}{N_{mp}} \right) N_{mp} + \left(S_{mp}^{rab} + S_{mp}^{ob} \right) 2\tau_{mp}. \end{aligned} \quad (5)$$

где S_n - затраты приходящиеся на наладку оборудования, руб/мин;

$S_{p,x}^{rab}$ и $S_{p,x}^{ob}$ - соответственно затраты на оплату труда рабочего-станочника и расходы, связанные с работой станка, в период автоматического выполнения станком рабочих и холостых ходов в автоматическом режиме, руб/мин;

S_e^{rab} и S_e^{ob} - соответственно затраты на оплату труда рабочего-станочника и расходы, связанные с работой станка, в период выполнения рабочим действий вспомогательного характера, руб/мин. Как правило, в производственных условиях

$$S_{p,x}^{rab} = S_e^{rab} \text{ и } S_{p,x}^{ob} = S_e^{ob};$$

$S_{mp}^{раб}$ и $S_{mp}^{об}$ - соответственно затраты на оплату труда вспомогательного рабочего и расходы, связанные с эксплуатацией транспортного средства, руб/мин.

На рис. 4 показано влияние величины транспортной партии N_{mp} и программы выпуска изделий N на изменение технологической себестоимости ΔS при организации производства на основе концентрации процессов по сравнению с организацией производства при их последовательном выполнении.

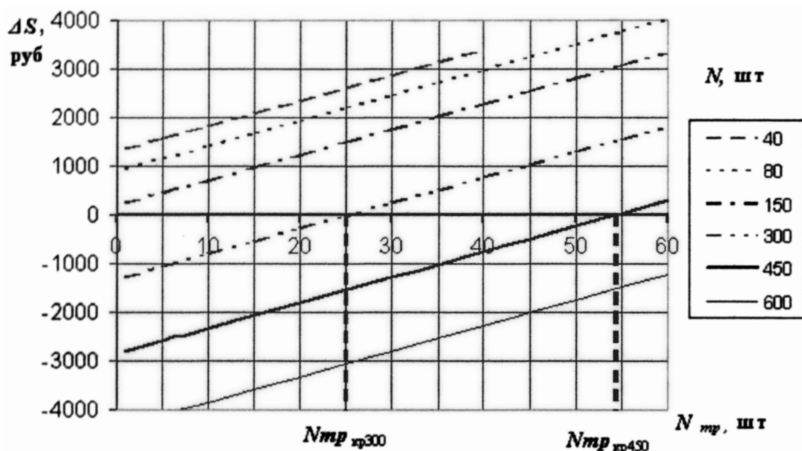


Рис. 4. Влияние величины транспортной партии N_{mp} и программы выпуска изделий N на изменение технологической себестоимости ΔS при организации производства на основе концентрации процессов по сравнению с организацией при последовательном выполнении процессов

Показанные зависимости подтверждают, что организация производства на основе концентрации наиболее эффективна в условиях мелкосерийного и серийного производства.

Полученные математические модели (4) и (5) позволяют:

- 1) установить значения организационно-технологических факторов, соответствующие минимальной длительности производственного цикла изготовления сборочных единиц;
- 2) рассчитать величину сокращения длительности производственного цикла, при задаваемых значениях организационно-технологических факторов, в случае концентрации обрабатывающего и сборочного процессов на технологическом оборудовании, т.е. обеспечивают предсказуемость результативности концентрации обрабатывающего и сборочного процессов;
- 3) определить условия, при которых организация производства на основе концентрации является экономически выгодной;

4) применить метод регрессионного анализа для выявления организационно-технологических и экономических факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на величины сокращения длительности производственного цикла и технологической себестоимости, т.е. позволяют выявить инструменты направленного воздействия (управления) на организацию производственного процесса.

Для анализа полученных моделей проведен численный многофакторный эксперимент. При статистической обработке результатов эксперимента установлено, что доминирующими параметрами, оказывающими влияние на сокращение длительности производственного цикла изготовления изделий на основе концентрации сборочных и обрабатывающих процессов, являются: время перемещения транспортной партии между операциями и погрешность установки сборочной единицы для обработки деталей в сборе. Внедрение концентрации обработки и сборки наиболее эффективно при больших значениях времени транспортирования (20 минут) и величины транспортной партии (35 штук), а также при обработке непрочных соединений, когда значение величины эффективной глубины резания при обработке деталей в сборе принимает минимальные значения (до 0,1 мм), в зависимости от прочности соединения.

В третьей главе представлены результаты разработки методики организации технологических систем производства сборочных единиц на основе выявленной функционально-параметрической общности процессов сборки и обработки.

Выполнено экспериментальное исследование формирования погрешностей обработки и сборки изделий, составные части которых подлежат обработке в сборе, с целью разработки и апробации алгоритма оценки целесообразности принятия решения об организации технологических систем производства изделий на основе концентрации сборочных и обрабатывающих процессов.

Схема процесса организации технологических систем на основе выявления функционально-параметрической общности процессов сборки и обработки представлена на рис. 5.

В соответствии с разработанной методикой обоснована эффективность и организовано производство сборочных единиц «Крышка» в ОАО «Калугатранс-маш» на основе концентрации обрабатывающих и сборочных процессов. Длительность производственного цикла сократилось на 57 %. Производительность технологического процесса выросла в 1,7 раза. Технологическая себестоимость снизилась на 32%.

Предложенное в диссертационной работе расширенное использование технологических возможностей оборудования на основе концентрации процессов позволило повысить эффективность использования имеющегося оборудования и сформировать дополнительные инвестиции в техническое перевооружение предприятия путем модернизации оборудования с расширением его технологических возможностей (рис. 6).

1. Исследование и анализ технологических предпосылок организации технологических систем, реализующих механосборочные процессы.



Рис. 5. Схема процесса организации технологических систем, реализующих механосборочные процессы, на основе выявления функционально-параметрической общности процессов сборки и обработки



Рис. 5. Продолжение

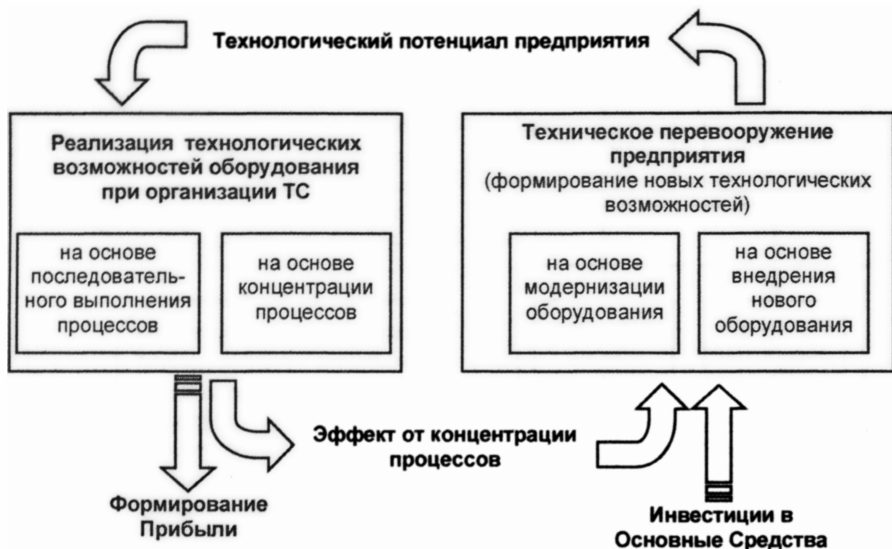


Рис. 6. Повышение технологического потенциала предприятия с учетом расширенного использования технологических возможностей оборудования

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Проведенный анализ современного состояния организации технологических систем производства изделий на основе концентрации процессов в машиностроении выявил, что представленная в научно-производственных источниках информация не носит фундаментального, обобщающего характера. При этом отсутствуют работы, в которых с достаточной полнотой были бы изложены сведения о методике и практике проектирования таких систем, оценке их эффективности. Анализ показал, что корпусные изделия составляют 26% от всей номенклатуры машиностроения. Почти треть из них – это изделия с запрессованными втулками, при организации производства которых могут быть использованы результаты выполненной работы.

2. Разработаны формализованные условия концентрации процессов машиностроительного производства в виде логических ограничений и допущений.

3. Установлена функционально-параметрическая взаимосвязь обрабатывающих и сборочных процессов.

4. Разработана и апробирована программа практических мероприятий, позволяющих оценить вклад отдельных составляющих в общую технологическую погрешность изготовления, подлежащую устранению путем обработки деталей в

сборе, а также на основе сделанной оценки определить технологическую целесообразность принятия решения об организации ТС на основе концентрации обрабатывающего и сборочного процессов. Программа апробирована при исследовании организации производства изделия «Крышка». Выявлено, что организационно-технологическая система, созданная на основе концентрации обработки и сборки, позволяет сократить длительность основного технологического времени (на 28%), путем устранения погрешности переустановки сборочной единицы.

5. Выявлены организационно-технологические факторы, оказывающие влияние на величину сокращения длительности производственного цикла изготовления изделий при концентрации сборочных и обрабатывающих процессов по сравнению с изготовлением на основе последовательного выполнения обработки и сборки. Наиболее существенное влияние оказывают: время перемещения транспортной партии между операциями $\tau_{\text{тр}}$ и погрешность установки сборочной единицы для обработки деталей в сборе $\Delta_{\text{уст}}$.

6. Разработаны математические модели, позволяющие минимизировать длительность производственного цикла и технологическую себестоимость изготовления сборочных единиц при организации производства на основе концентрации процессов при задаваемых значениях организационно-технологических факторов.

7. Выявлены специфические требования к объектам производства, подлежащим обработке и соединению в организуемых технологических системах. Так, например, при сопряжении по цилиндрическим поверхностям образующая охватываемой сопрягаемой поверхности базовой детали изделия должна состоять из участков, описываемых в системе координат технологической системы только не возрастающими функциями, а охватывающая – только неубывающими функциями.

8. Разработан метод организации технологических систем на основе концентрации процессов механосборочного производства.

9. Разработана и апробирована методика принятия научно обоснованного решения об организации технологических систем механосборочного производства изделий на основе концентрации процессов. Методика подтвердила свою эффективность в производственных условиях при изготовлении сборочных единиц «Крышка» и «Плита кондукторная», что подтверждено соответствующими актами о внедрении. Длительность производственных циклов сократилось на 57 % и 32 % соответственно. Повысилась эффективность использования имеющегося оборудования, что позволило сформировать дополнительные инвестиции в техническое перевооружение предприятия путем модернизации оборудования с расширением его технологических возможностей.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ

1. Бысов С.А., Малышев Е.Н. Выявление и анализ организационно-технологических факторов, влияющих на результативность технологических систем, организованных на основе концентрации обрабатывающих и сборочных процессов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2012. №3. URL. <http://technomag.edu.ru/keywords/362643/index.html> (дата обращения: 02.06.2012).
2. Малышев Е.Н., Бысов С.А. Создание автоматизированных технологических систем на основе концентрации обрабатывающих и сборочных процессов // Автоматизация и современные технологии. 2012. №4. С. 26-32.
3. Бысов С.А., Малышев Е.Н. Актуальность расширенного использования технологических возможностей современного производственного оборудования // Научно-технические проблемы приборостроения и машиностроения в ВУЗе: Материалы Всероссийской НТК. М., 2007. С. 4-7.
4. Малышев Е.Н., Бысов С.А. Обоснование принятия решения о концентрации обработки и сборки на одном станке // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2010. №11. С. 41-46.
5. Малышев Е.Н., Бысов С.А. Реализация комплекса обработки и сборки на одном станке // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2009. №1. С. 14-21.
6. Бысов С.А., Малышев Е.Н. Механическая обработка и сборка с одного станка с целью сокращения припусков на обработку // Технология машиностроения. 2010. №10. С. 8-11.
7. Малышев Е.Н., Бысов С.А. Расширение технологических возможностей обрабатывающего оборудования – основное направление повышения эффективности его использования // Труды Международного Форума по проблемам науки, техники и образования / Под редакцией В.А. Малинникова, В.В. Вишневого. М., 2009. С. 33-35.
8. Малышев А.Н., Бысов С.А. Технологические особенности и проблемы инструментального производства // Научно-технические проблемы приборостроения и развития инновационной деятельности в ВУЗе: Материалы Всероссийской НТК. М., 2009. С. 17-19.
9. Бысов С.А., Малышев Е.Н. Выявление технологических возможностей вертикально-фрезерного станка типа «Обрабатывающий центр» // Математическое моделирование сложных технических систем: Сборник статей. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. С. 59-69. (Труды МГТУ № 597).