

М 399403

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище им. Н.Э. Баумана

На правах рукописи

УДК 621.744.43

Двойрес Евгений Лазерович

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРУКТУРНЫХ И КОМПОНО-
ВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ АВТОМАТИЧЕСКИХ ФОРМОВОЧНЫХ
МАШИН

(специальность 05.16.04 - "Литейное производство")

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана.

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент О.А.Беликов

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Г.М.Орлов

кандидат технических наук доцент О.В.Харитонов

Ведущее предприятие - специальное конструкторское
бюро литейных автоматических
линий (СКБ ЛАЛ).

Защита диссертации состоится "___" _____ 1982г.
на заседании специализированного

кого ордена Ленина, ордена О
Трудового Красного Знамени
имени Н.Э.Баумана по адресу:

Ваш отзыв в 1-м экземпляре
выслать по указанному адресу

С диссертацией можно ознакомиться
имени Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан

М399403

Ученый секретарь специ
совета кандидат техни
доцент

Л - 92612 от 16.07.82

Типография М

М 399403

Актуальность работы. Решениями XXVI съезда КПСС перед промышленностью поставлена задача дальнейшего повышения эффективности производства и качества выпускаемой продукции. Создаваемое оборудование должно иметь увеличенную по сравнению с выпускаемым ныне оборудованием производительность, надежность и долговечность. Прессово-встряхивающие формовочные машины и автоматы (ПВФА), позволяющие получать формы высокой прочности и отливки повышенной точности, являются основным типом эксплуатируемого, выпускаемого серийно и проектируемого формовочного оборудования. Повышение требований к качеству ПВФА в связи с интенсификацией технологических процессов, расширением номенклатуры и повышением качества отливок, совершенствованием систем управления заставляет искать пути повышения качества компоновок. Структура организации технологического процесса, конструктивные схемы формообразующих узлов (ФУ) и компоновочное решение принимаются на стадии эскизного проекта и уточняются при разработке технического предложения, определяя в основном качество проектируемого оборудования и его технико-экономические показатели. Поскольку способ вытяжки наряду со способом уплотнения смеси существенно влияет на производительность, компоновку и сложность ПВФА, его необходимо учитывать как компоновочный фактор принимаемого решения. Методика, позволяющая создавать и анализировать компоновки проектируемых ПВФА может оказать помощь конструкторам на самой ответственной стадии проектирования, указать пути совершенствования проектируемого и область применения существующего оборудования и послужить основой для автоматизации проектирования с помощью ЭВМ.

Целью настоящей работы является разработка методики автоматизированного проектирования структурных и компоновочно-конструктивных схем ПВФА.

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи: создание алгоритма синтеза и анализа принимаемых решений, определение технико-экономических характеристик синтезированных вариантов и представление этих вариантов средствами машинной графики.

Основная научная идея работы состоит в формализованном подходе к проектированию структурных и компоновочно-конструктивных схем ПВФА, при котором структура определяет компоновку

производительность и сложность принимаемого решения.

Методы исследования. Для решения задач проектирования применен системный подход, позволяющий представить ПВФА как единую систему, описать возможные варианты структурных и компоновочных схем машин и автоматов и определить их свойства. Синтез ПВФА проводился при сопоставлении основным технологическим операциям соответствующих формообразующих узлов. Генерация вариантов, их анализ, получение и описание принимаемых решений на языке проектировщика и средствами машинной графики выполнены системой автоматизации проектирования, ее техническим, лингвистическим и программным обеспечением. Ранжировка способов вытяжки по принятому критерию качества выполнена на экспериментальной установке. Решение задачи синтеза и анализа осуществлялось на универсальной вычислительной машине БЭСМ-6, на языке АЛГОЛ. Поиск рациональных решений выполнен на основе разработанной методики системного проектирования.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- представление ПВФА как единой системы, структурными переменными которой выступают временные и пространственные связи, что позволяет описать возможные варианты структурных и компоновочно-конструктивных схем, решить задачу оптимизации структуры и компоновки, анализа свойств исследуемых вариантов решений и выбора рациональных решений на этапах разработки эскизного проекта и технического предложения;
- формальная системно-структурная модель и результаты анализа ее системными методами, позволяющими выявить состав и структуру ПВФА, вид основных и вспомогательных механизмов, уточнить структуру организации производственного процесса, определить формулу продолжительности цикла и сложность конструкции, с учетом синтезированного состава и структуры автомата;
- алгоритм выбора рациональных технических решений по исходным данным и ограничениям, позволяющий решить задачу выбора и анализа свойств рассматриваемого класса машин и автоматов;
- определение характера влияния различных способов вытяжки на качество формы, компоновку, сложность и производительность автомата, алгоритм выбора для проектируемого автомата способа вытяжки по номенклатуре формируемых отливок, позволяющий

определить предпочтительный, выбрать конструктивную схему механизма вытяжки и параметры динамики привода;

- получаемое графическое изображение компоновочно-конструктивных схем ПВФА с технико-экономическими характеристиками, предназначенное для использования как исходное при детализации на последующих этапах проектирования.

Научная новизна состоит в разработке имитационной модели синтеза структурных и компоновочных схем ПВФА, устанавливающей взаимозависимость между структурой технологического процесса, вводимыми ограничениями и свойствами принимаемого решения. Модель позволяет создавать как пространственные, так и осевые компоновки, выявляет состав и последовательность основных и вспомогательных движений, состав и вид формообразующих узлов и вспомогательных механизмов, циклограмму работы, кинематическую и конструктивную сложность ПВФА, определяет способ и конструкцию механизма вытяжки в зависимости от номенклатуры отливок.

Практическая ценность состоит в разработке методики автоматизированного проектирования структурных и компоновочно-конструктивных схем ПВФА, позволяющей при заданных ограничениях получать рациональные варианты ТР. Проведена ранжировка способов вытяжки по величине напряжений, возникающих в опасном сечении болвана, создана методика выбора способа и конструкции механизма вытяжки для заданной номенклатуры отливок. Предложена машинная запись компоновки, выдача соответствующих ей характеристик и графического изображения.

Реализация работы в промышленности. На основании полученных результатов и фактических данных изготовления форм отливок-представителей Рязанского завода "Центролит" (линия АЛ91265СМ) разработана типовая технологическая инструкция по назначению режимов формообразования на автоматических формовочных линиях типа 4Л2282Г, АЛ91265СМ, 13Л2281З, которая принята ВППЦитмаш к реализации как при эксплуатации, так и при проектировании формовочного оборудования. Ожидаемый экономический эффект от реализации результатов работы на заводах, эксплуатирующих указанные образцы линий, составит около 475 тыс. руб.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы доложены и обсуждены на: научных семинарах кафедры "Машин и

автоматизация литейных процессов" МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1976, 1977 и 1978 гг.; республиканском семинаре "Механизация и автоматизация литейного производства", г. Ворошиловград, 1979г.; Всесоюзной научно-технической конференции "Современные пути повышения производительности и точности металлообрабатывающего оборудования и автоматизация технологических процессов в машиностроении", г. Москва, 1980 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 4 научных статьи.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 147 страницах машинописного текста и состоит из введения, пяти глав с 20 таблицами и 50 рисунками, библиографического списка из 77 наименований и приложений.

Состояние вопроса применения и проектирования пресово-встряхивающих формовочных машин и автоматов.

Анализ существующих и проектируемых универсальных формовочных машин и автоматов автоматических формовочных линий показал, что ПВФА, позволяющие получать формы высокого качества и отливки повышенной точности, являются основным типом эксплуатируемого, выпускаемого и проектируемого формовочного оборудования.

Разнообразие компоновок формовочных машин и автоматов является следствием не только разных технологических и производственных задач, геометрии получаемых отливок, но и развития конструкции и способов обработки. Причем в самом характере сочетания формообразующих узлов, имеющих различное конструктивное исполнение и выполняющих разные технологические задачи, заключено многообразие возможных вариантов их совмещения во времени и в пространстве, а, следовательно, и компоновок ПВФА. Существующие классификации позволяют сравнивать и классифицировать ПВФА по укрупненным показателям, но не дают возможности вести поиск внутри рассматриваемого класса.

Кинематическая схема узла, его конструктивное исполнение может вызвать изменение компоновки всей машины, поэтому изучение компоновки уже на этапе эскизного проектирования необходимо дополнить изучением возможности совмещения узлов различного конструктивного исполнения в составе одной машины. Это можно

сделать, если перейти от схемы компоновочной к компоновочно-конструктивной схеме – графической системе расположения основных составляющих элементов, узлов, кинематическая схема каждого из которых достаточно определена для выявления возможности совмещения узлов различного конструктивного исполнения в составе одной машины.

Способ заполнения опоки смесью и способ уплотнения ПБГА определены технологическим процессом ТП и поэтому структурно постоянны. Вытяжка модельного комплекта из уплотненной полужоформы осуществляется, в зависимости от номенклатуры отливок, вытяжными механизмами, реализующими 4 известных способа вытяжки. Использование поворотно-вытяжного механизма вытяжки ведет к увеличению конструктивной сложности, снижению производительности и надежности оборудования, но позволяет расширить номенклатуру отливок за счет возможности изготовления полужоформы с высокими болванами. Отсутствие научно-обоснованной методики выбора способа вытяжки приводит к значительным затруднениям и ошибкам при выборе схемы вытяжного механизма для конкретной номенклатуры отливок.

Создание методики анализа и синтеза компоновок могло бы оказать помощь конструкторам и содействовать совершенствованию ПБГА. Одной из конечных целей этой методики может быть создание системы автоматизированного проектирования ПБГА. Автоматизированное проектирование с применением ЭВМ позволяет осуществлять многовариантное проектирование изделия с проведением сложного многоаспектного математического эксперимента с помощью прикладных программ. Представление элементов ПБГА в условно-графическом виде, выявление функциональных связей между элементами системы средствами машинной графики может быть использовано при анализе и синтезе ПБГА. Имеющийся опыт в решении оптимизационных задач проектирования различных ТП с помощью ЭВМ показывает, что наиболее трудной является операция выбора оптимального решения. Задача синтеза структуры изделия предполагает выбор показателей качества, установление функциональных зависимостей между их численными значениями и формулировку критерия оптимальности.

В соответствии с вышесказанным, в работе были поставлены следующие основные задачи:

1. Создание алгоритма синтеза и анализа принимаемых решений.

2. Определение технико-экономических характеристик синтезированных вариантов, а также исследование влияния исходных данных и ограничений на технические параметры принимаемого решения.

3. Теоретическое и экспериментальное исследование влияния различных способов вытяжки на качество формы и параметры вариантов принимаемого решения.

4. Выбор механизма вытяжки, определение его динамических характеристик в зависимости от заданной номенклатуры отливок.

5. Выбор критериев оптимизации.

6. Использование средств машинной графики для вывода условно-графического изображения компоновки на печать.

7. Оценка качества отдельных схем с выбором наилучших.

8. Внедрение полученных результатов при проектировании ПБГА.

Синтез и анализ структурных и компоновочно-конструктивных схем ПБГА.

Генерирование поля возможных вариантов структурных, компоновочно-конструктивных схем ПБГА, выявление функциональных связей, отображение структурных схем автоматов в структурные формулы, позволяющие выявить параметры проектируемого объекта, выполнены с использованием системно-структурного метода.

Основные технологические операции принятого процесса изготовления полуформы: Z - заполнение, Y - уплотнение, B - вытяжка - выполняются во времени последовательно $Z \rightarrow Y \rightarrow B$ и образуют упорядоченное множество $S = \langle Z, Y, B \rangle$. Элементы множества находятся в определенных функциональных отношениях, характеризующих организацию процесса во времени и в пространстве. Модель системы имеет вид $M = \langle S, X \rangle$. Ограничения, накладываемые технологическим процессом, и предположения о транзитивности и симметричности выделенных отношений позволяют выделить 12 структурных формул (СФ) рассматриваемого процесса. Анализ этих формул и изучение функционирования модели системы как некоторого семейства индивидуально воспринимаемых и взаимосвязанных подсистем позволяют определить характер обработки, число позиций, число модельных плит, последовательность выполнения основных

и вспомогательных операций, формулу продолжительности цикла.

Переход к синтезированию вариантов ПБЭА, графическому формированию множества возможных типов конструкции выполнен при учете конструктивно-кинематического исполнения составляющих узлов, т.е. при сопоставлении основным технологическим операциям соответствующих формообразующих узлов (ФУ). При этом изменяется база системы $S \Rightarrow R = \langle \{A, B\}, E, D \rangle$, где А, В — встраивающе-прессовый механизм, Е — механизм дозирования и заполнения, Д — механизм вытяжки. Модель системы М принимает вид $M_1 = \langle R, X \rangle$. Изменение базы системы ведет к переходу от СЭ к структурно-элементным формулам (СЭФ). СЭФ — это определенная последовательность символов, обозначающих ФУ, функционально связанных пространственно-временными отношениями. СЭФ отображает компоновочно-конструктивное решение ПБЭА, дает возможность судить о расположении узлов по позициям и выявить характер их взаимодействия. Вариант системы в терминах алгебры логики записывается в виде

$$y = E_{ij} C_{mnkl} A_{ij} B_{ij} C_{mnkl} D_{ij} + 2,$$
 где элементы Е, А, В, Д с индексами i и j определяют множество возможных, или заданных вариантов ФУ. Наличие нескольких позиций в СЭ, на которых выполняются операции ТП, предопределяет появление специального транспортного устройства С для перехода модельной плиты с опкой с одной позиции на другую. Индексом элемента С определяют характер обработки, способ передачи модельного комплекта с позиции на позицию, совместные перемещения рабочих органов и опки с позиции на позицию, место входа опки в автомат.

Анализ СЭФ преследует цель раскрытия свойств компоновочно-конструктивных схем ПБЭА и включает следующие этапы: анализ парного взаимодействия ФУ, определение показателей работы ПБЭА и сравнение синтезированных вариантов по найденным показателям. Необходимость появления в составе ПБЭА таких дополнительных механизмов как зажимы, приемные столы и механизмы транспортировки рабочих органов и последовательность их работы во времени выявлена и показана как результат парного взаимодействия подсистем $R_1 \subset A \times B$, $R_2 \subset A \times B$, $R_3 \subset A \times B$, образующих модель системы M_1 в целом. Множество существующих типов конструкций ФУ графически представлено в виде системы элементов. Для анализа СЭФ используется алгебра предикатов, что позволяет определить следующие показатели работы ПБЭА: структуру организации производственного процесса, число позиций, число модельных плит, число

и вид движений, совершаемых объектом обработки и рабочими органами в автомате, длительность цикла и цикловую производительность, тактограмму работы автомата, число и вид механизмов и приводов, кинематическую и конструктивную сложность, ремонтосложность механической части ПВФА. Укрупненная блок-схема реализации задачи синтеза СЭФ ПВФА дана на рис. 1.

Предложенная символика графического изображения ПВФА позволяет получать на начальных этапах проектирования пространственные и осевые компоновки, анализировать характеристики рассматриваемых вариантов и на их основе проводить последующую детализацию. Анализ графа последовательности выполнения переходов ТП подтверждает, что число переходов, их вид и характеристики оборудования существенно зависят от избранного способа вытяжки.

Исследование способов вытяжки моделей из формы на ПВФА

В главе проведена ранжировка способов вытяжки по уровню технологических возможностей, определены динамические характеристики привода для реализации каждого из способов и предложена методика выбора механизма вытяжки и его характеристик. Существенное отличие известных четырех способов вытяжки состоит в изменении направления действия сил тяжести и инерции, действующих на болван смеси относительно действия сил трения и сцепления. Способы 1.1 и 2.1 выполняются за счет перемещения полуформы относительно неподвижного модельного комплекта, 1.2 и 2.2 — за счет перемещения модельного комплекта относительно неподвижной полуформы. Способы 2.1 и 2.2 требуют предварительного поворота полуформы и модельного комплекта. При вытяжке модели на любой элемент формы, взаимодействующий с вертикальными и горизонтальными поверхностями модели действует ряд сил. Наиболее нагруженными в таких условиях являются выступающие элементы формы, болваны. Поэтому за критерий качества вытяжки принята величина напряжений, возникающих в опасном сечении болвана, что позволяет проранжировать способы вытяжки и определить правомерность применения того или иного способа для данной номенклатуры отливок.

Принимая во внимание упругие свойства смеси, представим полуформу, модельный комплект и вытяжной механизм в виде многомассовой системы. Элементами такой системы будут: опока со



Рис. 1. Блок-схема алгоритма синтеза структурно-элементных формул ПВФА.

смесью (масса m_1), болван (масса m_2), модельный комплект (масса m_3) и приемный стол (рольганг) вытяжного механизма (масса m_4). Масса m_1 и масса m_2 соединены пружиной постоянной жесткости K_1 , имитирующей упругую податливость смеси. Масса m_2 соединена с массой m_3 элементом зацепления, имитирующим силу трения и сцепления F_c . Масса m_3 жестко соединена с массой m_4 . Такой подход позволил записать уравнения движения масс для каждого из способов вытяжки в виде систем дифференциальных уравнений второго порядка. Сила F_{d1} , возникающая в опасном сечении болвана для различных схем будет равна:

$$\begin{aligned} F_{d1.1} &= F_c + m_2(g + \ddot{x}_2), & F_{d1.2} &= F_c + m_2(g - \ddot{x}_2), \\ F_{d2.1} &= F_c + m_2(\ddot{x}_2 - g), & F_{d2.2} &= F_c - m_2(\ddot{x}_2 + g), \end{aligned}$$

где $\ddot{x}_2$ — ускорение массы m_2 . Так как сила сцепления F_c при одних и тех же параметрах формовочной смеси и характере уплотнения постоянна и не зависит от способа вытяжки, то наибольшее разрывающее усилие возникает при способе 1.1 (опока движется относительно неподвижного модельного комплекта) и наименьшее при способе 2.2 (модель и опока повернуты на 180° и движется модельный комплект). Оценка способов 1.2 и 2.1 требует уточнения значений, что сделано эмпирическим путем.

Сила F_c зависит от ряда технологических факторов: характера и степени уплотнения, свойств формовочной смеси, геометрии формы, материала модели и т.д. Для выявления влияния этих факторов, ранжировки способов вытяжки и определения требуемых динамических характеристик привода в МВТУ была создана экспериментальная установка. Установка снабжена гидростанцией типа 8АГ-48-22Н, распределительной и регулирующей аппаратурой, осуществляющей управление гидроцилиндрами вытяжки. Относительное перемещение (x), скорость ($\dot{x}$) и ускорение ($\ddot{x}$) вытяжных плит установки измерялись соответствующими датчиками и регистрировались на плейфловом осциллографе К-115. Для измерения силы взаимодействия формы и элементов модели применена специальная тензобалка тороидальной формы. Уплотнение смеси в опоке выполнялось на встряхивающей формовочной машине FKT-65 в режиме встряхивания с последующим прессованием. Для изготовления форм использовали 2 типа бентонитной формовочной смеси с влажностью 3,5 – 3,8 % и прочностью на сжатие во влажном состоянии:

- 1) 80 ± 100 кПа и 2) 150 ± 170 кПа.

Модели применялись из чугуна, стали, алюминиевого сплава и бронзы с шероховатостью поверхности соответствующей $\sqrt{0.6} + 0.8$ по шкале Ra ГОСТ 2789-73. Модели имели цилиндрическую форму с уклонами внутренних поверхностей $0^{\circ}30'$. Сложность модели оценивалась коэффициентом $M=H/D$, где H , D - соответственно высота и диаметр модели. При диаметрах 100 и 150 мм сложность модели изменялась в пределах $0,5 \div 1,37$. Скорость вытяжки изменялась от 0,03 до 0,3 м/с. Ускорение в момент отрыва болвана от модели изменяли от 5 до 25 м/с². Плотность набивки болвана поддерживали $(1,65 \div 1,7) \cdot 10^3$ кг/м³.

Результаты эксперимента и теоретического анализа позволили определить F_{ai} и прогнозировать бездефектную вытяжку из условия преобладания силы сопротивления разрыву уплотнённой смеси над силой F_{ai} , т.е. $F_{ai} < \sigma_p \cdot S$, где σ_p - прочность смеси на разрыв по снрому, S - площадь болвана в опасном сечении. За счет увеличения скорости вытяжки повышается производительность и уменьшается сложность формовочного оборудования. Способу 1.2 следует отдавать предпочтение перед способом 1.1, так как усилие в опасном сечении уменьшается для 1.2 при увеличении ускорения в момент отрыва модели от формы и увеличивается для 1.1. Это позволяет не только увеличить производительность на данном технологическом переходе, но и сделать вытяжку бесступенчатой и перейти от гидравлических к пневматическим вытяжным цилиндрам.

Увеличение ускорений при вытяжке позволяет перейти от схем с поворотом опоки (2.1 и 2.2) к схеме 1.2. При ускорениях более 20 м/с² способ 1.2 обеспечивает большую технологическую надежность, чем способ 2.1.

Механизмы, осуществляющие вытяжку с использованием способов 1.1 и 2.1, должны развивать минимальные ускорения в момент отрыва модели от формы. После отрыва модели скорость движения полуформы может возрастать с целью уменьшения затрат времени на этом технологическом переходе. Вытяжные механизмы, сконструированные по схеме способов 1.2 и 2.2, могут осуществлять процесс отрыва модели при ускорениях более 20 м/с² и газопроницаемости смеси более 80.

Синтез ПВФА по заданным условиям

Проектирование ПВФА ведется на основе технического задания, определяющего цель и назначение разработки, технические требова-

ния и экономические показатели. Номенклатура отливок определяет способ уплотнения и способ вытяжки, размер опоки. Годовая программа выпуска и заданный размер опоки обуславливают требуемую производительность. Т.к. операция вытяжки является лимитирующей в рассматриваемом ТП, то необходимость в использовании поворотно-вытяжных устройств, обусловленная анализом номенклатуры отливок, требуемая производительность и условия эксплуатации оборудования (встраивание в линию, поток) определяют необходимость в проектировании однопозиционных или многопозиционных ПВА. Вводимые ограничения: требуемая часовая производительность $Q_{зад}$, число позиций q , размер опоки S и рекомендуемый способ вытяжки являются исходными данными при синтезе СЭФ ПВА. Массив исходных СЭФ $M_i \in M$ формируется на основе q . Состав и вид элементов, привлекаемых для формирования массива M_i определяется заданной номенклатурой отливок. Синтезируемые решения проверяются на выполнение условия $Q_{рас} > Q_{зад}$, где $Q_{рас}$ - часовая производительность синтезируемого решения.

Предложенный алгоритм синтеза позволит решать задачу синтеза возможных ТР ПВА, заданных соответствующим массивом СЭФ, определять характеристики и параметры каждого из отображенных ТР. Программа позволит выводить на печать все требуемые характеристики и, одновременно, получать перфоленты для получения графического изображения ПВА. Для получения изображения компоновочной схемы информации о M_i передается на графопостроитель. В алгоритме решения предусмотрена возможность непосредственного обращения к блоку, реализующему возможность получения перфоленты и построения изображения по заданной СЭФ. Блочная структура построения алгоритма расширяет сферу исследования за счет возможности решения задач анализа СЭФ определенного автомата, групп автоматов, сравнения их характеристик и параметров для выработки требований к структуре проектируемого ТР. Решение задачи синтеза, анализа и получения перфолент для графопостроителя осуществлено на универсальной вычислительной машине БЭСМ-6. Написание программы было осуществлено на языке АЛГОЛ. Для построения изображений компоновочных схем ПВА был использован координатор программный автоматический (КПА-1200). Чертеж компоновочной схемы ПВА представляет собой совокупность определенно расположенных в пространстве изображений элементов, составляющих заданную СЭФ. Принятое условное изображение основных формообразующих

узлов-элементов представляет собой различное сочетание отрезков прямых линий и позволяет проектировщику оценить правильность составления программы и сравнить конструктивные особенности рассматриваемых вариантов, сопоставить полученные технические характеристики с компоновочной схемой ПВФА и ФУ, определить возможность встраивания в соответствующую автоматическую или поточную линию. Варианты ТР, синтезированные по заданным условиям и ограничениям, являются базой для выбора рациональных решений, рассматриваемых на последующих этапах проектирования.

Выбор компоновочно-конструктивных схем ПВФА

Компоновочно-конструктивная схема ПВФА характеризуется совокупностью технических показателей: часовой производительностью Q , кинематической K_c и конструктивной K_k сложностью.

Для выбора рациональных вариантов используется метод оценочного треугольника с вершинами в точках $(K_c, 0, 0)$, $(0, K_k, C')$, $(0, 0, Q_{рас}/Q_{тех})$, где $Q_{рас}/Q_{тех}$ — отношение производительности рассматриваемого варианта к производительности технологической. Величина площади треугольника служит общим критерием оценки рассматриваемой схемы (K_0).

Так как проектируемый ПВФА является объектом народного хозяйства, то использование технических критериев оптимизации дополняется экономическими критериями. В качестве оптимизируемого экономического параметра рассматривалась экономическая эффективность варианта, принимаемого для рассмотрения на последующих этапах проектирования. Экономическая эффективность $\mathcal{E}$ нового оборудования определяется как разница между ценой верхнего предела $Ц_{вп}$ и проектной ценой $Ц_{п}$. За базисный вариант принимается воплощенное в металле изделие, СЭФ которого однотипна или близка к СЭФ сформированного массива ТР и технико-экономические параметры которого известны. Ограничения, предполагающие равный коэффициент технического использования проектируемых ПВФА и одинаковые условия работы, позволили определить верхний предел цены и лимитную цену рассматриваемых вариантов.

Проектная цена нового варианта определялась через проектную себестоимость методом удельных показателей, с учетом отраслевого коэффициента рентабельности. Экономический эффект от внедрения нового варианта подсчитывался как разница между верхним пределом цены и проектной ценой.

На основе проведенного анализа технико-экономических характеристик компоновочно-конструктивных схем ПВДА можно утверждать:

экономически целесообразно использование однопозиционных ПВДА проходного типа, эти автоматы имеют наибольшее значение K_0 за счет относительно меньшей сложности и достаточно высокой производительности;

конструктивное исполнение механизма вытяжки наиболее существенно из всех ΣV влияет на компоновочные показатели ПВДА: использование многопозиционных ПВДА может быть обусловлено наличием в составе ПВДА поворотно-вытяжных механизмов, или механизмов уплотнения, устанавливаемых на отдельной позиции двухпозиционных линейных или четырехпозиционных карусельных автоматов;

необходимость выделения механизма уплотнения на обособленной позиции, повышение требований к производительности ПВДА обуславливают применение двухпозиционных автоматов типа В11С1111А12Б12Д42 или В11Д41С1111А12Б12. Эти автоматы среди многопозиционных имеют и высшие технико-экономические характеристики.

Общие выводы по работе.

1. Растущие требования к выпускаемому литейному формовочному оборудованию обуславливают непрерывное совершенствование и поиск новых компоновочных решений, конструктивных схем формообразующих агрегатов и узлов, оптимальных параметров и режимов их работы. Сокращение сроков и повышение качества проектирования новых машин и механизмов возможно средствами САПР с использованием математических моделей, на которых отрабатываются искомые конструктивные решения, проводятся анализ и оценка вариантов, выбор пространственной компоновки и ее параметров.

2. Компоновочно-конструктивные схемы ПВДА, отвечающие заданным условиям и ограничениям, синтезированы на основе системно-структурного метода. Синтез вариантов выполнен в два этапа. На первом этапе по заданному технологическому процессу строится модель системы и генерируется матрица возможных вариантов структурных схем организации процесса во времени и в пространстве, отображаемых структурными формулами (СФ), определяющих организацию процесса, число позиций и модельных плит, продолжительность такта-выпуска полуформы. На втором этапе, на основе сопоставления основных технологических операций и формообразу-

щих узлов, анализа их парного взаимодействия, выполняется переход от СФ к структурно-элементным формулам (СЭФ) и синтезируются компоновочно-конструктивные схемы ПВФА.

3. Анализ структурно-элементных формул показал, что рассмотрение ПВФА как системы, состоящей из элементов, находящихся в определенных функциональных отношениях, позволяет формальными методами оптимизировать структуру организации производственного процесса, определить компоновку, кинематику, сложность, производительность и циклограмму работы ПВФА, т.е. выявить качества системы, несвойственные составляющим ее элементам, узлам.

4. Способ вытяжки, конструктивное его оформление наиболее существенно из всех формообразующих узлов влияет на компоновку, сложность и производительность ПВФА.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования способов вытяжки позволили определить рациональные области их применения, создать методику выбора механизма вытяжки и динамики его работы для заданной номенклатуры отливок, определить рациональную номенклатуру отливок и назначить рабочие режимы выполнения операции вытяжки для имеющегося парка формовочных машин и автоматов.

Вытяжка модельного комплекта из полуформы ходом вниз (способ 1.2) обуславливает применение однопозиционных проходных ПВФА. Предъявление специальных требований к механизму вытяжки, например, изготовление форм с высокими болванами, обуславливает применение двухпозиционных линейных или четырехпозиционных карусельных автоматов, имеющих в своем составе поворотно-вытяжные устройства.

5. Для ПВФА с повышенными требованиями к производительности и по условиям производства, допускающим использование вытяжных устройств без предварительного поворота полуформы, предпочтительны схемы двухпозиционных линейных автоматов с двумя модельными комплектами, имеющими механизм заполнения на первой, а механизмы уплотнения и вытяжки - на второй позиции, либо механизмы заполнения и вытяжки - на первой, а механизм уплотнения - на второй.

6. Предложено вытяжное устройство, реализующее способ вытяжки модели без предварительного поворота полуформы и

обладающее технологическими возможностями близкими к возможностям механизмов с поворотом полуформы.

7. Разработан алгоритм синтеза компоновочно-конструктивных схем ПВФА, позволяющий решить задачу получения возможных технических решений ПВФА, их графического изображения с распечаткой параметров и показателей работы синтезированных вариантов. Получаемое условно-графическое изображение ПВФА позволяет проектировщику оценить правильность составления программы, сравнить компоновочные и конструктивные особенности рассматриваемых вариантов, определить возможность встраивания автоматов в автоматическую или поточную линию, использовать его как исходное для детализации на последующих этапах проектирования.

8. Предложен алгоритм расчета экономической эффективности рассматриваемых вариантов, позволяющий определить лимитную цену и экономический эффект от внедрения каждого из отобранных на этапе параметрического синтеза и анализа вариантов.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Беликов О.А., Двойрес Е.Л. Синтез структурных схем прессово-встряхивающих формовочных машин-автоматов. - Труды/МВТУ им. Н.Э.Баумана, 1979, № 287, с.16-26.

2. Двойрес Е.Л., Беликов О.А., Кирпиченков В.А. Анализ влияния способа вытяжки и параметров формы на выбор конструктивной схемы формовочного автомата. - Литейное производство, 1980, № 4, с.33-35.

3. Двойрес Е.Л. Разработка автоматизированной системы проектирования компоновочных и кинематических схем прессово-встряхивающих формовочных машин-автоматов. Современные пути повышения производительности и точности металлообрабатывающего оборудования и автоматизация технологических процессов в машиностроении: Тез.докл. Всесоюзн.конф. М., 1980, с.49-52.

4. Двойрес Е.Л. Математическая модель структурно-компоновочной схемы прессово-встряхивающих формовочных машин-автоматов. - Труды/МВТУ им. Н.Э.Баумана, 1981, № 370, с.41-58