

М 315896

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ
ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ им.Н.Э.БАУМАНА

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Шмонин Александр Андреевич

На правах рукописи

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ
АВТОМАТОВ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ ФОРМОВКИ

05.16.04 - литейное производство

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1977г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ
ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ им.Н.Э.БАУМАНА

Шмонин Александр Андреевич

На правах рукописи

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ
АВТОМАТОВ ДЛЯ БЕЗОПАСНОЙ ФОРМОВКИ

05.16.04 - литейное производство

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1977г.

17315896

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1315896

Шмонин А.А. Анализ и синте

Работа выполнена в МВТУ им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель: доцент, кандидат технических наук,
Беликов Олег Александрович

Официальные оппоненты:

профессор, доктор технических наук Боровский Ю.Ф.
кандидат технических наук Комаров Л.Е.

Ведущее предприятие - НИИсанта техника

Защита диссертации состоится " " _____ 1977 г.
на заседании Специализированного Ученого Совета по металло-
ведению и горячей обработке металлов при Московском ордена
Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техничес-
ком училище имени Н.Э.Баумана по адресу: Москва, 107005,
2-я Бауманская, д.5 .

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ
им. Н.Э.Баумана.

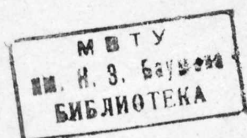
Автореферат разослан _____ 1977 г.

Ученый секретарь специализированного
Совета - доцент, к.т.н.

Беликов О.А.

К печати от 8.04. 1977 г. Объем I п.л. Тип. МВТУ Зак. 727 .

о Л79704. Тир. 100 экз.



Актуальность проблемы. Основными задачами развития народного хозяйства страны в десятой пятилетке, определенными XXV съездом КПСС, являются повышение эффективности производства и улучшение качества продукции. В сфере литейного производства решение этих задач заключается в разработке высокоэффективных технологических процессов и создании на их основе автоматических машин, обеспечивающих высокую производительность труда и качество отливок. В последние годы для производства отливок интенсивно развивается способ безопочной формовки, что объясняется высокой производительностью, эффективностью и простотой конструкций формовочных машин-автоматов, созданных на основе этого способа. Совершенствуется технология и расширяется область применения способа. Создано большое число конструкций автоматов. Однако, целесообразность применения некоторых из них спорна. Неоправданное разнообразие конструкций автоматов объясняется отсутствием комплексного исследования способов безопочной формовки и оборудования. Проведение таких исследований и разработка на их основе более совершенных способов и конструктивно-технологических схем автоматов позволит сократить число моделей автоматов, применяемых в литейных цехах, и ускорит поиск новых рациональных схем при проектировании.

Цель работы состоит в установлении и разработке новых и совершенствовании известных способов формообразования и конструкций автоматов для безопочной формовки, рекомендуемых для перспективного применения.

Методы исследований. Синтез возможных технических решений проводился с использованием системно-структурного метода, на основе которого разработаны обобщенные дискретные модели объектов исследования (способа изготовления форм, конструкции машины, узла сборки и транспортировки форм) и синтезированы возможные варианты решений в рамках этих моделей. Определение свойств вариантов проводилось аналитически и экспериментально с использованием метода планирования экспериментов. Выбор оптимальных вариантов конструктивно-технологических схем проводился с использованием разработанных целевых функций, комплексно учитывающих технологические и конструктивные свойства схем.

Научная новизна работы состоит: в разработке обобщенных структурных моделей способа изготовления безопочных форм, конструктивной схемы машины-автомата для безопочной формовки и узла машины, в которых в качестве переменных выступают состав операций способа и характер взаимодействия между ними; в разработке структурной классификации способов изготовления безопочных форм прессованием с учетом кинематики камеры прессования, способа ее заполнения смесью, конфигурации и расположения модельных плит, позволяющая систематизировать варианты прессования и определить их свойства; в установлении взаимосвязи между структурой схемы варианта и его свойствами: для вариантов способа прессования и для вариантов узла сборки и транспортировки форм.

Практическая ценность работы состоит в создании методик, позволяющих формальным путем и в короткие сроки разрабатывать конструктивно-технологические схемы и конструкции автоматов для безопочной формовки, оценивать их свойства, выбирать оптимальные и перспективные варианты, а также разрабатывать принципиально новые варианты на уровне изобретений.

Реализация работ в промышленности. Перспективная конструктивно-технологическая схема узла сборки и транспортировки безопочных стопочных форм, представляющая собой шагающий транспортер, снабженный подвижными боковыми направляющими планками (типа грейфера) реализована в проекте НИИТавтопрома, как составная часть автоматической линии мод. 7083.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались на IV Межвузовской конференции 29-31 января 1975 г., в МВТУ им. Н.Э. Баумана и в НИИТавтопроме.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 статей, получено 8 авторских свидетельств на изобретения.

Объем работы. Работа состоит из 6 глав, изложенных на 123 страницах машинописного текста, 118 рисунков и 6 таблиц. Список литературы содержит 80 наименований.

Глава I посвящена обзору литературной и патентной информации по исследуемому вопросу и формулировке задач исследования. Анализ основных этапов развития технологии и оборудования для безопочной формовки и современных способов изготовления форм позволили дать классификацию безопочных форм и

установить основные тенденции в развитии способа, изменения параметров процесса и форм. Установлено, что из различных типов безопочных форм наиболее широкое применение находят парные формы, изготовленные по двусторонним модельным плитам и стопочные формы с вертикальным разъемом. Площадь и объем применяемых в практике этих типов безопочных форм увеличились за последние годы соответственно с 0,2 до 1,0 м² и с 0,05 до 0,5 м³. Металлоемкость форм возросла от 10 до 75 кг. Анализ способов изготовления форм позволил установить, что особое внимание уделяется способам заполнения формовочной камеры смесью. Узким местом в конструкции машины-автомата является узел сборки и транспортировки форм, конструкция которого находится в стадии непрерывного совершенствования и поиска новых вариантов.

На основании проведенного обзора и в соответствии с поставленной целью за объекты исследования приняты способ и средства автоматизации изготовления стопочной безопочной формы с вертикальной плоскостью разреза, в частности, способ изготовления форм прессованием, конструктивная схема машины-автомата, конструкция узла сборки и транспортировки форм.

В задачи исследования входят: выбор метода анализа и синтеза объектов исследования, описание и разработка совокупности конструктивно-технологических схем объектов исследования, определение их свойств, разработка и реализация новых вариантов на уровне изобретений, разработка критериев оценки и определение оптимальных вариантов технических решений.

Глава 2. Посвящена выбору метода синтеза и анализа множества технических решений и разработке и систематизации множества конструктивно-технологических схем автоматов. Установлено, что наиболее подходит для решения сформулированных задач системно-структурный метод, разрабатываемый в МВТУ им. Баумана, который охватывает все этапы создания автоматов от синтеза множеств схем и их свойств до сравнительного анализа реальных автоматов. Согласно методу разработка нового оборудования многоэтапный процесс, включающий этапы: анализа исходной информации, разработки дискретной модели объекта исследования, синтез множеств вариантов, разработки целевой функции, применение ее для анализа и выбора оптимального варианта системы.

Объект исследования рассматривается как система, структуру которой можно представить множеством M параметров (факторов):

$$M = \langle P_1, P_2, \dots, P_n \rangle, \quad P_i \in M \quad i = \overline{1, n} \quad \text{где}$$

P_i - параметр, описывающий состав элементов системы, их взаимное расположение и характер взаимодействия.

Каждый параметр может принимать ряд различных значений

$$P_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ik}\} \quad p_{ij} \in P_i, \quad j = \overline{1, k}$$

Структурная схема варианта системы определяется сочетанием значений одного параметра со значениями других параметров

$$x = \langle p_1, p_2, \dots, p_n \rangle \quad \text{а множество } X$$

возможных вариантов определяется как прямое произведение

$$X = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n \quad \text{где } x \in X$$

Свойство каждого варианта x однозначно определяется некоторой функцией $f(x)$, а все множество X однозначно отображается целевой функцией $\Phi(X)$, где $f(x) \in \Phi(X)$. Функция $\Phi(X)$ находится аналитически или эмпирически с использованием структурных свойств множества X .

Системно-структурным методом синтезировано множество вариантов схем автоматов, которые подвергнуты анализу по признаку их распространения в промышленности. Для экспериментального исследования отобрано подмножество технологических схем с уплотненным смеси прессованием в вертикальном направлении со свободной засыпкой смеси или с заполнением по объему. Этот способ изготовления безопочных форм получает все большее развитие при непрерывном увеличении размеров форм.

Представление объекта исследования как системы, отображаемой обобщенной дискретной моделью, и варьирование его структурными переменными позволило разработать и систематизировать большое число возможных вариантов объекта исследования, выделить ранее неизвестные варианты. Последние составили предмет

изобретения и были защищены авторскими свидетельствами, что подтверждает эффективность примененного метода и позволяет рекомендовать его для решения других подобных задач создания новой техники.

В главе III синтезировано и систематизировано множество вариантов способа изготовления форм прессованием. Исследуемое множество M характеризуется четырьмя основными факторами X_i :

$$M = \langle X_1, X_2, X_3, X_4 \rangle \quad X_i \in M \quad i = \overline{1, 4}$$

каждый из которых принимает ряд различных значений

$$\begin{aligned} X_1 &= \{x_{11}, x_{12}, x_{13}\} & X_2 &= \{x_{21}, x_{22}, x_{23}\} \\ X_3 &= \{x_{31}, x_{32}, x_{33}\} & X_4 &= \{x_{41}, x_{42}\} \end{aligned}$$

Множество Y вариантов определено как прямое произведение

$$Y = X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_4 \text{ с числом вариантов } N = 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2 = 54.$$

X_1 — тип модельной плиты (по конфигурации): x_{11} — плоская плита, x_{12} — плита с выступающими моделями, x_{13} — плита с впадинами для формовки болванов, X_2 — расположение модельной плиты: x_{21} — сверху, x_{22} — снизу, x_{23} — оппозитно, X_3 — направление прессования: x_{31} — верхнее, x_{32} — нижнее, x_{33} — двустороннее, X_4 — способ заполнения формовочной камеры: x_{41} — свободное заполнение, x_{42} — по объему.

Оценка качества уплотнения 54 возможных вариантов способа выполнялась экспериментальным путем. Все варианты исследованы в опалках размером 300x250 мм с использованием смеси высокой прочности и текучести ($\sigma_{сж}^* = 1,4-1,6 \text{ кг/см}^2$), текучесть по ступенчатой пробе более 80%, при давлении прессования до 15 кг/см^2 . Оценка вариантов осуществлялась по следующему комплексу критериев: максимальный перепад твердостей ΔT , среднее арифметическое $\bar{T}$ и среднее квадратическое отклонение величин твердостей и коэффициент вариации γ .

Анализ результатов показал: способ расположения модельных плит оказывает большее влияние на распределение твердости формы, чем направление прессования; переход от одностороннего к двустороннему прессованию позволяет снизить ΔT только на 2 ед.; при заполнении формовочной камеры по объему по сравнению со свободной засыпкой удается снизить ΔT в 2-3 раза;

расположение выступающих моделей одной плиты напротив впадин другой позволяет изготовить сложные формы с равномерной плотностью; высокопрочная смесь повышенной текучести значительно устраняет неравномерность твердости формы для любого варианта уплотнения. Технологическая схема изготовления форм односторонним или двусторонним прессованием при заполнении формовочной камеры по объему является оптимальным вариантом.

Прогнозирование качества формы при формовке по моделям различной геометрической сложности с учетом определенного объема дозы смеси и давления прессования имеет важное значение для практики. Поэтому в работе проведено экспериментальное исследование по выявлению характера влияния указанных факторов на качество формы. Для этого выбран один из оптимальных вариантов способа прессования, характеризующийся расположением плиты с выступом снизу, а плиты с впадиной сверху камеры, исследован с целью установления зависимости качества формы $Y = \Delta T$ от сложности модели $X_1 = K_{cl}$ высоты дозы смеси $X_2 = H_3$ и давления прессования $X_3 = p$. Безразмерный критерий геометрической сложности моделей определялся как отношение глубины впадины h_m к приведенному диаметру трения dR , равному отношению учетверенной площади S_m сечения впадины к ее периметру F_m

$$K_{cl} = \frac{h_m}{dR} \quad dR = \frac{4S_m}{P_m}$$

Интервалы варьирования переменных выбраны с учетом данных практики изготовления безопочных форм и составляли: $K_{cl} = 0,15-0,75$, $H_3 = 0,15-0,21$ м, $p = 5-15$ кг/см².

На основе проведенного экспериментального исследования получены уравнения регрессии для варианта свободного заполнения (Y_1) и заполнения камеры смесью по объему (Y_2):

$$Y_1 = 14,00 + 6,25X_1 + 1,25X_2 + 0,50X_1X_2 + 0,25X_1X_3 - 0,25X_2X_3$$

$$Y_2 = 6,52 + 1,87X_1 + 0,87X_2 - 2,37X_3 + 0,12X_1X_2 + 0,62X_2X_3 - 0,125X_2X_3$$

Анализ полученных уравнений показал, что при свободном заполнении основное влияние на ΔT имеет сложность модели и наименьшее - давление прессования; при заполнении камеры по

объему наибольший вклад в изменение ΔT вносит давление прессования, а наименьшее — высота дозы смеси; перепад твердостей в форме снижается в 2 раза при переходе от свободного заполнения к заполнению камеры по объему; изменение поверхностной твердости формы за счет варьирования высотой дозы смеси, засыпаемой в формовочную камеру, в практически применяемом интервале существенно не изменяется.

Глава 4. Включает анализ методов оценки схем автоматов и разработку целевой функции выбора оптимальной конструктивной схемы. Разработаны целевые функции отдельно для эскизных и реальных схем.

Для эскизных схем целевая функция определена как совокупность технологического K_T , кинематического K_g и конструктивного коэффициентов K_k . Коэффициент K_T оценивает технологические возможности варианта, K_g — сложности движений, совершаемых смесью в процессе ее трансформации в форму, K_k оценивает объем циклограммы (тактограммы) автомата. С целью сопоставления коэффициентов, установления общего показателя и определения по нему направлений совершенствования конструкции автомата формулы для расчета каждого коэффициента определены следующие требования: все коэффициенты — безразмерны, каждый коэффициент может принимать значение от 0 до 1, значение 1 соответствует идеальной наиболее совершенной схеме.

Общий коэффициент K_0 определяется величиной площади треугольника, построенного соединением соответствующих значений коэффициентов, отложенных на осях декартовой системы координат. Целевая функция определена как:

$$\Phi_{ц.1} = \left\{ \begin{array}{l} K_T = \frac{\Delta T_g}{\Delta T_p} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n S_{mi}}{\sum_{i=1}^n (S_{mi} + F_{mi})} \\ K_g = \left(\sum_{i=1}^n x_i D_i \right)^{-1} \\ K_k = \left[\sum_{j=1}^{n,m} (y_j D_{oi} + z_j \cdot D_{gj}) \right]^{-1} \\ K_0 = \sqrt{K_T^2 [K_k^2 + K_g^2] + K_g^2 \cdot K_k^2} \end{array} \right\}$$

$\Delta T_g, \Delta T_p$ - допустимый и действительный перепад твердостей,
 S_{mi}, F_{pi} - площадь поверхности и проекции i -сй модели на
 плоскость разреза,

X_i, D_i - значимость и число движений, которые совершает формочная смесь и форма в автомате, Y_i, D_{oi} - значимость и число основных (силовых) движений, совершаемых механизмами автомата,

Z_i, D_{gi} - значимость и число дополнительных (холостых и вспомогательных) движений, совершаемых механизмами автомата по циклограмме (тактограмме).

Коэффициенты кинематической и конструктивной сложности определялись соответственно по формулам:

$$K_g = (0,25 D_n + 0,5 D_u + D_{\dots})^{-1}$$

$$K_k = (0,4 D_o + 0,1 D_g)^{-1}$$

где D_n - число прямолинейных движений формы, D_k - число криволинейных движений формы, D_u - число изменений направлений движений формы.

С помощью функции Φ_{Σ} проанализированы наиболее распространенные автоматы для изготовления стопочных безопочных форм. Установлено, что автомат мод. 4060 (и мод. 4124) конструкции НИИТавтопрома (типа Дизаматик) имеет $K_o = 0,39$, автомат Волворк (фирма Симон-Карвес, Англия) - $0,18$, автомат Ама-так (фирма Бартлет-Сноу, США) - $0,16$, автомат мод. АЛ2002 (ВНИИЛИТМАШ) - $0,15$, автомат мод. В-145 (НИИ тракторосельхоз-маш) - $0,11$.

Анализ схем позволил установить, что:

- с увеличением технологических возможностей увеличивается конструктивная сложность и объем циклограммы автомата;
- уменьшение числа движений формы при некотором увеличении объема циклограммы и рациональном выборе коэффициента технологических возможностей ($K_t = 0,7-0,75$) позволяет увеличить коэффициент K_o до $0,4$; оптимальное соотношение коэффициентов $K_t:K_g:K_k = 0,7:0,8:0,5$ свойственно схеме типа Дизаматик, что является одной из причин способствующих ее широкому распространению; в некоторых случаях увеличение кинематической сложности позволяет улучшить эксплуатационные характеристики автомата,

например, в автомате АП2002 повышение кинематической сложности позволило упростить операцию простановки стержней в формы.

Для реальных схем целевая функция есть совокупность удельных показателей, определяемых отношением цикловой производительности автомата, выраженной в м^3 изготовленных форм в час (Q_v) к площади S , м^2 , объему V , м^3 , массе M , т и энерговооруженности N , квт, автомата:

$$\Phi_{42} = \left\{ j = \frac{Q_v}{S}, \quad v = \frac{Q_v}{V}, \quad m = \frac{Q_v}{M}, \quad n = \frac{Q_v}{N} \right\}$$

Из анализа 20 существующих конструкций установлены следующие соотношения между удельными показателями и производительностью автоматов. Для автоматов, изготавливающих двусторонние формы:

$$\begin{aligned} j &= 0,8-0,03 Q_v, & v &= 3,6-0,205 Q_v \\ m &= 0,99-0,043 Q_v, & n &= 3,1-0,1 Q_v \end{aligned}$$

для автоматов, изготавливающих односторонние формы:

$$\begin{aligned} j &= 0,81-0,016 Q_v, & v &= 1,38-0,11 Q_v \\ m &= 0,95-0,018 Q_v, & n &= 9,02-0,08 Q_v \end{aligned}$$

Меньшее значение удельного показателя соответствует более совершенной конструкции. Полученные зависимости характеризуют уровень технического совершенства современных автоматов и могут использоваться для проверки совершенства технических проектов новых автоматов.

Глава 5 посвящена анализу и синтезу вариантов и выбору оптимальной формы реализации узла сборки и транспортировки безопочных форм. Совокупность (M) конструктивных вариантов этого узла машины характеризуется двумя признаками: способом перемещения форм на позиции заливки и сборки, P_1 и способом перемещения форм на участке охлаждения, P_2 :

$$M = \langle P_1, P_2 \rangle$$

Каждый признак имеет одинаковый набор формы реализации:

$$P = \{p^1, p^2, p^3, p^4, p^5, p^6\}, \quad \text{где}$$

p^1 - неподвижная плоскость (склиз), p^2 - ленточный транспортер, p^3 - склиз с подвижными боковыми захватами (с грейфером), p^4 - ленточный транспортер с грейфером, p^5 - шагающий транспортер, p^6 - шагающий транспортер с грейфером. В данном случае способы перемещения форм на позиции заливки, равнозначны применимы и для участка охлаждения. Однако требования к конструктивной форме реализации способов на участке охлаждения могут быть занижены, поскольку на этом участке допустимо растрескивание и смещение форм.

Целевой функцией для оценки вариантов конструкции принято минимальное значение транспортного усилия, воспринимаемого формами, поскольку важнейшей технологической функцией стопки форм является сохранение размеров формы при транспортировке.

$$\Phi_{\text{цз}} = P_T (\min)$$

$$P_T = (f_0 m_1 + f_k m_2) g + k (m_1 + m_2) g, \quad \text{где}$$

f_0, f_k - коэффициенты трения скольжения и качения,
 m_1, m_2 - массы форм, перемещаемых скольжением (по склизу) и на подшипниках качения (на ленточном транспортере).

k - коэффициент, определяемый отношением ускорения, развиваемого при перемещении масс m_1, m_2 к ускорению силы тяжести g .

Синтезировано $6 \times 6 = 36$ вариантов схем узла сборки. Значение P_T для этих вариантов изменяется от 0 до $0,38 \text{ } mg$ (при $m_1 = m_2 = m$), причем значение P_T тем меньше, чем больше индекс обозначения варианта в таблице. Для форм размером $600 \times 600 \text{ мм}$ и более оптимальной транспортной системой является шагающий транспортер с грейфером, для которого $P_T = 0$. Однако для обеспечения плотной стыковки форм на позиции заливки необходимо обеспечить величину P_T порядка $0,05 - 0,1 (m_1 + m_2) g$. Для форм размером около $400 \times 500 \text{ мм}$ допустимо применять более простую конструкцию: сочетание

склиза с ленточным транспортером, для форм размером 500х600мм рекомендуется применять склиз с грейдером. Для наиболее сложной расчетной схемы транспортной системы разработана номограмма для определения P_T , в зависимости от длины стопки и скорости ее перемещения.

В главе 6 рассмотрены вопросы обеспечения прочности форм при нагружении их различными транспортными усилиями P_T . Для обеспечения условия неразрушаемости форм необходимо достаточно

$$P_T < P_{раз} = S_{\phi} \cdot \sigma_{сж}^{\phi} \quad \text{где}$$

$P_{раз}$ - предельная нагрузка при стадии форм, S_{ϕ} - площадь формы по разряду, не занятая модельными отпечатками, $\sigma_{сж}^{\phi}$ - предел прочности формы при сжатии.

Исследованы зависимости $\sigma_{сж}^{\phi} = \sigma_{сж}^{\phi}$ от геометрической сложности модели X_1 , высоты дозы смеси X_2 и давления прессования X_3 для двух вариантов заполнения камеры прессования смесью: заполнения по объему (Y_1) и свободного заполнения (Y_2). Интервалы варьирования переменных факторов и их размерности аналогичны приведенным в главе 3. Полученные уравнения регрессии имеют вид:

$$Y_1 = 3,34 - 0,19X_1 - 0,038X_2 + 1,33X_3 - 0,087X_1X_2 + 0,26X_1X_3 - 0,049X_2X_3$$

$$Y_2 = 3,32 - 0,20X_1 - 0,05X_2 + 1,32X_3 - 0,090X_1X_2 + 0,25X_1X_3 - 0,05X_2X_3$$

Анализ этих уравнений показывает, что наибольшее влияние на $\sigma_{сж}^{\phi}$ оказывает давление прессования, при увеличении которого от 5 до 15 кг/см² $\sigma_{сж}^{\phi}$ увеличивается от 2,5 до 5,5 кг/см² (для исследованной смеси $\sigma_{сж}^{\phi} = 1,5$ кг/см²); увеличение сложности моделей (X_1) ведет к снижению прочности формы на 1 кг/см² за счет увеличения роли концентраторов напряжений; незначительное влияние на прочность форм способа заполнения (прочность изменялась на 0,02 кг/см²) говорит о возможности использования полученных уравнений для оценки прочности форм, изготовленных при других способах заполнения, например, пескодувном. Для определения допустимой толщины формы при заданном давлении прессования и сложности моделей разработаны номограммы. Установление взаимосвязи между прочностью формы и прочностью геометрически подобного образца,

изготовленного в стандартной гильзе из одной и той же смеси при одинаковом давлении прессования позволило разработать методику оценки прочности форм по прочности образцов. Своевременное изменение прочности формы позволяет сократить простои автоматической линии, связанные с ликвидацией последствий разрушения полуформы в стопке.

ВЫВОДЫ

1. Показана необходимость и возможность эффективного использования системного подхода и структурного метода для решения конкретных задач проектирования процессов и оборудования для изготовления безопочных форм.

2. Созданные обобщенные структурные модели способа изготовления безопочных форм прессованием, конструктивно-технологической схемы машин-автоматов для безопочной формовки, узла сборки и транспортировки безопочных форм позволили разработать совокупность (множество) вариантов технических решений, определить их свойства, систематизировать и выделить оптимальные варианты, создать принципиально новые варианты на уровне изобретений.

3. Экспериментальное исследование 54 возможных способов уплотнения безопочных форм прессования позволило установить, что при изготовлении двусторонних форм расположение модельных плит сверху или снизу имеет большее значение для качества уплотнения, чем направление прессования; при объемном заполнении камеры прессования смесью достигается более высокое качество уплотнения, чем при свободной засыпке; из трех факторов (давление прессования, сложность моделей и толщина полуформы) при свободном заполнении камеры смесью наибольшее влияние на качество формы имеет сложность моделей, наименьшее — давление прессования, а при заполнении по объему наибольшее значение имеет давление прессования, а наименьшее — толщина полуформы.

4. Технологический процесс изготовления двусторонних безопочных форм с вертикальным разъемом, включающий способ заполнения формовочной камеры смесью по объему с последующим односторонним прессованием смеси модельной плитой, является оптимальным для современного этапа развития безопочной формовки.

5. Методика оценки технического уровня автоматов по совокупности коэффициентов, величина каждого из которых изменяется от 0 до I, причем значение I соответствует наиболее современной конструкции, позволила не только оценить совершенство разработанных вариантов конструкции, но и определить направление их дальнейшего совершенствования.

6. Конструктивная схема машины-автомата для изготовления двусторонних безопочных форм с вертикальным разъемом с заполнением формовочной камеры смесью в вертикальном направлении пескострельным способом, прессованием смеси в горизонтальном направлении и сборкой форм с помощью модельно-прессовой плиты является оптимальной и перспективной для применения.

7. Конструктивная схема узла сборки и транспортировки безопочных форм с вертикальным разъемом с применением шагающего транспортера, двух подвижных рам и приводных боковых направляющих планок (типа грейфера) является оптимальной и перспективной для средних форм.

8. Исследование прочности стопки форм показало, что полуформы, собранные в стопку, разрушаются при значительно меньшем усилии, чем отдельная полуформа, что необходимо учитывать при выборе способа проталкивания полуформ (проталкивание модельной плитой предпочтительнее, чем контурной или плоской плитой); для повышения прочности полуформы необходимо повышать давление прессования, уменьшать толщину полуформы и площадь, занятую модельными отпечатками.

9. Установление связи между прочностью безопочной формы и прочностью геометрически подобных ей образцов позволяет прогнозировать прочность форм по прочности образцов, изготовленных в лабораторных условиях.

В результате проведенной работы созданы принципиально новые способы изготовления безопочных форм и конструкции машин-автоматов, которые защищены авторскими свидетельствами разработанная конструкция узла сборки и транспортировки безопочных форм применена в автоматической линии безопочной формовки мод. 7083 конструкции НИИТавтопром, эффект от применения которого составит 33 тыс.руб.

Материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Шмонин А.А. "Безопочные автоматические литейные линии и автоматы", Литейное машиностроение, 5, 1970.
2. Шмонин А.А. "Изготовление безопочных форм с вертикальной плоскостью разъема", Литейное машиностроение, 6, 1971.
3. Шмонин А.А. "Транспортирование безопочных форм с вертикальной плоскостью разъема", Литейное производство, 7, 1971.
4. Беликов О.А., Шмонин А.А. "Анализ конструкций автоматов для безопочной формовки", Литейное машиностроение, II, 1975.
5. Беликов О.А., Шмонин А.А. "К вопросу совершенствования методологии рационального проектирования безопочных автоматов", Тезисы докладов на IV межвузовской конференции. Москва, МВТУ им. Баумана, 1975.
6. Кутовой С.В., Шмонин А.А. и др. "Толкатель", авторское свидетельство № 336080.
7. Игнатъев А.К., Шмонин А.А. и др. "Автомат для безопочной формовки", авторское свидетельство № 348273.
8. Шмонин А.А. "Способ изготовления полуформ", авторское свидетельство № 367957.
9. Беликов О.А., Березин Н.А., Шмонин А.А. "Автомат для безопочной формовки", авторское свидетельство № 444602.
10. Беликов О.А., Шмонин А.А. и др. "Автомат для безопочной формовки", авторское свидетельство № 449768.
11. Долбитикова А.А., Шмонин А.А. и др. "Способ изготовления форм прессованием", авторское свидетельство № 414041.
12. Беликов О.А., Шмонин А.А. Автомат для изготовления безопочных форм, авторское свидетельство № 547281.
13. Беликов О.А., Шмонин А.А. Установка для изготовления безопочных форм, авторское свидетельство № 555971.