

М 454534

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СССР

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

На правах рукописи

Омм Валерий Виссарионович

УДК 621.746.2.68

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОЗОВКИ МОДЕЛЬНЫХ ПЛИТ ДЛЯ
АВТОМАТИЧЕСКИХ ФОРМОВОЧНЫХ ЛИНИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В
МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ОТЛИВОК

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

Москва - 1987

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

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент Гини Э.Ч.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Матвеев И.В.
кандидат технических наук,
с.н.с. Болдин А.Н.

Ведущее предприятие: ПО ЗИЛ, г. Москва.

Защита диссертации состоится "8" июня 1987г.
на заседании специализированного Совета К 053.15.13 в Московском
высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана по адресу:
107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская ул., д.5.

Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный
печатью, просим выслать по указанному адресу.

Библиотеке МВТУ им.

1987 г.

М 454834

И.Н.ШУБИН

№ 408

Актуальность работы. В материалах XXVII съезда КПСС и в Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года предостматривается ускорение и кардинальное повышение качества продукции машиностроения и эффективности работы этой отрасли.

Одной из основных заготовительных баз машиностроения является литейное производство, и в частности изготовление отливок в разовых песчано-глинистых формах на автоматических формовочных линиях (АФЛ), которые в перспективе будут входить в состав гибких автоматизированных производств (ГАП) литых заготовок, которые, по опыту различных отраслей, особенно эффективны в многономенклатурном производстве.

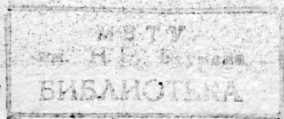
Следует отметить, что до 70% от общего количества выпускаемых отливок изготавливается в многономенклатурном производстве.

Проведенное нами обобщение материалов о работе АФЛ в различных отраслях показывает, что уровень брака отливок на них колеблется в широких пределах, достигая 11,5%. Причем, 40-60% всех дефектов определяется качеством формы, а в среднем 80% от брака отливок по вине формы приходится на такие виды брака как обвал песчаные раковины.

Следует отметить, что чем разнороднее номенклатура отливок, производимых на одной АФЛ, тем более высок уровень брака литых заготовок. Брак по вине формы на отдельных отливках может отличаться в несколько раз и в некоторых случаях достигает 10-20%. Это связано, по нашему мнению, тем, что в настоящее время нет надежных методов подбора номенклатуры литых заготовок для АФЛ. В результате для ряда отливок технологический процесс изготовления формы не является оптимальным. Следовательно качество литых заготовок можно повысить за счет выбора оптимальной номенклатуры отливок для данного типа АФЛ, для чего необходимо разработать соответствующие методы подбора.

Успешное решение этой задачи не возможно осуществить без разработки определенных признаков классификации отливок для выбора оптимального технологического процесса их изготовления.

Не менее важной является задача сокращения сроков проектирования технологического процесса, особенно, при многономенклатурном производстве отливок. Поэтому при разработке техноло-



гического процесса изготовления отливок в данных условиях особенно целесообразно использовать системы автоматизированного проектирования (САПР).

Цель работы - повышение эффективности работы АФЛ за счет снижения брака отливок по вине формы: обвал, песчаные раковины, сокращение затрат на освоение и доводку технологического процесса изготовления отливок путем разработки методики автоматизированного проектирования компоновки модельных плит для данного способа уплотнения, учитывающего свойства используемых смесей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие научные задачи.

1. Разработать систему численных показателей, характеризующих конфигурацию отливок, моделей, опоки, влияющих на качество формы при данных методах уплотнения и свойствах смеси.

2. Разработать показатели свойств формовочной смеси, на основе которых можно оценить прочностные свойства формы при данном методе ее уплотнения.

3. Разработать методику и алгоритм автоматизированного проектирования компоновки модельных плит с учетом заданных параметров качества формы.

Методы исследований. Теоретическое исследование выполнено на основе анализа процесса формирования качества формы с позиции влияния общих геометрических соотношений конфигурации отливки, моделей, опоки как факторов от которых зависит это качество.

Для получения математических моделей, связывающих показатели качества формы с составом формовочной смеси, конфигурацией отливки, моделей, опоки использовался корреляционно-регрессионный анализ и анализ главных компонент. Применение этих методов обусловлено большим числом факторов, влияющих на качество отливки.

Научная новизна. В работе получены следующие научные результаты и положения.

1. Предложена и обоснована методика описания особенностей конфигурации системы модель - модельная плита - опока, позволяющая наиболее полно, количественно оценивать связь показателей этой системы с различными характеристиками качества формы и отливки

2. Разработан ряд численных показателей, описывающих конфигурацию отливок, моделей, скомпонованных на модельной плите, учитывающих их ориентацию в пространстве опоки и определяющий процесс появления дефектов литых заготовок по вине формы

3. Установлена связь показателей конфигурации с составом используемой смеси, получены регрессионные уравнения, описывающие зависимость брака по обвалу и песчаным раковинам от этих факторов

4. Разработан алгоритм компоновки модельной плиты, учитывающий серийность выпуска отливок, влияние конфигурации отливки и их моделей, состав смеси, получаемую степень уплотнения формы.

Практическая ценность работы состоит в том, что разработанный алгоритм и пакет программ позволяет под исходные значения свойств смеси, уровень уплотнения формы, при минимальных затратах времени, спроектировать такую компоновку моделей на модельной плите, при которой рационально используется ее площадь и обеспечивается минимальный уровень дефектности отливок по вине формы

Реализация результатов работы. Результаты работы проверены и внедрены на Кентауском экскаваторном заводе имени 50-летия СССР КЭЗ. Годовой экономический эффект составил 43,5 тыс. руб.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и обсуждались:

- на научных семинарах кафедры "Машины и автоматизация литейного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1979-1986 гг.;
- на зональной научно-технической конференции "Прогрессивные технологические процессы литейного производства, термической обработки, кузнечно-штамповочного производства. Повышение надежности инструмента и технологической оснастки", Владимирское областное правление НТО МАШПРОМ, Владимир, 1983 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 4 статьи

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, изложенных на 148 страницах, содержит 125 рисунков, 24 таблиц и приложения. Список литературы содержит 149 наименований работ советских и зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Состояние вопроса

В настоящее время существуют разнообразные методы описания конфигурации отливки такие как: словесные методы описания; численные характеристики; теория распознавания образов.

Наиболее приемлемыми методами, в свете поставленных задач, являются численные методы. В численном методе описания формы отливки можно выделить следующие группы: использование одного показателя; набора показателей, комплексных показателей.

Проверка возможности использования предложенных ранее отдельных численных характеристик для наших целей показала, что ни одна из них, взятая в отдельности, не дает высокой корреляции с рассматриваемыми параметрами качества отливок. Это же относится к предложенным наборам и комплексным характеристикам. Проверка осуществлялась на базе номенклатуры КЗЗ и ряде других заводов таких как КАМАЗ, Павлодарский тракторный завод (ПТЗ) и др. при значении коэффициента корреляции не менее 0,95. Не удовлетворительная корреляция, на наш взгляд, связана с тем, что упомянутые методики разрабатывались для других целей и, следовательно, недостаточно учитывали факторы, влияющие на качество формы.

Поэтому для решения поставленных задач необходимо разработать специальную методику описания конфигурации отливок.

2. Разработка показателей оценки конфигурации отливок и методика проведения исследования.

Разрушение формы происходит либо на стадии ее изготовления, при взаимодействии модели с формой, либо на стадии заливки при взаимодействии формы с жидким металлом.

Основным фактором, определяющим наличие или отсутствие разрушения формы является ее прочность. Причем на разных стадиях изготовления формы ответственны за разрушение различные прочностные характеристики - либо прочность на растяжение, либо на срез и т.д. Прочность формы, в свою очередь, зависит от конфигурации модели и опоясывающей ее взаимной ориентации, методов уплотнения и свойств формовочной смеси.

Если стабилизировать свойства смеси, метод уплотнения, режим заливки, тогда фактором, определяющим качество формы является конфигурация моделей, скомпонованных на модельной плите, а при ее заливке - конфигурация отливки.

Часто пытаются связать прочность формы лишь с показателем, характеризующим конфигурацию модели, частной информацией о ее расположении в форме. В целом ряде случаев это не дает удовлетворительной корреляции. Для получения надежной информации необходимо полное представление о положении отливки в пространстве формы.

На этой основе сформулировано положение для разработки методики оценки конфигурации отливок.

Необходимо разработать такие обобщенные численные безраз-

мерные показатели, которые взаимосвязано и в общем виде отражали конфигурацию моделей, отливки и внутреннее пространство опоки.

Методика разработки показателей состояла в следующем.

2.1. Описывались геометрические параметры модели и опоки

2.2. Осуществлялась их взаимоувязка

2.3. Производилась полная ориентация модели в опоке

2.4. Описывалась конфигурация отливки.

Для описания геометрических параметров модели использовался известный показатель - приведенный размер R_M . Однако, в общепринятой форме, он может дать объективную оценку только тогда, когда объемы и поверхности у сравниваемых моделей изменяются не пропорционально. Кроме того, этот показатель размерный, что создает определенные трудности при его использовании.

Исправить первое положение, при описании конфигурации модели, можно за счет введения безразмерного показателя развитости поверхности K'_M .

$$K'_M = \frac{S_{\text{шар.м}}}{S_M}$$

где $S_{\text{шар.м}}$ - поверхность шаровой модели, объем которой равен объему данной модели V_M ; S_M - поверхность модели

Форма внутреннего пространства опок без крестовин может быть описана, по аналогии с R_M и K'_M , следующим образом.

$$R_{\text{оп}} = \frac{V_{\text{оп}}}{S_{\text{оп}}}; \quad K_{\text{оп}} = \frac{S_{\text{шар.оп}}}{S_{\text{оп}}}$$

где $V_{\text{оп}}$, $S_{\text{оп}}$ - объем и поверхность внутреннего пространства опоки

$S_{\text{шар.оп}}$ - поверхность шара, объем которого равен объему внутреннего пространства опоки

Связав характеристики R_M и $R_{\text{оп}}$, K'_M и $K_{\text{оп}}$ получим:

$$R_{\Phi} = \frac{R_M}{R_{\text{оп}}} \quad 2.1$$

$$K_{\Phi} = \frac{K'_M}{K_{\text{оп}}} \quad 2.2$$

Наличие характеристики опоки в знаменателе автоматически фиксирует верхние границы изменения для параметров конфигурации модели и кроме того исчезает размерность показателя R_{Φ} .

Так как в R_{Φ} и K_{Φ} отношение объема модели к объему опоки

представлено в неявном виде, а, как известно, оно является важной величиной при формировании прочностных свойств формы. Поэтому необходимо ввести еще одну характеристику K_V .

$$K_V = \frac{V_M}{V_{оп}} \quad 2.3$$

Однако показатели R_Φ , K_Φ , K_V не во всех случаях способны отличить одну конфигурацию модели от другой. Так при одинаковых поверхностях и объемах, но различных формах моделей, эти характеристики не чувствительны. При такой ситуации можно воспользоваться положением точки центра масс модели, который необходимо закоординировать.

$$K_M = \frac{R_{цм}}{R} \quad 2.4$$

где $R_{цм}$ - расстояние от геометрического центра плоскости разреза формы до координаты центра масс

R - расстояние от центра плоскости разреза формы до наиболее удаленной точки внутреннего пространства опоки.

Хотя величина K_M в определенной мере характеризует ориентацию отливки в пространстве опоки, естественно она не определяет ее полностью. Эту ориентацию в общем виде можно определить по трем проекциям следующими безразмерными показателями:

$$S_\Phi = \frac{S_{мр}}{S_{р.оп}}; \quad S_A = \frac{S_a}{S_{\Phi a}}; \quad S_B = \frac{S_b}{S_{\Phi b}}; \quad 2.5$$

где $S_{мр}$ - суммарная площадь отпечатков моделей и литниковопитающей системы по разрезу формы.

S_a , S_b - площади боковых проекций моделей на стенки опоки

$S_{\Phi a}$, $S_{\Phi b}$ - площади боковых стенок опоки

Такие важные особенности как пристеночный зазор и высота модели учитываются еще двумя показателями:

$$R_c = \frac{R_{oc}}{R}; \quad H_\Phi = \frac{H_M}{H_{оп}} \quad 2.6$$

где R_c , H_Φ - показатели, характеризующие ширину и высоту кармана между моделью и опокой.

H_M , $H_{оп}$ - высота модели и опоки

Для описания конфигурации отливки по аналогии с R_M и K_M были использованы $R_{отл}$ и $K_{отл}$, которые записываются так.

$$R_{отл} = V_{отл} / S_{отл}; \quad K_{отл} = S_{ш} / S_{отл}; \quad 2.7$$

где $S_{отл}$, $V_{отл}$ - поверхность и объем отливки

$S_{ш}$ - поверхность шаровой отливки, объем которой равен объему данной отливки.

Корреляционный анализ между предложенной системой показателей 2.1.+2.7., проведенный на номенклатуре отливок, изготавливаемых на АФЛ 92265СМ в опоках 800x700x300 показал, что вероятность брака отливок по обвалу растет в тех случаях, когда имеются модельные плиты с наибольшим значением K_v , K_m , K_{ϕ} , S_{ϕ} , H_{ϕ} , R_c , S_A , S_B , а по песчаным раковинам необходимо дополнительно учитывать $R_{отл}$ и $K_{отл}$. Множественный коэффициент корреляции R^2 между показателями конфигурации моделей и уровнем брака по обвалу равен 0,971, а для геометрических параметров отливок и браком по песчаным раковинам он равен 0,968.

Одним из основных условий успешного применения обычных регрессионных моделей является не коррелированность исходных параметров между собой. Обычно коррелирующие величины не включаются в конечную математическую модель, что зачастую снижает объективность оценки. Преодолеть подобный недостаток в работе позволяет метод анализа главных компонент, который позволяет объединить коррелирующие параметры в одном показателе.

Корреляционная оценка связи традиционных технологических характеристик формовочных смесей с данными по браку не дали удовлетворительных результатов.

Известно, что все технологические характеристики связаны с составом формовочной смеси, и многие из них коррелируют между собой. Контроль формовочной смеси по вещественному составу более прост и удобен для регулирования процесса смесеприготовления. Проведенные исследования показали, что уровень активной глинистой составляющей в формовочной смеси является одним из основных факторов определяющих наличие или отсутствие брака отливок по вине формы. Если контролировать смесь по ее вещественному составу, то необходимо определять и ее влажность, так как оценка прочностных свойств смеси только по одной из этих величин не дает удовлетворительной корреляции.

Следует отметить, что область практического применения формовочной смеси на АФЛ по влажности находится в зоне, начиная с точки максимума прочности на сжатие и далее в сторону увеличения влажности. В этой зоне ряд прочностных характеристик свойств смеси могут быть выражены через активную глинистую составляющую

и влажность формовочной смеси и для них может быть найден обобщенный показатель исходного состояния смеси.

На основе большого количества экспериментальных данных для формовочной смеси, в состав которой входил Кичигинский песок марки ОЗІ5А и глина Нижнеуvelьского месторождения НУ-I, в интервалах влажности 2,8-5,5% и 6-12% ее активной глинистой составляющей, анализом главных компонент был получен обобщенный показатель исходного состояния смеси C . Он характеризует такие прочностные свойства смеси как прочность на сжатие, срез во влажном состоянии, а также технологические характеристики как текучесть, уплотняемость, газопроницаемость, твердость, отражая на 98% их совместную вариацию.

$$C = 0,993 \frac{C_0^2}{W} + 0,116 \frac{C_0}{W} + 0,515C - \frac{0,956}{C_0} - 1,8973, \quad 2.8$$

где C_0 , W - активная глинистая составляющая в (%) и влажность в (%) формовочной смеси.

Наиболее распространенным неразрушающим методом оценки качества формы является измерение ее поверхностной твердости, которая, как известно обычно, коррелирует с плотностью. Проведенные эксперименты на фасонных отливках показали, что наиболее достоверно удается оценить общую степень уплотнения формы когда контроль ведется по минимальной и средней твердости. Наличие же взаимной корреляции не позволяет использовать их в регрессионных моделях при исследовании процесса уплотнения формы. Поэтому эти две характеристики были объединены в один показатель T , на 91% отражающий их совместную вариацию.

$$T = 0,932 \cdot T_{\text{мин}} + 0,367 T_{\text{ср}}; \quad 2.9.$$

где $T_{\text{мин}}$, $T_{\text{ср}}$ - минимальная и средняя твердость

Экспериментальные исследования проводились на АФЛ модели АЗЛ92265СМ, установленной в сталелитейном цехе КЭЗ, АФЛ SPO завода КАМАЗ и АФЛ НИИТРАКТОРОСЕЛЬХОЗМАШ ПТЗ.

Комплексный эксперимент проводился при нормальных режимах работы АФЛ АЗЛ92265СМ в сталелитейном цехе КЭЗ при нормальных режимах работы. Контролировались следующие параметры: активная и общая глинистая составляющая формовочной смеси; параметры уплотнения, которые равны 5с встряхивание, 4с прессование; температура заливаемого металла в форму; качество отпечатка полуформы и отливки.

3. Комплексное влияние обобщенных показателей конфигурации моделей, отливок, исходного состояния смеси на качество отливок

Для выделения наиболее значимых величин из набора характеристик (2.1.) + (2.7.), описывающих общую конфигурацию моделей, смонтированных на модельной плите и получения их обобщенного показателя, был применен метод шаговой регрессии. При контрольном значении множественного коэффициента корреляции $R^2 \geq 0,95$ и соответствующей проверке его на значимость, установлено, что из девяти предложенных показателей наибольшее влияние на вероятность появления брака отливок по обвалу формы оказывают пять характеристик K_v , K_m , K_ϕ , S_ϕ , H_ϕ , которые при помощи весовых коэффициентов были приведены к одному показателю K , равному:

$$K = 7,525K + 3,67K_m + K_\phi + 3,096 S_\phi + 1,27H_\phi \quad 3.1$$

Проверка работоспособности K для отливок, изготавливаемых на различных АФЛ дала следующие результаты: АФЛ 92265СМ КЭЗ коэффициент корреляции $\tau = 0,9687$; АФЛ 5Р0 КАМАЗ $\tau = 0,8909$; АФЛ НИИТРАКТОРОСЕЛЬХОЗМАШ ПТЗ $\tau = 0,98$

В результате отбора на ЭВМ минимальных значений C и T для соответствующих K , начиная с которых целостность формы не нарушалась, была получена зависимость, связывающая параметр T и K .

$$T = 105,354I - 3,584K - 0,1678K^2 \quad 3.2$$

Дальнейшая обработка экспериментальных данных показала, что по мере увеличения C , для постоянного K растет величина T и существуют вполне определенные значения параметра C , при которых брак отливок по обвалу не наблюдается.

$$C = 12,0952 + 1,0066K + 0,042^2 \quad 3.3$$

Доверительные интервалы относительно среднего значения K (при $R^2 = 0,9743$) составили $1,6478 \leq K \leq 5,1042$. В эти пределы попадают модельные плиты с моделями КЭЗ, КАМАЗ, ПТЗ. При отсутствии моделей ($K = 0$) $C = 12,0952$. Физический смысл последнего состоит в том, что для удержания кома смеси в опоке $800 \times 700 \times 300$ величина C должна быть равной 12,0952. В общем случае для опок без крестовин, транспортируемых на тележечном конвейере, нами была получена зависимость, связывающая величину C_F и геометрические параметры опоки F (F - параметр предложен Чудновским И.Д.).

$$C_F = 3,6688 + 13,7044F \quad 3.4$$

где
$$P = \frac{X_0 Y_0}{2 \cdot N_{\text{оп}}(X_0 + Y_0)} ; X_0, Y_0 - \text{ширина и длина опоки в свету}$$

Попытка использования $R_{\text{отл}}$ и $K_{\text{отл}}$ в корреляционном анализе качества формы показала, что между ними наблюдается сильная корреляция $r = 0,87$. Поэтому на основе анализа главных компонент был получен обобщенный показатель оценки конфигурации отливки K_I , равный:

$$K_I = \frac{(0,9688R_{\text{отл}} + 0,2487K_{\text{отл}})^2}{K^{0,5}} \quad 3.5$$

Проверка корреляционной связи K_I с уровнем брака по песчаным раковинам на линиях дала следующие результаты: АФЛ АЗЛ92265СМ КЭЗ $r = 0,9557$; АФЛ СПО КАМАЗ $r = 0,8$; АФЛ НИИТРАКТО-РОСЕЛЬХОЗМАШ ПТЗ $r = 0,9736$

Аналогично (3.3.) получена зависимость $C = C_3$.

$$C_3 = 82,5348 - \frac{140,1532}{K_I^{0,05}} + \frac{72,494}{(K_I^{0,05})^2}, \quad 3.6$$

Доверительные интервалы относительно среднего K_I составили $0,00099 \leq K_I \leq 9,2166$

На основе (3.3.), (3.4.), (3.6.) получена номограмма, позволяющая под заданные C определять необходимые значения K , K_I , F и наоборот.

Для возможности использования параметра C при переходе на другие составы формовочной смеси марки песка и тип глины нами была разработана методика, алгоритм и программа, которая кроме того позволяет пересчитывать на параметр C различные технологические характеристики.

4. Разработка метода автоматизированного проектирования компоновки модельных плит для АФЛ, используемых в многономенклатурном производстве

На основе результатов работы разработан алгоритм компоновки модельной плиты с учетом заданных параметров качества формы.

Задача решалась следующим образом. Задается гарантированное значение параметра C , которое может обеспечить данная смесеприготовительная система состав исходных компонентов, качество дозирования, регенерации и т.д., а также уровень необходи-

мого уплотнения по показателю T и с учетом этого осуществляется компоновка моделей на модельной плите.

При разработке алгоритма компоновки модельной плиты на ЭВМ были приняты следующие положения.

- Алгоритм компоновки модельной плиты должен быть построен на модульном принципе, а его структура должна быть такой, чтобы обеспечить возможность как диалогового так и автономного режима работы ЭВМ. Это позволяет также использовать отдельные его модули для различных целей литейного производства.

- Модель или группа моделей размещаются на реальном или минимом прямоугольном блоке, что позволяет разрабатывать компоновку на целой модельной плите и на модельных вставках. Последнее упрощает разработку алгоритма компоновки.

- При формировании модельного блока или модельной плиты на котором размещаются разнородные модели необходимо обеспечить соблюдение серийной кратности по их производственной программе, для эффективного использования АФЛ

- Положение литникового стояка на модельной плите должно быть унифицировано и иметь ограниченное число позиций так как это дает определенные преимущества при организации автоматизированного участка заливки форм. Таких позиций может быть не более четырех - центр, угол и середина меньшей или большей стороны модельной плиты. Следует отметить, что такая унификация положения литникового стояка не ограничивает возможность реализации различных схем подвода расплавленного металла к отливке.

Исходные данные для проектирования компоновки модельной плиты:

- поверхность, объем отливки и модели
- высота, габаритные размеры модели в плане
- три координаты центра масс модели: расстояние от центра масс до габаритных сторон прямоугольника, вертикальная координата центра масс
- площадь модели по разьему формы
- программа выпуска по каждому наименованию и число наименований литых заготовок
- параметрический ряд опок с их внутренними размерами должны быть заданы в виде базы данных на магнитных носителях (желательно прямого доступа). Такой подход позволяет более эффективно использовать эти данные при проектировании модельной

плиты, а также для решения различных задач литейного производства в конкретных условиях.

При разработке алгоритма решены следующие задачи:

- выбор по заданной величине C соответствующего типоразмера опоки и наоборот.
- компоновка модельных плит для одноименных отливок
- компоновка модельных плит для разноименных отливок с учетом серийной кратности.

При выборе типоразмера опоки использовался показатель F , полученный на основе решения уравнения (3.4.), а также значение $F_{ст}$ для стандартного ряда опок без крестовин, используемых на АЛ. На базе поиска минимальной разницы между F и $F_{ст}$ определяется максимально приближающееся значение F к $F_{ст}$. А уже по его номеру определяется типоразмер опоки. Для этого был разработан соответствующий алгоритм.

При решении двух предпоследних задач компоновки модельной плиты, разработана методика и алгоритмы формирования модельного блока, для этого использовались отдельные элементы рационального раскроя листового полосового материала. Модельный блок может быть получен на основе габаритных размеров эквидистантной фигуры, которая подобна контуру модели в плане, но больше ее по габаритам на величину межмодельного зазора. На модельном блоке может размещаться одна или несколько моделей.

При решении задачи размещения однотипных моделей на модельной плите предварительно решались проблемы формирования модельного блока для одной и для нескольких моделей.

Принцип решения задачи формирования модельного блока для одной модели основан на вращении эквидистантной фигуры и выделения таких габаритов прямоугольного блока при котором максимально используется его площадь.

При размещении нескольких одноименных моделей на модельном блоке рассматривались случаи двухкоординатного сближения, вращения и их комбинаций. Для этих способов формирования модельных блоков были разработаны соответствующие алгоритмы и программы.

При решении задачи компоновки модельных плит из разноименных моделей предварительно решалась проблема формирования модельного блока из разноименных моделей с учетом серийной кратности. Эти блоки могут быть получены следующим образом:

- путем наложения одного плана компоновки модельной плиты

на другую когда на модельной плите размещается только одно наименование отливки и выделения такого количества моделей на плите, при котором обеспечивается серийная кратность;

- когда общий блок формируется из отдельных модельных блоков;

- когда общий блок получается путем подсадки одних моделей в габаритные размеры других моделей. Для получения этих блоков были разработаны соответствующие алгоритмы и программы.

И наконец при решении обеих задач компоновки модельных плит дополнительно рассматривалась проблема использования остатков свободных площадей модельной плиты. С этой целью был разработан алгоритм распознавания наличия свободной площади ее конфигурации и размеров, а также алгоритмы раскладки моделей на ней.

5. Апробация методики компоновки модельных плит на ЭВМ

Апробация методики проектирования компоновки модельных плит на ЭВМ показала, что разработанный алгоритм и пакет программ позволяет в кратчайшие сроки получить наиболее рациональную компоновку модельной плиты. Кроме того, апробация показала, что результат компоновки не отличается от обычного способа проектирования и помогает проектировщику избежать ошибок при проектировании.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Анализ работы АФЛ в различных отраслях и особенно в многономенклатурном производстве показывает, что одна из основных причин снижения эффективности их применения связана с влиянием номенклатуры отливок на качество формы. На существующих АФЛ брак отливок достигает в отдельных случаях 10-20%, причем основная его часть приходится на такие дефекты как обвал, песчаные раковины (засор), доля которых в браке по вине формы составляет 80%.

Одной из главных причин появления этих дефектов является большая неоднородность номенклатуры отливок, выпускаемых на конкретной линии. Уровень брака на отдельных наименованиях отливок по вине формы отличается в несколько раз. Это свидетельствует о том, что в настоящее время нет обоснованных методов подбора номенклатуры литых заготовок для АФЛ, гарантирующих качество, изготавливаемой формы. В результате для ряда отливок технологичес-

кий процесс изготовления формы не является оптимальным.

2. Сократить брак отливок по этой причине возможно лишь при разработке целевой классификации отливок по признакам, оказывающим влияние на качество формы, которая должна базироваться на комплексе численных показателей, характеризующих конфигурацию отливок и условия изготовления формы. Учитывая многообразие факторов определяющих процесс формирования качества формы на АМЛ и вероятностный характер их взаимодействия, для анализа использовался корреляционно-регрессионный метод совместно с анализом главных компонент. Последний метод позволил повысить достоверность результатов исследования за счет включения в математическую модель дополнительных коррелирующих параметров.

3. На основе анализа процессов протекающих при изготовлении формы, разработан комплекс показателей, описывающих конфигурацию отливок и их моделей, скомпонованных на модельной плите, учитывающий их ориентацию в пространстве опоки и определяющий процесс появления дефектов отливок по вине формы.

В результате исследования установлено, что для оценки влияния конфигурации моделей на появление дефектов отливок по обвалу достаточно пяти показателей, описывающих эту компоновку K_v , K_m , K_f , S_f , H_f , которые могут быть представлены одним обобщенным показателем K . Для оценки влияния конфигурации отливок на появление песчаных раковин достаточно показателей $R_{отл}$ и $K_{отл}$, которые могут быть выражены одним обобщенным показателем, учитывающим конфигурацию моделей на модельной плите. Показатели K и K_I обеспечивают корреляционную связь с браком по обвалу на уровне 0,88-0,96, а с браком по песчаным раковинам на уровне 0,8 - 0,97.

4. На основе литературного обзора, лабораторных и промышленных экспериментов установлено, что прочностные параметры смеси, с позиции рассматриваемых явлений можно оценивать по вещественному составу формовочной смеси - по уровню ее активной глинистой составляющей, уровню влажности как параметров удобных для контроля регулирования процесса смесеприготовления. Эти факторы могут характеризоваться одной обобщенной величиной.

5. Установлено, что качество уплотнения формы может быть оценено по обобщенной величине T , объединяющей минимальную и среднюю твердость.

6. Установлена связь показателей конфигурации с составом

используемой смеси, получены регрессионные уравнения, связывающие конфигурацию моделей на модельной плите, конфигурацию отливки и опоки с минимально необходимым уровнем уплотнения, характеризующим параметром T и минимальным значением исходного состояния смеси C , при которых дефекты отливок по обвалам и песчаным раковинам будут отсутствовать.

7. Получена номограмма, позволяющая по заданному значению исходных свойств формовочной смеси C определить необходимое значение показателей K , K_I , F , характеризующих конфигурацию моделей на модельной плите, конфигурацию отливки и типоразмер опоки, при которых обеспечивается минимальный уровень брака литьевых заготовок по обвалу и песчаным раковинам.

Разработана методика, алгоритм и программа, позволяющая получить адекватные результаты по предложенным зависимостям при изменении типа глины и марки песка, которая также позволяет осуществлять пересчет любых технологических характеристик контроля качества приготовления формовочной смеси на параметр C .

8. Разработана методика, алгоритм и пакет программ компоновки модельной плиты, позволяют подобрать опоку, номенклатуру отливок с учетом серийности выпуска отливок, влияния конфигурации отливок, моделей и опоки, состав смеси, получаемую степень уплотнения формы.

Модульный принцип построения программ позволяет использовать их как в автономном так и в диалоговом режиме работы проектировщика с ЭВМ и использовать отдельные ее модули для различных нужд литейного производства.

9. Разработанный алгоритм и пакет программ может быть использован для проведения машинных экспериментов, связанных с прогнозированием качества отливок при их формовке на АФЛ, а также может быть применен в системе оперативного управления технологическим процессом изготовления форм.

Полученные результаты могут быть реализованы при решении следующих задач, когда под заданные свойства смеси и режимы уплотнения подбирается определенная номенклатура отливок и наоборот. При этом скращается время расчета компоновок модельных плит в 200-400 раз, а время получения графического плана компоновки модельных плит в 20-30 раз.

10. Результаты работы внедрены в сталелитейном цехе Кентауского экскаваторного завода имени 50-летия СССР. Годовой

экономический эффект составил 43,5 тыс.руб. Программа раскладки моделей на модельных плитах, принята к использованию в литейном цехе Ремонтного завода Джамбулского производственного объединения Химпром.

Основные результаты опубликованы в следующих работах

1. Омм В.В., Акишев К.У., Гини Э.Ч. Методы оценки конфигурации литейных моделей 3// Известия высших учебных заведений. Машиностроение. - 1983.- № 1.- С.118-121.

2. Акишев К.У., Омм В.В., Гини Э.Ч. Определение связи между свойствами и составом формовочных смесей с помощью полиномов Чебышева // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. - 1983.- № 7.- С.88-92.

3. Гини Э.Ч., Омм В.В., Акишев К.У. Факторы брака отливок при их изготовлении на автоматической формовочной линии // Литейное производство. - 1984.- № 8. С.24-26.

4. Омм В.В., Акишев К.У. Влияние конфигурации отливок на уровень брака по засору на автоматических формовочных линиях // Прогрессивные технологические процессы литейного производства, термической, химико-термической обработки, кузнечно-штамповочного производства. Повышение надежности инструмента и технологической оснастки.-Владимир, 1983.- С.34. (Тез.докл. науч. техн. конф.)

5. Акишев К.У., Омм В.В. К вопросу планирования загрузки автоматической формовочной линии в широкономенклатурном производстве с использованием ЭВМ // Литейное производство.-1985.- № 11. - С.50.

Акишев

