

М 355973

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

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

НА ДОМ
СОЗДАЕТСЯ

На правах рукописи

ЧИКУНОВ Юрий Матвеевич

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ПРИБЫЛЕЙ
РАЗНОСТЕННЫХ (ФАСОННЫХ) СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК ДЛЯ ТЯЖЕЛОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ

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 1979

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

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

На правах рукописи

ЧИКУНОВ Юрий Матвеевич

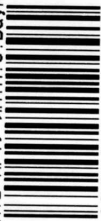
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ПРИБЫЛЕЙ
РАЗНОСТЕННЫХ (ФАСОННЫХ) СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК ДЛЯ ТЯЖЕЛОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ

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

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1355973

Чикунев Ю. М. Разработка и

Москва 1979

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Высшем Техническом училище им. Н.Э. Баумана и Электростальском ордена Ленина заводе тяжелого машиностроения.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Г.Ф. БАЛАНДИН

Официальные оппоненты:

доктор технических наук П.Ф. ВАСИЛЕВСКИЙ

кандидат технических наук В.В. ДЕСНИЦКИЙ

Ведущее предприятие - Южно-Уральский машзавод

Защита диссертации состоится " " _____ 1979 г.
на заседании специализированного Совета К 053.15.13 по металл-
ведению и горячей обработке металлов Московского ордена Ленина и
ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища
им. Н.Э. Баумана по адресу:

г. Москва, 107005, 2-я Бауманская ул. дом 5.

Ваши отзывы, заверенные печатью, просим выслать по указан-
ному адресу.

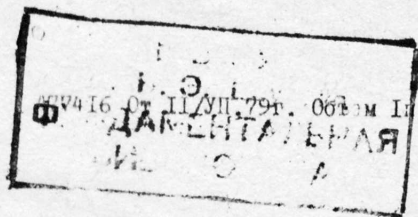
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ
им. Н.Э. Баумана.

Автореферат разослан " " _____ 1979 г.

УЧЕНЫМ СЕКРЕТАРЬ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СОВЕТА
канд. техн. наук, доцент

Овсенко

БЕЛИКОВ О.А.



16.01.1979. ОБЩЕМ И. л. тип. МВТУ зак. 966 тир. 100

ПРЕДИСЛОВИЕ. В настоящем исследовании дано новое решение научной задачи создания метода расчета минимальных объема и числа прибылей для достижения заданного качества стальных фасонных отливок.

На основе анализа номенклатуры литья для тяжелого машиностроения, а также в силу специфики полученного решения задача разделена на две связанные друг с другом:

I. Разработка и внедрение метода расчета прибылей стальных равностенных (простых) отливок для тяжелого машиностроения – задача решена инженером ЧЕБОТАРЕВЫМ А.С.

II. Разработка и внедрение метода расчета прибылей стальных разностенных (фасонных) отливок для тяжелого машиностроения – задача решена инженером ЧИКУНОВЫМ Ю.М.

Настоящая диссертация выполнена инженером Чикуновым Ю.М. и содержит решение второй задачи.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ. Повышение качества и надежности машин, снижение материалоемкости и трудоемкости их изготовления – одна из важнейших задач X пятилетки, решение которой во многом определяется уровнем совершенства технологического процесса изготовления литых заготовок стальных деталей.

Одной из центральных задач литейной технологии является получение плотной структуры фасонных стальных отливок, что связано с обеспечением их питания во время кристаллизации.

Известно, что эффективность питания определяется, с одной стороны, технологией литья, а с другой – конструкцией литой детали. Поэтому при определении оптимальной технологии литья важно уметь составить прогноз качества металла отливки в связи с реальной конфигурацией детали, ее положением при кристаллизации и технологией литья. Но именно процедура определения качества металла отливки до ее производства, как показал анализ существующих решений этой задачи, является на сегодня весьма неопределенной, что приводит к широкой дисперсии решений и, как следствие этого, неоправданному перерасходу металла на питание, дефектам в литье и браку.

В связи с изложенным создание и внедрение метода расчета прибылей с учетом реальной конфигурации и положения отливки, обеспечивающего заданное качество металла отливки при минимальном расходе жидкой стали, является актуальной задачей.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ. Целью настоящей работы является разработка и внедрение метода расчета прибылей стальных разностенных отливок для тяжелого машиностроения.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ. Экспериментальный с применением системного подхода к анализу проблемы, планированию экспериментов и обобщению опытных данных.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Защите подлежат следующие научные положения:

1. Качество каждой стальной отливки, получаемой в песчаной форме, при соблюдении принятых в данном цехе режимов формовки, плавки и заливки определяется конфигурацией этой отливки и ее расположением в форме во время кристаллизации.

Это положение следует рассматривать как результат обобщения наших производственных наблюдений в сталелитейных цехах ЭЗТМ и анализа специальных экспериментов на образцах.

Качество стальной отливки, в которой нет внешних изъянов, в данной работе оценивается степенью развития усадочных и ликвационных дефектов.

2. Для каждой стальной отливки существует лишь один вариант ее расположения в форме при кристаллизации, при котором заданное ее качество обеспечивается минимальными числом и объемом прибылей.

Это положение доказано для равностенных отливок в диссертации инженера Чеботарева А.С.

3. С учетом положений 1 и 2 разностенная отливка – системотехнический объект, расчленяемый на оптимальные параллелепипеды разных объемов.

Оценка качества металла каждого параллелепипеда и определение минимальных объема и числа прибылей для отливки в целом или ее части производится с учетом взаимодействия параллелепипедов друг с другом в процессе кристаллизации.

4. Обобщенная, с помощью параметров n и W , экспериментальная связь между размерами параллелепипедов разных объемов и выбранными показателями качества литой стали в них, представленная в аналитическом виде, является основой для разработки алгоритма расчленения отливки на элементы и синтеза из них той же отливки с минимальными прибылями и напусками для питания, обеспечивающими заданное качество этой отливки.

Параметры n и W введены и обоснованы в диссертации инженера Чеботарева А.С.

5. Предлагаемый метод расчета прибылей удобен для простой алгоритмизации и численного представления при машинной реализации процедуры проектирования технологии стальных фасонных отливок требуемого качества.

Кроме того, этот метод, при его обращении, можно рассматривать как основу для машинного проектирования стальных литых деталей требуемого качества, технологичных в заданных условиях их производства.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ. Разработаны номограммы для ручного проектирования технологии питания разностенных стальных отливок заданного качества, а также программы для машинного определения параметров технологии питания с помощью ЭЦМ Наир и Минск 32.

РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ. Полученные результаты с 1976 приняты к внедрению на ЭЗТМ.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ. При расчете прибылей по разработанному совместно с инженером Чеботаревым А.С. методу для отливок номенклатуры ЧСЛЦ-1 ЭЗТМ получена экономия в среднем 11 рублей на 1 тонну годных отливок. Ожидаемый годовой эффект по цеху за счет оптимизации технологии питания по разработанному методу - 100 тысяч рублей.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Материалы диссертации доложены: 1) на техническом совете у Главного металлурга ЭЗТМ 20.12.74г.

2) на УШ общезаводской партийно-технической конференции ЭЗТМ 21.11.75г., 3) на техническом совете НИУМет ЭЗТМ 24.12.75г., 4) на семинаре комиссии по автоматизированному проектированию технологических процессов в литейном производстве ЦП НТО Машпром 18.02.76г., 5) на научно-техническом семинаре в Московском Доме НТИ им. Ф.Э. Дзержинского 24.05.76г. 6) на Шестом совещании по автоматизации процессов машиностроения 9.12.76г.

ПУБЛИКАЦИЯ. По теме диссертации опубликованы пять статей.

ОБЪЕМ РАБОТЫ. Диссертация состоит из предисловия, введения, четырех глав, выводов и приложения; изложена на 176 страницах, содержит 80 рисунков, 7 таблиц, список использованной литературы из 47 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

Анализ литературы по расчету прибылей для фасонных отливок изложены во введении.

Диссертация написана на русском языке.

1. РАСЧЕТ ПРИБЫЛЕЙ РАВНОСТЕННЫХ ОТЛИВОК

В главе I изложены основы полученного на I этапе* решения для равностенных отливок, уподобляемых прямоугольному параллелепипеду с размерами a, b, c , где a — больший размер подприбыльной грани, b — меньший размер подприбыльной грани, c — высота. Такая отливка при условии питания одной минимальной прибылью, установленной в ее геометрическом центре, характеризуется тремя взаимообуславливаемыми компонентами:

1. Конфигурацией и положением отливки, определяемыми соотношением размеров a/c , b/c .

2. Минимальной прибылью, определяемой коэффициентом $\kappa = \frac{V_{np}}{V}$, где V_{np} — объем прибыли, V — объем отливки.

3. Качеством питания, определяемым баллом B .

Введение погтий минимальной прибыли, технологии питания и качества питания отливки позволило свести решение первого этапа к определению соответствия качества питания равностенной отливки технологии ее питания прибылями, т.е.

$$B = B_1 \left(\frac{a}{c}, \frac{b}{c}, \kappa \right), \quad (I.1)$$

где совокупность $\left(\frac{a}{c}, \frac{b}{c}, \kappa \right)$ определяет технологию питания.

Так как $\kappa = \kappa_1 \left(\frac{a}{c}, \frac{b}{c} \right), \quad (I.2)$

то $B = B_2 \left(\frac{a}{c}, \frac{b}{c} \right). \quad (I.3)$

Запись решения (I.3) явилась результатом системного анализа реальной отливки, позволяющего решить задачу в рамках множества прямоугольных параллелепипедов, отображенного на плоскости в координатах n, W областью точек, ограниченной кривой

$$n = \frac{1}{3} \sqrt[3]{\frac{2}{(1-2W)^2 \cdot W}}. \quad (I.4)$$

где n — отношение поверхностей произвольного прямоугольного параллелепипеда и куба, имеющих одинаковый объем.

W — отношение площади подприбыльной грани прямоугольного параллелепипеда ко в ей его поверхности.

Значения n и W определяются из выражений

* Диссертация инженера Чеботарева А.С.

$$n = \frac{1+m_1+m_2}{3\sqrt[3]{m_1 \cdot m_2}},$$

$$W = \frac{1}{2(1+m_1+m_2)},$$

где $m_1 = \frac{c}{a}$, $m_2 = \frac{c}{b}$.

Любая точка в области, ограниченной кривой (I.4), — один из определенных параллелепипедов в одном из положений.

Замечательное свойство непрерывности и монотонности изменения конфигурации параллелепипедов в пределах любого подмножества $n = \text{const}$ при $V = \text{const}$ и связанное с этим свойством предположение о монотонности изменения качества питания и объемов минимальных прибылей было положено в основу экспериментальной методики их определения.

Так выражение (I.I) приобрело вид

$$B = B_1(n, W, K). \quad (\text{I.IO})$$

При этом значение K , если допустить его линейное изменение с W при $n = \text{const}$, можно определить по выражению

$$K = \hat{K} + (K - \hat{K}) \cdot \frac{W - \hat{W}}{\underline{W} - \hat{W}}, \quad (\text{I.II})$$

где $\hat{K}$, $\hat{W}$ — значения K , W для параллелепипеда с квадратной подприбыльной гранью, имеющего $a = b = c$ и одинаковое с заданным параллелепипедом значение $\hat{n} = n$.

$\underline{K}$, $\underline{W}$ — значения K , W для параллелепипеда с квадратной подприбыльной гранью, имеющего $a = b \leq c$ и одинаковое с заданным параллелепипедом значение $\underline{n} = n$.

Таким образом, экспериментальная методика была сведена к исследованию ряда отливок, принадлежащих кривой (I.4), т.е. с квадратной подприбыльной гранью.

В результате обобщения экспериментальных данных получены алгоритмы и номограммы для решения следующих задач.

1. Определение минимальной прибыли и оценка качества питания равностенной отливки или ее части по их заданным размерам.

2. Определение минимальных числа и размеров прибылей для

обеспечения требуемого качества питания протяженных равностенных отливок.

2. РАЗНОСТЕННАЯ ОТЛИВКА КАК СИСТЕМА

В главе 2 показано системотехническое решение задач определения минимальной прибыли разностенной отливки и оценки качества питания произвольной ее части.

В основу решения положено представление о разностенной отливке как о совокупности частей в виде прямоугольных параллелепипедов (элементов), разных объемов и конфигураций скомпонованных с учетом следующих ограничений.

1. Расположение всех элементов в объеме отливки определяется совпадением одной из осей симметрии каждого элемента с общей осью симметрии отливки, при этом соответственные ребра разных частей параллельны, т.е. $a_1 \parallel a_2 \parallel a_3 \dots$, $b_1 \parallel b_2 \parallel b_3 \dots$, $c_1 \parallel c_2 \parallel c_3 \dots$.

2. Положение отливки при кристаллизации определяется совпадением любой из ее осей симметрии с направлением гравитации.

3. Любая композиция верхних элементов может рассматриваться как прибыль для любой композиции нижних элементов.

В результате исследования системы доказана возможность сведения задач оценки качества произвольного ее элемента к задаче оценки качества питания в системе, состоящей только из двух элементов, из которых верхний элемент является минимальной прибылью.

На рис. 2.1 схематично показаны три различные пути трансформации отливки — системы $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$ из 4-х элементов в систему из 2-х элементов, зависящие от того в каком элементе исходной отливки необходимо оценить качество питания.

Так, например, качество питания элемента 4 под минимальной прибылью — композицией ($1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$) (рис. 2.1.1) принято оценивать баллом качества питания того же элемента 4 под минимальной прибылью $(3 + 2 + 1)$ (рис. 2.1.2), при условии, что $Q_{(3+2+1)} = Q_3$,

$$B_{(3+2+1)} = B_3.$$

Качество питания элемента 3 под минимальной прибылью ($1 \rightarrow 2$) с учетом примыкающего снизу элемента 4 (рис. 2.1.4) принято оценивать баллом качества питания элемента $(3+4)$ (рис. 2.1.6) под минимальной прибылью $(2+1)$, где размер $C_{(3+4)}$ определяется

из условия равенства минимальных прибылей для элементов 4 (рис. 2.1.2) и 4₃ (рис. 2.1.3).

Аналогично показанному определено и качество питания элемента 2 в системе $I \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$ (рис. 2.1.7, 8, 9).

Для определения минимальных прибылей в системе $I \rightarrow 2$ из 2-х элементов, где элемент 1 (n_1, W_1) — минимальная прибыль, элемент 2 (n_2, W_2) — отливка, использовано следующее выражение:

$$K_{1 \rightarrow 2} = K_{1 \rightarrow 2} + (K_{1 \rightarrow 2} - K_{1 \rightarrow 2}) \cdot \frac{W_1 - W_1}{W_1 - W_1}, \quad (2.1)$$

где $K_{1 \rightarrow 2}$, $K_{1 \rightarrow 2}$ — значения коэффициентов $K_{1 \rightarrow 2}$ минимальных прибылей в виде элементов, принадлежащих соответственно верхней и нижней ветвям кривой (I.4), имеющих одинаковое с искомой прибылью значения $\hat{n} = \underline{n} = n_1$; W_1 и W_1 — значения W прибылей, имеющих $\hat{n} = \underline{n} = n_1$ и принадлежащих соответственно верхней и нижней ветвям кривой (I.4).

Выражение (2.1) применимо для отливки с постоянными n_2, W_2 и учитывает изменение $K_{1 \rightarrow 2}$ в зависимости только от изменения конфигурации и положения прибыли при $V_1 = \text{const}$.

Но так как влияние конфигурации и положения отливки при ее постоянном объеме и при постоянных значениях n_1, W_1 определяется выражением (I.II), то для любого элемента I, принадлежащего верхней ветви кривой (I.4), если его рассматривать в качестве минимальной прибыли с постоянным n_1, W_1 , можно по аналогии с (I.II) записать:

$$K_{1 \rightarrow 2} = K_{1 \rightarrow 2} + (K_{1 \rightarrow 2} - K_{1 \rightarrow 2}) \cdot \frac{W_2 - W_2}{W_2 - W_2}, \quad (2.2)$$

где $K_{1 \rightarrow 2}$, $K_{1 \rightarrow 2}$ — значения коэффициентов $K_{1 \rightarrow 2}$ минимальных прибылей в виде элемента, принадлежащего верхней ветви кривой (I.4); имеющего $\hat{n} = n_1$, для отливок в виде элементов соответственно с верхней и нижней ветвей кривой (I.4), имеющих $\hat{n} = \underline{n} = n_2$.

То же для элемента I, принадлежащего нижней ветви кривой (I.4):

$$K_{1 \rightarrow 2} = K_{1 \rightarrow 2} + (K_{1 \rightarrow 2} - K_{1 \rightarrow 2}) \cdot \frac{W_2 - W_2}{W_2 - W_2}, \quad (2.3)$$

где $K_{1 \rightarrow 2}$ и $K_{1 \rightarrow 2}$ — значения коэффициентов $K_{1 \rightarrow 2}$ минимальных прибылей в виде элемента, принадлежащего нижней ветви кривой (I.4), имеющего $\bar{n} = n_1$, для отливок в виде элементов соответственно с верхней и нижней ветвей кривой (I.4), имеющих $\bar{n} = \bar{n} = n_2$.

В выражения (2.2) и (2.3) в качестве неизвестных входят величины $K_{1 \rightarrow 2}$, $K_{1 \rightarrow 2}$, $K_{1 \rightarrow 2}$ и $K_{1 \rightarrow 2}$, которые могут быть определены, например, экспериментальным исследованием конечного числа отливок, имеющих $a_2 = b_2$ и разные c_2 с минимальными прибылями, имеющими $a_1 = b_1$ и разные c_1 .

Далее также показано, что для определения качества питания произвольного элемента 2 (n_2, W_2) с минимальной прибылью I (n_1, W_1) достаточно результатов экспериментального исследования качества питания ряда отливок с квадратной подприбыльной гранью питаемых минимальными прибылями с квадратным основанием.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПИТАНИЯ ОТЛИВОК

Для экспериментального обоснования справедливости полученных в главе 2 выводов, положенных в основу разработанного в диссертации решения, были сформулированы и реализованы "правила" построения многоступенчатых отливок с заданным качеством питания.

Суть экспериментальной методики сведена к изготовлению и исследованию макроструктур осевых зон цилиндрических отливок и отливок — сочленений двух цилиндров.

В качестве материала отливки использовали сплав на основе экстракционного пчелиного воска и стеарина; причем состав сплава был подобран так, чтобы в реальных условиях эксперимента было возможно определять качество питания отливок по макроструктуре осевого сечения без специальной обработки поверхности разреза. По результатам замеров протяженности "плотных" зон и зон пористости с применением разработанных правил были спроектированы и изготовлены многоступенчатые отливки, качество питания которых соответствовало заданному.

Анализ экспериментов позволил ввести понятие эквивалентных отливок — отливок, имеющих одинаковые минимальные прибыли заданной конфигурации, и разработать правила приведения разностенных отливок

к эквивалентным равностенным (простым).

Таким образом, экспериментально подтверждено, что задача анализа качества питания любого элемента отливки-системы, состоящей из более чем двух элементов, становится определенной при наличии результатов исследования только отливок - систем двух элементов.

В главе 2 показано, что для решения задачи определения минимальной прибыли в виде произвольного прямоугольного параллелепипеда для отливки также в виде произвольного прямоугольного параллелепипеда и качества питания этой отливки необходимо и достаточно получить решение для отливок с квадратной подприбыльной гранью под прибылями с квадратным основанием.

Для отливок с квадратной подприбыльной гранью, принадлежащих кривой (I.4), экспериментально определили K минимальных прибылей и качество питания под прибылями в виде куба, бесконечной плиты и бесконечного бруска.

Предварительно, на основании специально проведенных экспериментов, установили параметры прибылей с квадратным основанием, имитирующих прибыли в виде бесконечной плиты и в виде бесконечного бруска.

Минимальные объемы прибылей определяли по результатам исследования макроструктуры опытных отливок объемом $3,375$ и $15,6 \text{ дм}^3$, принадлежащих кривой (I.4), залитых сталью 30Л в песчаную форму, после травления их осевых темплетов в 50 % соляной кислоте при температуре 80°C в течение 30 мин.

Качество питания опытных отливок с минимальными прибылями определяли визуально по виду макроструктуры осевого темплета, используя балльную оценку, разработанную при исследовании равностенных отливок.

Обобщенные результаты экспериментального определения минимальных прибылей в виде куба ($W_{\text{кр}} = 0,167$), бесконечного бруска ($W_{\text{бр}} = 0,092$) и бесконечной плиты ($W_{\text{пл}} = 0,41$) для отливок с квадратной подприбыльной гранью представлены графиками, определяющими зависимости вида

$$K = K_{\text{pi}}(n_{\text{от}}), \quad (3.1)$$

$$j = \begin{cases} 1 - \text{при } W_{np} = 0,092 \\ 2 - \text{при } W_{np} = 0,167 \\ 3 - \text{при } W_{np} = 0,41 \end{cases}$$

$$i = \begin{cases} 1 - \text{при } W_{от} \geq 0,167 \\ 2 - \text{при } W_{от} < 0,167 \end{cases}$$

По этим графикам для любой отливки с квадратной подприбыльной гранью (с $W_{от} < 0,167$ или $W_{от} > 0,167$) можно определить тройку значений минимальных прибылей с квадратным основанием, являющихся точками непрерывной зависимости

$$K = K_i (W_{np})_{n_{от} = \text{const}} \quad (3.2)$$

График зависимости (3.2) для любой из отливок, принадлежащих кривой (1.4) имеет минимум при $W_{np} = 0,167$ и стремится к бесконечности при $W_{np} \rightarrow 0,5$ и $W_{np} \rightarrow 0$.

Это свойство (3.2) использовали для получения аналитической зависимости вида

$$K = f(n_{от}, W_{np}) \quad (3.3)$$

для отливок с квадратной подприбыльной гранью, питающихся минимальными прибылями с квадратным основанием, для чего:

1. Методом наименьших квадратов было найдено описание кривых (3.1) полиномами 4-й степени вида $K_{ji} = \sum_{q=1}^5 \frac{a_{jq}}{n_{от}^q}$;

2. Использованы экспоненциальные кривые для аналитического описания кривых (3.2) в интервале $0,167 \leq W_{np} < 0,41$ и $0,167 \geq W_{np} > 0,092$.

Окончательно аналитическое выражение (3.3) имеет вид

$$f_i = \begin{cases} K_{1i} (1+B)^2, B = \frac{1}{9,11} \left(\frac{4 W_{np}}{1-2 W_{np}} - 9,11 \right) & 0,41 \leq W_{np} < 0,5 \\ K_{2i} \exp \alpha (W_{np} - 0,167) & 0,092 < W_{np} < 0,167 \\ K_{2i} \exp \beta (0,167 - W_{np}) & 0,167 < W_{np} < 0,41 \\ K_{3i} \left(\frac{1}{8,8 W_{np}} - 0,227 \right) & 0 < W_{np} \leq 0,092 \end{cases}$$

Коэффициенты α и β определяются из уравнений

$$K_{2i} \exp \alpha (W_{np} - 0,167) = K_{3i},$$

$$K_{2i} \exp \beta (0,167 - W_{np}) = K_{1i}.$$

Для наглядного представления выражения (3.3), построена номограмма, рассчитанная по выведенным формулам с помощью ЭЦМ, для определения K минимальных прибылей с квадратным основанием, питающих отливки с квадратной подприбыльной гранью, с пределами изменения $n_{от}$ от 1 до 2,2.

Пользуясь построенной номограммой или выражением (3.3) в аналитическом виде, можно определить значения $K_{1 \rightarrow 2}$, $K_{1 \rightarrow 3}$, $K_{1 \rightarrow 4}$, $K_{1 \rightarrow 5}$, $K_{1 \rightarrow 6}$, необходимые для расчета по формулам (2.2) (2.3) и (2.1) значений $K_{1 \rightarrow 2}$, $K_{1 \rightarrow 3}$, $K_{1 \rightarrow 4}$, из которых последний — коэффициент минимальной прибыли (1) в виде произвольного прямоугольного параллелепипеда для отливки (2) в виде также произвольного прямоугольного параллелепипеда.

По результатам исследования качества питания опытных отливок прибылями различной конфигурации для практического использования построены две номограммы. По первой номограмме по значениям a/c и b/c отливки в виде произвольного параллелепипеда и по заданной конфигурации минимальной прибыли может быть определен балл качества питания отливки. По второй номограмме по значению b/c отливки может быть определено максимальное значение a — протяжности питания отливки для обеспечения заданного балла качества питания.

4. ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ

В главе 4 на основании теоретического и экспериментального исследования разработаны и подробно показаны решения наиболее важных частных задач:

1. Определение размеров минимальной прибыли в виде прямоугольного параллелепипеда, заданной конфигурацией.
2. Определение высоты минимальной прибыли, заданной основанием.
3. Определение высоты отливки, заданной подприбыльной гранью и минимальной прибылью.
4. Приведение разностенной отливки к эквивалентной равностенной.
5. Приведение разностенной прибыли к эквивалентной равностенной.
6. Построение уклонов вертикальных и горизонтальных стенок, обеспечивающих заданный балл качества питания.
7. Приведение к эквивалентным равностенным разностенных отливок, имеющих конфигурацию, отличающуюся от принятой в главе 2 модели разностенной отливки как системы.

Необходимость в решении перечисленных задач возникает не толь-

ко при разработке технологии литья, но и при рациональном конструировании литых деталей с учетом заданных условий их производства. Задачи представлены в последовательности их постепенного усложнения, что позволило использовать в решении очередной задачи решения предыдущих как готовые элементы и сделало наглядной возможность алгоритмизации.

Для задач I-4 дано подробное описание процедуры алгоритмизации, составлены граф-схемы алгоритмов этих задач. Показана возможность алгоритмизации и остальных рассмотренных задач питания.

В "Приложении" представлена действующая программа для ЭЦМ "Напри К" решения задачи приведения разностенной отливки к эквивалентной равностенной. Там же показаны макроструктуры промышленных отливок ответственного назначения, минимальное количество и размеры прибылей которых определены по разработанному методу с использованием ЭЦМ, исходя из условия получения качества питания, соответствующего II баллу. Показанные фотоматериалы характеризуют высокую эффективность разработанного метода расчета прибылей разностенных отливок.

Материалы диссертационной работы в виде номограмм для ручного и программ для машинного проектирования используются технологами - литейщиками ЭЗТМ при разработке технологии стального литья. Разработаны также инструктивные материалы, содержащие рекомендации по рациональному проектированию некоторых типовых литых деталей, таких, например, как зубчатых и ходовых колес.

ВЫВОДЫ

I. Наибольшую трудность при разработке технологии стального литья в песчаные формы представляет прогнозирование качества металла отливок в связи с условиями их питания при кристаллизации, так как имеющиеся данные по протяженности питания прибылями получены исследованием отливок в виде стенок постоянной толщины и не учитывают особенностей питания реальных фасонных отливок. Слабо разработаны также вопросы питания и оценки качества частей фасонных отливок, по условиям службы которых не требуется высокая плотность металла.

2. Метод определения минимальных числа и объемов прибылей равностенных (простых) отливок заданного качества, практически приемлемый для литья в песчаные формы из углеродистой и низколегированной стали с содержанием углерода $C = 0,17 + 0,50 \%$, удобный для алгоритмизации, получен благодаря применению системного анализа равностенных отливок, питающихся от прибылей.

3. Применение системного анализа разностенных (фасонных) отливок позволило спланировать необходимое количество экспериментов и теоретически обобщить полученные экспериментальные результаты с целью разработки метода расчета количества и размеров минимальных прибылей, технологических напусков и уклонов, необходимых для питания разностенных отливок заданного качества.

3.1. Экспериментально установлено, что также как и для равностенной стальной отливки качество разностенной (фасонной) отливки, получаемой в песчаной форме, при соблюдении принятых в данном цехе режимов формовки, плавки и заливки определяется конфигурацией этой отливки и ее расположением в форме во время кристаллизации. Причем, для каждой отливки существует лишь один вариант ее расположения в форме при кристаллизации, при котором заданное ее качество обеспечивается минимальным расходом металла на прибыли.

3.2. Экспериментально установлена допустимость оценки качества металла разностенной отливки, а также определения минимальных прибылей для отливки в целом или ее части, основанная на представлении о фасонной отливке как системе, расчленяемой на оптимальные параллелепипеды разных объемов, взаимодействующих между собой во время кристаллизации.

3.3. Доказана возможность обобщения, с помощью параметров Π и W , экспериментальной связи между размерами параллелепипедов разных объемов и выбранными показателями качества литой стали в них, представленной в аналитическом виде и являющейся основой для разработки алгоритма расчленения отливки на элементы и синтеза из них той же отливки с минимальными прибылями, уклонами и напусками для питания, обеспечивающими заданное качество этой отливки.

4. Разработанный метод, применимый для литья в песчаную форму из углеродистой и низколегированной стали с содержанием углерода

$C = 0,17 \div 0,50\%$, позволяет обеспечить получение заданного качества в объеме всей отливки при минимальной ее материалоемкости.

Метод удобен для простой алгоритмизации и численного представления при машинной реализации процедуры проектирования технологии стальных фасонных отливок требуемого качества. Кроме того, этот метод, при его обращении можно рассматривать как основу для машинного проектирования стальных литых деталей требуемого качества, технологичных в заданных условиях их производства.

5. При расчете прибылей по разработанному совместно с инженером Чеботаревым А.С. методу для отливок номенклатуры ССЛЦ-I ЭЗТМ получена экономия в среднем 111 рублей на 1 тонне годных отливок. Ожидаемый годовской эффект по цеху за счет оптимизации технологии питания по разработанной методике - 100 тысяч рублей.

Материалы диссертации опубликованы в статьях:

1. Чеботарев А.С., Чикунов Ю.М. "Разработка системы рационального питания стальных отливок в песчаных формах". В сб. "Получение высококачественных литых заготовок в разовые формы" М., 1976.
2. Баландин Г.Ф., Чеботарев А.С., Чикунов Ю.М. "Основы метода расчета прибылей отливок типа плит и балок из стали 30Л", "Литейное производство", 1976, № 11.
3. Поляков С.Н., Чеботарев А.С., Чикунов Ю.М. "Расчет параметров технологии питания крупных стальных отливок на ЭЦМ, в сб. "Совершенствование технологических процессов в литейном производстве", г. Пермь, 1978.
4. Чикунов Ю.М., Чеботарев А.С. "Определение оптимальной технологии питания стальных отливок", НИИИНФОРМТЯЕМАШ, инф.листок № 058 - 78, 1978.
5. Воробьев И.Л., Поляков С.Н., Чеботарев А.С., Чикунов Ю.М. "Автоматизация проектирования в сталелитейном производстве", в сб. "Автоматизация технологии литья высокоточных заготовок", Труды МВТУ № 287, выпуск 3, Москва, 1979.

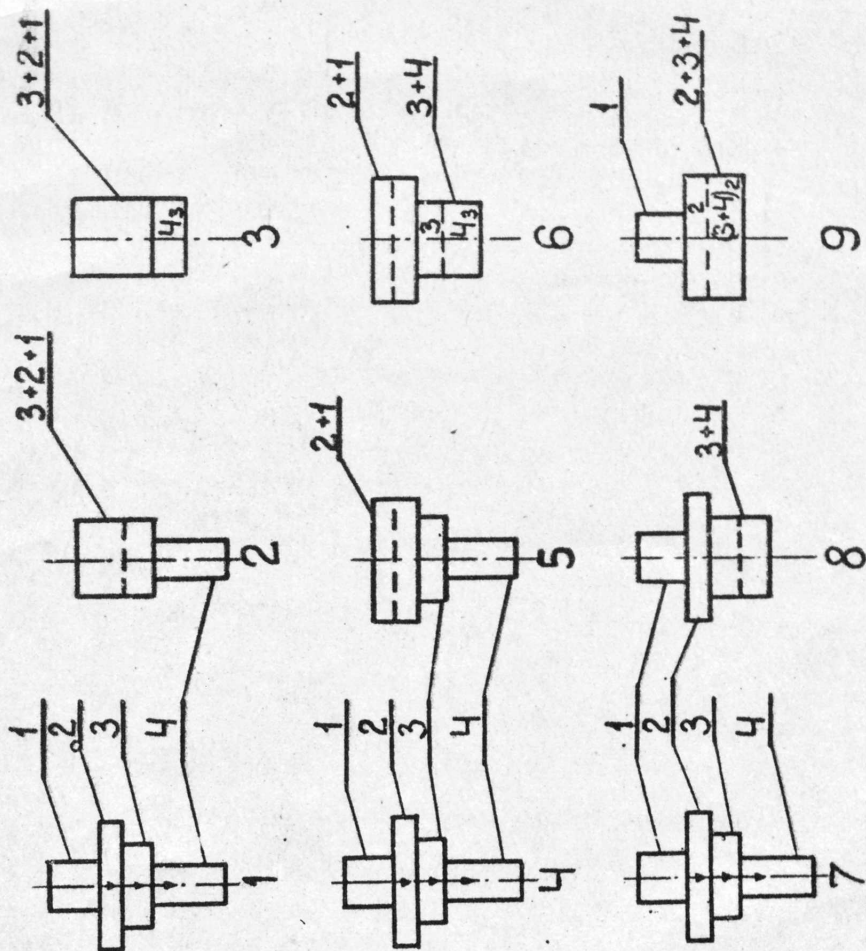


Рис. 2.1. Схема приведения отливки-системы четырех элементов