

М162456

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

К. У. АКИШЕВ

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ОПОК
ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ФОРМОВОЧНЫХ ЛИНИЙ
(05.166—Оборудование и машины литейного производства)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

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

Научный руководитель:
кандидат технических наук, доцент О. А. Беликов

Научный консультант:
кандидат технических наук, доцент К. А. Грачева

Официальные оппоненты:
доктор технических наук В. М. Шестопал,
кандидат технических наук В. Г. Ракогон

Ведущее предприятие:
НИИТРАКТОРОСЕЛЬХОЗМАШ

Автореферат

1972 г.

Защита диссертации
на заседании
заседания производственной комиссии
на по адресу: 1

72 г.

С диссертацией
им. Н. Э. Баумана

НИИ-
ма-

ТУ

Просим при
прислать отзывы

или

Ученый секретарь
кандидат

нов

М 162456



1162456

Акишев К.У. Разработка ме

ВВЕДЕНИЕ

Трехмз. 11 2456

процесс характеризуется непрерывным ростом автоматизации производства во всех отраслях народного хозяйства. В литейном производстве, основной заготовительной базе и важнейшей технологической отрасли машиностроения и металлообработки в последнее время большое внимание уделяется автоматизации доминирующего процесса изготовления отливок в разовых песчано-глинистых формах. В литейных цехах нашей страны действует более 30 автоматических формовочных линий (АФЛ) и в перспективе на пятилетку намечено значительное увеличение их количества.

Размеры опок действующих в стране автоматических формовочных линий самые различные, что приводит к насыщению народного хозяйства количеством линий оригинальной конструкции, требующих большого количества различной технологической оснастки. Это положение создает затруднения в использовании опыта проектирования отдельных организаций при создании унифицированных машин и линий. Кроме того, большое разнообразие размеров опок приводит к повышению уровня затрат по выпуску отливок. Поэтому в последнее время большое внимание уделяется вопросам выбора оптимального размера опоки для линий и сокращения числа типоразмеров линий в работах НИИТАвтопрома, НИИТракторосельхозмаша, ВНИИЛитмаша, МВТУ им. Н.Э.Баумана, в работах В.М.Шестопала, Н.Я.Когана, В.Г.Нусинова и др.

В проектировании автоматических формовочных линий наблюдается тенденция увеличения размеров опоки при производстве мелких отливок, которая объясняется повышением эффективности изготовления мелкого литья в опоках больших размеров. Однако увеличение размеров опоки имеет определенные границы, переход за которые будет экономически нецелесообразным. Поэтому в конкретных условиях проектирования автоматических формовочных линий возникает задача определения оптимального размера опоки линии, предназначенной для изготовления мелкого литья, ограниченной номенклатуры и ряда типоразмеров линий, предназначенных для изготовления широкой номенклатуры отливок. Ряд типоразмеров линий определяется принятыми на этих линиях размерами опоки и, следовательно, определение оптимального ряда типоразмеров линий сводится к определению минимума типоразмеров опок в ряду и соотношению числа линий каждого типоразмера в ряду. Определение оптимального размера и ряда

M162456

заключается в определении варианта, которому соответствует минимальный уровень показателя сравнительной экономической эффективности вариантов приведенных затрат на единицу выпускаемых отливок. При этом уровень приведенных затрат зависит от большого количества технико-организационных показателей. Поэтому важной предпосылкой для быстрого определения уровня затрат по каждому из рассматриваемых вариантов является определение связи между изменением размеров опоки автоматической линии и различными технико-организационными показателями, такими как производительность линии, вес металла литниковой системы, количество смеси в форме, количество позиций на участке простановки стержней и т.д. В настоящее время имеются лишь определенные достижения в установлении взаимосвязи между отдельными показателями формовочного автомата и размерами его опоки. Накопленный опыт эксплуатации действующих в стране линий, а также опыт проектирования зарубежных линий позволяет установить широкий круг зависимостей, необходимых для решения рассматриваемых задач. В настоящее время отсутствуют также универсальные методы определения оптимальных размеров опоки и ряда типоразмеров линий, необходимость разработки которых становится особенно актуальной в связи с намечаемым широким внедрением автоматических формовочных линий.

Целью настоящего исследования является разработка методов определения оптимальных размеров опоки и ряда типоразмеров линий, что в свою очередь связано с установлением математических зависимостей между технико-организационными параметрами и размерами опоки линии.

Экспериментальная часть работы проводилась на заводах: "Центролит", г. Рязань, Люберецком заводе сельскохозяйственного машиностроения, Горьковском автозаводе и Купянском чугунолитейном заводе.

Диссертация состоит из трех глав.

Глава I.

Состояние вопроса выбора размеров опоки и ряда типоразмеров автоматических формовочных линий и постановка задачи исследования.

Обзор литературы показал, что процесс изготовления отливок на автоматических формовочных линиях представляет собой качественно новый этап развития литейного производства, предъявляющий специфические требования к выбору технологического процесса, к конструкции, к выбору основных параметров линии, а также к организации обслуживания на участках установки стержней и заливки форм.

Анализ структуры выпуска отливок показал, что в общем их выпуск в тех отраслях промышленности, где предполагается широкое использование автоматических линий, преобладающими являются отливки весом до 100 кг, что предполагает преимущественное использование новых линий для изготовления отливок этого развеса. Автоматические формовочные линии могут эффективно использоваться не только в условиях крупносерийного и массового производства, но также и в условиях серийного и мелкосерийного производства.

Анализ литературных данных позволил сформулировать следующие положения, послужившие основой для разработки методик определения размеров опоки и типоразмеров линий:

1. Мелкие отливки без нарушения технологии и технических условий могут эффективно изготавливаться в опоках больших размеров.

Увеличение размеров опоки имеет определенные границы, переход за которые будет экономически нецелесообразным.

2. Рассматриваемые задачи являются комплексными. Изменение размеров опоки вызывает изменение большинства показателей АФЛ, которые по своему характеру могут быть разбиты на следующие три группы: Первая группа показателей определяется конструкцией и структурой линии. Наиболее важным из этого вида показателей является производительность линии в ф/час. Вторая группа показателей определяется технологическими особенностями изготавливаемых отливок, такими как: количество смеси и расположение отливок в форме, вес металла литниковой системы, характеристика участка установки стержней, участка заливки форм и др. Третья группа — показатели, при помощи которых измеряется сравнительная экономическая эффективность вариантов. В качестве основного показателя в соответствии с поло-

жениями типовой методики¹⁾ в работе приняты приведенные затраты.

В настоящее время имеются различные методы выбора размеров опоки и ряда типоразмеров линий, основанные на статистическом анализе отливок, на анализе возможности размещения в форме конкретных наименований отливок, а также на анализе конкретного соотношения между программой выпуска отливок и пропускной способностью автоматической линии. Однако эти методы не являются универсальными. Выводы полученные на основе использования указанных методов относятся к определенному случаю и не учитывают объективных связей между различными технико-организационными показателями и размерами опоки линии.

Исходя из этого, были сформулированы следующие основные задачи исследования:

1. Определение объективных связей между технико-организационными показателями и размерами опоки автоматической формовочной линии, установление по некоторым из них аналитической формы связи.

2. Разработка методики определения оптимальных размеров опоки линии, предназначенной для изготовления одного или нескольких наименований отливок. *

3. Составление математической модели задачи определения ряда типоразмеров линий и разработка методики определения оптимального ряда, предназначенного для изготовления широкой номенклатуры отливок.

Глава II.

Исследование зависимости показателей автоматической формовочной линии от размеров ее опоки.

Настоящая глава посвящена экспериментальному и теоретическому исследованию объективной взаимосвязи между различными технико-организационными показателями и размерами опоки автоматической формовочной линии, являющейся важной предпосылкой для разработки.

¹⁾ Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений.

Госплан СССР, Госстрой СССР, АН СССР, "Экономика", Москва, 1969г.

методик определения размеров опоки и ряда типоразмеров автоматических линий, а также для анализа путей повышения экономической эффективности внедрения новых линий.

Основой проведения работ явилось статистическое исследование технологических разработок более 360 наименований отливок, изготавливаемых на механизированных и автоматических формовочных линиях, в результате которого было установлено; что:

1. Одним из важных условий правильного определения оптимальных размеров опоки является точная оценка производительности линии. Показатель производительности линии, оцениваемый по формуемой площади в м²/час, выбранный при решении рассматриваемых задач позволил сравнивать варианты линий, отличающиеся не только конструктивно, но и имеющих различные параметры. Исследования показали, что в проектировании автоматических формовочных линий выявляется тенденция увеличения размеров опок. При этом основным фактором, способствующим увеличению размеров опоки, является рост общей заформованной площади и, следовательно, выпуска отливок при увеличении размеров опоки "в свету". Отсюда следует, что оценка производительности в м²/час позволит получить правильные выводы при решении рассматриваемых задач.

Зависимость между производительностью формовочного автомата (Q_{ϕ}) и его площадью опоки "в свету" (F_{on}) может быть представлена в виде:

$$Q_{\phi} = Q_{\phi\delta} \cdot \beta (F_{on} + d) \frac{F_{on}}{F_{on} + d}, \quad \text{где} \quad (I)$$

$Q_{\phi\delta}$ - проектная производительность выбранного в качестве базового формовочного автомата, в форм/час;

$\beta = \Sigma f_{oml} / F_{on}$; Σf_{oml} - суммарная площадь всех n отливок на раземе формы

d - эмпирический коэффициент.

Первая производная от $Q_{\phi} = f(F_{on})$ является положительной величиной при всех значениях площади опоки, т.е. данная функция является возрастающей функцией. С учетом надежности работы в условиях эксплуатации действительная производительность формовочного автомата ($Q_{\phi\delta}$) может быть представлена в виде:

$$Q_{\phi\delta} = Q_{\phi\delta} \cdot \beta (F_{on\delta} + d) \frac{F_{on}}{F_{on} + d + Q_{\phi\delta} (F_{on\delta} + d) \frac{T_g}{Z_p}}, \quad \text{где} \quad (2)$$

T_g - время восстановления;

Z_p - наработка на отказ в циклах.

Следует отметить, что с увеличением размера опоки увеличивает-ся и длительность цикла, что при установленном малоизменяемом значении T_{Σ} приводит к некоторому повышению надежности линии.

2. Увеличение площади опоки приводит к росту числа отливок в форме и, следовательно, в случае изготовления отливок со стержнями, к увеличению длительности установки стержней. В работе приведена номограмма, позволяющая определить время установки стержней в формах различных размеров и получена зависимость для определения длины участка установки стержней и числа установщиков стержней. Эта зависимость, представленная в виде формулы, получена, исходя из условия обеспечения бесперебойной работы на участке сборки форм.

Бесперебойность работы линии зависит и от правильной организации работы участка заливки форм. Известные в настоящее время рекомендации по выбору емкости ковша, данные по изменению длительности заливки с ростом металлоемкости формы позволяют, исходя из основного условия, выбрать число заливщиков форм. Разработка мероприятий, позволяющих сократить не только собственное время заливки формы, но также и время набора металла в ковш и доставки его на позицию заливки позволит лучше организовать работу участка заливки.

3. Отливка требует минимально необходимой высоты кома над моделью, определяемую качеством применяемой смеси, воздействием металлостатического напора при заливке и т. д. При этом среднее значение высоты опоки с увеличением веса отливок возрастает.

При изготовлении мелких отливок в опоке больших размеров высота может быть выбрана меньшей, чем высота обычно применяемой для таких размеров "в свету". Однако с уменьшением высоты опоки понижается прочность формы и, следовательно, увеличивается возможность ее разрушения. Уменьшение высоты опоки без нарушения прочности формы достигается применением более качественной смеси, порченной степени уплотнения и другими мероприятиями. Все это приводит к тому, что при увеличении размера опоки "в свету" интенсивность изменения высоты опоки, предназначенной для изготовления мелкого и среднего литья на АФЛ, будет меньше, чем это имеет место для опок, предназначенных для механизированных линий. Из этого следует, что производство отливок на автоматической формовочной линии способствует снижению затрат на формовочную смесь.

Количество смеси в форме ($G_{см}$) определяется по формуле:

$$G_{см} = \delta (V_{\phi} - 1,035 V_M) \quad (2a), \text{ где}$$

δ - плотность смеси;

V_{ϕ} - объем формы, а V_M - объем модели;

1,035 - среднее значение коэффициента, учитывающего объемы стержня и литниковой системы. Он соответствует существующему на ряде заводов количественному соотношению между стержневыми и бесстержневыми отливками.

4. Вес металла литниковой системы может быть определен как сумма весов отдельных ее элементов: литниковой чаши, стояка, шлакоуловителя и питателей. При правильно составленной технологии, изменение веса металла литниковой системы, в основном, определяется изменением веса шлакоуловителя и стояка. С увеличением числа отливок в форме увеличивается не только длина шлакоуловителя, но также увеличивается и площадь его поперечного сечения. Изменение веса стояка с увеличением размеров опоки "в свету" определяется интенсивностью изменения высоты опоки. Из этого следует, что суммарный вес металла литниковой системы с увеличением размеров опоки возрастает.

Глава III

Методики определения оптимальных размеров опоки и ряда типоразмеров автоматических формовочных линий.

Данная глава посвящена исследованию изменения показателя сравнительной экономической эффективности приведенных затрат, вызванной изменением размеров опоки, и разработке методов определения оптимальных размеров опоки и ряда типоразмеров автоматических формовочных линий.

Приведенные затраты на одну отливку по каждому варианту линии могут быть представлены в виде:

$$\frac{(E_n + H) K_i + C_i}{Q_{отл}} = \min \quad (2b), \text{ где}$$

K_i - капитальные вложения;

C_i - годовые текущие затраты;

E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

H - норма амортизации по оборудованию;

$Q_{отл}$ - количество отливок, выпускаемых автоматической формовочной

линией за год.

При решении рассматриваемых задач в составе C_i учитывались следующие статьи затрат: на металлы литниковой системы, формовочную смесь, текущий ремонт линии, заработная плата основных производственных рабочих и на модельную оснастку. В проведенных расчетах затраты на металл литниковой системы и формовочную смесь, составляющие основную массу C_i , определялись на основе статистического исследования, приведенного в главе II. Зависимости между стоимостью на модельную оснастку и размерами опоки автоматической формовочной линии были получены на основе анализа известных в литературе данных и данных ряда заводов, а изменение заработной платы основных производственных рабочих с изменением размеров опоки определено с учетом изменения времени заливки формы и изменения длительности простановки стержней, вызванных изменением размеров опоки. В результате анализа изменения приведенных затрат выявлено: а) Каждой весовой группе отливок соответствуют определенные размеры опоки, в которых затраты на отливку являются минимальными; б) Размеры опоки "в свету", соответствующие минимальным затратам на отливку тем больше, чем меньше интенсивность изменения высоты опоки; в) Учет в расчетах надежности работы линии приводит к незначительному изменению размеров опоки, соответствующей минимальным затратам на отливку; г) Изменение $(E_n + H)K_i + C_i$, вызванное изменением размеров опоки автоматической формовочной линии, является близким к линейному. Полученные выводы были положены в основу разработки методик определения размеров опоки и ряда типоразмеров линий.

I. В качестве основного метода решения задачи определения размеров опоки АФЛ, предназначенной для изготовления одного или нескольких наименований отливок, принят метод базовой точки. Формула для определения оптимальной площади опоки $F_{опт}$, полученная на основе метода базовой точки, имеет вид:

$$F_{опт} = \sqrt{\frac{a[(E_n + H)K'_i + C'_i]}{(E_n + H)a + a_1}}; \quad \text{где } (3)$$

$$K'_i, C'_i \text{ и } F'_{он} - \text{капитальные вложения, текущие затраты и площадь опоки, соответствующие варианту, выбранному в качестве базового;}$$

$$a \text{ и } a_1 - \text{коэффициенты пропорциональности.}$$

Формула (3) позволяет просто и достаточно точно определить оптимальное значение площади опоки в конкретных условиях.

Сравнение вариантов изготовления определенных

весовых групп отливок в обычных опоках и биопоках показало, что оптимальные размеры биопок значительно больше, чем у обычной опоки. При этом уровень приведенных затрат на единицу площади отливки, соответствующий оптимальной биопок, несколько больше, чем у обычной опоки. Следует отметить, что эти результаты получены без учета влияния серийности выпуска линий на их стоимость, на улучшение условий работы службы ремонта, а также ряда других факторов, которые не могли быть учтены в проведенных расчетах, например, улучшение условий обслуживания линии стержнями, металлом и др. В некоторых случаях применение биопок может быть экономически оправданным. Например, изготовление отливок весом до 100 кг, состоящих из нескольких весовых групп, на автоматической линии с площадью биопок, равной 1,12 м², эффективнее, чем изготовление отливок данного развеса в обычной опок площадью 0,56 м².

Графическое решение данной системы применительно к размерам опок по ГОСТ 2133-57 позволило для отливок весом до 100 кг установить следующие девять весовых групп: 0,5-1,0 кг, 1,0-2,5 кг, 2,5-4,5 кг, 4,5-7,0 кг, 7,0-12,0 кг, 12,0-19,0 кг, 19,0-34,0 кг, 34,0-62,0 кг и 62,0-100,0 кг.

Математическая модель, представленная уравнениями 4-7, аналогична модели задачи, известной в литературе под названием "транспортной" и, следовательно, для ее решения применен симплексный метод линейного программирования. На основе решения задачи этим методом установлено, что в зависимости от начальных условий ее решение может быть сведено: При выборе типоразмеров опок для заданной и неизменной программы выпуска отливок: 1) К выбору из рассматриваемых типоразмеров линий таких вариантов, которые удовлетворяют условию 6. 2) определению по этим вариантам суммарных значений $\sum (E_{ij} + H) K_{ij} + C_i$. 3) К определению лучшего варианта, которому соответствуют минимальные суммарные затраты. При выборе же размеров опок для определенной структуры выпуска отливок и определенного соотношения между максимальной и минимальной металлоемкостями формы: 1) К определению обобщенных весовых групп отливок; 2) К определению для каждой обобщенной весовой группы оптимальных размеров опоки.

Анализ различных вариантов рядов линий по первой схеме показал, что на уровень суммарных затрат оказывает влияние не только количество типоразмеров линий в ряду, но также и соотношение между количеством линий внутри ряда. Установлено, что для изготовления

отливок весом до 100 кг при структуре выпуска отливок, характерной для ряда цехов, экономически целесообразным является применение двух типоразмеров линий. В случае невозможности размещения некоторой части отливок в выбранных размерах опок выбирается третий типоразмер линии, позволяющий изготавливать все оставшиеся наименования отливок. Установлено, что в случае выбора ряда линий, имеющих площади опок 0,3 м², 0,56 м² и 1,2 м², минимальным затратам на производство отливок соответствует соотношение этих линий, равное 1:1:0,2.

П. Математическая модель задачи определения ряда типоразмеров линий может быть представлена уравнениями:

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot X_{ij} = \min \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{а)} \quad & X_{i1} + \dots + X_{ij} + \dots + X_{in} = Q_{\phi i} \\ & X_{i1} + \dots + X_{ij} + \dots + X_{in} = Q_{\phi i} \\ & X_{m1} + \dots + X_{mj} + \dots + X_{mn} = Q_{\phi m} \\ \text{б)} \quad & X_{11} + \dots + X_{i1} + \dots + X_{m1} = g_1 \\ & X_{1j} + \dots + X_{ij} + \dots + X_{mj} = g_j \\ & X_{1n} + \dots + X_{in} + \dots + X_{mn} = g_n \end{aligned} \quad (5)$$

$$\varphi \sum_{i=1}^m Q_{\phi i} = \sum_{j=1}^n g_j \quad (6)$$

$$X_i \geq 0, X_2 \geq 0, \dots, X_m \geq 0 \quad (7),$$

где: C_{ij} - затраты на единицу площади отливки j - го наименования при производстве их в опоках i - го типоразмера;

X_{ij} - суммарная площадь на разъеме формы j - го наименования отливок, производимая на линии i - го типоразмера;

φ - годовой фонд времени работы линии;

$Q_{\phi i}$ - производительность автоматической линии i - го типоразмера в м²/час, g_j - объем выпуска отливок j - го наименования.

Решение рассматриваемой задачи в общем случае представляет значительные трудности и возможность решения ее в конкретных условиях связана объединением большого количества наименований отливок в весовые группы и выбором из большого количества размеров опок только некоторых из них. В качестве указанных размеров опок в работе приняты их значения по ГОСТ 2133-57.

Исследования позволили установить следующую систему уравнений:

$$а. \quad n = \frac{0,357F_{оп}}{f_{опл}} \quad (8)$$

$$б. \quad f_{опл} = 22,5(G + 3\sqrt{G} - 0,934) \quad (9),$$

где n - число отливок в форме;
 $f_{опл}$ - площадь отливки на развесе формы;
 G - вес отливки, кг

Выводы

1. Опыт эксплуатации автоматических формовочных линий показал, что мелкое литье без нарушения его качества может изготавливаться в опоках больших размеров. При этом эффективность внедрения автоматических формовочных линий возрастает. Кроме того, изменяются некоторые технологические характеристики и условия обслуживания. Поэтому в конкретных условиях проектирования линий всегда возникает задача определения оптимальных размеров опоки для изготовления мелкого литья и оптимального ряда типоразмеров линий для широкой номенклатуры определенного развеса отливок.

2. В условиях производства для изготовления отливок может быть выбрана одна линия или несколько линий с различными размерами опок, образующими ряд типоразмеров. Задачи определения оптимальных размеров опоки и ряда типоразмеров линий требуют своего решения применения различных оптимизационных методов и поэтому рассматриваются как самостоятельные. Оптимальные размеры опоки определяются с учетом влияния различных технико-организационных показателей на уровень приведенных затрат. Однако известные в настоящее время зависимости между некоторыми показателями автоматической линии и размерами их опок недостаточны для установления зависимости между приведенными затратами и размерами опоки.

3. Выявление функциональной связи между конструктивными, технологическими и экономическими показателями и размерами опоки АФЛ позволяет применить для решения рассматриваемых задач математические методы оптимизации, а анализ этих связей позволяет наметить научнообоснованные пути повышения эффективности линии.

4. В работе на основе статистических данных установлены и проанализированы зависимости изменения производительности линии в м²/час, коэффициента готовности, стоимости линии, затрат на текущий ремонт, стоимости модельной оснастки, длительности установки стержней, высоты опоки, количества смеси в форме, веса металла

литниковой системы и т.д. с увеличением размеров опоки автоматической линии.

5. Основным фактором, способствующим увеличению размеров опоки, является увеличение формуемой площади в $\text{м}^2/\text{час}$ с увеличением площади опоки "в свету" и следовательно, выпуска отливок. Поэтому производительность линии в $\text{м}^2/\text{час}$ становится и должна быть главным показателем производительности линии, предназначенной для изготовления мелкого литья.

6. Длительность установки стержней в форму с увеличением размеров опоки ввиду соответствующего увеличения в них отливок, возрастает. Поэтому выбор числа позиций установки и числа установщиков стержней без учета соотношения между общей длительностью установки стержней и длительностью цикла линии может привести к нарушению бесперебойности работы линии из-за увеличения цикла работы участка сборки формы. Лучшей организации работы этого участка способствует совместное изготовление в одной форме отливок со стержнями и без стержней или одного группового стержня для нескольких отливок.

Бесперебойность работы линии зависит также и от правильного выбора длины участка заливки форм и числа заливщиков, т.к. с увеличением размеров опоки возрастает длительность заливки формы. Лучшей организации работы этого участка линии способствует одновременная заливка металла в несколько стояков, выравнивание средней металлоемкости и т.д.

7. В случае изготовления на автоматической линии мелких отливок для повышения степени использования объема формы при увеличении размеров опоки "в свету" высота опоки может быть выбрана меньше, чем высота, обычно применяемая для таких размеров опоки. Однако, с уменьшением высоты опоки прочность полуформы снижается. Уменьшение высоты опоки без нарушения прочности полуформы может быть осуществлено путем повышения прочности смеси, применения шпонов и т.д. Поэтому высота опоки автоматической формовочной линии, предназначенной для изготовления мелкого литья с увеличением площади опоки будет увеличиваться менее интенсивно, чем увеличение ее линейных размеров "в свету" и высоты опоки механизированной поточной линии. Это позволяет значительно уменьшить количество смеси в форме и, следовательно, суммарные затраты по формовочной смеси, а уменьшение веса полуформы сократит затраты энергии по ее перемещению.

8. С увеличением размеров опоки вес металла литниковой системы возрастает. Снижение интенсивности роста веса металла литниковой системы может быть достигнуто как за счет сокращения длины шлакоуловителя так и снижения интенсивности изменения высоты опоки при увеличении площади опоки "в свету".

9. Одним из направлений повышения эффективности внедрения новых автоматических формовочных линий является применение биопоки. Применение биопоки позволяет использовать преимущество увеличения заформованной площади с возрастанием размеров опоки "в свету" и снизить отрицательное влияние изменения количества смеси в форме, веса литниковой системы, а также способствует лучшей организации работы участков установки стержней и заливки форм.

10. Анализ показал, что зависимость между приведенными затратами и размерами опоки автоматической формовочной линии является близкой к линейной, что позволяет для решения рассматриваемых задач применить известные методы оптимизации.

В качестве основного метода определения оптимальных размеров опоки был принят метод базовой точки, а основным для определения оптимального ряда типоразмеров линий был принят симплексный метод линейного программирования.

11. При решении конкретных задач на основе принятых оптимизационных методов отливки весом до 100 кг были разбиты на весовые группы, функционально связанные с такими параметрами как площадь опоки, площадь отливки на разъеме формы и количество отливок в форме. Разработанные весовые группы позволили применить математические методы анализа, учитывающие многие факторы, связанные с изменением площади опоки. Эти весовые группы могут быть использованы при решении и других задач.

12. Анализ изменения уровня затрат на отливку показал, что каждая весовая группа имеет свою оптимальную площадь опоки, величина которой возрастает с увеличением порядкового номера весовой группы. Оптимальная для нескольких весовых групп отливок площадь опоки при прочих равных условиях зависит от структуры выпуска отливок по весу. Оптимальная для определения весовой группы отливок площадь биопоки значительно больше оптимальной площади обычной опоки, а уровень затрат, соответствующий оптимальной биопоке, немного больше уровня затрат обычной оптимальной опоки. Однако несмотря на это, применение биопоки может быть оправданным не только организационно и технологически, но в ряде случаев также и экономически.

13. Сравнительный анализ вариантов, включавших различные типоразмеры линий, показал, что на уровень затрат по изготовлению отливок влияет не только количество типоразмеров линий, но также и соотношение между количеством линий в ряду. Установлено, что для изготовления отливок весом до 100 кг экономически целесообразным является применение двух размеров опок. Если при анализе номенклатуры некоторая часть отливок по своим габаритам не может быть размещена в принятых двух опоках, то выбирается третий типоразмер с опоклой, ближайшего большего размера.

Установлено, что в случае выбора ряда линий, имеющих площади опок $0,3 \text{ м}^2$, $0,56 \text{ м}^2$, и $1,2 \text{ м}^2$ минимальным затратам на производство отливок соответствует количественное соотношение этих линий, равное 1:1:0,2. Отливки внутри ряда типоразмеров должны распределяться последовательно, т.е. в мелких опоках изготавливаются мелкие отливки, а в крупных опоках — крупные отливки.

14. Результаты проведенной работы могут быть использованы для выбора линии одного типоразмера в массовом, крупносерийном производствах, выбора ряда типоразмеров линий для широкой номенклатуры отливок, для разработки технологических и организационных мероприятий по повышению эффективности линий в условиях эксплуатации, а также исследования основных направлений повышения эффективности автоматических формовочных линий, результаты которых должны быть использованы при проектировании новых линий.

Материалы диссертации опубликованы:

1. Беликов О.А., Акишев К.У. Вопросы выбора основных параметров автоматических формовочных линий. "Экономика, организация и планирование литейного производства", часть III, ЛДНТП, 1971 г.

2. Беликов О.А., Акишев К.У. Коэффициент технического использования и экономическая эффективность автоматических формовочных линий. "Литейное машиностроение", № 2, 1971 г.

Материалы диссертации доложены на:

1. Научном семинаре кафедры "Машины и автоматизация литейного производства", МВТУ им. Баумана, ноябрь, 1971 г.

2. Пятом совещании по автоматизации процессов машиностроения, АН СССР, Москва, декабрь, 1970 г.

3. Второй научно-технической конференции "Проблемы автоматизации и применение кибернетики в литейном производстве", Ленинград, ноябрь, 1970 г.