Клентак Анна Сергеевна. Формирование моделей организации процессов литейного производства с учетом энергетических и эксергетических факторов: диссертация ... кандидата Технических наук: 05.02.22 / Клентак Анна Сергеевна;[Место защиты: «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»].- Самара, 2016.- 124 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

(СГАУ)

На правах рукописи

Клентак Анна Сергеевна

**ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА С УЧЕТОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И**

**ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

Специальность: 05.02.22 – Организация производства (машиностроение)

ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Бирюк Владимир Васильевич

Самара-2016

2

**Оглавление**

[ВВЕДЕНИЕ 4](#bookmark0)

[1. СУЩНОСТЬ И ПРИНЦИПЫ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ  
ПРОЦЕССОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ 12](#bookmark1)

[1.1. Сущность организации технологического процесса литейного](#bookmark2)

[производства 12](#bookmark2)

1. [Анализ процесса потребления энергоресурсов, как основного фактора эффективной организации процессов литейного производства машиностроительного предприятия 18](#bookmark3)
2. [Модели организации последовательности элементов технологического процесса литейного производства с позиции эффективности энергоиспользования на основе моделей кибернетического подхода 25](#bookmark4)

[**Выводы по главе 1**  36](#bookmark5)

[2. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА  
ОБЪЕМОВ ВЫПУСКА ЗАГОТОВОК И ОРГАНИЗАЦИЯ](#bookmark6)

[ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА С  
УЧЕТОМ ИХ ПРИОРИТЕТНОСТИ 37](#bookmark6)

[2.1. Определение организационного потенциала повышения энергетической](#bookmark7)

[эффективности элементов технологического процесса литейного](#bookmark7)

[производства 37](#bookmark7)

1. [Модели организации цепи энергетических и экологических затрат технологических процессов литейного производства машиностроительных предприятий 41](#bookmark8)
2. [Проведение энергетического анализа технологического процесса литейного производства на основе метода эксергетических потоков 46](#bookmark9)
3. [Разработка модели принятия управленческих решений по выбору объема выпуска заготовок с учетом особенностей литейного цеха для повышения энергоэффективности в многокритериальных организационных системах 62](#bookmark10)

[**Выводы к главе 2**  73](#bookmark11)

[3. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ РАЦИОНАЛЬНОЙ  
ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ПОЛУЧЕНИЯ КОКИЛЬНОЙ ОТЛИВКИ 75](#bookmark12)

[3.1. Краткая характеристика технологического цикла получения кокильной](#bookmark13)

**з**

отливки «Крыльчатка» 75

1. [Формирование математической модели организационного выбора последовательности элементов технологического процесса литейного производства и оптимизации ее факторов методом Парето 80](#bookmark14)
2. [Организация последовательности элементов технологического процесса литейного производства для приоритетного выбора проведения на них энергосберегающих мероприятий 85](#bookmark15)
3. [Пример формирования и реализации производственной программы литейным цехом 91](#bookmark16)
4. [Рекомендации по рациональному выбору мероприятий для повышения](#bookmark17)

[энергетической эффективности технологического процесса литейного](#bookmark17)

[производства машиностроительного предприятия 94](#bookmark17)

[Выводы по главе 3 103](#bookmark18)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 105](#bookmark19)

[СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 107](#bookmark20)

[Приложение 1 119](#bookmark21)

[Приложение 2 122](#bookmark22)

4

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность работы.** В современных условиях непрерывного

наращивания объемов производства в такой энергоёмкой отрасли экономики, как  
машиностроение, важнейшим направлением его развития становится

использование всех возможных факторов повышения энергетической

эффективности в каждом из его звеньев, особенно непосредственно в самих  
производственных процессах предприятия. «В условиях полной

самостоятельности предприятий главная ставка делается на распространение новых организационных форм, разработку и внедрение инновационных методов управления, стимулирующих динамичную их приспособляемость к новым условиям» [76].

Практика жизнедеятельности на машиностроительном предприятии  
открывает значительные резервы в повышении эффективности использования  
энергетических энергоресурсов. Значительная роль в применении этих резервов  
отводится организации производства. Совершенствование организации

производства в области повышения энергетической эффективности может обеспечить сокращение потерь энергетических ресурсов от 5 до 15% [55]. С ростом технического уровня производства машиностроительных предприятий величина потерь энергоресурсов становится все более значительной.

Одной из причин этого является отсутствие методики формирования последовательности элементов производственного процесса для приоритетного выбора проведения на них энергосберегающих мероприятий с учетом эксергетического метода.

Вопросом организации производственных процессов машиностроительных  
предприятий, обеспечения высокой эффективности функционирования

производств занимались многие отечественные и зарубежные ученые. Среди них необходимо отметить В.Н. Буркова, Г.М. Гришанова, А.А. Кутина, В.Г. Засканова, Д.А. Новикова, А.Ф. Кононенко, И.Н. Хаймович, П.Б. Филинова, С.А.Думлер, Мэскин Э., Е.М. Голдрат, Эрроу К., Саати Т. и др.

5

Повышение энергоэффективности и энергосбережение как элементы  
организации производства и управления предприятием в настоящее время  
вызывают повышенный интерес, чем объясняется значительное количество  
публикаций, посвященных обозначенной теме. Различные подходы к управлению  
теплоэнергетическими ресурсами раскрыты в трудах Л.А. Мелентьева,

В.В. Бирюка, Ю.Б. Клюева, Д.А. Угланова, Г.А. Мятишкина, А.А. Макарова, А.И. Довгялло, С.Л. Прузнера и др.

Несмотря на большое количество публикаций, посвященных теории  
организации и управления производством, на сегодняшний день отсутствует  
методика формирования последовательности элементов технологических  
процессов литейного производства для приоритетного выбора проведения на них  
энергосберегающих мероприятий, учитывающая затраты энергетических

ресурсов с помощью эксергетического анализа.

Наличие такой методики обеспечит возможность адресного проведения  
мероприятий по повышению энергетической эффективности для

производственных процессов машиностроительного предприятия.

В качестве объекта исследования в данной работе рассматриваются технологические процессы литейного производства на предприятиях машиност­роения. Предметом исследования является решение задач организации производства, обеспечивающих оптимальный выбор объема выпуска заготовок и организацию последовательности элементов технологического цикла литейного производства с учетом их приоритетности.

**Целью диссертационной работы** является повышение энергетической  
эффективности литейного производства путем разработки моделей как  
организационных инструментов обоснования принимаемых решений по выбору  
объемов выпуска заготовок и последовательности модернизации

производственных процессов.

Для достижения указанной цели в работе решены следующие **задачи:**

6

1. Проведен анализ способов и особенностей организации производственных процессов литейного производства машиностроительного предприятия.
2. Проанализирован процесс потребления энергоресурсов на литейном производстве машиностроительного предприятия.
3. Определен потенциал повышения энергетической эффективности для каждого элемента технологического процесса литейного производства.
4. Сформирована цепь энергетических и экологических затрат технологических процессов литейных производств в рамках обеспечения заданных объемов производств.
5. Проведен энергетический анализ технологического процесса литейного производства на основе метода эксергетических потоков.
6. Разработана модель многокритериальной задачи формирования последовательности элементов технологического процесса литейного производства машиностроительного предприятия для приоритетного выбора проведения на них энергосберегающих мероприятий на основе математической модели и оптимизации ее факторов по методу Парето с определяющим критерием – эксергетический коэффициент полезного действия.
7. Разработана модель принятия управленческих решений по выбору объема выпуска заготовок литейного цеха, обеспечивающая минимум затрат при условии выполнения планового задания.
8. Сформированы рекомендации по повышению энергетической эффективности технологических процессов машиностроительных предприятий.
9. Проведена практическая апробация моделей и инструментария рациональной организации производственных процессов в литейном производстве.

***Научная новизна*** исследования заключается в разработке моделей, как инструментария организации литейного производства. Основные результаты, определяющие новизну проведенного исследования, состоят в следующем:

7

- определен потенциал повышения энергетической эффективности для  
каждого элемента технологического процесса литейного производства.

- разработана модель многокритериальной задачи формирования  
последовательности элементов технологического процесса литейного  
производства машиностроительного предприятия для приоритетного выбора  
проведения на них энергосберегающих мероприятий на основе математической  
модели и оптимизации ее факторов по методу Парето с определяющим  
критерием – эксергетический коэффициент полезного действия.

- разработана модель принятия управленческих решений по выбору объема  
выпуска заготовок литейного цеха, обеспечивающая минимум затрат при условии  
выполнения планового задания.

Научная новизна основных положений, выносимых на защиту, заключается в следующем:

1. Сформированы критерии оценки энергетической и эксергетической эффективности и потенциала повышения энергетической эффективности, характеризующих состояние каждого элемента технологического цикла литейного производства, определяющих цель работы, методические подходы организации реализации плановых объемов заготовок цеха и заказов по выпуску изделий предприятия с учетом расходов энергоресурсов и экологических затрат.
2. Разработана математическая модель задачи организации приоритетного выбора элементов технологического процесса литейного производства, отличающаяся тем, что она учитывает специфику деятельности цеха по производству литейных заготовок, ориентирована на представлении литейного производства как совокупности взаимосвязанных технологических, производственных и экологических процессов, каждый из которых является объектом деятельности, направленной на повышение уровня организационно-технологического потенциала литейного производства предприятия.
3. Предложена модель принятия оптимальных решений как организационного инструмента по выбору объемов заготовок литейного производства, позволяющая комплексно с учетом различных факторов,

8

сформировать область допустимых решений и условий реализации заказа по выпуску изделий предприятия, обеспечивающих эффективность деятельности, как литейного цеха, так и предприятия в целом.

***Теоретическая и практическая значимость исследования***.

Результаты диссертационного исследования развивают методологию  
организации производственных процессов литейного производства

машиностроительных предприятий, позволяют более углубленно рассмотреть  
вопросы повышения энергоэффективности производственных процессов

литейных производств машиностроительных предприятий за счет разработки и внедрения моделей и методов формирования последовательности элементов технологического процесса литейного производства для приоритетного выбора проведения на них энергосберегающих мероприятий. Предложения и рекомендации исследования внедрены в практическую деятельность предприятий машиностроительной промышленности Самарской области.

Практическая значимость заключается в разработке научно-практических  
рекомендаций, которые могут быть использованы при организации

производственного процесса машиностроительного предприятия. В частности  
практическое значение имеют: модель многокритериальной оптимизации  
энергетической эффективности производственных процессов литейных

производств машиностроительных предприятий с учетом энергетических затрат с  
применением метода эксергетического анализа; организация формирования  
последовательности элементов технологического процесса литейного

производства для приоритетного выбора проведения на них энергосберегающих мероприятий, учитывающая затраты энергетических ресурсов с применением метода эксергетического анализа.

Результаты диссертационного исследования в части стратегии

формирования последовательности элементов технологического процесса литейного производства для приоритетного выбора проведения на них энергосберегающих мероприятий, учитывающей затраты энергетических и эксергетических ресурсов, были применены при разработке мероприятий

9

повышения энергетической эффективности технологического цикла получения  
кокильной отливки «Крыльчатка» литейного производства на

машиностроительном предприятии Самарской области ОАО «Кузнецов».

Результаты диссертационного исследования целесообразно использовать в  
учебном процессе при подготовке студентов, обучающихся по специальности  
220700.62 - «Автоматизация технологических процессов и производств»,  
080100.62 - «Экономика (профиль – Организация производства)»,

13.03.03(141100.62) - «Энергетическое машиностроение» (профиль подготовки «Энергоэффективность и энергосбережение»).

Результаты данного исследования могут быть использованы при организации производственного процесса изготовления литых заготовок не только для предприятий машиностроительной отрасли, но и для предприятий других отраслей промышленности в том случае, если для них необходимо провести оценку их энергетической эффективности и выбрать направления организационного совершенствования.

***Методология и методы исследования.***

Теоретической и методологической базой диссертационной работы послужили научные труды и разработки отечественных и зарубежных ученых по проблемам организации производственных процессов литейных производств, теоретические основы технологии машиностроения и организации производства, раздел классической термодинамики – эксергетический анализ, методология системных исследований, общеэкономические законы.

Основой методики исследования является системный подход, включающий  
в себя: рассмотрение технологического процесса литейного производства как  
подсистему машиностроительного предприятия; декомпозиция технологического  
процесса литейного производства; структуризацию системы технологического  
процесса литейного производства путем выделения ее компонентов;

рассмотрение системы технологического процесса литейного производства в энергетическом аспекте; эксергетический анализ технологического процесса

10

литейного производства; применение аппарата математического моделирования, теория ограничения систем, методов многокритериальной оптимизации.

***Степень достоверности и апробация результатов.***

Достоверность результатов исследования обоснована применением  
общенаучных фундаментальных принципов и методов теории организации и  
управления производством, аппарата математического моделирования, теории  
ограничения систем, системным подходом к анализу процессов управления  
сложными системами, методами многокритериальной оптимизации,

эксергетическим анализом, а так же практическим применением результатов работы на машиностроительном предприятии ОАО «Кузнецов».

Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в виде научных работ, статей и тезисов в 4 публикациях докладывались и обсуждались на Международных, Всероссийских и Региональных конференциях, семинарах и конкурсах, в том числе на Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов «Актуальные проблемы авиации и космонавтики» (Красноярск, 2010), Всероссийской молодежной научной конференции «Мавлютовские чтения» (Уфа, 2010), XIV Международной научной конференции «Решетневские чтения» (Красноярск, 2010), Региональной научно - практической конференции, посвященной 50-летию первого полета человека в космос (Самара, 2011), Международной молодежная научной конференции «XIX Туполевские чтения» (Казань, 2011), XLIII Международной научно-практической конференции «Федоровские чтения 2013» (Москва, 2013), Международной интернет-конференции молодых учёных «Энергосбережение, информационные технологии и устойчивое развитие» (Ижевск, 2014), XII Всероссийской школе-конференции молодых ученых и специалистов «Управление большими системами» (Волгоград, 2015).

Кроме этого, основные результаты диссертационного исследования  
докладывались и обсуждались на кафедре теплотехники и тепловых двигателей  
Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический

11

университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)», а также в отделе главного металлурга ОАО «Кузнецов».

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Решена важная научно-техническая проблема повышения энергетической эффективности литейного производства машиностроительного предприятия путем разработки моделей и методов организации процессов литейного производства предприятия с учетом энергетических и эксергетических факторов.

1. Проведен анализ способов и особенностей организации производственных процессов литейного производства машиностроительного предприятия.
2. Проанализирован процесс потребления энергоресурсов на литейном производстве машиностроительного предприятия.
3. Определен потенциал повышения энергетической эффективности элементов технологического процесса литейного производства.
4. Сформирована цепь энергетических и экологических затрат технологических процессов литейного производства машиностроительных предприятий на основе анализа механизмов формирования затрат энергоресурсов в производственном процессе изготовления литых заготовок выделены наиболее значимые. Цепь энергетических затрат используется далее для оценки энергоемкости производственного процесса изготовления литых заготовок. Определены валовые выбросы загрязняющих веществ в технологическом процессе литейного производства.
5. Проведен энергетический анализ технологического процесса литейного производства на основе метода эксергетических потоков. В определенных точках теплотехнической схемы, которые соответствуют состоянию веществ на входе в тот или иной аппарат и на выходе из него, рассчитаны основные эксергетические характеристики потоков веществ,

106

участвующих в процессе. В рассмотрение в работе берется термическая эксергия веществ.

1. Разработана модель многокритериальной задачи формирования последовательности элементов технологического процесса литейного производства машиностроительного предприятия для приоритетного выбора проведения на них энергосберегающих мероприятий на основе математической модели и оптимизации ее факторов по методу Парето с определяющим критерием – эксергетический коэффициент полезного действия. Целевой функцией в составляемой математической модели является отношение характеристики возможного состояния к исходному состоянию элемента, показывая тем самым потенциал возможной модернизации для повышения энергоэффективности рассматриваемого элемента. Затратная функция состоит из затрат на основные энергоресурсы, а также из затрат на экологические платежи.
2. Разработана модель принятия управленческих решений по выбору объема выпуска заготовок литейного цеха, обеспечивающая минимум затрат при условии выполнения планового задания.
3. Сформированы рекомендации по повышению энергетической эффективности технологических процессов машиностроительных предприятий.
4. Проведена практическая апробация разработанных моделей и методов рациональной организации производственных процессов на примере технологического цикла получения кокильной отливки «Крыльчатка».

107

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Анищенкова, Е.И. Исследование системы снабжения энергетическими  
ресурсами СГАУ и определение показателей энергетической эффективности /  
Е.И. Анищенкова, В.В. Бирюк, А.С. Красноруцкий // Материалы

Международного научно-технического форума, посвященного 100-летию ОАО «Кузнецов» и 70-летию СГАУ, 5 – 7 сентября 2012 г, Самара, 2012. С. – 257-258.

1. Анищенкова, Е.И. Основные результаты проведения энергетического обследования в СГАУ / Е.И. Анищенкова, В.В. Бирюк, Д.А. Угланов, Е.С. Шахова, А.Г. Панков // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современного социально-экономического развития» , 23 – 24 мая 2013 г, Самара. – Самара: ИПО НОУ ВПО «Международный институт рынка», 2013. – С. 83 – 84.
2. Анищенкова, Е.И. Характеристика показателей энергетической эффективности и подведение промежуточных итогов по сокращению потребления энергетических ресурсов СГАУ / Е.И. Анищенкова, В.В. Бирюк, М.Ю. Анисимов // Вестник СГАУ. – 2015. – Т. 14. – №2. – С. 29-34.
3. Антипов, Д.В. Методология и инструментарий организации и управления сбалансированным взаимодействием элементов производственной системы машиностроительного предприятия: автореф. дис. док. тех. наук: 05.02.22 / Антипов Дмитрий Вячеславович. – Самара, 2014. – 35 с.
4. Антипов, Д.В. Повышение эффективности оперативного управления производством продукции / Д.В. Антипов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. –2013.- № 1 (19) – С. 132-141.
5. Ануфриев, В.П. Эколого-экономическая оценка рационального использования энергетических ресурсов в системе Киотского протокола: дис док. экон. наук: 08.00.05 / Ануфриев Валерий Павлович. – Новосибирск, 2006. – 320 с.

108

1. Башаров, М.М. Энергосберегающая модернизация ректификационной установки выделения фенола / М.М. Башаров // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2011. – № 2. С. 136-146.
2. Бир, Ст. Кибернетика и управление производством / Ст. Бир. – М.: Наука, 1965. – 391 с.
3. Бирюк, В.В. К вопросу энергосбережения и обеспечения энергоэффективности в промышленности / В.В. Бирюк, Д.А. Угланов, Г.В. Мятишкин // IV МНТК «Логистика и экономика ресурсосбережения и энергосбережения в промышленности» Материалы конференции. – Самара: СГАУ, 2009. – С. 135-140.
4. Бирюк, В.В. Моделирование процесса энергоснабжения и потребления энергоресурсов промышленным предприятием / В. В. Бирюк, Г. В. Мятишкин, Д. А. Угланов, А. С. Клентак // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2012. – Вып.3. – С.281 – 290.
5. Бирюк, В.В. Основные нормативные документы системы управления энергозатратами промышленного предприятия / В.В. Бирюк, Д.А. Угланов, Г.В. Мятишкин, А.П. Логашкин // Актуальные проблемы современного социально-экономического развития Материалы VI Международной научно-практической конференции, 26 – 27 мая 2011 г, Самара. – Самара: ИПО НОУ ВПО «Международный институт рынка», 2011. – С. 121-122.
6. Бирюк, В.В. Показатели энергетической эффективности организации производственного процесса / В.В. Бирюк, Д.А. Угланов, Г.В. Мятишкин // Вестник СамГУПС. – 2010. – №3. – С.57а-61.