**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**
**«Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»**
**(ФГБОУ ВО «ЮРГТУ (НПИ) имени М.И. Платова)**

**Общество с ограниченной ответственностью «Лик»**

**Общество с ограниченной ответственностью «Малое инновационное предприятие «Информационные и измерительные системы»**

**Общество с ограниченной ответственностью «Центр инновационных технологий и прикладных решений»**

# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ В ТЕХНИКЕ, МЕДИЦИНЕ И ЭКОНОМИКЕ

***Материалы 17-ой Международной молодежной научно-практической конференции***

*6-7 сентября 2018 года*
*г. Новочеркасск*

Новочеркасск
Лик
2018

УДК 51-7:(62+61+330)(082)
ББК (3+5+65):в6(063)
Ф 947

**Конференция проведена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 18-31-10031/18**

***Организаторы конференции:***

Министерство науки и высшего образования РФ, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Общество с ограниченной ответственностью «Лик», Общество с ограниченной ответственностью «Малое инновационное предприятие «Информационные и измерительные системы», Общество с ограниченной ответственностью «Центр инновационных технологий и прикладных решений»

***Программный комитет конференции:***

А.Н. Ткачев (РФ), д.т.н., профессор – председатель;
М.В. Ланкин (РФ), доцент – зам. председателя;
Э.К. Алгазинов д. физ.-мат. наук, профессор;
М.И. Карякин д. физ.-мат. наук, доцент;
Ю.В. Кольцов, канд. физ.-мат. наук, доцент;
Н.И. Горбатенко д.т.н., профессор
В.В. Гречихин (РФ), д.т.н., профессор;
Н.Д. Наракидзе (РФ), доцент;
Ю.Р. Кревченко (РФ), доцент.

***Организационный комитет конференции:***

Г.К. Алексанян, канд. техн. наук, доцент – председатель;
П.А. Денисов, канд. техн. наук, доцент – зам. председателя;
А.М. Ланкин ст.преподаватель;
А.И. Кучер, аспирант;
И.Д. Щербаков ассистент.

Ф 947 **Фундаментальные исследования, методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике:** материалы 17-ой Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 6-7 сентября 2018г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: Лик, 2018. – 338 с.
ISBN 978-5-906993-66-3

Сборник содержит материалы, представленные на семнадцатую Международную молодежную научно-практическую конференцию «Фундаментальные исследования, методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике» и отражает современные тенденции в области разработки методов и алгоритмов прикладной математики в технике, медицине и экономике.

УДК 51-7:(62+61+330)(082)
ББК (3+5+65):в6(063)

ISBN 978-5-906993-66-3

© Авторы, 2018

*Научное издание*

# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ В ТЕХНИКЕ, МЕДИЦИНЕ И ЭКОНОМИКЕ

Материалы 17-ой Международной молодежной научно-практической конференции

**Издается в авторской редакции**

Подписано в печать 27.08.2018 г.
Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 21,2. Тираж 200 экз. Заказ 47-6816.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
Адрес университета:
346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

Издательство Лик
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский 82 Е
тел: 8(8635) 226-442, 8-952-603-0-609

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе «Колорит»
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский 82 Е
тел: 8(8635) 226-442, 8-918-518-04-29, center-op@mail.ru

Литовченко Ю.Н., Солодовник А.И., Кротенок А.Ю. РАСЧЕТ НОРМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ ПУНКТА ГГС НА ОСНОВЕ ЛОКАЛЬНОЙ МОДЕЛИ КВАЗИГЕОИДА 76
Ковалевская Т.А., Хорошко М.Б. АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ 81
Хусаинов И.Г., Насретдинова Л.Ф. ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ 83

**Секция 2. Фундаментальные исследования в области оптимизации и оптимального управления технологическими процессами**

Ханджян К.С., Воейко О.А. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МОЛИБДЕНА В ВИДЕ СПЕЧЕННЫХ БРИКЕТОВ 87
Каюкова И.В. ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ КАЧЕСТВА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 92
Подоплелова Е.С., Целых А.Н. НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА В ПРОДУКЦИОННЫХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ 96
Усеинов И.А. СНИЖЕНИЕ ПРОБОК И ЗАТОРОВ В ГОРОДАХ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ «УМНЫЙ ГОРОД» 100
Кубил В.Н., Мохов В.А. ПАРАМЕТРЫ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ ПОИСКА ПУТИ НА ГРАФЕ РЕШЕТКЕ 100
Гладун В.В. Гладун В.Д. МОДЕЛИРОВАНИЕ АГЛОМЕРАЦИИ ЧАСТИЦ СИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ В ПРОЦЕССЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО РЕЦИКЛИНГА ОТХОДОВ 109
Полуянович Н.К., Костюков В.А., Дубяго М.Н. АДАПТИВНАЯ МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ С ИЗМЕНЯЕМОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ 115

**Секция 3. Фундаментальные вопросы теории конечных автоматов и их приложения для описания автоматических устройств**

Богданова В.Г., Пашинин А.А КОНЕЧНО-АВТОМАТНАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АГЕНТА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РАСПРЕДЕЛЕННОГО СБОРОЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ 120
Гринченков Д.В., Симонихина М.В. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ КОНЕЧНОГО АВТОМАТА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ПЕРСОНАЖЕЙ В ТРЕНАЖЕРЕ БОЕВОЙ ПРОТИВОДИВЕРСИОННОЙ МАШИНЫ 121

**Секция 4. Фундаментальные исследования в области технической диагностики устройств автоматики и вычислительной техники**

Ланкин И.М., Белинка В.И., Дмитриев И.Л. УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕБЕР-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧЕГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ 123
Дубяго М.Н. Полуянович Н.К., ТЕРМОФЛУКТУАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ИЗОЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 125

**Секция 5. Фундаментальные исследования в области применения теории информации и общей алгебры к построению систем передачи информации и защиты ее от внешних воздействий**

Алексеев Д.М. РАЗРАБОТКА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ КРИПТОАНАЛИЗА ШИФРА МАГМА 128

УДК 519.2

# ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МОЛИБДЕНА В ВИДЕ СПЕЧЕННЫХ БРИКЕТОВ

***К.С. Ханджян,*** *e-mail:kristy-1996@bk.ru,*

***О.А. Воейко,*** *e-mail: olga_voeyko@mail.ru,*

ГБОУ ВО МО «Технологический университет», г. Королев

В данной статье рассмотрены возможности оптимизации процесса производства молибдена в виде спеченных штабиков на примере АО “Алмалыкский горно-металлургический комбинат“. В настоящее время наблюдается спад производства и предприятие считается убыточным, хотя потребность в продукции предприятия непрерывно растет. Технология, имеющаяся на производстве не конкурентоспособна: она не автоматизирована, имеет низкую производительность. В результате изучения всех стадий технологического процесса определено, что самой проблемной с точки зрения производительности является вторая стадия восстановления, которая проходит в муфельной печи. Предложен способ модернизации печи, который увеличивает производительность молибденовой продукции, снижает годовое потребление электроэнергии, обеспечивая при этом высокое качество продукции.

**Ключевые слова:** молибден, электропечь, муфель, производство, оборудование.

# PROPOSALS FOR OPTIMIZING THE PROCESS OF MOLYBDENUM PRODUCTION IN SINTERED BLOCKS

***Ch.S. Khandjyan, O.A. Voeyko***

University of Technology, Korolev

This article discusses the possibilities of optimizing the process for the production of molybdenum in the form of sintered blocks using the example of Almalyk Mining and Metallurgical Combine JSC. Currently, there is a decline in production and the company is considered unprofitable, although the need for the enterprise's products is continuously growing. The technology is not competitive: it is not automated and has low productivity. As a result of studying all stages of technological process it is determined that the most problematic in terms of productivity is the second stage of recovery, which takes place in the muffle furnace. A method for modernizing the furnace is proposed, which increases the productivity of molybdenum products, reduces the annual consumption of electricity, while ensuring high quality products.

**Keywords:** molybdenum, electric furnace, muffle, production, equipment.

Все сверхмагнитные, сверхлегкие, сверхтвердые, сверхжаростойкие и высокопрочные конструкционные материалы в наши дни создаются на основе или с использованием редких элементов. Одним из таких редких металлов является молибден, который в свободном виде в природе не встречается.

Основные залежи молибдена в мире сосредоточены в Америке и Азии. Основные запасы молибдена на территории России находятся на юге Сибири и Забайкальском крае. По масштабу минерально-сырьевой базы молибдена, Россия занимает шестое место в мире после Чили, США, Китая, Канады и Перу [1]. Одной из стран богатых молибденом является Узбекистан. Ежегодно в мире растет потребность в молибдене. Анализ сведений по объему добываемой руды, обогащенной молибденом, за 2001-2014 годы показывает, что ведущие страны постоянно наращивают объемы производства [1]. Россия и Узбекистан, имея потенциал, не изменили объемов добычи молибденсодержащих руд за анализируемый период.

В статье рассмотрено производство молибдена в виде спеченных штабиков на примере оборудования используемого на Научно-производственном объединении по производству редких металлов и твердых сплавов - АО “Алмалыкский горно-металлургический комбинат”, Узбекистан.

Молибденовые штабики перерабатывают на листы, проволоку, прутки, ленты, которые широко используются в современной промышленности. Без изделий из молибдена не было бы нынешних осветительных приборов и радиоламп, этот металл используют в авиакосмической промышленности, автомобилестроении, для производства теплоизоляционных экранов и электровакуумных установок, в химической и текстильной промышленности и даже как добавку к трансмиссионному маслу для двигателей [2].

В настоящее время наблюдается спад производства, и предприятие считается убыточным, хотя потребность в продукции предприятия непрерывно растет. Это происходит из-за того, что технология, имеющаяся на производстве не конкурентоспособна: она не автоматизирована, имеет низкую производительность. Исходя из этого, актуальными на сегодняшний день, становятся вопросы модернизации производства и переоборудование цехов.

Среди имеющихся различных способов и методов обработки металлов порошковая металлургия занимает особое место, так как позволяет не только производить спечённые изделия разных форм и назначений, но и создавать принципиально новые материалы, получить которые другим способом достаточно сложно или вообще невозможно. Основным видом оборудования, используемого при производстве молибдена и его продуктов является муфельная печь (рис.1).

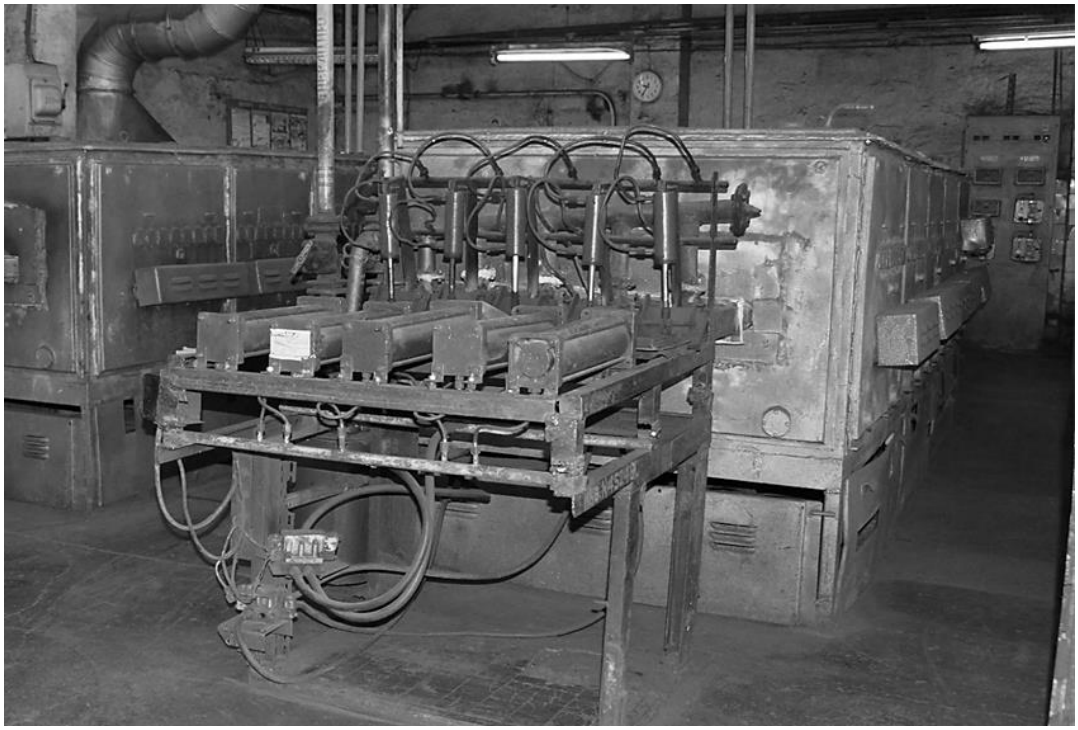

**Рис.1 – Электропечь сопротивления толкательная типа СТН – 1,6**

Технологический процесс производства молибдена металлического в виде спеченных брикетов состоит из следующих основных операций (рис.2) [3].

На АО “Алмалыкский ГМК” процесс II-й стадии восстановления осуществляют в муфельных печах путем продвижения лодочек, заполненных двуокисью молибдена, вдоль нагреваемых муфелей из жаростойкой стали в направлении от низкотемпературных зон к высокотемпературным. Водород подается в направлении, противоположном движению загрузочного материала.

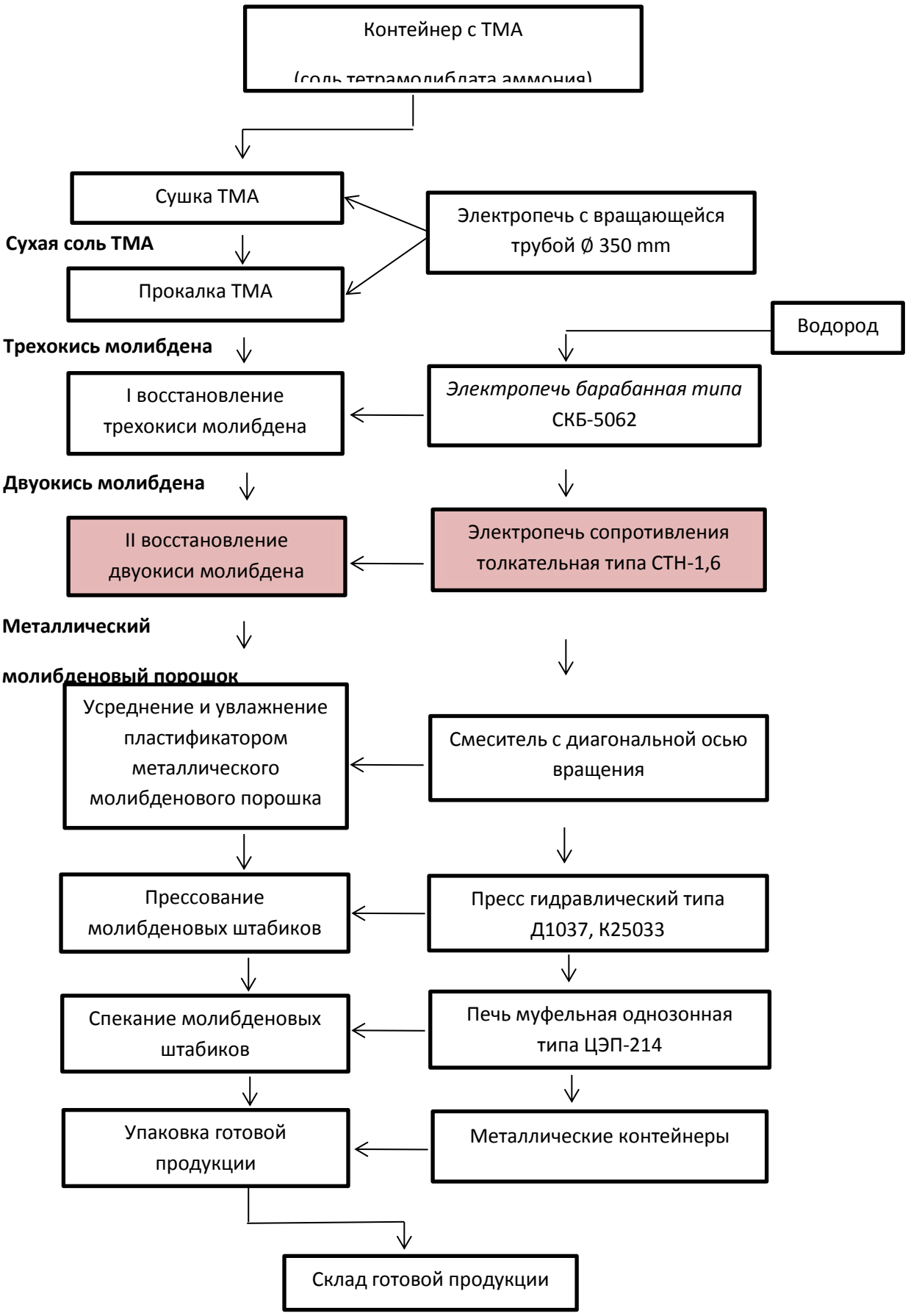


**Рис. 2 – Технологическая схема производства молибдена металлического в виде спеченных штабиков**

Как уже было отмечено, оборудование на предприятии АО “Алмалыкский ГМК” имеет большой срок эксплуатации и не справляется с реализацией объема заказов. Проще всего, заменить устаревшие печи на печи нового образца – более мощные, производительные и автоматизированные, каких на рынке сейчас достаточное количество. Но в виду неблагоприятного финансового положения нет возможности приобрести новое оборудование и тем самым повысить объем выпускаемой продукции, следовательно следует задуматься об иных методах и способах.

По результатам анализа процесса производства и используемого оборудования на АО “Алмалыкский ГМК”, было предложено провести модернизацию печей восстановления типа СТН-1,6 с установкой дополнительного пятого муфеля на операции II-го восстановления в целях увеличения производительности печей. Это позволило избежать больших затрат на закупку дорогостоящего оборудования, увеличить производительность, не снижая при этом качества продукции. Был проведён расчет производительности печи при 4 и при 5 муфелях в сумах и результаты расчетов сведены в табл. 1.

Таблица 1

**Сравнительный анализ основных показателей производства до и после модификации основного оборудования**

| | 4 муфеля | 5 муфелей |
|---|---|---|
| Производительность печи за сутки $P_C$, кг | 216 | 270 |
| Производительность печи за месяц $P_M$, кг | 6480 | 8100 |
| Расход электроэнергии за месяц (Rэ), кВтч | 36720 | 31680 |
| Удельный расход энергии ($R$уд),кВтч/кг | 5,67 | 3,90 |
| Экономический эффект (Ээ), кВтч/месяц | | 5040 |
| При ценовом расчёте (Ээ), сум/месяц | | 900285 |
| Годовой экономический эффект, млн.сумов | | 10,8 |

При установке дополнительного пятого муфеля на печь типа СТН-1,6 энергослужбой предприятия была улучшена теплоизоляция печи, за счет огнеупорной футеровки асбестом внутреннего пространства печи. После улучшения теплоизоляции расход электроэнергии составит 44 кВт. Это позволило уменьшить тепловые потери и энергозатраты печи, тем самым повысить экономический эффект проведенной модернизации электропечи. Модернизация печей типа СТН-1,6 при производстве молибденовой продукции является новым инновационным решением для комбината. Предложение позволяет увеличить

производительность молибденовой продукции за год на 20%, снизить годовое потребление электроэнергии на 13,7%, обеспечивая при этом высокое качество продукции.

Оценка предложенной модернизации основного оборудования методом дисперсионного анализа показала наличие влияния производительности муфельной печи на качество молибдена, спеченного в виде брикетов. Известно, что однофакторный F-критерий можно применять при выполнении трех основных предположений: экспериментальные данные должны быть случайными и независимыми; иметь нормальное распределение; а их дисперсии должны быть одинаковыми [4]. Для определения однородности дисперсии был применен критерий Левенэ. Критерий показал, что изменчивость в группах одинакова. Следовательно, применение анализа дисперсии абсолютных величин разностей между наблюдениями и медианами групп оправдано.

Для проведения дисперсионного анализа введем температурные данные печи при 4 и 5 муфелях до и после модернизации, и представим их в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

**Температура (t°C) внутри печи без теплоизоляции**

| | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4 муфеля** | 850 | 850 | 853 | 855 | 865 | 880 | 900 | 884 | 870 | 850 |
| **5 муфелей** | **810** | **815** | **815** | **820** | **827** | **836** | **845** | **835** | **823** | **816** |

Данные, представленные в табл. 2, показывают не просто снижение температуры при работе пяти муфелей, но и снижение температуры ниже пределов установленных температурных границ (<850 °C). Поэтому в печи были проведены работы по дополнительной теплоизоляции.

Таблица 3

**Температуры (t°C) внутри печи с дополнительной теплоизоляцией**

| | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4 муфеля** | 860 | 853 | 875 | 865 | 880 | 895 | 910 | 890 | 875 | 860 |
| **5 муфелей** | 855 | 850 | 860 | 877 | 881 | 889 | 900 | 880 | 870 | 855 |

По температурным данным, представленным в табл. 3 можно наблюдать стабильность температуры как при четырех, так и при пяти муфелях, находящейся в пределах установленных температурных границ.

Дисперсионный анализ проведен с помощью пакета *Microsoft Excel*.

| Однофакторный дисперсионный анализ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| ИТОГИ | | | | | | |
| *Группы* | *Счет* | *Сумма* | *Среднее* | *Дисперсия* | | |
| Строка 1 | 10 | 8733 | 873,3 | 408,9 | | |
| Строка 2 | 10 | 8707 | 870,7 | 319,57 | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Дисперсионный анализ | | | | | | |
| *ночник вариа* | *SS* | *df* | *MS* | *F* | *P-Значение* | *F критическое* |
| Между групп | 33,8 | 1 | 33,8 | 0,09 | 0,76 | 4,41 |
| Внутри групп | 6556,2 | 18 | 364,23 | | | |
| | | | | | | |
| Итого | 6590 | 19 | | | | |

**Рис.3 – Результаты анализа температурных данных после проведения теплоизоляции в печи**

По результатам данных, представленных на рис.3 можно сделать выводы: так как *F*-параметр меньше критического уровня F-распределения, данный фактор (установка дополнительного муфеля) не имеет влияние на анализируемый параметр (изменение температурного режима и как следствие – ухудшение качества продукции). P-Значение больше заданного уровня значимости α при анализе (0,76<0,05). Следовательно, нулевая гипотеза подтверждается, и установка дополнительного муфеля не влияет на качество выпускаемой продукции.

Расчетной частью работы доказано положительное влияние предложенной модернизации существующего на производстве оборудования на дальнейшее качество выпускаемой продукции.

Инновационное предложение может быть рассмотрено и применено российскими предприятиями после детального изучения состояния собственного производства. Модернизацию, реконструкцию, техническое и технологическое обновление парка термического оборудования следует проводить избирательно и проводить замену печей постепенно, по мере возможности.

**Список цитируемой литературы**

1. Википедия - свободная энциклопедия. Молибден – [электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/, свободный. — Загл. с экрана (Дата обращения: 21.06.2018г.)

2. Зеликман А.Н. Молибден – [электронный ресурс], 440с. Режим доступа: http://nashaucheba.ru/, свободный. — Загл. с экран (Дата обращения: 24.06.2018г.)

3. Шевлякова Т.И., Рузиев У.Н. Технологическая инструкция на производство молибденовых штабиков – ТИ 00193950-71-03-007:2017 Производство молибденовых штабиков, 14с.

4. Портал знаний. Глобальный интеллектуальный ресурс, [электронный ресурс]. Режим доступа: http://statistica.ru/theory/dispersionnyy-analiz-article/ (Дата обращения: 03.05.2018г.)

© Ханджян К.С., Воейко О.А. 2018