

Макарычева Екатерина Сергеевна

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Выпускная квалификационная работа бакалавра по направлению подготовки:  
18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
профиль «Энергоресурсосберегающие химические производства»

Научный руководитель: старший преподаватель кафедры ЛогЭКИ  
**Заходякин Глеб Викторович**

**Цель:** Разработать рекомендации по повышению энергоресурсоэффективности промышленного оборудования с использованием имитационного моделирования

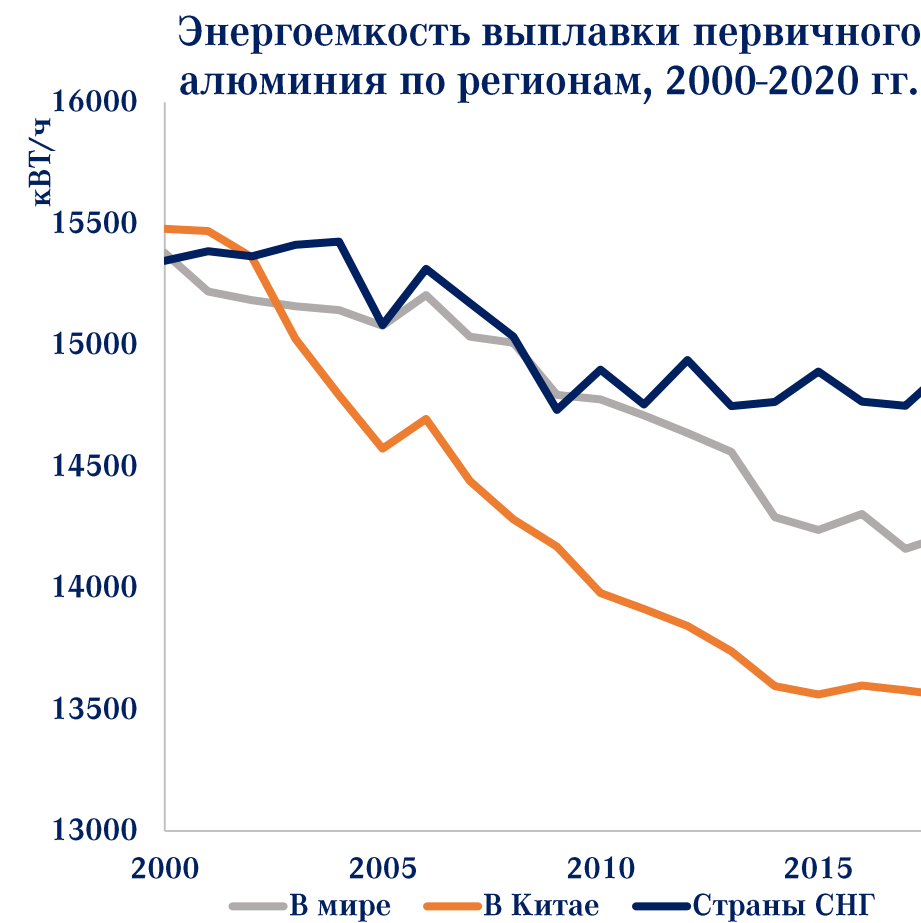
**Объект:** Технологическая линия литейного отделения по выпуску цилиндрических слитков

**Предмет:** Разработка имитационной модели литейного цеха на примере завода по производству алюминия АО «РУСАЛ Красноярск»

### ЗАДАЧИ:

1. проанализировать методы и лучшие практики энергосбережения и энергоэффективности на промышленных предприятиях;
2. изучить возможности и примеры применения имитационного моделирования для повышения энергоресурсоэффективности промышленного оборудования;
3. изучить производственную систему предприятия по производству алюминия;
4. разработать имитационную модель производства алюминия;
5. на основе имитационного эксперимента предложить и обосновать мероприятия для повышения энергоресурсоэффективности производства алюминия.

### ЗНАЧИМОСТЬ И АКТУАЛЬНОСТЬ ВКР



Значимость и актуальность вопросов сбережения ресурсов определяется прогрессивными требованиями к улучшению экологии и повышению экономии электроэнергии промышленного оборудования. Необходима трансформация в новейшие, умные и сберегающие энергию и ресурсы технологии.

Предприятия по переработке алюминия являются очень энергоемкими производствами.

В последние годы глобальная энергоемкость производства алюминия значительно снизилась, в основном благодаря внедрению наилучших доступных технологий в Китае. Как видно на графике, энергоемкость производства алюминия в странах СНГ в сравнении с Китаем значительно выше.

В настоящее время, в основном, в качестве топлива потребляется уголь, гидроэнергетика используется примерно для 25% мирового производства алюминия.

\*ВИЭ – возобновляемые источники энергии

### СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОДХОДОВ К ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ И ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ



#### 1. Внедрение прогрессивных технологических процессов

- ИМ энергопотребления может снизить энергоемкость существующих технологий и оценить энергоресурсоэффективность новых технологических процессов, которые планируется внедрять на производство.



#### 2. Администрирование энергоресурсов

- ИМ раскрывает суть процесса энергопотребления, позволяя выводить детальную статистику касательно разнообразных сторон действий системы сбережения энергоресурсов на основе входных данных.



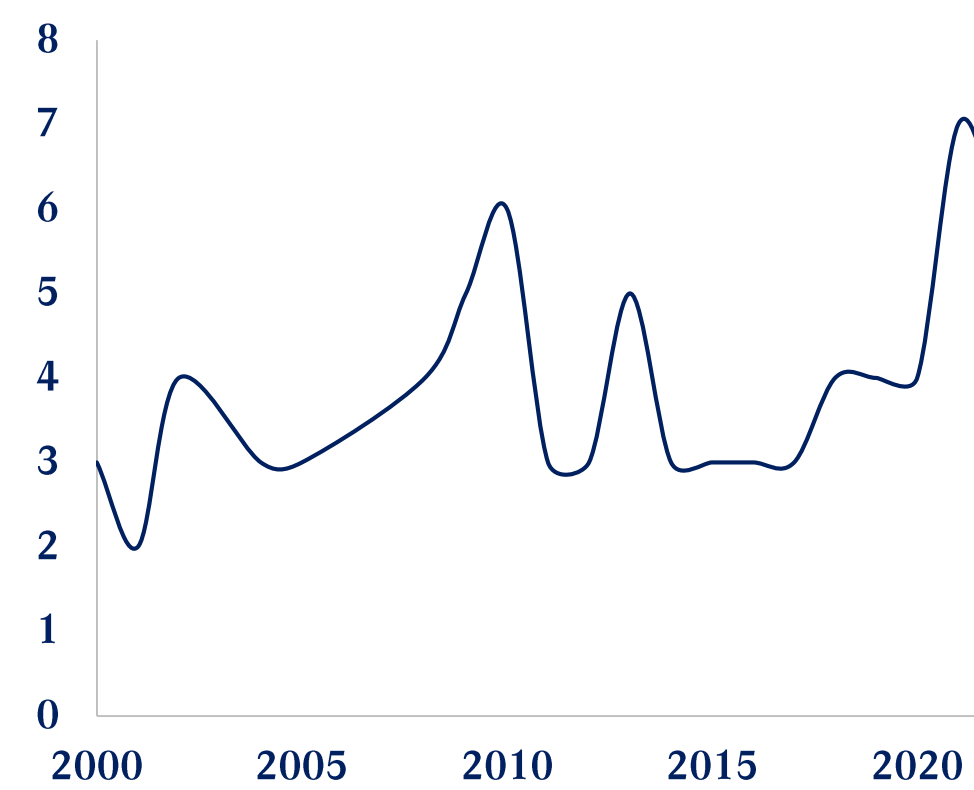
#### 3. Снижение всех видов потерь продукции

- ИМ позволяет сопоставить энергопотребление с производительностью и проанализировать «узкие» места технологического процесса.

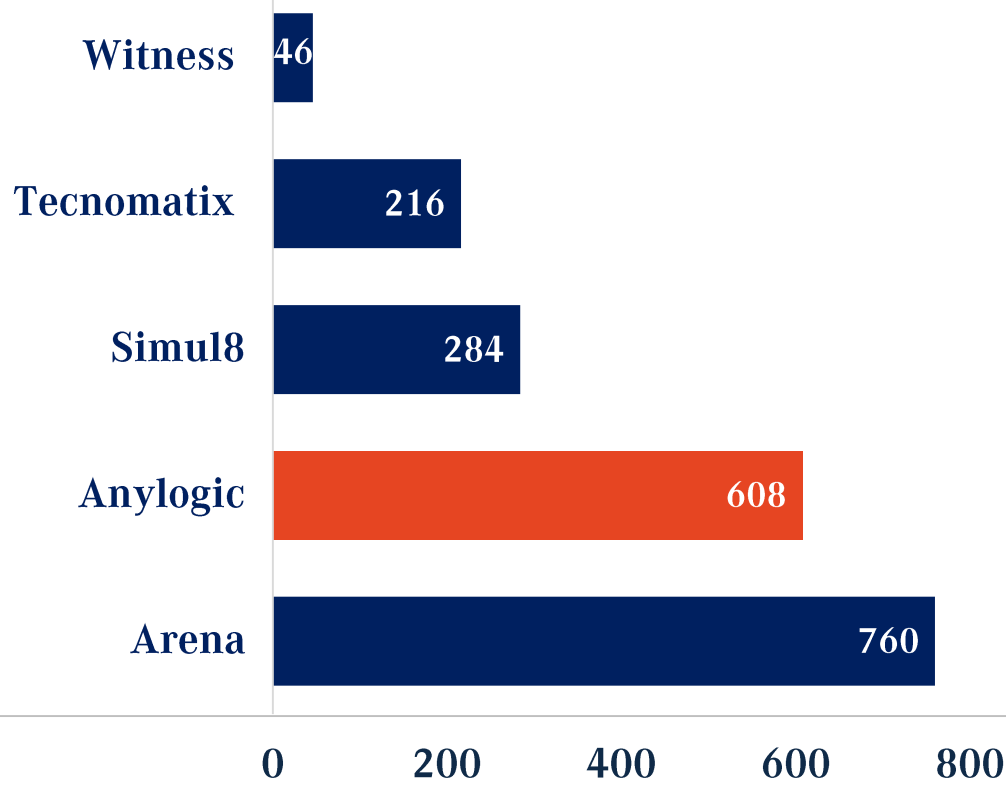
\*ИМ – имитационное моделирование

### ПОПУЛЯРНОСТЬ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

#### Кейсы по имитационному моделированию в промышленности и в энергетическом секторе



#### Количество компаний, использующих различные программные продукты для ИМ



### КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

### АО «РУСАЛ КРАСНОЯРСК»: КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТЫ



база РУСАЛа для внедрения инноваций



выпуск высокотехнологичных и инновационных сплавов



уникальная технология «Экологический Содерберг»

1964

запуск завода

27,6%

алюминия, производимого в России

4 200

сотрудников завода

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СЛИТКОВ



В 2018 г. был открыт новый литейный комплекс по выпуску цилиндрических слитков, который предлагается усовершенствовать с помощью имитационного моделирования.



#### Изменения, которые предлагается внедрить:

1. Предварительный нагрев печей до 500 °С
2. Две машины полунепрерывного литья «Wagstaff»

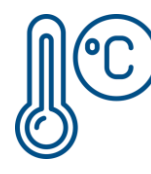


#### Библиотеки моделирования, которые должны использоваться:

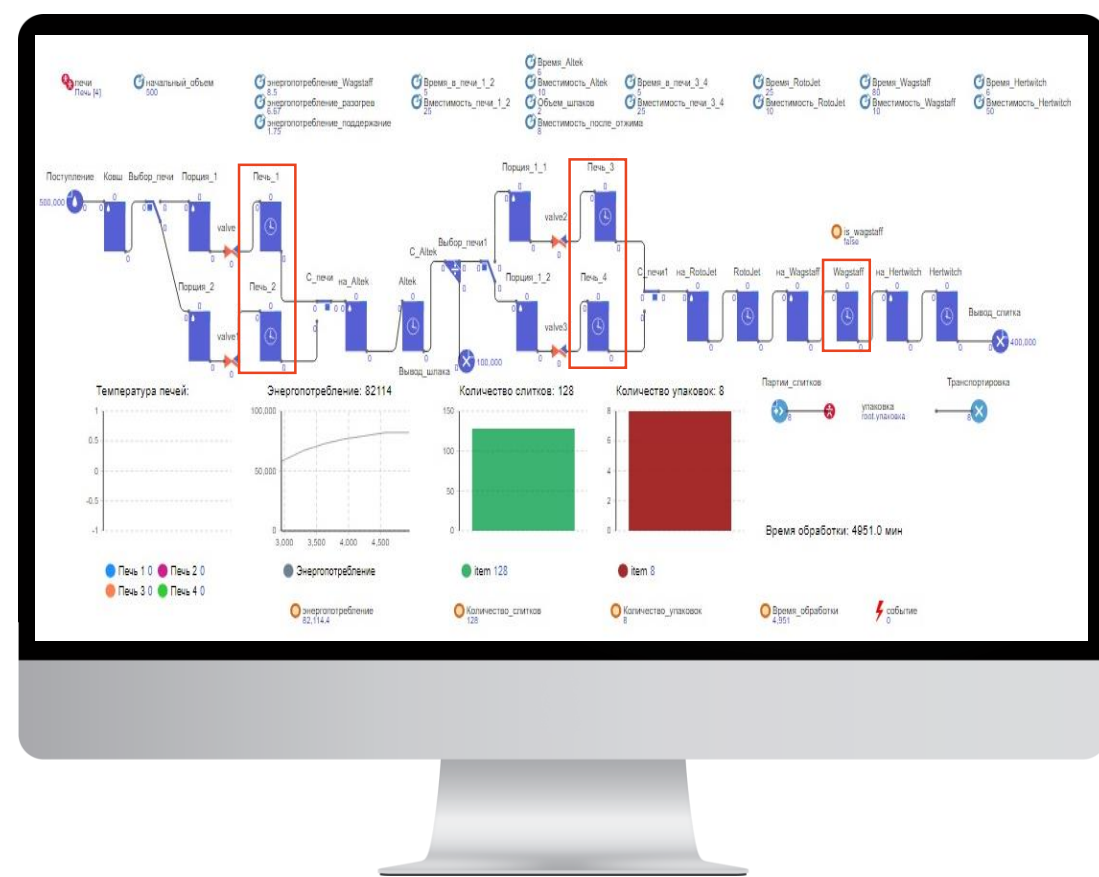
1. Библиотека моделирования потоков
2. Библиотека моделирования процессов



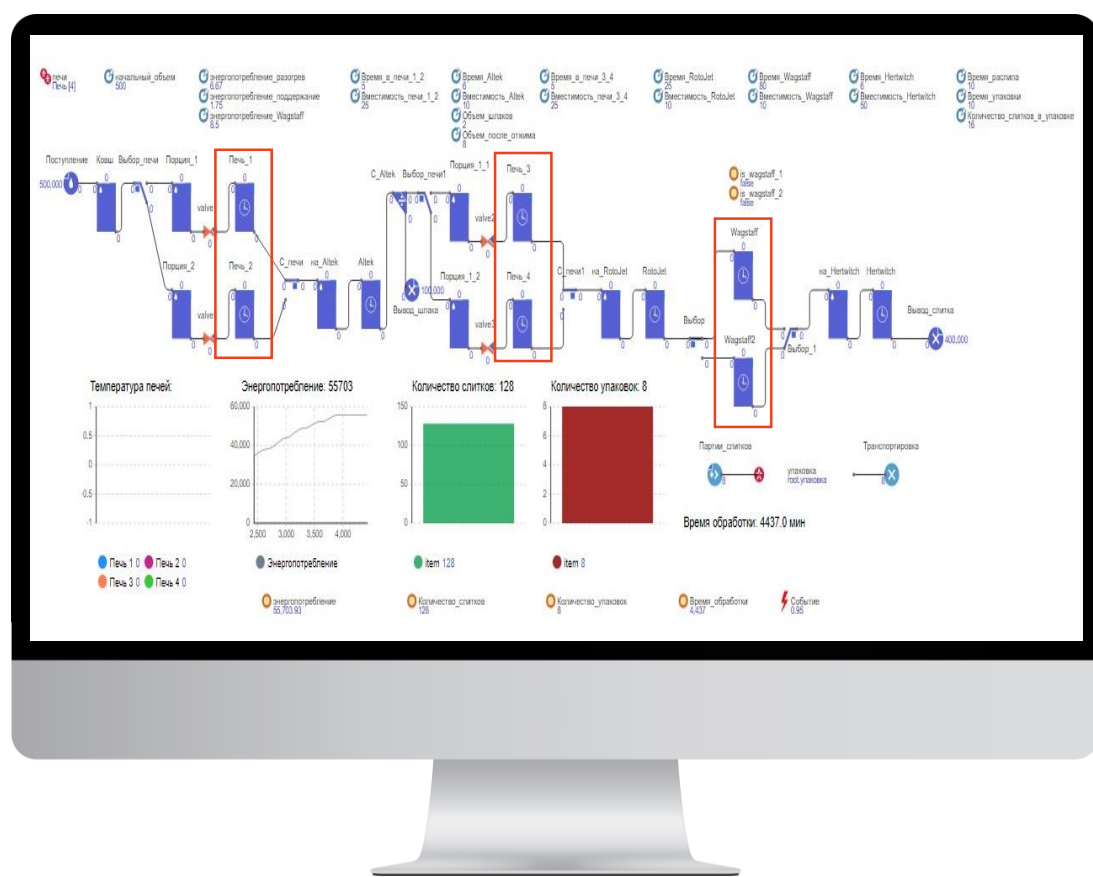
#### Статистические показатели, которые должна собирать модель:



### ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ

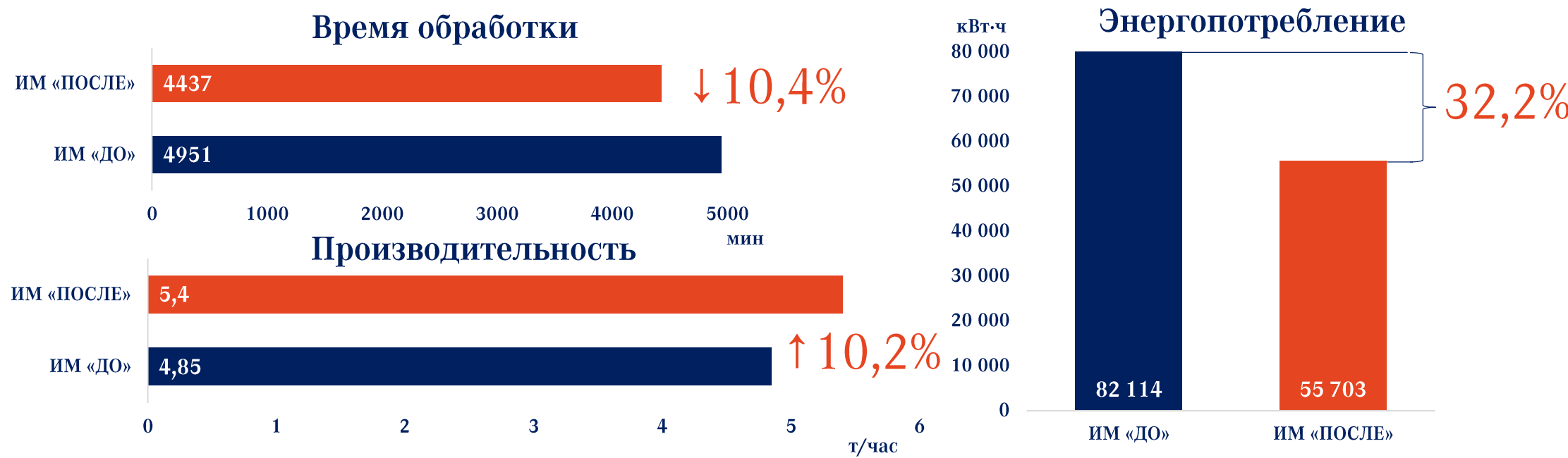


Имитационная модель технологии, которая используется в настоящее время

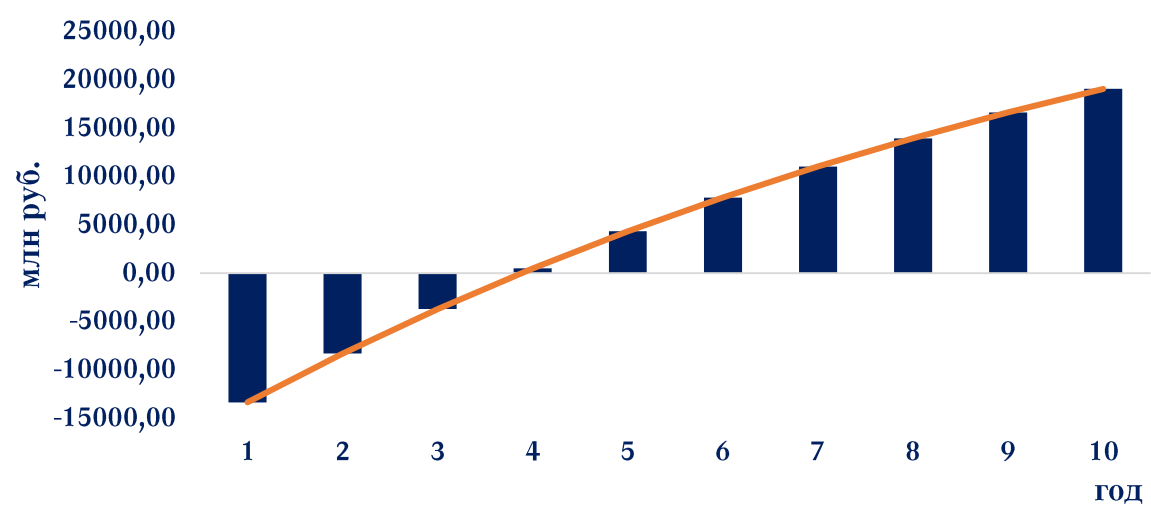


Имитационная модель с введением усовершенствований

### АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ



#### Чистый дисконтированный доход, млн руб.



Срок окупаемости:

3 года и 11 месяцев



Экономия на энергоресурсах:

50,69 млн руб. в год



Увеличение дохода на:

2,12 млрд руб. в год



Разработаны **рекомендации** по повышению энергоресурсоэффективности технологической линии литейного цеха по выпуску цилиндрических слитков АО «РУСАЛ Красноярск» с использованием имитационного моделирования.



Предварительный нагрев электрических печей и введение в систему еще одной машины полунепрерывного литья позволило сократить энергопотребление на **32,2%**, а время обработки на **10,4%**.



В рамках данной ВКР был проведен анализ вопросов **энергосбережения** и **энергоэффективности**, было подробно изучено понятие **«имитационное моделирование»**.



Определены преимущества ИМ для решения проблем промышленных предприятий, проанализированы наиболее успешные проекты **имитационного моделирования** по повышению энергоресурсоэффективности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ