

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЛИНА ФРИКЦИОННОГО

Нужных В.В., студент гр.8КТМ-01, II курс

Научный руководитель: Марков А.М., д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова  
г. Барнаул

На сегодняшний день проблема повышения производительности труда является очень актуальной. В указе Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204, поставлена задача роста производительности труда не ниже, чем на 5 процентов в год. [1].

Методика, отрасли, субъекта Российской Федерации, утверждена приказом Министерства экономического развития Российской Федерации

Согласно методики [2] производительность труда предприятия рассчитывается как отношение величины добавленной стоимостью продукции к затратам рабочего времени на изготовление этой продукции:

$$\text{Производительность труда} = \frac{\text{Добавленная стоимость}}{\text{Затраты труда}} \quad (1)$$

Рост производительности труда можно представить, как уменьшение времени протекания технологического процесса (экономия затрат труда или рабочего времени) или увеличение количества (качества) произведенной продукции за ту же единицу времени.

Повышение производительности труда может быть достигнуто многими путями: модернизацией производственного оборудования, требующей значительных финансовых затрат (модернизация оборудования даст снижение времени протекания технологического процесса – снижение затрат труда, знаменатель формулы 1); автоматизацией управления производством (даст снижение затрат труда, знаменатель формулы 1); внедрением системы стимулирования и поощрения (даст увеличение объема производства, увеличение добавленной стоимости, числитель формулы 1); внедрением и реализацией на предприятии концепции бережливого производства (комплексный подход к организации технологического процесса).

Для примера рассмотрим технологический процесс машиностроительного предприятия, производящего клин фрикционный (клин Ханина) по чертежу М1698.00.003, представленный на рисунке 1, из серого чугуна марки СЧ35, методом литья в песчано-глинистые формы. Данная деталь производится для нужд РЖД.

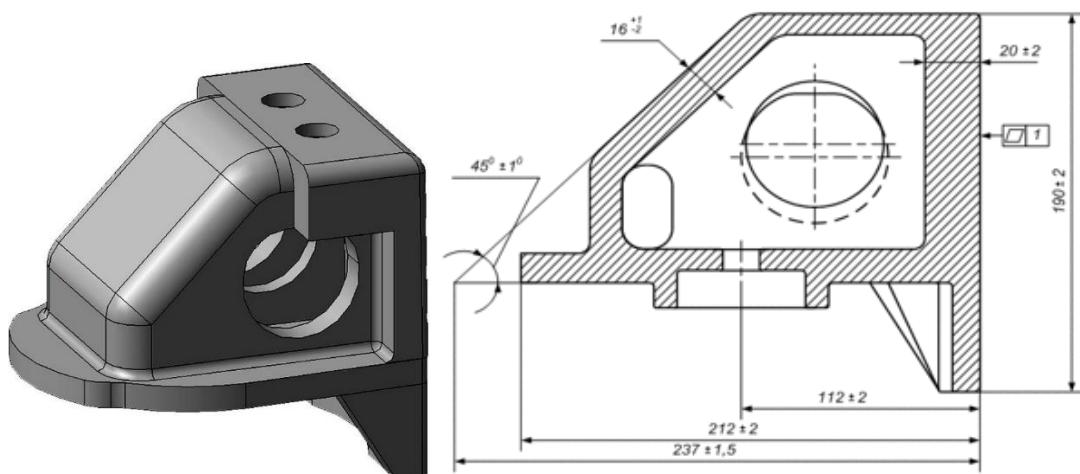


Рисунок 1 – клин фрикционный чертеж М1698.00.003

Технологический процесс литья реализован следующим образом: чугун приготавливается в индукционных печах, согласно шихтового листа, требованиям ГОСТа и требованиям ТУ на детали тележки вагона. Параллельно происходят процессы изготовления песчаных стержней, песчано-глинистых форм. Состав и качество исходных материалов должны отвечать требованиям ГОСТа, ТУ, внутренним требованиям, принятым на предприятии.

Для повышения производительности труда на выбранном для примера предприятии был выбран метод внедрения бережливого производства. Концепция бережливого производства – это система организации производственного процесса, позволяющая произвести больший объем продукции/услуг при меньших усилиях, на меньших производственных площадях и оборудовании при полном удовлетворении ожиданий потребителя. Принципиальным вопросом концепции бережливого производства является устранение любого вида потерь и построение процессов внутри предприятия в зависимости от факторов, существующих вне предприятия или его подразделения.

На начальном этапе реализации концепции бережливого производства была построена карта потока создания ценности – схематичного графического изображения технологического процесса с изображением фактических путей перемещения вещественного и информационного потока. На карту была нанесена информация о последовательности выполнения операций, о количестве производственных рабочих, занятых на операции, времени, затрачиваемого на операцию. На карту потока также наносятся проблемы технологического процесса, выявленные в результате картирования. Получившаяся карта потока создания ценности представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – карта потока создания ценности технологического процесса изготовления клина фрикционного

Параллельно с построением карты потока создания ценности была построена диаграмма такта и времени цикла (диаграмма Ямазуми). Данная диаграмма отражает критические операции технологического процесса с точки зрения времени протекания операции. Горизонтальная черта (время такта) на данной диаграмме обозначает максимальное время протекания операции, в которое необходимо уложиться. Столбцы обозначают фактическое время протекания процесса (время цикла). Операции, время которых превышает критическое, считаются узким местом данного технологического процесса. Диаграмма такта и времени цикла представлена на рисунке 3.

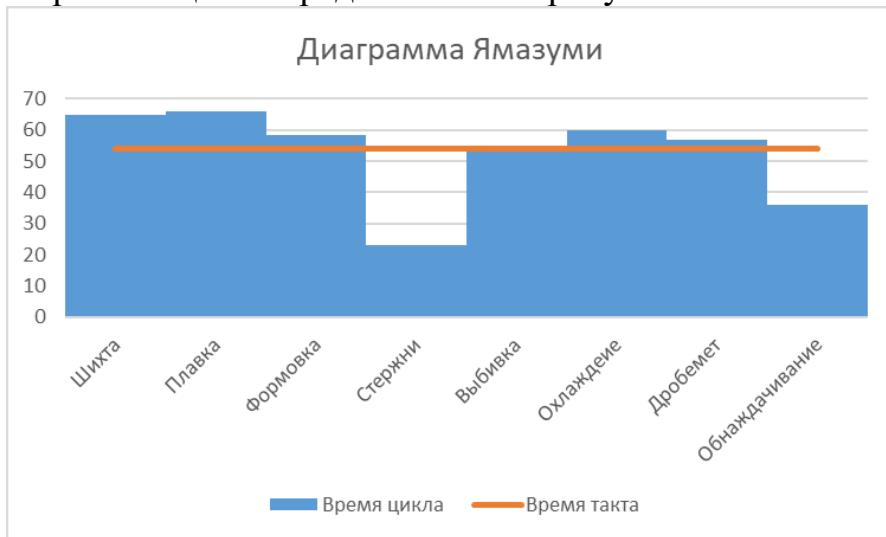


Рисунок 3 – диаграмма такта и времени цикла технологического процесса изготовления клина фрикционного.

В результате анализа карты потока создания ценности и диаграммы такта и времени цикла было решено произвести анализ общей эффективности производственного оборудования – плавильных печей (по диаграмме такта и времени цикла время на подготовку шихты больше, чем на участке плавки, однако время подготовки шихтовых материалов зависит от состояния поставки, сортности исходных материалов, переговоры с поставщиками по поводу качества шихты велись параллельно, и не внесены в данную работу).

Общую эффективность (OEE, Overall Equipment Effectiveness) – можно представить в виде произведения трёх коэффициентов:

$$OEE = A \cdot P \cdot Q \cdot 100\%$$

Где:

A - (Availability), доступность.

$$A = \frac{PPT - DT}{PPT} = \frac{\text{Планируемое производственное время} - \text{время простоев}}{\text{Планируемое производственное время}} \quad (2)$$

Доступность оборудования характеризует величину внеплановых простоев оборудования (неисправностей, поломок, отказов и др.). Данный критерий в большей мере зависит от работы ремонтных и иных вспомогательных служб.

P - (Performance), производительность единицы оборудования.

$$P = \frac{ICT}{(OT/TP)} = \frac{\text{Идеальное время цикла}}{\left( \frac{\text{Производственное время}}{\text{Фактическое количество продукции}} \right)} \quad (3)$$

Данный коэффициент характеризует величину отклонения фактического цикла производства одной единицы изделия, от идеального.

Q - (Quality), качество.

$$Q = \frac{GP}{TP} = \frac{\text{Количество изготовленной годной продукции}}{\text{Фактическое количество изготовленной продукции}} \quad (4)$$

Показатель качества является одним из наиболее значимых. [3]. Качество продукции зависит от множества факторов.

Таблица 1 – исходные данные для расчёта OEE

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Планируемое производственное время	70990 мин.	Общий выпуск продукции	50095 шт.
Потери на внеплановые остановки	1595 мин.	Брак	4795 шт.
Паспортные данные оборудования на выпуск единицы продукции	1,3 мин.		

$$A = \frac{PPT - DT}{PPT} = \frac{70990 - 1595}{70990} = 0,978$$

$$P = \frac{ICT}{(OT/TP)} = \frac{1,3}{\left( \frac{70990 - 1595}{50095} \right)} = 0,938$$

$$Q = \frac{GP}{TP} = \frac{50095 - 4795}{50095} = 0,904$$

$$OEE = 0,978 \cdot 0,938 \cdot 0,904 \cdot 100\% = 83,0\%$$

В данном случае коэффициент качества имеет наименьшее значение, а значит уменьшение числа несоответствующей продукции даст наибольший прирост производительности.

Ключевым методом статистического управления процессом является контрольная карта Шухарта [4]. Контрольная карта - это графическое средство, использующее статистические подходы. Теория контрольных карт различает два вида изменчивости. Первый вид статистической изменчивости – изменчивость из-за "случайных (обычных) причин", обусловленная большим набором разнообразных причин, присутствующих постоянно. Только суммарное воздействие таких причин измерима. Второй вид – реальные перемены в процессе. Эти причины следует рассматривать как "неслучайные" или "особые" причины изменения. Цель контрольных карт - обнаружение неестественных изменений в данных из повторяющихся процессов и дать оценку статистической управляемости процесса. Процесс находится в статистически управляемом состоянии, если изменчивость вызвана только причинами первого рода. Анализ исходных данных, построение и анализ самой карты Шухарта весьма трудоёмкий процесс, для упрощения работы с данным инструментом была создана и зарегистрирована программа для ЭВМ. Авторство данной программы подтверждено свидетельством о государственной регистрации [5]

В качестве примера был проанализирован брак продукции рассматриваемого предприятия (рисунок 4).

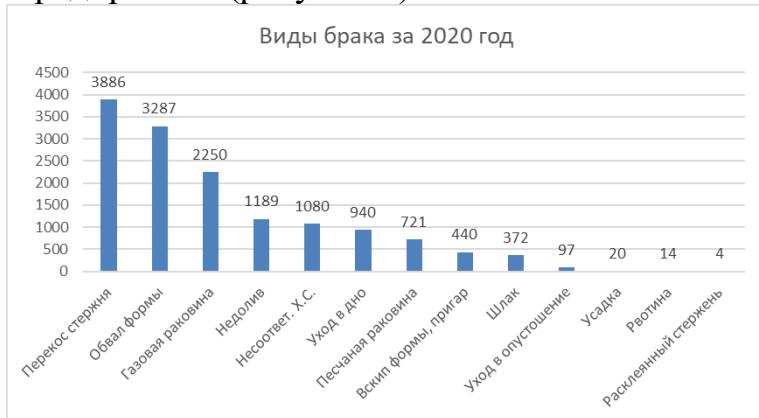


Рисунок 4 – диаграмма видов брака предприятия

В качестве исходных данных были взяты количество забракованных деталей по самому распространенному признаку в общем объёме производства по периодам. Исходные данные были занесены в форму программы для ЭВМ. Форма программы представлена на рисунке 5

Альтернативные данные

Введите данные:

№	Годен / Не годен	Общий объем	Доля с признаком
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Среднее и границы

Среднее	Верхняя граница
	Нижняя граница

№ Годен / Не годен Общий объем Доля с признаком

21			
22			
23			
24			
25			

Расчет

Провести расчёт

Вернуться обратно

Рисунок 5 – форма для ввода исходных данных (Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ 2021665097)

Полученная карта Шухарта представлена на рисунке 6

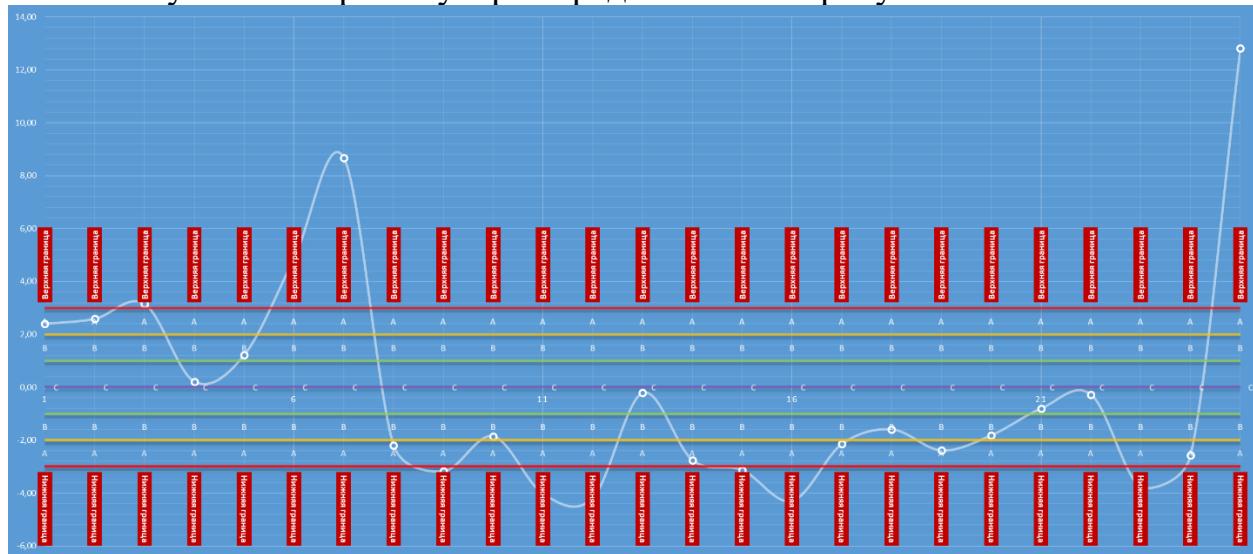


Рисунок 6 – контрольная карта распределения

Пользуясь авторской программой для ЭВМ, обнаруживаем, что на данной диаграмме ярко выражены критерии для неслучайных, особых причин, влияющих на процесс образования данного вида брака.

Для выявления причин данного вида брака был использован ещё один инструмент бережливого производства «Диаграмма Ишикавы», причинно-следственная диаграмма или «Рыбья кость».

Проблема в данном случае формулировалась как: «Наличие брака Перекос стержня». В качестве категорий причин были взяты классические для данного инструмента: «Персонал»; «Внешняя среда»; «Используемые материалы»; «Оборудование»; «Способы измерения»; «Методы реализации технологического процесса». Диаграмма данного конкретного случая представлена на рисунке 7

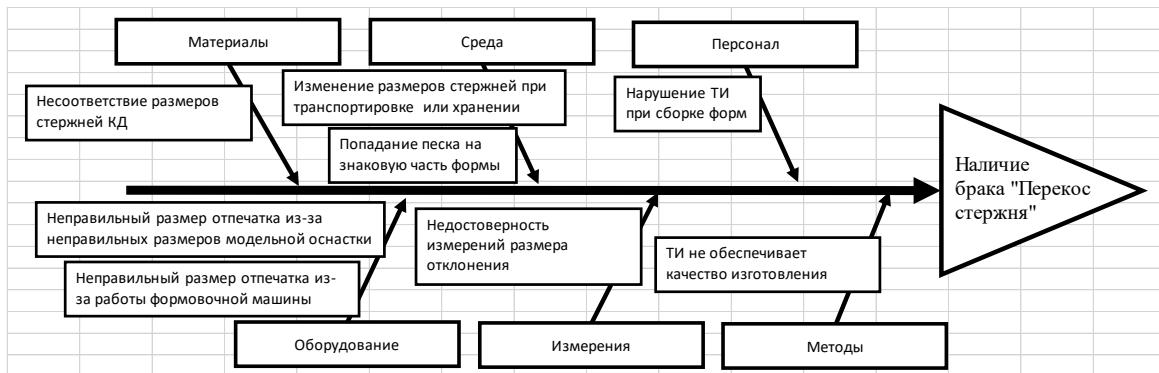


Рисунок 7 – Диаграмма Ишикавы проблемы наличия брака «Перекос стержня».

В результате проведения мозгового штурма был составлен рейтинг причин по вероятности. Список представлен ниже:

- 1) Несоответствие размеров стержней;
- 2) Нарушение требований ТП при сборке форм;
- 3) Неправильный размер отпечатка из-за неправильной работы оборудования;
- 4) Неправильный размер отпечатка из-за неправильных размеров модельной оснастки;
- 5) Изменение размеров стержней при транспортировке или хранении;
- 6) Попадание песка на знаковую часть формы;
- 7) Недостоверность измерений размера отклонения.

Для борьбы с данными причинами брака были разработаны и реализованы следующие мероприятия (список мероприятий неполный, так как мероприятия разрабатывались и реализовывались по инструменту бережливого производства «Одна за одной» 1x1, подразумевающий последовательное внедрение мероприятий и устранение причины):

Ежедневный обмер стержней, с ведением журнала обмера; Замена ручного труда по изготовлению стержней на машинный.

Обучение сборщиков форм ТИ; Внедрение инструмента бережливого производства «Стандартизированная работа»; Проведения внеочередных проверок соблюдения технологической дисциплины на участке сборке форм один раз в две недели.

Замена производственного оборудования (формовочных машин)

Контроль изготовления модельной оснастки.

Неправильный размер отпечатка из-за неправильных размеров модельной оснастки оказалось коренной причиной появления данного вида брака.

Контроль размеров модельной оснастки осуществлялся при помощи штангенциркуля, проверка уклонов знаковых частей не осуществлялась. Было выявлено несоответствие уклонов знаковых частей стержня, вследствие чего и возникал брак. Инструментом бережливого производства «5 Почему» и опытным путем был выявлен износ опорного подшипника оси Y фрезерного станка, изготавливающего модельную оснастку. Для недопущения повторного возникновения данной проблемы было принято решение изготовления изготовления модельной оснастки на стороннем предприятии и был принят регламент проверки геометрической точности модельной оснастки.

Благодаря реализации инструментов бережливого производства, описанных в данной статье, удалось полностью искоренить самый распространенный вид брака на данном предприятии, тем самым повысив производительность труда на 2,46%.

#### **Список литературы:**

1. Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 (ред. 21.07.2020) «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» // Собрание законодательства РФ. – 14.05.2018. – № 20. – ст. 2817.
2. Об утверждении Методики расчета показателей производительности труда предприятия, отрасли, субъекта Российской Федерации и Методики расчета отдельных показателей национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости»: Приказ Министерства экономического развития от 28.12.2018 г. № 748 (ред. 15.01.2019) – URL: <https://www.garant.ru> (дата обращения 27.02.2022) – Режим доступа: Гарант : [справ.-правовая система].
3. Общая эффективность оборудования. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 120 с.
4. ГОСТ Р 50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.
5. Свид. 2021665097 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Построение и анализ карт Шухарта / В.В. Нужных, А.М. Марков; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (АлтГТУ)