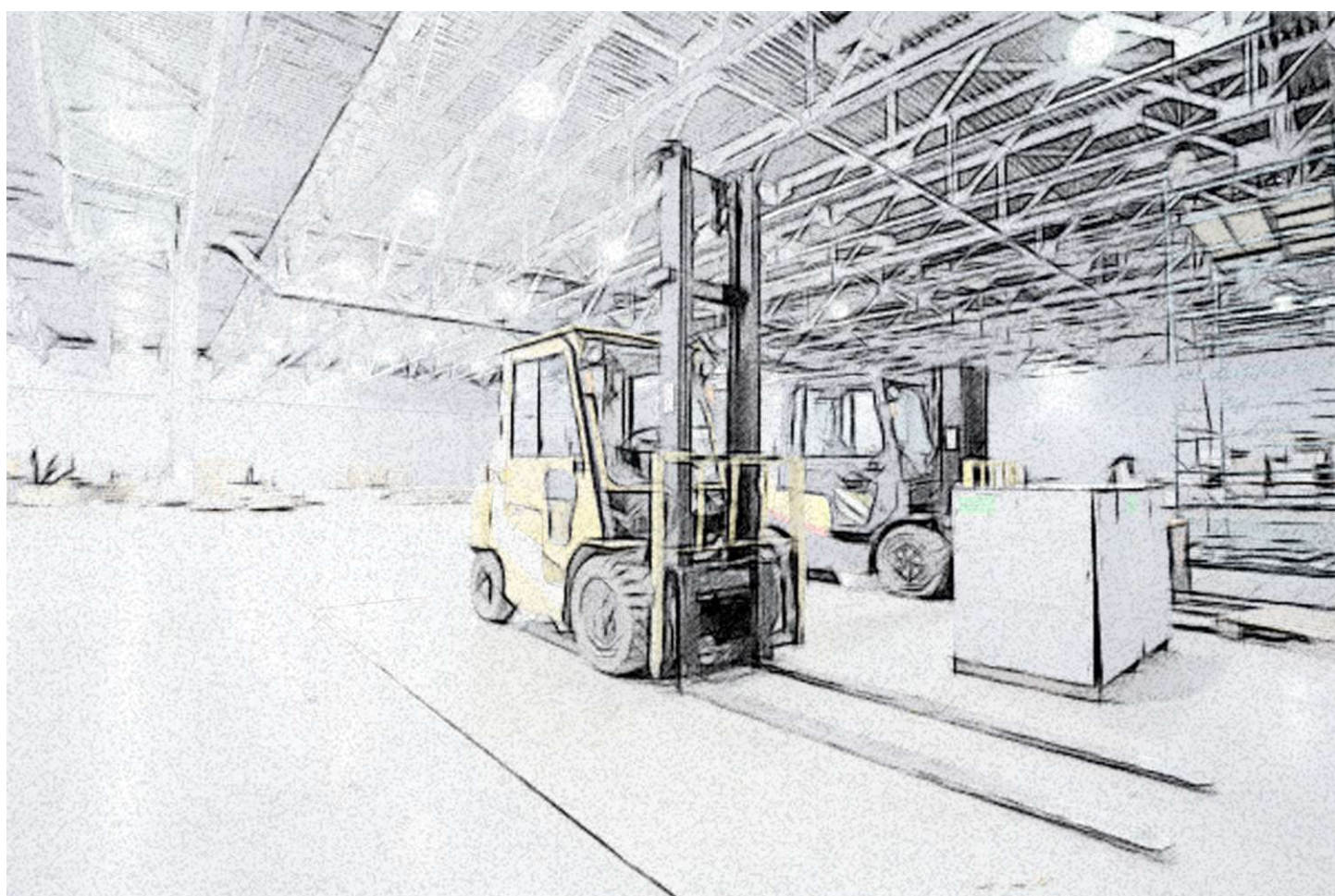

Тренинг

Бережливые Шесть Сигм Зеленый пояс (Lean Six Sigma Green Belt)



СОДЕРЖАНИЕ

Команда проекта	2
Методология Lean Six Sigma	3
Программа тренинга	3
Кейс №1 Борьба за качество продукции	4
Кейс № 2 А оборудование-то простаивает	6
Кейс № 3 «На полную мощность» – не значит максимально эффективно	8
Кейс № 4 Учимся красить в белый цвет с первого раза	10
Кейс № 5 Сколько рабочих нам нужно?	12

КОМАНДА

**Надежда Окладникова**

Консультант – аналитик BPI Group

Консультант-аналитик и тренер с опытом реализации практических проектов Lean и SixSigma на предприятиях машиностроения, пищевой промышленности, банковской сферы, электроэнергетики, фармацевтической отрасли и др. Соавтор обучающих программ BPI Group.

Основные профессиональные навыки в проектной деятельности:

- анализ операционной деятельности предприятий
- внедрение инструментов повышения эффективности производственных процессов
- статистический анализ процессов
- применение методологии SixSigma в проектах повышения качества производимой продукции.

**Андрей Сергеев**

Управляющий партнер BPI Group

Ph.D (Университет Сандерленд, UK), сертифицированный Lean-тренер Shingo Institute. Основатель LeanForum — Украинского форума развития производственных систем.

Читает курс “Операционный менеджмент” программы MBA Донецкого Национального Университета им. В. Стуса, автор многих обучающих программ по бережливому производству и Six Sigma.

С 2008 по 2021 гг. реализовал много проектов операционного совершенствования в украинских и зарубежных компаниях с общим экономическим эффектом более 500 млн. грн.

**Александр Омельченко**

Старший консультант BPI Group

Старший консультант BPI Group и руководитель проектов Академии BPI Group. Принимает активное участие в консалтинговых проектах в области операционного совершенства. Обладает глубокими знаниями методологии бережливого производства и Six Sigma.

Ключевые компетенции:

- Lean Six Sigma
- Стандартизация процессов
- Картирование потока создания ценности
- Инструменты Excel и BI
- Управление проектами

МЕТОДОЛОГИЯ LEAN SIX SIGMA

Lean Six Sigma (LSS) – это методология совершенствования, которая сочетает в себе два наиболее известных и мощных инструмента улучшения качества на сегодняшний день.

Lean (Бережливое производство) предоставляет механизмы для быстрого и резкого сокращения времени цикла и потерь в любом процессе, как в, так и за пределами организации. Другими словами, Lean направлен на повышение эффективности деятельности.

Six Sigma (Шесть Сигм) представляет собой инструменты и организационные принципы, которые создают основу для устойчивых, основывающихся на статистических данных улучшений качества продукции и услуг. Шесть Сигм фокусируется на результативности процесса.



Обучение методологии Lean Six Sigma проходит поэтапно. После прохождения соответствующего этапа участнику присваивается «пояс» определенного цвета:

	Кто это?	Что для этого нужно?
Желтый пояс (Yellow Belt)	Это сотрудник, который обладает базовыми знаниями о методологии и инструментах совершенствования процессов. Принимает участие в проектах под руководством Зеленого и Черного поясов.	Пройти 2-ух дневный тренинг Lean Six Sigma Yellow Belt
Зеленый пояс (Green Belt)	Это сотрудник, который принимает участие в масштабных проектах 6 Сигм под руководством Черного пояса или сам руководит небольшими проектами в своей области деятельности.	Пройти 6-ти дневный тренинг Lean Six Sigma Green Belt и реализовать реальный проект в своей компании в течение 6 недель с методической поддержкой консультантов.
Черный пояс (Black Belt)	Это сотрудник, который руководит масштабными проектами 6 Сигм или программой проектов. Обладает обширными знаниями методологии и статистического анализа, консультирует Зеленых и Желтых поясов.	TBD

ПРОГРАММА ТРЕНИНГА

1-я сессия тренинга — DEFINE

- Введение в Lean Six Sigma Понятие эффективности и результативности. Подход DMAIC.
- Голос клиента. Как определить его потребности.
- Понимание процесса. Определение области проекта.
- Во сколько нам обходится низкое качество? Финансовое обоснование проекта. Формулирование проблемы и цели.
- Планирование проекта: команда, устав, календарный план.

2-я сессия тренинга — MEASURE

- Знакомство с программой Minitab. Основные функции программы. Требования к вводимым данным.
- Основные виды данных. Планирование процесса сбора данных для дальнейшего анализа.
- Понятие измерительной системы. Два вида ошибок измерений. Анализ сходимости и воспроизводимости измерительных систем.
- Основные показатели описательной статистики. Графическое представление данных. Нормальность распределения.
- Показатели способности процесса входить в пределы допуска. Сигма уровень процесса.

Выполнение самостоятельного практического задания — 2 недели.

- Сбор данных о процессе, анализ измерительной системы, расчет данных текущего состояния процесса.
- Определение потребностей клиента, изучение процесса, планирование и утверждение проекта.
- Выбор проекта для практического задания.

ПРОГРАММА ТРЕНИНГА

3-я сессия тренинга — ANALYZE

- Обзор практических проектов. Презентация результатов этапа "Определение и Измерение".
- Коренная причина проблемы. Инструменты определения коренной причины проблемы.
- Анализ причинно-следственных связей между причинами проблемы и параметрами качества.
- Анализ причин и последствий отказов.

4-я сессия тренинга — ANALYZE

- Основы статистического анализа данных. Понятие статистической гипотезы.
- Тестирование статистической гипотезы о нормальности распределения данных.
- Тестирование статистической гипотезы о равенстве вариаций двух выборок.
- Понятие доверительного интервала. Тестирование статистической гипотезы о равенстве средних значений.
- Подведение итогов этапа. Фиксирование значимых входов процесса.

Выполнение самостоятельного практического задания — 2 недели.

- Подтверждение/опровержение статистической значимости влияния входов процесса на параметры продукции.
- Определение перечня потенциально значимых входов процесса.
- Работа с практическим проектом.

ПРОГРАММА ТРЕНИНГА

5-я сессия тренинга — IMPROVE

- Определение возможных решений для улучшения процесса.
- Выбор оптимального решения.
- Анализ причинно-следственных связей между причинами проблемы и параметрами качества.
- Анализ причин и последствий отказов.

6-я сессия тренинга — CONTROL

- Планирование процесса контроля.
- Статистический контроль процессов.
- Оценка результатов реализованных изменений.
- Документирование нового процесса с помощью Стандартизированной операционной процедуры.
- Закрытие проекта. Обсуждение и подведение итогов.

Выполнение самостоятельного практического задания — 2 недели.

- Внедрение статистического контроля процесса, документирование и оценка улучшений, закрытие проекта.
- Разработка и внедрение мероприятий по улучшению процесса для достижения целевого значения качества.
- Работа с практическим проектом.

Финальная защита реализованных проектов

- Презентация результатов своего проекта

¹ Дефект пайки «непропай»² Конструктивный элемент «юбка»

ФАКТЫ

61 % - сокращение количества дефектов «непропай»

107 тыс. грн – экономия от сокращения дефектов пайки

800 тыс. грн – сокращение затрат на выполнение пайки (расход припоя)

907 тыс. грн – суммарная экономия от реализации проекта

100 тыс. грн – общие затраты на реализацию проекта

9 – ROI – Коэффициент рентабельности инвестиций

ПРОБЛЕМА

Компания-производитель бытовой техники столкнулась с проблемой ненадежной пайки (потери герметичности) алюминийно-медных соединений труб в изделии. Разгерметизация приводила к выходу из строя оборудования и требовало немедленного решения, поскольку данная проблема составляла 16% всех затрат на гарантийно-техническое обслуживание. При этом уровень дефектности составлял не более 500 DPMO, что существенно снижало возможность выявления влияющих факторов без организации специальных экспериментов.

ОЦЕНКА ПРОБЛЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ

В качестве исследуемого объекта было выбрано наиболее технологически сложное соединение. Было сделано предположение, что качество (соответствие стандарту) паяного стыка определяет потенциальный уровень дефектности. Главными показателями «качества» паяного соединения являются «непропай»¹ и «раковина».

По результатам разрушающего контроля уровень качества пайки был не высокий. В 76% изделий был обнаружен «непропай». Такие соединения имели вероятность иметь микро трещины и быть разгерметизированными. Была выработана рабочая гипотеза – снижение появления «непропая» в соединениях должно привести к сокращению уровня дефекта, связанного с потерей герметичности. Перед проектом была поставлена цель сократить уровень дефектов вдвое до уровня 4 сигма или 1 дефект в 4000 тысячах изделий.

Борьба за качество продукции

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ

В команду проекта были включены разные специалисты: инженеры по оснастке, технологи, пайщики. Проект был рассчитан на 1 месяц, в ходе которого должны быть выработаны гипотезы и проведены эксперименты для их проверки. Команда исследовала возможные причины возникновения данного дефекта. В ходе проведенных экспериментов было опровергнуто статистически значимое влияние некоторых факторов на качество пайки:

- **Отвергнутая гипотеза 1:** Чем больше глубина соединения, тем оно надежнее. Стык 5 мм обеспечивает требуемую прочность на разрыв. Было доказано, что во всех случаях когда соединении более 5 мм, оно выдерживает большую нагрузку на разрыв, чем сама трубка. В то же время излишняя глубина стыка приводит к перерасходу припоя и повышает вероятность неравномерного затекания припоя.

- **Отвергнутая гипотеза 2:** Конструктивный элемент «юбка»² не обеспечивает лучшую герметизацию стыка и лучшее попадание припоя в стык.

Более того – такой конструктивный элемент является одной из причин отсутствия капиллярного эффекта, что влияет на результат пайки.

Неправильная же конструкция стыка, приводит к неравномерным зазорам и как следствие к дополнительному расходу припоя и выполнению лишней обработки изделия.

Также в ходе анализа были выявлены **влияющие на качество пайки факторы:**

- Износ оснастки, который вызывает изменения размера диаметра внутренней трубки, что приводит к неравномерности зазора.
- Неполное заполнение зазора между трубками и пор возникают из-за неправильной работы флюса, в результате нарушения технологии промывки и обезжиривания поверхностей.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

1 Обеспечение геометрии размеров: Введен регламент замены оснастки и контроль оператором размера диаметра наружной трубки. Контроль производится эталоном «на проход» в месте производства трубки.

Улучшение конструкции стыка:

- 2**
- Сокращена глубина стыка с 13 мм до 7 мм
 - Устранено каноническое расширение («юбка»)
 - Доработана форма «стакана», чтобы обеспечить правильную посадку трубки внутренней.

3 Изменение технологии операции: С поставщиком пересмотрен способ нанесения флюса для достижения требуемого уровня текучести.

4 Тестирование гипотез: Проведены эксперименты, демонстрирующие статистически значимое улучшение качества .

Фиксация полученных результатов:

- 5**
- Составлены Стандартизированные операционные процедуры процесса пайки и проведено обучение пайщиков.
 - Разработаны регламенты регулярной замены хладона, способа промывки трубки и контроля качества подготовки трубок к пайке.

6 Последующий контроль и отслеживание фактических показателей надежности в эксплуатации. Сбор данных в течение 12 месяцев.

Вариативность процесса - характеристика процесса, определяющая степень его склонности к отклонениям от предопределённого протекания. Чем вариативность процесса меньше, тем ближе он к идеальному процессу, так как, при постоянно повторяющемся по определённой схеме процессе, потребитель выхода процесса получает продукт заданного качества.

PPK – способность процесса удовлетворять заданным рамкам (значения).

ФАКТЫ

58 956 € – стоимость низкого качества процесса (потери в год).

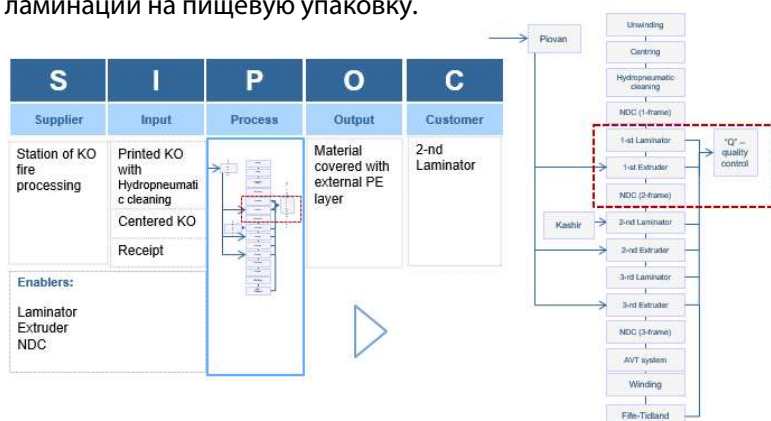
2 834 € – экономия на расходе полиэтилена в результате внедрения изменений (в год).

ПРОБЛЕМА

Сотрудники крупной международной компании по производству пищевой упаковки проходили квалификационное обучение на уровень зеленого пояса Lean Six Sigma. На момент старта обучения конкретно выраженной проблемы не было, но была идея проанализировать процесс покрытия бумажной пищевой упаковки внешним слоем полиэтилена на предмет потенциала к улучшению, а именно сделать процесс более стабильным и менее вариативным, за счет чего в результате уменьшить расход материала и получить экономию.

ОЦЕНКА ПРОБЛЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ

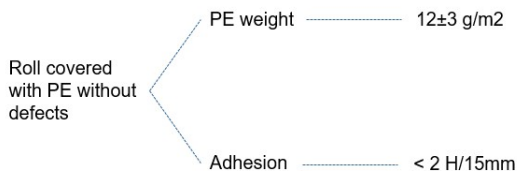
В ходе проекта командой был определен конкретный процесс в производственной цепочке, который отвечал за нанесение ламинации на пищевую упаковку.



Целью проекта было обозначено - снижение вариативности процесса внешней укладки полиэтилена на рулоны пищевой упаковки.

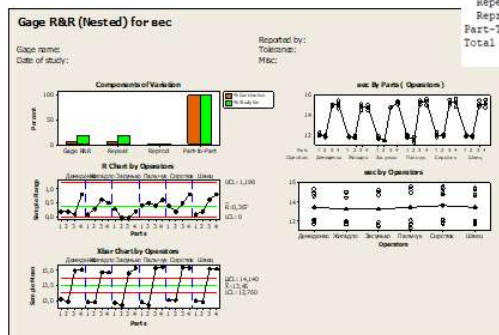
Насколько хорошо вы знаете свои процессы?

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ

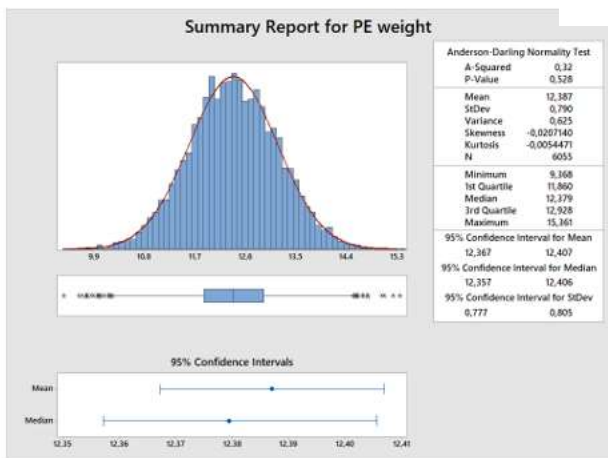


Были зафиксированы эталонные показатели нанесения полиэтилена, которые бы соответствовали требованиям рынка и требованиям по качеству

Затем, на этапе сбора данных о процессах, команда провела анализ измерительной системы, чтобы убедиться, что собранным данным можно доверять и делать на их основании выводы и формировать гипотезы.



% Study Variation is less than 30%, so we accept Measurement System

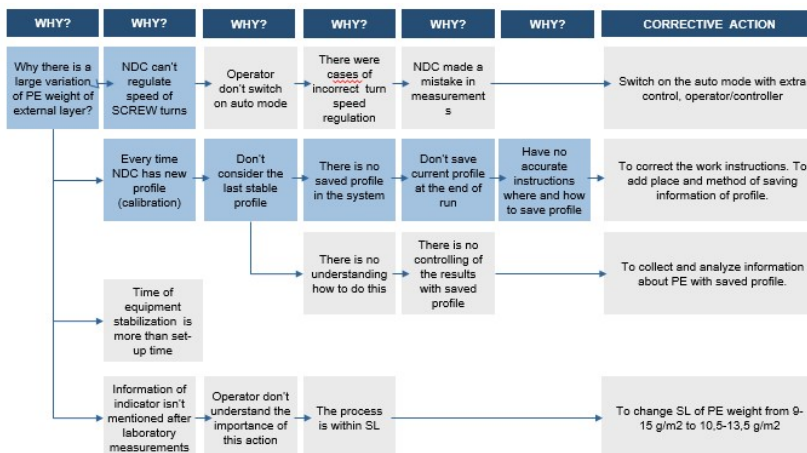


P-value > 0,05
Data are normally distributed

Analyzed data include PE weight of 3 different products.
The mean PE weight of these products is 12,4 g/m²

После утверждения измерительной системы, начался сбор данных и были проведены тесты на нормальность распределения. Положительные результаты таких тестов позволяют проводить дальнейшие эксперименты с полученными данными, определять способность процесса и др. статистические показатели.

В результате всех экспериментов была определена основная причина вариации процесса и сформирована основная гипотеза - **Обработка в автоматическом режиме NDC уменьшит изменчивость веса PE.**

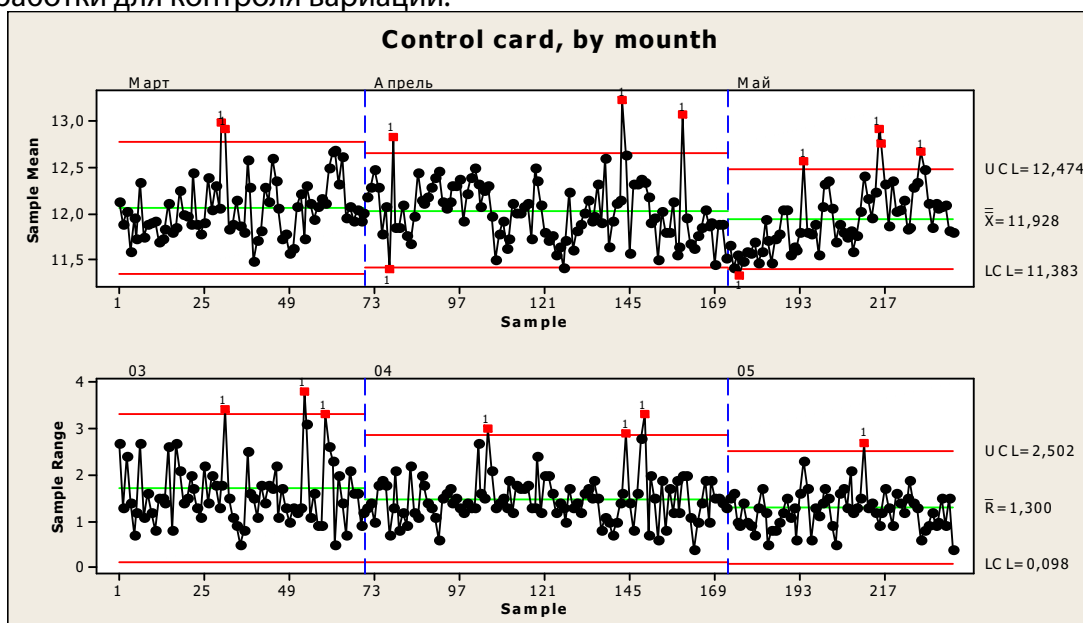


А оборудование – то простаивает....

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В результате были внесены изменения:

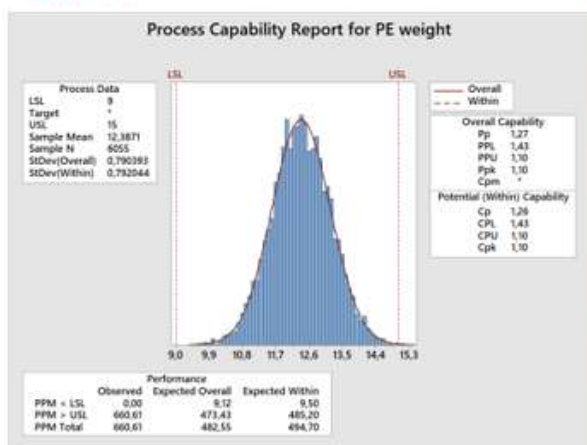
- Обработка в автоматическом режиме NDC и автоматический контроль веса подаваемого полиэтилена.
- Сохранение и повторное использование настроек (профилей) автоматической обработки для контроля вариации.



Контрольные карты показывают динамику веса полиэтилена после изменений: автоматический режим NDC и сохраненные профили после пробегов.

Вывод - вариабельность веса полиэтилена уменьшилась.

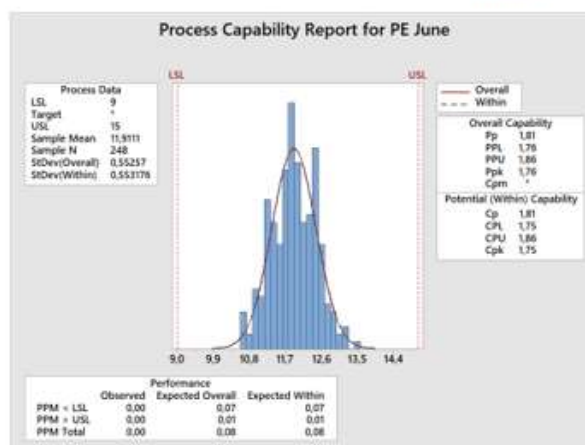
Before



1,10

PPK

After



1,76

Так же тесты показали, что способность исследуемого процесса значительно увеличилась.

¹ Голос клиента – это потребность или ожидания заказчика, которые установлены, обычно предполагаются или являются обязательными (условия, оговоренные стандартами, контрактами и другими нормативными и отраслевыми документами)

² Критические для качества характеристики - это требования заказчика, выраженные в измеримых показателях качества продукции или процесса.

ФАКТЫ

9% – увеличение показателя эффективности использования оборудования

5,5 млн грн – экономический результат от увеличения доступности оборудования

3,7 млн грн - экономический эффект от исключения ряда требований конечных потребителей к прочности гранул

9,2 млн грн – суммарная экономия от реализации проекта

ПРОБЛЕМА

Агропромышленный животноводческий холдинг столкнулся с проблемой нехватки собственных мощностей по производству комбикормов. Современный комбикормовый завод работал практически на пределе своих возможностей. Однако, мощности завода не покрывали собственные нужды, что вело к снижению гибкости планирования, увеличение зависимости от внешних поставщиков и в конечном счете увеличении себестоимости за счет покупки более дорогого сырья.

ОЦЕНКА ПРОБЛЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ

Цель проекта - выявить и реализовать потенциал завода. Увеличить производительность завода на 5%.

«На полную мощность» – не значит максимально эффективно

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ

Команда проекта провела анализ эффективности использования основного оборудования завода по производству комбикорма – линии гранулирования.

Выяснилось что в основе ограничения производительности оборудования лежат два типа потерь:

- **Остановки:**
 - ТО - среднее время 200 минут. Один раз в день на каждой из трех машин гранулирования.
 - Смена корма- 57% всего времени потерь
 - Поломки – минимальное время простоев.
- **Скорость процесса гранулирования** - определяется требованием предъявляемым конечным потребителем о приемлемой прочности гранул определенной на уровне > 90% Pdi

Анализ проблемы был направлен на исследование двух гипотез:

Гипотеза 1. Техническое обслуживание оборудование может быть сокращено.

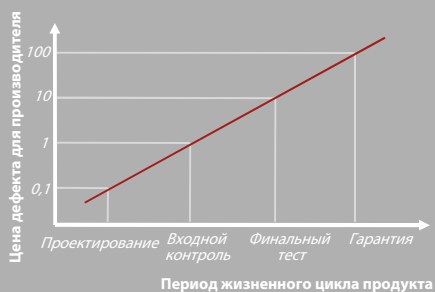
Гипотеза 2. Требования предъявляемые конечным потребителем могут быть ослаблены и скорость гранулирования увеличена.

В ходе исследования выяснилось, что разные марки корма используются для двух типов кормления: сухого и влажного кормления. Для тех марок, которые используются для влажного кормления требования по прочности гранул (>90Pdi) не принципиальны. Таким образом, изучение «Голоса потребителя»¹ и пересмотр «Критичных для Качества характеристик»² позволил существенно повысить скорость процессов.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

- 1 **Ответ на гипотезу 1: сокращение времени простоев**
 - Создана процедура проведения технического обслуживания пресс-гранулятор, позволившая сократить на 50% время простоя оборудования.
- 2 **Ответ на гипотезу 2: изменение требований заказчика**
 - Изменены нормативы по прочности гранулы, в зависимости от дальнейшего применения, что позволяет не терять производительность при производстве.
 - Согласовано добавление воды в корма, при необходимости, на этапе смешивания для поддержания номинальной производительности линий гранулирования
 - Согласованы возможные отклонения по консолидированной заявке на корма в разрезе недель, что позволит загружать собственные заводы максимально близко к установленному номиналу

По данным исследователей, около 80% всех дефектов, которые выявляются в процессе производства и использования изделий, обусловлены недостаточным качеством разработки концепции изделия, конструирования и подготовки его производства. Около 60% всех отклонений, появляющихся во время гарантийного срока службы изделия, возникают по причине ошибочной, поспешной и несовершенной разработки. По данным исследовательского отдела компании Джeneral Моторс, при разработке и производстве изделия действует правило десятикратных издержек – если на одной из стадий жизненного цикла изделия допущена ошибка, которая выявлена на следующей стадии, то для её исправления будет нужно затратить в 10 раз больше средств, чем, если бы она была выявлена на раннее.



ФАКТЫ

3 000 тыс. грн –

экономический результат от увеличения продаж

600 тыс грн - экономический эффект от снижения уровня дефектности до 0,3% и сокращение переделок брака

3 600 тыс. грн – суммарная экономия от реализации проекта

ПРОБЛЕМА

Компания – клиент производит водонагреватели. Одна из ключевых операций покраска изготовленного изделия. Качество нанесения лако-красочного покрытия оставляло желать лучшего: некачественное нанесение краски (дефект «непрокрас») -1,5% от общего количества и мех. повреждения изделий (сколы, царапины) – 0,9%. При этом, 1% дефектных изделий можно было перекрасить, а оставшиеся 1,4% подлежали утилизации. Данный дефект негативно влиял на внешний вид изделия и снижал привлекательность товара. По мнению продавцов исключение данного дефекта могло бы повлиять на повышение продаж минимум на 10%.

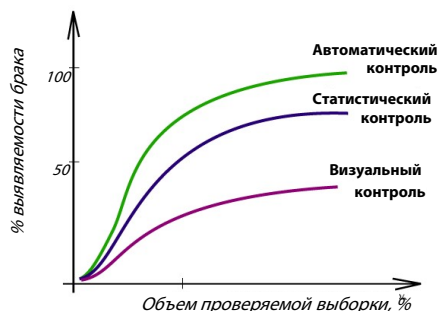
ОЦЕНКА ПРОБЛЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ

Данная проблема влияет на важные потребительские свойства товара. Особенно негативно это сказывается, когда такой товар оказывается «продающимся на полке». Это безусловно отталкивает покупателя. Оценка потерь от «недопродаж» – 3 млн. грн. Конечный брак оценивается еще в 500 тысяч грн. Затраты связанные с перекраской в 100 тыс. грн. в год. Перед проектом стояла цель полностью исключить данный дефект.

Учимся красить в белый цвет с первого раза

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ

Первичный аудит показал, что процесс покраски часто выходит из статистически управляемого состояния. Это происходит по разным причинам (перегар тенов и изменение термического режима, изменение свойств краски при смене партий, выход из строя сопла распылителя и т.д). Определение этих причины не всегда получается своевременным, поэтому для повышения надежности контроля был разработан SPC на линии контроля .



SPC (statistical process control) Статистический контроль:

- Средство позволяющее минимальными затратами устанавливать причины возникающих проблем.
- Позволяет предсказывать появление брака и вовремя реагировать на это.
- Позволяет совершенствовать измеряемый процесс.
- Помогает определить кто должен принять решение об изменениях.

Однако недостаточно поставить «диагноз» проблеме и назначить ее «лечение» - необходимо превентивные меры, которые не допустят появления причин отклонений от стандарта. Было предложено использовать FMEA (Failure mode and effect analysis) для анализа рисков причин возникновения поломок и разработки контр мер.

FMEA (Анализ видов и последствий отказа) является систематическим методом, который позволяет:

- Выявить несоответствия продукции и процессов, а также последствия возникновения этих несоответствий, и дать им количественную оценку
- Создать ранжированный список видов и причин несоответствий для планирования, корректирующих и предупреждающих действий.
- Определить корректирующие и предупреждающие действия, которые могли бы устранить или снизить вероятность возникновения несоответствий. подразделений.
- Документировать коллективные знания и опыт инженерных и производственных

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Организация производства:

1

- Невалидированная измерительная система –высокий уровень субъективной оценки при распознавании дефектов наряду с отсутствием четких критериев оценки.
- Небезопасные для покрытия средства транспортировки изделий
- Отсутствие инструкций по межоперационному хранению
- Отсутствие четких стандартов работы операторов на линии..

2

Организация технического обслуживания оборудования:

- Введены чек- листы проверки основных элементов оборудования требующие регулярного осмотра и выходящих из строя.

3

Организация процесса контроля

- Введен статистический контроль на линии окраски

Принцип Парето – эмпирическое правило, в наиболее общем виде формулируется как «20 % усилий дают 80 % результата, а остальные 80 % усилий — лишь 20 % результата».

Диаграмма Ишикавы – графический способ исследования и определения наиболее существенных причинно-следственных взаимосвязей между факторами и последствиями в исследуемой ситуации или проблеме.

FMEA – методология проведения анализа и выявления наиболее критических шагов производственных процессов с целью управления качеством продукции.

ФАКТЫ

722 тыс. грн. – стоимость низкого качества (затраты за год).

263 тыс. грн. – годовая экономия в результате реализации проекта.

40 % - снижение уровня дефектности (с 15% до 9%).

ПРОБЛЕМА

На производстве бумажной продукции высокий уровень дефектности – 15%, который в итоге влечет за собой значительные дополнительные затраты.

ОЦЕНКА ПРОБЛЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ

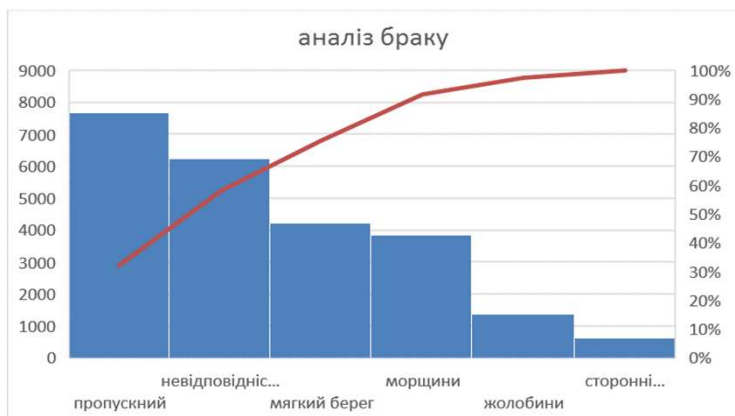
При производстве продукта термоизоляционного HD TU на бумагоделательной машине за год выход готовой продукции 69,4%, плановых технологических отходов 15,6%, брак 15%.

В ходе проекта была определена стоимость низкого качества, которая составила **722 000 грн. в год.**

Цель проекта – сократить возникновение брака в производстве с 15% до 9%, используя инструменты Lean Six Sigma.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ

Команда проекта проанализировала все виды возникаемого брака в процессе производства и при помощи принципа Парето определила ключевые виды для дальнейшего исследования и работы.



Основные дефекты (мягкий берег и несоответствие цвета)

Каждый вид дефекта был проанализирован инструментами 5 почему (для дефекта «мягкий берег») и диаграммой Ишикавы (для дефекта несоответствия цвета). В результате анализа были определены основные причины возникновения дефектов:

- **Масса при формировании на сеточном столе растекается по краю.**
- **Плохой отвод конденсата, который проводит к не стабильной сушке бумажного полотна.**

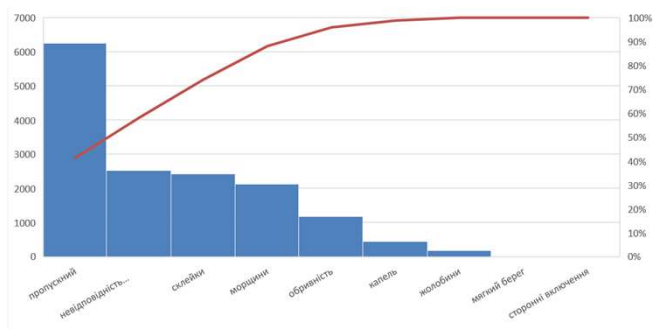
Так же были собраны данные работы каждой смены и проанализированы, используя статистические методы. Этот анализ показал, что разные смены используют разные методы выполнения своих операций, а именно выявлена проблема **отсутствия стандартного метода выполнения работы.**

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Для определения потенциальных решений использовался инструмент **FMEA**.

В результате были внедрены следующие изменения:

- **Изготовлен и смонтирован отсекагель 250 мм.**
- **Демонтированы калибры на конденсатной линии.**
- **Разработан стандартный метод выполнения работы и ему обучены все операторы**



Спустя 4 месяца после внедрения изменений были снова собраны данные о браке. В результате мы увидели сокращение уровня отбраковки **с 15% до 9%**, а также значительное сокращение брака в категориях «**мягкий берег**» и «**несоответствие цвета**».

Общий экономический эффект от внедренных изменений составляет ~ 263 тыс. грн. ежегодно.