

УДК 620.9

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЦЕХАХ С ПОМОЩЬЮ LEAN-МЕТОДОВ

Петерс П.В., студент гр. УКст-241, II курс, Ушаков А.Г., к.т.н., доцент
Научный руководитель: Ушакова Е.С. к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово

В современной экономической парадигме промышленного развития энергопотребление перестает рассматриваться исключительно как фоновый производственный ресурс, трансформируясь в критический фактор конкурентоспособности и устойчивого развития предприятия [1]. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью интеграции инструментов бережливого производства (Lean Production) с задачами экологического менеджмента в рамках концепции «Lean & Green» [2].

Существует прямая взаимосвязь между объемами промышленного энергопотребления и уровнем антропогенного воздействия на биосферу. Сектор материального производства является одним из основных источников эмиссии парниковых газов, что напрямую зависит от эффективности использования энергоресурсов. Таким образом, любая непроизводительная потеря энергии («муда») на микроуровне цеха неизбежно ведет к макроэкологическим последствиям, увеличивая совокупный углеродный след предприятия и способствуя дестабилизации климатических систем. Повышение энергоэффективности через Lean-методы становится фундаментальным условием перехода к «зеленой» экономике [2].

Традиционно в рамках бережливого производства поиск потерь фокусируется на материальных объектах: дефектах продукции, избыточных запасах или нерациональной логистике персонала [3, 4]. Однако энергетические потери, обладая латентным (скрытым) характером, оказывают существенное деструктивное влияние на рентабельность производства. В отличие от материальных запасов, избыточное энергопотребление не требует складских площадей и инвентаризации, однако формирует значительные непроизводительные финансовые издержки.

На уровне производственного цеха энергетические потери распределяются по трем ключевым направлениям:

1. Ожидание. К данной категории относятся затраты энергии на работу оборудования в режиме холостого хода, функционирование систем кондиционирования и освещения в неэксплуатируемых помещениях. Данная энергия расходуется на поддержание «статус-кво» без создания добавленной потребительской стоимости.

2. Утечки и сопротивление. Сжатый воздух – это самый неэффективный и дорогой способ передачи энергии. На типовом производстве до 30% мощности компрессора тратится на компенсацию утечек. Каждое «шипение» в цеху – это дефект [4]. Внедрение TPM (Всеобщего ухода за оборудованием) позволяет трансформировать процесс выявления утечек в элемент повседневной культуры операторов, повышая маржинальность производственного участка.

3. Избыточная обработка. Нерациональное использование ресурсов вспомогательных систем, таких как избыточная яркость освещения в условиях достаточной инсоляции или работа вентиляционных установок на максимальных режимах при частичной загрузке мощностей [3].

Для минимизации энергопотребления предлагается использование организационных улучшений, не требующих значительных капитальных вложений: E-VSM, систему 5S, Poka-Yoke (защиту от ошибок) и другие.

Классическая карта потока создания ценности (VSM) показывает путь детали от склада до отгрузки [5]. E-VSM (Energy Value Stream Mapping) добавляет к этому пути «энергетический профиль» каждого технологического этапа [2]. Мониторинг потребляемой мощности в различных режимах работы выявляет зоны непроизводительного расхода (например, превышение потребления в режиме ожидания над рабочим режимом). Внедрение позволит снизить удельное энергопотребление примерно на 10-15% без замены оборудования. В среднем цеху это может быть от 200 до 500 тыс. рублей экономии в месяц.\

Энергоэффективность через порядок системы 5S – это не просто уборка, это создание визуально понятной и эффективной среды [3, 4]. Устранение лишнего оборудования и оптимизация маршрутов сокращают время работы транспортных систем (погрузчиков, конвейеров). Слой пыли на радиаторах охлаждения станка заставляет вентиляторы работать на износ, потребляя больше тока. Грязные светильники поглощают до 30% света – очистив их, можно выкрутить каждую третью лампочку без ущерба для яркости. Для цеха регулярная очистка узлов охлаждения дает экономию электроэнергии в пределах 3-5% от общего чека. А отключение оборудования при простоях более 15 минут является должно стать обязательным условием производственной дисциплины (стандартизация).

Технические решения, исключающие деструктивное влияние человеческого фактора (датчики присутствия, таймеры на силовых агрегатах, системы блокировки нецелевого использования ресурсов) – инструменты Poka-Yoke. Установка датчиков присутствия и таймеров в подсобных помещениях и на складах окупается в течение 3-6 месяцев и снижает затраты на освещение этих зон 50-70%.

Метод Гемба (от японского «gemba» — «реальное место») представляет собой фундаментальный принцип бережливого производства, ориентированный на непосредственное погружение менеджмента в реальные производственные процессы [4]. Его сущность заключается в систематическом посещении производственных участков с целью наблюдения за ходом операций, выявле-

ния проблем и понимания их корневых причин непосредственно там, где создается ценность и возникают потери. Данный подход позволяет перейти от кабинетного анализа к эмпирической оценке производственной среды, обеспечивая более глубокое понимание контекста, например, ночной аудит («Тихая Гемба»), когда в периоды минимальной технологической нагрузки (ночные смены, выходные дни) проводится аудит производственных площадей. В условиях отсутствия основного производственного шума становится возможной идентификация акустических сигнатур утечек сжатого воздуха и нештатной работы трансформаторного оборудования. На основе полученных данных составляется детализированная карта источников непроизводительных энергопотерь [4]. Устранение утечек сжатого воздуха, выявленных во время «Тихой Гембы», могут снизить нагрузку на компрессорную станцию на 20-30%.

Для разработки корректирующих мероприятий привлекать оперативный персонал (кайдзен-группы), обладающий экспертными знаниями о работе конкретных единиц оборудования. Создание микрогрупп с постановкой целевых показателей (например, снижение потребления на 5% в месяц) позволяет децентрализовать контроль. Важным фактором является мотивационный механизм: часть сэкономленных средств направляется в фонд премирования или на модернизацию инструментария, что стимулирует рост рационализаторских инициатив в геометрической прогрессии [4]. Для участка со средним энергопотреблением такая инициатива приносит экономию от 40 до 120 тыс. рублей ежемесячно.

Установка информационных «Энергетических экранов» (dashboards) позволяет в режиме реального времени фиксировать расход ресурсов. Визуализация динамики потребления стимулирует соревновательный эффект между сменами и делает экономию энергии осязаемым показателем производственной эффективности.

Систематическое применение Lean-методов позволяет достичь значительного снижения энергопотребления в краткосрочной перспективе (несколько месяцев) без капитальных вложений в альтернативные источники энергии, исключительно за счет повышения дисциплины и оптимизации процессов.

Систематическое применение описанных методов позволяет достичь суммарного снижения энергопотребления в диапазоне 15-30% уже в первые 6-12 месяцев, для среднего цеха это от 1 до 3 млн рублей в год. Энергия, сохраненная сегодня – это инвестиция в устойчивое развитие и лидерство завтра.

Таким образом, Lean доказывает, что по-настоящему эффективное производство не может быть «грязным» или расточительным [2]. Энергия, которая тратится впустую – это большая проблема для рентабельности вашего предприятия и сохранения экологии.

Внедрение Lean-методов выходит за рамки простых действий по энергосбережению, формируя культуру ответственности. Когда мастер цеха начинает видеть в работающей вхолостую станке не «порядок», а потерю, – в этот мо-

мент завод становится по-настоящему современным. В мире, где ресурсы дорожают с каждым днем, победит не тот, кто научится использовать каждый ватт с максимальным эффектом.

Список литературы:

1. Ларионова, И. В. Интеграция концепций «Lean» и «Green» как фактор повышения эффективности промышленного предприятия // Вестник университета. – 2021. – № 5. – С. 114–121.
2. Ротер, М. Учись видеть бизнес-процессы: Практика построения карт потоков создания ценности. – Москва: Альпина Паблишер, 2023. – 136 с.
3. Вумек, Дж. П. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Дж. П. Вумек, Д. Т. Джонс; пер. с англ. – 12-е изд. – Москва: Альпина Паблишер, 2023. – 472 с.
4. ГОСТ Р ИСО 50001-2023. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению. – Москва: Российский институт стандартизации, 2023. – 32 с.
5. Имаи, М. Гемба кайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества. – Москва: Альпина Паблишер, 2022. – 344 с.