

УДК 658.51

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ ООО «ИН ЭИР»**А.П. Надежкин, М.А. Рагозина, А.А. Рагозин**

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск,
email: artemnadezkin@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлено исследование возможности применения принципов бережливого производства на примере компании ООО «ИН ЭИР», занимающейся разработкой автоматического вакуумного пробоотборника воздуха. Рассмотрено внедрение инструментов бережливого производства, таких как: система 5С, Интернет вещей (IoT), Канбан, цикл Деминга PDCA и метод Just-In-Time (JIT). В результате анализа выявлены ключевые проблемы организации рабочих процессов: недостатки в управлении ресурсами и риски, связанные с использованием 3D-печати. Предложены практические рекомендации по стандартизации операций, автоматизации контроля качества и совершенствованию логистики.

Ключевые слова: бережливое производство, система 5С, интернет вещей, оптимизация производства, эффективность, автоматизация.

LEAN MANUFACTURING AS A TOOL FOR OPTIMIZING THE PRODUCTION PROCESS USING THE EXAMPLE OF IN AIR LLC**A.P. Nadezhkin, M.A. Ragozina, A.A. Ragozin**

Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk Territory,
Krasnoyarsk, email: artemnadezkin@mail.ru

Abstract. This article presents a study of the possibility of applying the principles of lean manufacturing using the example of IN AIR LLC, which develops an automatic vacuum air sampler. The introduction of lean manufacturing tools, such as the following: the 5C system, the Internet of Things (IoT) technologies, Kanban, PDCA and Just-in-Time method is considered. As a result of the analysis, the key problems of the organization of work processes were identified: deficiencies in resource management and risks associated with the use of 3D printing. Practical recommendations on standardization of operations, automation of quality control and improvement of logistics are offered.

Keywords: lean manufacturing, the 5C system, the Internet of things, production optimization, efficiency, automation.

Дата поступления статьи в редакцию: 18.03.2025

Дата принятия статьи в печать: 18.04.2025

Введение

В условиях глобальной конкуренции и растущих требований клиентов компании вынуждены постоянно искать пути оптимизации процессов. Бережливое производство (Lean Manufacturing) стало ответом на эти вызовы, предложив философию, которая:

- минимизирует все, что не создает ценности;
- оптимизирует процессы, сокращая расходы на производство, хранение и переделку;
- предупреждает ошибки на этапах создания продукта;
- позволяет быстрее реагировать на спрос;
- учит гибкости в условиях кризиса;
- дает возможность каждому работнику участвовать в улучшениях.

Истоки бережливого производства уходят в 1911 год, когда Фредерик Тейлор вывел два постулата о необходимости проведения постоянного поиска наиболее эффективных способов выполнения каждого вида работ и обращать внимание на предложения производственно-технического характера непосредственно от рабочих [1].

В 1914 году Генри Форд впервые в мире применил на собственных заводах промышленный конвейер для поточного производства. Результатом нововведения стало увеличение производительности заводов и уменьшение стоимости выпускаемой продукции примерно в 2,5 раза. Такое снижение цен вызвало увеличение объема реализации в 27 раз [2].

В 1921 году русский революционер, ученый Алексей Гастев формирует и возглавляет пост руководителя Центрального института труда, где дает начало Научной организации труда в СССР. За время существования института было подготовлено более 20 000 инструкторов и консультантов научной организации труда в производстве и строительстве, обучено более полумиллиона человек на предприятиях по всей стране, что опередило на 60 лет создание аналогичных организаций в США [3].

В 1943 году, в Японии, Тайити Оно начал разрабатывать и внедрять новые подходы к организации производства, которые позже стали известны как «производственная система Тойоты» (Toyota Production System – TPS). Но только в 1962 году новые подходы к организации производства были приняты в масштабе всей компании. Философия TPS направлена на управление производством, с целью повышения эффективности и снижения затрат на процессы и операции, не добавляющие ценность [4]. Таким образом, в 1989 году объем выпуска продукции за год к численности персонала у General Motors (GM) составил 7,1, а у Toyota Motor Company (Toyota) 36,3 автомобиля на одного работника. В 2007 году Toyota впервые превзошла GM по объёмам производства и продаж автомобилей. GM сохраняла статус «крупнейшего автопроизводителя в мире» в течение 76 лет [5].

На сегодняшний день производственная система – это развитие бережливого производства, где непрерывно совершенствуются процессы для обеспечения конкурентного преимущества на рынке [6].

Результаты исследования

Инструменты обеспечения системы бережливого производства, используемые в ООО «ИН ЭИР»

Миссия ООО «ИН ЭИР» – улучшение качества жизни и обеспечение устойчивого развития, создание инновационных технологий и оборудования для экологического мониторинга, способствующего сохранению окружающей среды. ООО «ИН ЭИР» стремится предоставить точные и доступные решения для контроля состояния окружающей среды, помогая клиентам принимать обоснованные решения для защиты природы.

ООО «ИН ЭИР» занимается разработкой и производством автоматического вакуумного пробоотборника воздуха. Изделие поможет осуществлять наблюдение и контроль качества атмосферного воздуха в опасных или труднодоступных для человека местах.

Основная часть деталей изделия производится с помощью 3D принтеров, так как эта технология позволяет использовать максимум сырья и минимум производственных отходов. Но, как и любая другая технология, производство продукции на 3D принтерах имеет ряд недостатков, которые могут повлиять на качество готовой продукции. Однако самым главным недостатком в любой технологии изготовления остается человеческий фактор, с которым постоянно приходится бороться руководству компании. Вследствие чего, после анализа возможных проблем, в компании выявлен ряд серьёзных недостатков, связанных с организацией рабочего процесса и управлением ресурсами. Все они не соответствуют принципам бережливого производства. На производстве отсутствует четкая схема сортировки, хранения инструмента, материалов и продукции. Поскольку множество предметов находится не на своих местах, работникам приходится тратить большое количество времени на их поиск. Рабочие места не поддерживаются в чистоте и порядке. Пыль, которая скапливается на поверхностях, может негативно влиять на качество выпускаемой продукции, особенно там, где используется 3D печать, при которой чистота – главный фактор.

На производстве отсутствуют стандарты и инструкции для выполнения операций, что может привести к ряду серьезных проблем. К примеру, отсутствие инструкции к 3D принтеру может привести к тому, что каждый из сотрудников будет производить печать детали, устанавливая свои параметры печати. Как результат, сборочная единица будет иметь узлы, детали в котором будут иметь разные характеристики прочности, пластичности, что приведёт к скорому выходу изделия из строя.

Отсутствие системы контроля и учета используемого материала приводит к избыточному использованию ресурсов. Отходы 3D печати никак не перерабатываются, конструкции деталей не оптимизируются с целью уменьшения использования филамента. Как результат, компания затрачивает большое количество денег на закупку материала.

Для решения проблем применение бережливого производства, как инструмента повышения качества работы, способно оптимизировать операционные риски предприятия. Потенциальные потери, вызванные сбоем оборудования или неправильными действиями персонала можно предупредить с помощью системы 5С.

Система 5С – это способ организации рабочего пространства, который помогает создать наилучшие условия для работы и поддерживать аккуратность и чистоту на рабочем месте. Её основная цель заклю-

чается в оптимизации рабочего процесса посредством повышения производительности и эффективности труда, а также сокращении временных затрат на поиск и перемещение предметов [7].

Внедрение системы 5С имеет преимущества, как для предприятия, так и его сотрудников (рис. 1).

В ООО «ИН ЭИР» концепция 5С занимает важное место и используется в следующих методах:

1. Сортировка (сэири) — чёткое разделение вещей на нужные и ненужные и избавление от последних. Бракованные изделия собираются в определенный ящик и в дальнейшем отправляются на переработку;

2. Соблюдение порядка (сэитон) — упорядоченное и точное расположение и хранение необходимых вещей, которое позволяет быстро и просто их найти и использовать. На производстве все расходные материалы, необходимые для работы, хранятся в системе автоматической смены филамента (AMS), а все инструменты — в специально разработанном и изготовленном на 3D-принтере инструментальном ящике (рис. 2). Так как рабочее помещение предприятия имеет малую площадь, для экономии места, хранения и быстрого доступа к сырью и готовым изделиям, планируется приобретение полок (рис. 3) и стеллажей над столом;

3. Содержание в чистоте (сэисо) — содержание рабочего места в чистоте и опрятности. Ежедневная уборка рабочих столов, очистка оборудования позволяет создать приятную атмосферу для сотрудника, а производству обеспечить минимизацию ошибок и дефектов;

4. Стандартизация (сэикэцу) — установление норм и правил, необходимое условие для выполнения первых трёх правил. В организации используются инструкции по работе с оборудованием, ведутся чек-листы и описи сырья, готовой продукции и брака. Так как оборудованию требуется технический осмотр, и чтобы каждый сотрудник смог его провести, оформлена инструкция к 3D принтеру, где содержатся методы обслуживания и их периодичность. Это уменьшает затраты на простой оборудования и повышает эффективность производства. Также планируется введение проведения ЕТО, которое снизит риски получения некачественной продукции вследствие поломки расходного оборудования, например, печатного сопла или стола;

5. Совершенствование (сицукэ) — воспитание привычки точного выполнения установленных правил, процедур и технологических операций. Сотрудники компании проходят регулярное обучение для создания своих предложений по улучшению и оптимизации создания продукции. Например, внедрение IoT в производственную систему организации.

IoT представляет собой экосистему физических устройств, транспортных средств, бытовой техники и других объектов, способных соединяться, собирать и обмениваться данными через проводные и беспроводные сети с минимальным участием человека.

IoT-системы работают в режиме реального времени и обычно состоят из сети умных устройств и облачной платформы, к которой они подключены с помощью Wi-Fi, Bluetooth или других способов связи [8].

В компании «ИН ЭИР» интернет вещей позволяет проводить какие-либо работы, связанные с печатью моделей на 3D принтере «не выходя из дома»: исключение потери — лишние движения. Благодаря ПО Bambu Studio и Bambu Handy [9], которое предназначено для работы с 3D принтерами фирмы Bambulab (рис. 4), сотрудники имеют полный контроль над процессом печати в режиме реального времени. Например, с помощью ПО можно отслеживать температуры рабочей поверхности стола, на котором производится печать, температуры нагрева сопла и охлаждения.

В случае, если используемый филамент заканчивается, система AMS в автоматическом режиме начинает подачу похожего пластика в экструдер. В тех случаях, когда при печати появятся какие-либо артефакты, не позволяющие завершить качественную печать, встроенный в принтер искусственный интеллект увидит это и запустит команду остановки печати, что позволит сохранить достаточное количество сырья.

Оборудование рабочего места не единственное, что может помочь организации повысить производительность, существует еще множество методов бережливого производства, например Канбан.

Канбан — один из инструментов бережливого производства, который представляет систему визуального управления потоками материалов и информации, направленную на минимизацию запасов и оптимизацию производственных процессов. Основная идея Канбан заключается в том, чтобы производить только то, что необходимо, и только тогда, когда это необходимо, что позволяет избежать перепроизводства и избыточного накопления запасов. Канбан использует визуальные элементы в виде карточек с разными этапами для управления потоками материалов и задач между этапами производства, что способствует синхронизации процессов и повышению прозрачности на всех уровнях производства [10].



Рис. 1. Преимущества внедрения системы 5С



Рис. 2. Ящик для хранения инструментов



Рис. 3. Полки для хранения

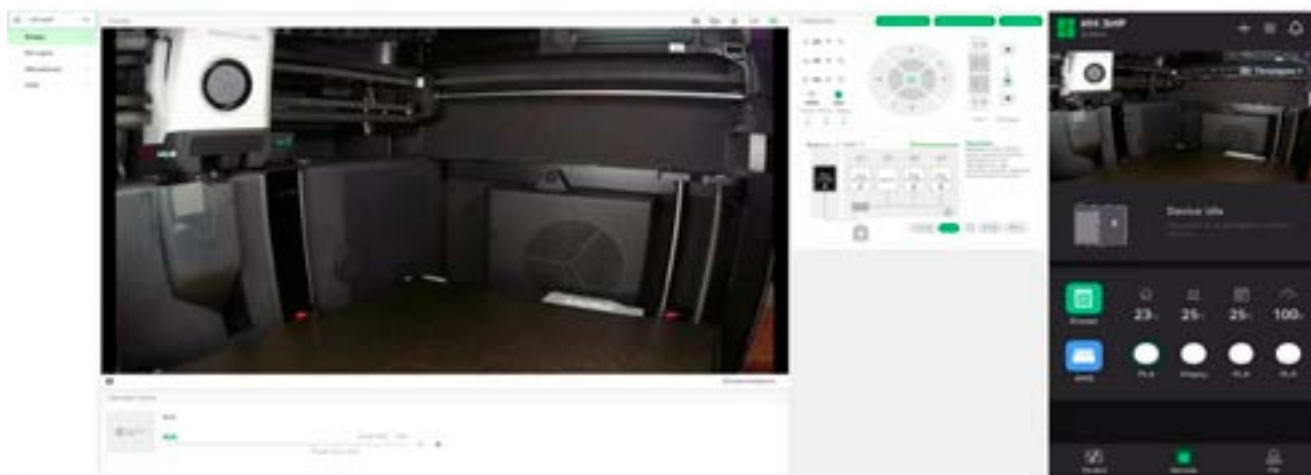


Рис. 4. ПО Bambu Studio и Bambu Handy

В ООО «ИН ЭИР» метод Канбан в настоящее время не применяется, что приводит к снижению эффективности при реализации рабочего процесса. Отсутствие карточек на производстве приводит к избыточному накоплению материала и готовой продукции, что приводит к производству излишнего объема продукта, а сам работник организации не видит продвижений в своей работе, что вызывает у него более частое переутомление и ненависть к работе. Кроме того, ввиду отсутствия внедрения Канбан в производство, не представляется возможным отслеживать перемещение материала, что отрицательно сказывается на эффективности производства.

Внедрение Канбан в производственный процесс ООО «ИН ЭИР» могло бы принести следующие преимущества:

- визуализация рабочего процесса – каждая часть и этап работы отображается. Все задачи видны и они никогда не теряются, так как висят на Канбан-доске;
- выделение приоритетных задач – среди всех задач, которые требуют решения, можно с легкостью выделить те, которые имеют приоритет над остальными;
- фокусировка на рабочем процессе – во время выполнения какой-либо задачи, сотруднику не нужно будет терять время на то, чтобы понять, какую задачу ему требуется выполнять далее.

Еще один из методов бережливого производства, который планируется ввести в организации это PDCA.

PDCA (Plan-Do-Check-Act) – один из методов, который широко используется в бережливом производстве для улучшения производственных процессов. PDCA состоит из четырех этапов, которые позволяют выявлять проблемы на производстве, внедрять решения, оценивать их эффективность и корректировать данные решения для достижения наилучших результатов. Далее каждый этап метода будет рассмотрен подробно [11]:

1. Plan (планируй) – на этом этапе производится анализ текущей ситуации на производстве, разрабатывается план для устранения каких-либо проблем. К примеру, цели могут быть следующими:

- устранение проблем с неорганизованным рабочим пространством, накоплением пыли, отсутствием стандартов и инструкций;
- постановка целей, например, внедрение одной из систем бережливого производства в организацию производства;
- разработка конкретного плана действий для достижения целей.

2. Do (делай) – разработанный план начинает внедряться в рабочий процесс. Проводятся исследования, испытания предложенных исследований, сбор данных об эффективности решений. На данном этапе документируются все наблюдения.

3. Check (проверяй) – производится оценка результатов внедрения изменений. На этом этапе решается, были ли достигнуты все цели, а также выявляются причины возможных отклонений в реализации. В случае если результаты не соответствуют желаемым, производится возврат к предыдущему этапу для корректировки стратегии.

4. Act (воздействуй) – осуществляется внедрение успешных изменений в производственные и организационные процессы компании. В случае выявления ошибок или недочетов на этапе проверки

(Check), проводится их устранение, а также корректировка соответствующих процессов. Если запланированные результаты были достигнуты, разработанные изменения стандартизируются и интегрируются в повседневную деятельность предприятия. Это позволяет не только закрепить достигнутые улучшения, но и обеспечить их устойчивое применение в долгосрочной перспективе, что способствует повышению эффективности работы и достижению стратегических целей компании.

Применение цикла PDCA в компании ООО «ИН ЭИР» обеспечит системный подход к устранению ключевых проблем, включая неорганизованность рабочего пространства, накопление пыли и отсутствие стандартизированных процессов. Данный метод не только способствует внедрению эффективных решений, но и создает основу для их непрерывного совершенствования. В результате, это приводит к значительному повышению качества выпускаемой продукции, снижению производственных затрат и улучшению условий труда сотрудников, что в целом укрепляет конкурентоспособность компании на рынке.

Так как тип производства единичный, а места для хранения сырья практически нет, то подойдет использование системы «точно вовремя» (Just-in-Time, JIT), которая представляет собой одну из центральных идей бережливого производства. Система фокусируется на сокращении излишков и устранении потерь путем доставки материалов, комплектующих и готовой продукции строго в тот момент, когда они требуются для производства или реализации. Этот подход позволяет избавиться от избыточных запасов, уменьшить расходы на их хранение и повысить эффективность работы предприятия.

Основные принципы и компоненты системы JIT [12]:

1. Производство на основе заказов:
 - Материалы и детали поступают на производственную линию исключительно в момент возникновения потребности в них;
 - Производственный процесс запускается только после получения конкретного заказа от клиента, что исключает риск избыточного выпуска продукции.
2. Сокращение объемов запасов:
 - Минимизируются запасы сырья, полуфабрикатов и готовых изделий, что позволяет снизить затраты на складирование, избежать устаревания продукции и высвободить средства, вложенные в запасы.
3. Синхронизация этапов производства:
 - Все стадии производственного процесса согласованы между собой, чтобы обеспечить бесперебойное движение продукции;
 - Устраняются критические участки, которые могут вызывать задержки и сбои в работе.
4. Оперативные поставки:
 - Поставщики должны быть надежными и способными обеспечивать доставку материалов в кратчайшие сроки;
 - Вместо крупных и редких поставок используются частые и небольшие партии.
5. Высокий уровень качества материалов и процессов:
 - Используемые материалы и комплектующие должны соответствовать строгим стандартам качества, так как любые дефекты могут нарушить производственный цикл.
6. Гибкость в производстве:
 - Оборудование и персонал должны быть готовы оперативно адаптироваться к изменениям в заказах.
7. Партнерские отношения с поставщиками:
 - Поставщики становятся стратегическими партнерами, разделяющими принципы JIT;
 - Формируются долгосрочные отношения, основанные на взаимном доверии и сотрудничестве.

Использование системы JIT поможет оптимизировать издержки на предприятии в виде аренды нового помещения под склад или проблем с закупкой сырья.

Выводы

Таким образом, проведенный анализ применения бережливого производства выявил особенности производственного процесса на предприятии и недостатки, которые необходимо оптимизировать, чтобы увеличить объем выпускаемой продукции. Следует отметить, что оптимизация производства происходит в течение всего жизненного цикла предприятия, а выбор из множества методов бережливого производства создает новые трудности, поэтому для микропредприятий рекомендуется начинать оптимизацию производства с системы 5С.

В организации ООО «ИН ЭИР» после проведения оптимизации объем выпускаемой продукции увеличился в 1,7 раз, количество потребляемого материала уменьшилось в 1,2 раза. Из этого следует, что оптимизация производства благоприятно повлияла на работу компании.

Литература

1. Ф. У. Тейлор — признанный родоначальник научного управления предприятиями — менеджмента. В книге Ф. У. Тейлора «Принципы научного менеджмента», на идеях которой построена вся система управления предприятиями в капиталистических странах, рассматриваются основные элементы знаменитой «системы Тейлора». [Электронный ресурс]. URL: <https://elib.spbstu.ru/dl/quality/management/PrNauchnMen/prnauchnmen.html> (дата обращения 15.03.2025).
2. Как Генри Форд создал конвейер и правда ли, что он был первым. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autonews.ru/news/656835ef9a7947f1457a10a6> (дата обращения 15.03.2025).
3. Реферат «А.К. Гастев и его вклад в науку управления». [Электронный ресурс]. URL: <https://infourok.ru/referat-a-k-gastev-i-ego-vklad-v-nauku-upravleniya-6635925.html> (дата обращения 15.03.2025).
4. Toyota Production System. A production system based on the philosophy of achieving the complete elimination of waste in pursuit of the most efficient methods. [Электронный ресурс]. URL: <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/> (дата обращения 15.03.2025).
5. Японский подход, или Что Toyota дала современной разработке. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/evateam/articles/756084/> (дата обращения 15.02.2025).
6. Производственная система. [Электронный ресурс]. URL: <https://leanbase.ru/knowledgebase/proizvodstvennaya-sistema-2/> (дата обращения 15.03.2025).
7. Система 5С: как навести порядок и повысить эффективность бизнеса. [Электронный ресурс]. URL: <https://getcompass.ru/blog/posts/sistema-5s> (дата обращения 15.03.2025).
8. Что такое интернет вещей и как он устроен. [Электронный ресурс]. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5db96f769a7947561444f118> (дата обращения 15.03.2025).
9. Software — Bambu Lab. [Электронный ресурс]. URL: <https://bambulab.com/en/download> (дата обращения 15.03.2025).
10. Японский подход, или Что Toyota дала современной разработке. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/evateam/articles/756084/> (дата обращения 20.02.2025).
11. Цикл Деминга, или PDCA: этапы управления производством. [Электронный ресурс]. URL: <https://timeweb.com/ru/community/articles/cikl-deminga-ili-pdca-etapy-upravleniya-proizvodstvom> (дата обращения 21.02.2025).
12. Точно вовремя принцип бережливого производства. [Электронный ресурс]. URL: <https://skyeng.ru/it-industry/management/tochno-vovremya-v-berezhlivom-proizvodstve/> (дата обращения 22.02.2025).