

Оптимизация производственного процесса путем внедрения методов бережливого производства

Яна В. Денисова ¹	yana-denisova@inbox.ru	 0000-0003-1242-6909
Анастасия С. Петрова ¹	petrova20132013@gmail.com	 0000-0003-1439-9772
Владимир Ф. Сопин ¹	vlad-sopin24@rambler.ru	 0000-0002-9112-2550

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, Респ. Татарстан, 420015, Россия

Аннотация. В условиях жесткого политического давления на российскую экономику, санкций и нестабильности предприятия многих отраслей находятся на грани выживания. Именно поэтому сейчас особенно актуальными становятся вопросы оптимизации всех процессов и сокращения потерь. Более высокий уровень эффективности производства может быть обеспечен внедрением на предприятиях инструментов и методов бережливого производства. Авторы статьи рассматривают практику применения концепции бережливого производства в зарубежных и российских компаниях, проводят сравнительный анализ основных показателей, полученных по результатам внедрения в них бережливых технологий, выявляют причины отставания отечественных предприятий по данным показателям. В статье отмечается, что для большинства российских предприятий, к сожалению, до сих пор остается характерным значительное количество бракованной продукции, наличие излишних запасов и чрезмерная длительность производственного цикла. Базой исследования в статье является предприятие «ФКП «НПО «Казанский завод точного машиностроения», которое находится на начальных этапах внедрения данной концепции. На примере корпуса взрывателя детально рассматривается проведение оптимизации производственного процесса по его изготовлению. Изложен общий порядок проведения данных работ, который состоит в систематизации производственных потерь, выявлении основных проблем их обуславливающих, определении ранга проблем и разработке комплекса мер по их устранению с применением методов бережливого производства. Далее для каждой выявленной проблемы предложены способы решения и определено их влияние на выработку. Отмечается, что суммарный экономический эффект от внедрения указанных мероприятий составит ориентировочно 47%, что доказывает необходимость продолжения данной работы и на других участках производства.

Ключевые слова: бережливое производство, менеджмент качества, качество продукции, производительность труда, оптимизация.

Optimization of the production process through the introduction of lean production methods

Yana V. Denisova ¹	yana-denisova@inbox.ru	 0000-0003-1242-6909
Anastasia S. Petrova ¹	petrova20132013@gmail.com	 0000-0003-1439-9772
Vladimir F. Sopin ¹	vlad-sopin24@rambler.ru	 0000-0002-9112-2550

¹ Kazan National Research Technological University, st. Karl Marx, 68, Kazan, Republic of Tatarstan, 420015, Russia

Abstract. In conditions of severe political pressure on the Russian economy, sanctions and instability, enterprises in many industries are on the verge of survival. That is why the issues of optimizing all processes and reducing losses are becoming especially relevant now. A higher level of production efficiency can be ensured by the introduction of lean production tools and methods at enterprises. The authors of the article consider the practice of applying the concept of lean production in foreign and Russian companies, conduct a comparative analysis of the main indicators obtained from the implementation of saving technologies in them, identify the reasons for the lag of domestic enterprises according to these indicators. The article notes that, unfortunately, a significant number of defective products, the presence of excessive stocks and excessive duration of the production cycle still remain characteristic of most Russian enterprises. The basis of the research in the article is the enterprise "FKP "NPO "Kazan Precision Engineering Plant", which is at the initial stages of the implementation of this concept. On the example of the fuse housing, the optimization of the production process for its manufacture is considered in detail. The general procedure for carrying out these works is outlined, which consists in systematizing production losses, identifying the main problems that cause them, determining the rank of problems and developing a set of measures to eliminate them using lean production methods. Further, for each identified problem, solutions are proposed and their impact on production is determined. It is noted that the total economic effect of the implementation of these measures will be approximately 47%, which proves the need to continue this work in other areas of production.

Keywords: lean manufacturing, quality management, product quality, labor productivity, optimization.

Введение

Ситуация в российской экономике, сложившаяся в настоящее время под влиянием геополитических, социальных и производственных факторов, предъявляет предприятиям жесткие требования и требует от них постоянного и непрерывного улучшения своих производственных процессов. Одним из путей оптимизации

и совершенствования деятельности является использование на предприятиях принципов Бережливого производства. Бережливое производство – это методология, которая позволяет модернизировать бизнес-процессы, минимизировать потери и внедрять новейшие инструменты, позволяющие улучшать взаимоотношения с поставщиками и клиентами. Базовым постулатом концепции бережливого производства является

Для цитирования

Денисова Я.В., Петрова А.С., Сопин В.Ф. Оптимизация производственного процесса путем внедрения методов бережливого производства // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 2. С. 315–323. doi:10.20914/2310-1202-2022-2-315-323

For citation

Denisova Ya.V., Petrova A.S., Sopin V.F. Optimization of the production process through the introduction of lean production methods. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 2. pp. 315–323. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-2-315-323

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

не сокращение затрат предприятия, которое может неблагоприятно сказаться на качестве продукции, а проведение профилактических мероприятий, позволяющих избежать потерь и брака [1].

К основным из них относятся: избавление от перепроизводства, ненужных этапов обработки и транспортировки, устранение лишних запасов, перемещений и дефектов [2]. Благодаря таким мероприятиям в сфере бережливого производства можно достичь значительной экономической эффективности. Расчет эффективности мероприятий по бережливому производству может быть произведен только при наличии информации, полученной на основании анализа работы цехов и их подразделений. С этой целью в местах возникновения потерь (цех, участок, рабочее место, склад и т. д.) необходимо организовывать пункты сбора информации, функциями которых будет являться как предварительная обработка входящей информации, так и регистрация данных с конкретными результатами производственной деятельности [3].

Материалы и методы

К основным из них относятся: избавление от перепроизводства, ненужных этапов обработки и транспортировки, устранение лишних запасов, перемещений и дефектов [2]. Благодаря таким мероприятиям в сфере бережливого производства можно достичь значительной экономической эффективности. Расчет эффективности мероприятий по бережливому производству может быть произведен только при наличии информации, полученной на основании анализа работы цехов и их подразделений. С этой целью в местах возникновения потерь (цех, участок, рабочее место, склад и т. д.) необходимо организовывать пункты сбора информации, функциями которых будет являться как предварительная обработка входящей информации, так и регистрация данных с конкретными результатами производственной деятельности [3].

Как показывает практика, в каждой стране развитие бережливого производства сопряжено с культурно-национальными особенностями страны, стилем руководства компаний и происходит по своему сценарию.

Концепция бережливого производства (Lean-технологий) берет свое начало в Японии, а именно в компании Тойота. Послевоенные 50-ые годы 20-го века стали для Японии сложным периодом, характеризующимся спадом производства, снижением доходов компаний и низкой покупательной способностью населения. В этих условиях владелец компании Тойота – Тайити Оно после проведения тщательного анализа пришел к выводу, что действовавшие

ранее принципы массового производства более неактуальны и необходимо срочно перестраивать работу компании. В то время на японских предприятиях широко применялись так называемые «линии Генри Форда» – непрерывные сборочные линии производства, которые имели существенный недостаток в виде перепроизводства и увеличении складских запасов. Для решения данной проблемы Тайити Оно было принято решение о производстве продукции не крупными, а мелкими партиями, в связи с чем следует провести переналадку станков. Еще один важный элемент (подход «вытягивание») был им заимствован из практики американских супермаркетов, суть которого состоит в том, что все детали для производства следующей партии поставляются на конвейер «точно в срок», а запасы пополняются только по мере их уменьшения [4].

Большим плюсом в работе компании было постоянное обсуждение всех проблем и изменений, происходящих на предприятии. Благодаря этому все неотложные и наболевшие проблемы решались в срочном порядке, идентифицировались хронические недостатки, разрабатывались различные способы решения проблем, находились оптимальные пути их решения. Всё это способствовало значительному повышению качества продукции. Такая работа заложила основу одного из основных принципов бережливого производства – кайдзен [5]. Кайдзен – это японское слово, означающего «постоянные изменения» (дословно: изменения – Kaі в лучшую сторону – Zen). В широком смысле философия кайдзен направлена на наведение порядка в жизни, улучшение всех сторон жизни человека, в более узком – на постоянное совершенствование бизнеса и всех производственных процессов. В отношении последнего концепция сфокусирована на поиске путей для снижения "muda" (отходов) в целях повышения безопасности продукции, улучшения ее качества, снижения стоимости, увеличения скорости и гибкости технологических операций, совершенствования логистической деятельности, улучшения взаимодействия с клиентом со своевременным реагированием на изменения его внутренних и внешних потребностей [6].

Главным отличием фирм, работающих по принципам концепции кайдзен, является организация неразрывной работы отдела продаж и производственного направления, способствующая выпуску продукции по предварительным заказам, строго в соответствии с запросами рынка и непосредственных клиентов. Такие фирмы производят только ту продукцию, которая нужна на рынке и в объеме, адекватном спросу [7].

Безусловно, основной причиной внедрения принципов бережливого производства является стремление к коммерческому успеху компаний, выражающемуся в повышении прибыли, рентабельности, производительности и конкурентоспособности. При этом цель таких компаний – получение максимальных результатов при минимальном использовании ресурсов [8]. Поэтому активное внедрение принципов бережливого производства получило распространение в разных странах и на разных континентах. Нельзя не упомянуть опыт, полученный в данной сфере компанией Airbus. В начале 2000-х годов с целью сокращения расходов компании, упрощения ее структуры и сохранения конкурентоспособности наблюдательным советом данного объединения было принято решение реструктурировать консорциум с последующим созданием на его основе интегрированной компании. Параллельно процесс реорганизации сопровождался активным внедрением инструментов и технологий бережливого производства, которые и по сей день составляют важную часть культуры компании [9].

Данная работа позволила достичь компании Airbus за короткие сроки замечательных результатов:

- а) сократить в 3 раза производственные площади;
- б) ускорить процесс изготовления изделий в 1,5 раза, уменьшив время сборки на 60 %;
- в) сократить запасы ресурсов на 60 %;
- г) повысить производительность труда на 30 %;
- д) резко сократить расходы до 1 миллиарда долларов в год [10].

На рисунке 1 представлены результаты показателей, полученные различными зарубежными компаниями, с помощью применения принципов бережливого производства. Как следует из диаграммы, данным компаниям удалось добиться существенного увеличения производительности труда, повысить эффективность СМК, сократить длительность производственного процесса, уменьшить излишние запасы и довести до минимальных значений количество бракованной продукции. В целом достижение экономического эффекта составило несколько миллиардов долларов [11].

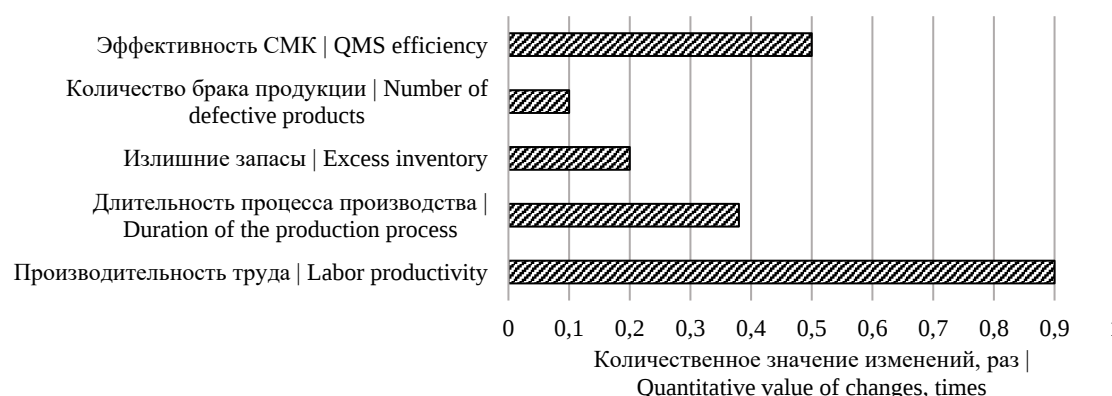


Рисунок 1. Результаты внедрения принципов бережливого производства в зарубежных компаниях

Figure 1. Results of implementation of lean manufacturing principles in foreign companies

Lean-технология является эффективным инструментом концепции бережливого производства. В Японии в среднем 90 % компаний применяют их основные принципы, а в США около 60 % компаний. На рисунке 2 представлено сравнение между компаниями из разных стран, которые

внедрили и не внедрили Lean-технологии. Данная сравнительная оценка показывает, что внедрение принципов инструментов бережливого производства дает возможность в большей степени усовершенствовать экономический результат [12].

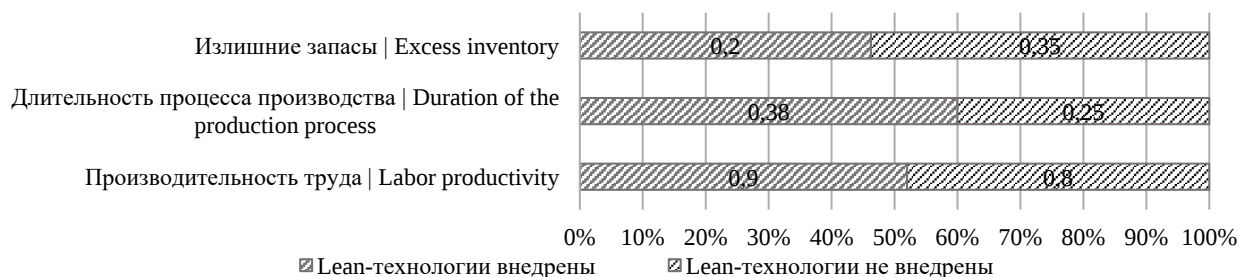


Рисунок 2. Сравнительная оценка эффективности от внедрения принципов Lean-технологий

Figure 2. Comparative evaluation of the effectiveness of the implementation of Lean technology principles

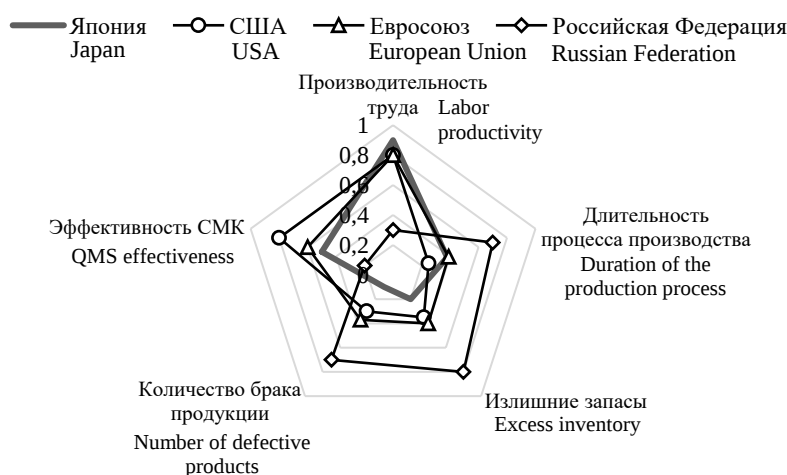


Рисунок 3. Сравнительная оценка эффективности основных показателей отечественных и зарубежных компаний
Figure 3. Comparative evaluation of the effectiveness of the main indicators of domestic and foreign companies

Далее проведём сравнительный анализ от результатов внедрения Lean – технологий между показателями зарубежных компаний и аналогичными показателями отечественных промышленных предприятий. Данный анализ представлен в виде лепестковой диаграммы на рисунке 3 [13].

Из диаграммы, приведённой на рисунке 3, следует, что наибольший эффект от внедрения Lean-технологий, выражающийся в росте производительности труда и увеличении эффективности СМК, удалось получить японским производителям и предприятиям США. К большому сожалению, Россия пока значительно отстает по этим показателям от многих стран, а для большинства российских предприятий остается характерным значительное количество бракованной продукции, наличие излишних запасов и чрезмерная длительность производственного цикла. Это обусловлено тем, что в Российской Федерации организации только встают на путь освоения данных технологий (лишь около 5 % компаний в России начали осваивать концепцию и методы бережливого производства), но уже есть первые положительные результаты [14].

Разберемся, чем же вызван незначительный охват предприятий в нашей стране, вовлеченных в процесс внедрения принципов бережливого производства. Это связано с несколькими причинами.

Во-первых, в связи со сложной экономической ситуацией, сложившейся в нашей стране в конце 20 века, и перестройкой политической системой страны, процесс активного внедрения инновационных технологий на отечественных предприятиях начался значительно позже, чем в большинстве зарубежных компаний.

Во-вторых, основным препятствием на пути внедрения принципов бережливого производства в российских компаниях стал психологический фактор, выражающийся в сложности адаптации работников к новым производственным условиям и правилам, скептицизме, а также их нежелании что-то менять в своей повседневной трудовой деятельности. Это связано отчасти с неумелым и неправильным управленческим подходом, задачей которого является разъяснить работникам важность проводимых нововведений, убедить в необходимости их проведения и продемонстрировать возможность получения будущих выгод [15].

В-третьих, руководители многих предприятий не вникают в тонкости производственных процессов и становятся на путь экстенсивного развития за счет использования природных, сырьевых и трудовых ресурсов, стоимость которых значительно ниже, чем в большинстве других стран. Это позволяет им принимать управленческие решения, идущие в разрез с оптимизацией процессов и не способствующие внедрению принципов бережливого производства [16].

Одними из крупных компаний, которые внедрились технологии бережливого производства, стали КамАЗ, Группа ГАЗ, Русал, Сбербанк. В целом данным компаниям удалось достичь хороших результатов:

- рост выпуска продукции на 30 %;
- повышение производительности труда на 20 %;
- уменьшение количества брака на 40 %;
- увеличение скорости выпуска продукции на 35 %.

Так что у отечественных предприятий есть все ресурсы для улучшения производства.

Главное правильное использование внутренних резервов и внедрение технологий бережливого производства могут значительно улучшить операционные показатели: выработка, оборачиваемость запасов, уровень дефектности [17].

Исходя из всего этого значительный опыт компаний, и зарубежных, и отечественных, которые уже внедрили методы бережливого производства, дает возможность сделать выводы о том, что благодаря повышению эффективности системы производства можно уменьшить расходы, увеличить производительность труда, усовершенствовать производственные процессы, повысить конкурентоспособность предприятия

и добиться многих других качественных и количественных изменений [18].

Результаты и обсуждения

В настоящее время на предприятии «ФКП «НПО «Казанский завод точного машиностроения» активно внедряются инструменты и методы бережливого производства. На основе систематизации производственных потерь и выявления основных проблем их обуславливающих, определяется ранг проблем с дальнейшей разработкой мероприятий по их устранению. Рассмотрим оптимизацию производственного процесса на примере изготовления корпуса взрывателя (рисунок 4).

Карточка проекта: Project card	Оптимизация производственного процесса изготовления корпуса взрывателя 301 Optimization of the manufacturing process of the fuse body 301		
1. Вовлеченные лица и рамки проекта The persons involved and the scope of the project			
Клиенты процесса Process Clients:	Министерства обороны, Рос. Оборон. Экспорт, иные заказчики Ministry of Defense, Ros. Defenses. Export, other customers		
Периметр процесса: Perimeter of the process:	Склад металла, инструментальный отдел, автоматизированный механический цех, гальваническое производство, отдел снабжения, отдел технического контроля, ОГМ, ОГЭ, ОГТ; Metal warehouse, tool department, automatic machine shop, electroplating production, supply department, technical control department, OGM, OGE, OGT;		
Граница процесса: Process boundary:	ОТ склада металла до гальванического производства FROM metal warehouse to electroplating production		
Владелец процесса: Process Owner:	Генеральный директор General manager		
Руководитель проекта: Project Manager:	Заместитель начальника производства Deputy Head of Production		
2. Обоснование выбора Justification of the choice			
Ключевой риск: Key risk:	Потеря репутации Loss of reputation		
Потеря репутации: (срыв плана производства); Из-за низкого качества; Из-за отсутствия инструмента; Из-за длительного производственного цикла; Из-за отсутствия квалифицированных кадров; Из-за поломки оборудования; Из-за отсутствия производственных мощностей; 2 Штрафные санкции			
3. Цели и плановый эффект Goals and planned effect			
Наименование цели Name of the goal	Текущий показатель	Целевой показатель	Показатель идеального состояния
Сокращение ВПП (без складов), час Runway reduction (without warehouses), hour	443	221,5	51
Сокращение НЗП, шт. Reduction of NZP, pcs.	35170	17585	4112
Повышение производительности, шт./н.ч. Productivity increase, pcs/n.h.	4,08	5,3	7,03
Повышения эффективности использования оборудования, % Improving the efficiency of equipment use, %	45	75	85
Сдача продукции (ОТК) с первого предъявления, % Delivery of products (OTC) from the first presentation, %	0	90	98
4. Ключевые события проекта Key events of the project			
Старт проекта Project start			13.10.2020
Диагностика и целевое состояние Diagnosis and target status			20.10.2020–28.01.2021
Разработка текущей карты процесса Development of the current process map			11.11.2020
Производственный анализ Production analysis			20.10.2020–28.01.2021
Разработка целевой карты процесса Development of a target process map			02.12.2020
Внедрение улучшений Implementation of improvements			28.01.2021–19.04.2021
Закрепление результатов и закрытие проекта Securing the results and closing the project			26.04.2021

Рисунок 4. Карточка проекта «Оптимизация производственного процесса изготовления корпуса взрывателя 301»
Figure 4. Project card "Optimization of the manufacturing process of the fuse body 301"

В карточке проекта прописаны вовлеченные лица и рамки проекта, обоснование выбора с указанием ключевых рисков, а также цели, плановый эффект и ключевые события проекта.

Оптимизация производственного процесса изготовления корпуса взрывателя начинается с создания информационного стенда проекта, в котором отображаются:

- Список рабочей группы проекта (контакты);
- Утвержденная карточка проекта;
- Карта процесса текущего состояния;

- Производственный анализ;
- Карта процесса целевого состояния;
- Спагетти текущего и целевого состояния
- Перечень проблем с коренными причинами;
- План мероприятий [19].

После этого приступают к реализации мероприятий, которые начинаются с производственного анализа в бюро технического контроля (БТК), а именно – с составления «Листа дефектов» и проведения статистики дефектов (рисунок 5).

«Лист дефектов»

«Статистика дефектов»

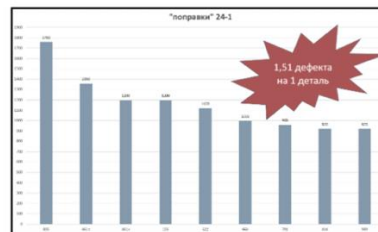


Рисунок 5. «Лист дефектов» и «Статистика дефектов»
Figure 5. "Defect Sheet" and "Defect Statistics"

Следующим этапом становится разработка карты потока создания ценности, которая наглядно показывает на каких стадиях и участках существуют проблемы на начало проекта.

В ходе создания карты потока были выявлены следующие проблемы:

- Дефекты при предъявлении;
- Большое количество доработок;
- Неравномерная загрузка оборудования;
- Недостаток тары для хранения деталей (сборок);
- Недостаточное количество инструмента;
- Большое количество перемещений;
- 0 % сдачи с первого предъявления ОТК (за 5 лет) [20].

Комплексное решение выявленных проблем было предложено осуществить путем внедрения методов бережливого производства.

Первым этапом стала перебалансировка загрузки оборудования, которая привела к уменьшению количества оборудования, участвовавшего в изготовлении корпуса, на 11 единиц – с 29 шт. до 18 шт.

Вторым этапом – внедрение производственного анализа и доски решения проблем, благодаря чему доступность оборудования повысилась на 12 %, а средняя производительность станка в смену увеличилась с 75 до 84 шт./см.

Третьим этапом является обеспечение участка необходимыми инструментами и заготовками, благодаря чему средняя производительность станка в смену дополнительно повысилась с 84 до 91 шт./см.

Четвертым этапом становится внедрение стандартизированной работы на всех этапах производственного процесса. Анализ показал, что данное решение приводит к увеличению средней производительности станка еще на 3 единицы и достигает значения 94 шт./см.

Пятым этапом – внедрение единой технологии обработки ЧПУ и стандартизация инструмента. Путем реализации данного мероприятия

удалось увеличить общую производительность оборудования на 7,2 %.

Кроме того, необходимым элементом оптимизации производственного процесса является внедрение «новой технологии» изготовления, которая заключается в смещении акцента с контроля готовой продукции на контроль изготовления корпуса, перестановке доделочного оборудования и расстановке поправочного оборудования. В дополнение к перечисленному необходимо провести перебалансировку рабочих мест и перейти к системе работы по времени такта, что будет способствовать снижению уровня незавершенного производства. Также важно устранить любые лишние перемещения и организовать работу инспекции отдела технического контроля (ОТК) с одновременной приемкой и заказчиков, и инспекции ОТК.

В таблице 1 приведены проблемы, оказывающие наиболее существенное влияние на снижение эффективности производственного процесса, пути решения и их влияние на выработку.

Как видно из таблицы 1, проблемами, оказывающими наиболее негативное воздействие на процесс, являются: низкая эффективность лимитирующего оборудования, большое количество незавершенного производства, а также ряд проблем, присущих участку БТК (бюро технического контроля): значительная потеря рабочего времени на ожидания, большая вариабельность операции, колебания времени при выполнении работы, потери времени на перемещение изделий на операции.

Для решения указанных проблем предлагается на участке ЧПУ Накамура провести перебалансировку производственных мощностей, ввести производственный анализ, привести процесс к единой технологии изготовления, организовать статистический контроль, провести обучение операторов правилам пользования калибрами.

Таблица 1.

Таблица 1. Проблемы и решения по оптимизации производственного процесса изготовления корпуса взрывателя 301

Table 1.

Table 1. Problems and solutions for optimizing the production process of manufacturing the fuse body 301

Проблема Problem	Решение Decision	Показатель, кд. изм Indicator, cd.change	Изменение Changing		Влияние на выработку, % Impact on production, %
			Было Before	Стало After	
Участок ЧПУ НАКАМУРА Низкая эффективность лимитирующего оборудования (ОЭО = 45 %) NAKAMURA CNC section Low efficiency of limiting equipment (DEO = 45%)	Перебалансировка производственных мощностей Организация и ведение производственного анализа / доски решения проблем Приведение к единой технологии изготовления Организация обеспечения инструментом / заготовками Организация статистического контроля Обучение операторов правилам пользования калибрами Rebalancing of production facilities Organization and maintenance of production analysis / problem solving board Reconciliation of manufacturing technology Organize tooling / workpiece supply Organise statistical controls Operator training on how to use gauges	Выработка, шт./час ОЭО, %	25 45	34 80	+15 %
Большое количество НЗП Large amount of EOI	- Разработано/реализовано перепланировка участка - Определено max количество и организован магазин заготовок - Developed/implemented site redevelopment - Determined max quantity and organized billet store	НЗП, шт.	35170	19000	+2 %
Участок БТК: - Потери рабочего времени на ожидания выполнения предыдущей операции - Большая вариабельность операции - Отсутствие прослеживаемости выполнения операции контроля - Колебания времени на выполнение опера- ций из-за недостаточной квалификации - Потери времени на перемещение изделий на операции Site BTC: - Loss of working time waiting for the previous operation - High variability of the operation - Lack of traceability of control operation - Fluctuations in time to perform operations due to insufficient skill - Loss of time to move items on the operation	- Разраотана/реализована перепланировка участка - Организован поток едидичных изделий - Перебалансировка рабочих мест на участке БТК - Обучение персонала Исключили перенос изделий (организован реверс) - Site redesign developed/implemented - Organized single piece flow - Re-balancing of workplaces on the BTC site - Staff training Excluded the transfer of products (organized reverse)	Выработка, шт./ч	4,3	7,5	+30 %
+47 %					

С целью уменьшения количества незавершенного производства необходимо разработать перепланировку участка и создать магазин заготовок.

На участке БТК следует организовать поток единичных изделий, провести перебалансировку рабочих мест, обучить персонал, исключить перенос изделий.

Апробация указанных мероприятий показала, что суммарный экономический эффект от их внедрения составит ориентировочно 47 %.

Эти показатели наглядно доказывают эффективность от внедрения концепций бережливого производства в деятельность предприятия «ФКП «НПО «Казанский завод точного машиностроения». В дальнейшем планируется внедрение

методов Lean-технологий в другие цеха с целью улучшения производительности.

Заключение

На сегодняшний день внедрение на российских предприятиях принципов и методов бережливого производства является одной из самых востребованных тем производственного менеджмента. И это не случайно, ведь правильное использование инструментов данной концепции позволит предприятиям в любой сфере деятельности снизить производственные издержки, повысить эффективность производства и выйти на новый качественный уровень развития.

Литература

- 1 Джордж М. Бережливое производство плюс шесть сигм в сфере услуг. Как скорость бережливого производства и качество шести сигм помогают улучшить бизнес. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2011. 464 с.
- 2 Вумек Д., Джонс Д. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. М.: Альпина Паблишер, 2013. 480 с.
- 3 Стриженок О.А. Бережливое производство в России // Актуальные вопросы экономических наук. 2012. № 26. С. 324–327.
- 4 Лайкер Д. Тао Toyota: 14 принципов управления ведущей мировой компанией. М.: Альпина Бизнес Букс, 2016. 402 с.
- 5 Tiwari P., Sadeghi J.K., Eseonu C. A sustainable lean production framework with a case implementation: Practice-based view theory // Journal of Cleaner Production. 2020. V. 277. P. 123078.
- 6 Маркетинговое агентство РБК. Исследование. URL: <http://research.rbc.ru/>
- 7 Липина С.А. Инновационная экономика 21 века: мировой опыт и практика // Успехи современной науки и образования. 2016. № 1. С. 11–14.
- 8 Балгачева Н.Р. Бережливое производство как метод повышения эффективности производства // Время науки. 2015. № 8 (20). С. 26–29.
- 9 Фазылова Н.Н., Ергин С.М. Сравнение систем контроля качества проектирования в российских и зарубежных экономических системах // Актуальные проблемы социально-экономических исследований: сборник материалов 11-й Международной научно-практической конференции (Махачкала, 24 января 2016 г.). Махачкала: Издательский дом «Апробация», 2016. С. 16–18.
- 10 Hardcopf R., (Jason) Liub G., Shahc R. Lean production and operational performance: The influence of organizational culture // International Journal Production Economics. 2021. № 235. doi:10.1016/j.ijpe.2021.108060
- 11 Адлер Ю. Бережливая логистика // Логистика. 2017. № 4 (125). С. 24–26.
- 12 Ведмидь П. Бережливое производство в эпоху цифрового производства. М., 2017. URL: <http://www.up-pro.ru/>
- 13 Mathiyazhagan K., Gnanavelbabu A., Agarwal V. A framework for implementing sustainable lean manufacturing in the electrical and electronics component manufacturing industry: An emerging economies country perspective // Journal of Cleaner Production. 2022. V. 334. P. 130169. doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130169
- 14 Deshmukh M., Gangele A., Gope D.K., Dewangan S. Study and implementation of lean manufacturing strategies: A literature review // Materials Today: Proceedings. 2022. V. 62. № 3. P. 1489-1495. doi: 10.1016/j.matpr.2022.02.155
- 15 Singh C., Singh D., Khamba J.S. Understanding the key performance parameters of green lean performance in manufacturing industries // Materials Today: Proceedings. 2021. V. 46. P. 111-115. doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.328
- 16 Yadav G., Luthra S., Huisingh D., Mangla S.K. et al. Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies // Journal of Cleaner Production. 2020. V. 245. P. 118726. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118726
- 17 Singh C., Singh D., Khamba J.S. Exploring an alignment of lean practices on the health and safety of workers in manufacturing industries // Materials Today: Proceedings. 2021. V. 47. P. 6696-6700. doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.116
- 18 Möldner A.K., Garza-Reyes J.A., Kumar V. Exploring lean manufacturing practices' influence on process innovation performance // Journal of Business Research. 2020. V. 106. P. 233-249. doi: 10.1016/j.jbusres.2018.09.002
- 19 Hao Z., Liu C., Goh M. Determining the effects of lean production and servitization of manufacturing on sustainable performance // Sustainable Production and Consumption. 2021. V. 25. P. 374-389. doi: 10.1016/j.spc.2020.11.018
- 20 Palange A., Dhatrik P. Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing // Materials Today: Proceedings. 2021. V. 46. P. 729-736. doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.193

References

- 1 George M. Lean Six Sigma in the Service Industry. How Lean Speed and Six Sigma Quality Can Improve Your Business. Moscow, Mann, Ivanov i Ferber, 2011. 464 p. (in Russian).
- 2 Womek D., Jones D. Lean production. How to get rid of losses and achieve prosperity for your company. Moscow, Alpina Publisher, 2013. 480 p. (in Russian).
- 3 Strizhenok O.A. Lean production in Russia. Topical issues of economic sciences. 2012. no. 26. pp. 324–327. (in Russian).

- 4 Likier D. Tao Toyota: 14 principles for managing a leading global company. Moscow, Alpina Business Books, 2016. 402 p. (in Russian).
- 5 Tiwari P., Sadeghi J.K., Eseonu C. A sustainable lean production framework with a case implementation: Practice-based view theory. Journal of Cleaner Production. 2020. vol. 277. pp. 123078.
- 6 RBC Marketing Agency. Study. Available at: <http://research.rbc.ru/> (in Russian).
- 7 Lipina S.A. Innovative economy of the 21st century: world experience and practice. Successes of modern science and education. 2016. no. 1. pp. 11–14. (in Russian).
- 8 Baltacheva N.R. Lean production as a method of increasing production efficiency. Vremya nauki. 2015. no. 8 (20). pp. 26–29. (in Russian).
- 9 Fazylova N.N., Ergin S.M. Comparison of design quality control systems in Russian and foreign economic systems. Actual problems of socio-economic research: collection of materials of the 11th International Scientific and Practical Conference (Makhachkala, January 24, 2016). Makhachkala, Approbation Publishing House, 2016, pp. 16–18. (in Russian).
- 10 Hardcopf R., (Jason) Liub G., Shahc R. Lean production and operational performance: The influence of organizational culture. International Journal Production Economics. 2021. no. 235. doi:10.1016/j.ijpe.2021.108060
- 11 Adler Yu. Lean logistics. Logistics. 2017. no. 4 (125). pp. 24–26. (in Russian).
- 12 Vedmid P. Lean manufacturing in the era of digital manufacturing. M., 2017. Available at: <http://www.up-pro.ru/> (in Russian).
- 13 Mathiyazhagan K., Gnanavelbabu A., Agarwal V. A framework for implementing sustainable lean manufacturing in the electrical and electronics component manufacturing industry: An emerging economies country perspective. Journal of Cleaner Production. 2022. vol. 334. pp. 130169. doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130169
- 14 Deshmukh M., Gangele A., Gope D.K., Dewangan S. Study and implementation of lean manufacturing strategies: A literature review. Materials Today: Proceedings. 2022. vol. 62. no. 3. pp. 1489-1495. doi: 10.1016/j.matpr.2022.02.155
- 15 Singh C., Singh D., Khamba J.S. Understanding the key performance parameters of green lean performance in manufacturing industries. Materials Today: Proceedings. 2021. vol. 46. pp. 111-115. doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.328
- 16 Yadav G., Luthra S., Huisingh D., Mangla S.K. et al. Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. Journal of Cleaner Production. 2020. vol. 245. pp. 118726. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118726
- 17 Singh C., Singh D., Khamba J.S. Exploring an alignment of lean practices on the health and safety of workers in manufacturing industries. Materials Today: Proceedings. 2021. vol. 47. pp. 6696-6700. doi: 10.1016/j.matpr.2021.05.116
- 18 Möldner A.K., Garza-Reyes J.A., Kumar V. Exploring lean manufacturing practices' influence on process innovation performance. Journal of Business Research. 2020. vol. 106. pp. 233-249. doi: 10.1016/j.jbusres.2018.09.002
- 19 Hao Z., Liu C., Goh M. Determining the effects of lean production and servitization of manufacturing on sustainable performance. Sustainable Production and Consumption. 2021. vol. 25. pp. 374-389. doi: 10.1016/j.spc.2020.11.018
- 20 Palange A., Dhatrak P. Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. Materials Today: Proceedings. 2021. vol. 46. pp. 729-736. doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.193

Сведения об авторах

Яна В. Денисова к.э.н., факультет нефти и нефтехимии, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Республика Татарстан, Российская Федерация, yana-denisova@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1242-6909>

Анастасия С. Петрова магистр, факультет нефти и нефтехимии, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Республика Татарстан, Российская Федерация, petrova20132013@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1439-9772>

Владимир Ф. Сопин д.х.н., профессор, факультет нефти и нефтехимии, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Республика Татарстан, Российская Федерация, vlad-sopin24@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9112-2550>

Вклад авторов

Яна В. Денисова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнила расчёты
Анастасия С. Петрова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Владимир Ф. Сопин консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Yana V. Denisova Cand. Sci. (Econ.), petroleum and petrochemical faculty, Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx street, Kazan, 420015, Republic of Tatarstan, Russian Federation, yana-denisova@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1242-6909>

Anastasia S. Petrova master student, petroleum and petrochemical faculty, Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx street, Kazan, 420015, Republic of Tatarstan, Russian Federation, petrova20132013@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1439-9772>

Vladimir F. Sopin Dr. Sci. (Chem), professor, petroleum and petrochemical faculty, Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx street, Kazan, 420015, Republic of Tatarstan, Russian Federation, vlad-sopin24@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9112-2550>

Contribution

Yana V. Denisova review of the literature on an investigated problem, performed computations
Anastasia S. Petrova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Vladimir F. Sopin consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 09/03/2022	После редакции 01/04/2022	Принята в печать 22/04/2022
Received 09/03/2022	Accepted in revised 01/04/2022	Accepted 22/04/2022