



ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ХИМИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

В настоящей статье рассматриваются методы бережливого производства, направленные на улучшение управления производственными процессами на химическом предприятии. Объектом исследования является предприятие публичное акционерное общество «Казаньоргсинтез», предметом — применение методов бережливого производства на промышленном предприятии. В статье представлен краткий обзор методов и инструментов бережливого производства, получивших наиболее широкое распространение в российских промышленных предприятиях. На примере производства полиэтилена низкого давления в публичном акционерном обществе «Казаньоргсинтез» разработаны рекомендации по использованию методов бережливого производства для оптимизации производственных процессов, в частности, принципа «Точно в срок», реализация которого происходит посредством использования автоматизированной системы КАНБАН (на этапе производства полиэтилена низкого давления) и модели «вытягивания» (на примере складирования полиэтилена низкого давления). В результате проведенного исследования показана перспективность внедрения методов и инструментов бережливого производства на химическом предприятии.

Ключевые слова: бережливое производство, методы бережливого производства, управление процессами, полиэтилен низкого давления.

Сокращения:

ПАО — Публичное Акционерное Общество
ПНД — полиэтилен низкого давления
БП — бережливое производство
ГОСТ Р — Государственный стандарт России
Завод ПППНД — завод по производству и переработке полиэтилена низкого давления
Завод ОП и ТГ — завод органических продуктов и технических газов

Введение. В современном мире гарантом успешной деятельности и конкурентоспособности предприятия является высокий уровень организации производства. Одним из способов достижения этого уровня является внедрение на предприятии концепции бережливого производства (БП). Применение данной концепции может значительно повысить эффективность производства путем сокращения всех видов потерь и увеличить ценность конечного продукта для потребителя. Практически во всех отраслях ведущих стран мира концепция БП является общепризнанной успешной стратегией индустриального развития.

В нашей стране к исследованию методов БП обращались такие ученые, как К. В. Бельш [1],

М. А. Мирошниченко [2], Н. В. Просвирина [3] и т.д. Ими представлены работы, раскрывающие основные принципы БП и преимущества их использования в различных сферах. В настоящей статье авторами сделан акцент на использование методов БП на химических предприятиях.

Цель исследования. Целью настоящей статьи является разработка предложений по практическому применению методов БП на химическом предприятии с целью оптимизации производственных процессов и получения экономического эффекта.

Основная часть. ПАО «Казаньоргсинтез» — крупнейший отечественный производитель полимеров и сополимеров этилена, ведущее предприятие химической промышленности Российской Федерации. Оно производит полиэтилен (40 % от общероссийского объема производства), поликарбонат (100 % производства отечественного поликарбоната), бисфенол А, полиэтиленовые трубы и другую продукцию. Общий объем годового производства составляет 1,7 миллиона тонн [4]. Среди продуктов, которые производятся на ПАО «Казаньоргсинтез», важное место занимает ПНД. На заводе по производству и переработке полиэтилена низкого давле-

Основные этапы переналадки оборудования

Этап	Осуществление этапа
Демонтаж	Снимаются штампы, оснастка, инструмент, крепеж. Выполняется уборка станка, конвейера. Удаляются детали, инструмент и все остальное.
Установка	Устанавливаются новые штампы, оснастка, инструмент, крепеж. Подвозятся (загружаются) новые детали, инструмент и все остальное.
Настройка	Каждый инструмент или элемент оснастки устанавливается определенным образом, чтобы получить готовое изделие заданных размеров.
Проверка	Выполняется пробный пуск и проверяется соответствие полученного изделия чертежу.

ния ведутся работы по наращиванию мощности реактора «В», продолжается работа по его оснащению системой рекуперации сбросных газов, проводится работа по модернизации реактора «С» и линии компаундирования «Д» с целью увеличения производства бимодального полиэтилена ПЭ-100 [5].

Затрачиваемые средства на указанные работы, а также на производственные процессы ПНД, являются весьма существенными. Поэтому, с целью оптимизации используемых ресурсов, необходимо внедрять концепцию Бережливого производства, включающую в себя комплекс методов и инструментов, способствующих выполнению производственной задачи в сокращенные сроки, с минимальными затратами и с необходимым для заказчика качеством конечного продукта [6].

Согласно ГОСТ Р 56407-2015 «Бережливое производство. Основные методы и инструменты» основными методами бережливого производства являются:

- стандартизация работы;
- организация рабочего пространства 5S;
- картирование потока ценности (VSM);
- быстрая переналадка (SMED);
- визуализация;
- защита от непреднамеренных ошибок (Poka-Yoke);
- всеобщее обслуживание оборудования (TPM);

Также важной составной частью БП является система КАНБАН [7].

Охарактеризуем вкратце данные методы и систему КАНБАН, чтобы выбрать из них наиболее эффективные и подходящие к рассматриваемому процессу.

Стандартизация работы — метод, позволяющий организовать безопасное эффективное производство. В качестве инструментов стандартизации используются хронометраж и нормирование.

Задачами стандартизации работы являются:

- обеспечение стабильно высокого и качественного результата деятельности;
- создание условий для безопасности производства;
- сокращение всех видов потерь;
- создание механизма выявления отклонений при выполнении операций;
- обеспечение динамичности и наглядности в обучении персонала.

— создание условий для постоянного совершенствования [8].

Метод «5S» (Sort—Set in Order—Shine—Standardize—Sustain) представляет собой совокупность пяти последовательно выполняемых принципов:

- сортировка. На данном этапе происходит сортировка всех предметов рабочего места и, в зависимости от их необходимости, все предметы сортируются на нужные и ненужные;
- соблюдение порядка. На этом этапе необходимо определить место для каждого предмета, исходя из частоты его использования. Далее следует визуализировать места хранения предметов, а также провести маркировку предметов. Необходимо также обозначить места потенциальной опасности, нанести обозначения на инструменты, сырье, продукцию и т.д.;
- содержание в чистоте. На данном этапе определяются потенциальные источники загрязнения рабочего пространства и правила уборки, в том чис-

ле ее периодичность, способы ее проведения и инструменты (инструменты для уборки всегда должны находиться в рабочем состоянии);

— стандартизация. Создаются стандарты содержания рабочих мест (они могут включать в себя схемы с указанием рабочих, в том числе опасных зон, краткие инструкции или памятки);

— совершенствование. Это самый важный этап метода «5S». На данном этапе происходит оценка всех ранее принятых в процессе проведения предыдущих четырех этапов решений, анализируются все допущенные ошибки и находятся пути их исправления. Данный алгоритм принимает форму «спирали» (каждый последующий этап становится более совершенным). Он призван преобразовать данный метод в культуру организации, в которой каждый работник автоматически выполняет данные действия [9].

Следующий метод — «VSM» предполагает создание визуальной модели информационных и материальных потоков (поток — это совокупность действий, отражающих процесс создания ценностей), требуемых для выполнения заказа потребителя. Целью данного метода является визуальное представление потока создания ценности для нахождения и устранения/сокращения всех видов потерь и улучшение потока создания ценности в результате учтенных потерь.

Метод «SMED» подразумевает сокращение длительности остановки станка во время его переналадки. Целями применения данного метода являются: уменьшение времени простоя оборудования; сокращение элементов «незавершенного производства» (продукции, не прошедшей всех стадий, предусмотренных технологическим процессом, а также изделий, которые не были укомплектованы, испытаны и не прошли техническую приемку); расширение ассортимента выпускаемой продукции. Основные этапы переналадки оборудования перечислены в табл. 1.

Метод «Визуализация» предполагает совокупность действий, которые способствуют такому расположению всех элементов системы (инструментов, деталей и т.д.), чтобы каждый участник производственного процесса мог максимально быстро оценить состояние этой системы.

Визуализацию можно рассматривать в двух аспектах:

— как метод представления информации в виде оптического изображения (рисунков, диаграмм, графиков, структурных схем, карт, таблиц и т.д.);

— как размещение всех инструментов, собираемых узлов, деталей, информации о производственном процессе так, чтобы они были видны с первого взгляда [10].

Метод «Рока-Йоке». В случае отсутствия на предприятии надежной превентивной системы и встроенной защиты от ошибок в процессе производства возникают различные виды потерь. При допущенной ошибке во время работы с изделием, передав его на следующий этап производства или же покупателю, производитель воспринимает передачу как неотъемлемую часть рабочего процесса.

Для устранения данного вида потерь необходимо выявить незавершенные изделия, которые нуждаются в переделке, и законченные продукты, являющиеся дефектными. Следующий шаг по сокращению потерь — разработка полных стандартных операционных процедур и усовершенствование системы визуального контроля. Система защиты от ошибок «Рока-Йоке» позволит минимизировать скрытые потери там, где скрывается источник ошибок [11].

Метод «ТРМ» направлен на повышение эффективности оборудования за счет обслуживания, которое предотвращает сбой в его работе. В большей степени ТРМ строится на предсказуемости и предотвращении поломок и, в меньшей степени, на исправлении поломок. Отличительной особенностью ТРМ является вовлеченность в работу всего персонала (отсюда и название метода). Метод ТРМ построен на основе стабилизации и непрерывного улучшения процессов технического обслуживания, системы планового предупредительного ремонта, работы по принципу «ноль дефектов» [12].

Важной составной частью БП также является система КАНБАН. Данная система базируется на визуализации идеи, связанной с достижением баланса между работой, запрошенной потребителем, и возможностями производства. Данная система представляет собой технологию, которая обеспечивает производство требуемого объема продукции, предоставляемой потребителю «точно вовремя» на основе модели вытягивания. Суть данной системы в том, что субъект не начинает работать без определенного сигнала от внешнего или внутреннего заказчика. Таким сигналом может быть документ, устное распоряжение, карточка и др. Другими словами, происходит создание непрерывного материального потока, для которого, в силу правильно организованной логистики, не требуется лишних складских помещений. Это связано с тем, что для процесса производства поставляются только необходимые компоненты и только вовремя (минуя склады). Готовая продукция также не накапливается на складах, а сразу поставляется потребителю.

Для этой цели в системе КАНБАН существует наряд-заказ на определенную работу — «контрольная карточка». Возникает целая сигнальная система, так как карта закрепляется за каждым элементом производства. Все карточки делятся на «канбаны перемещения» и «канбаны производства». «Канбаны перемещения» указывают — куда и откуда перемещаются детали и делятся на карточки поставки и карточки изъятия. «Канбаны производства» курируют выполнение конкретных производственных операций и делятся на карточки заказа и сигнальные карточки [13].



Рис. 1. Схема движения материальных потоков создания ПНД

Систему КАНБАН на химическом предприятии целесообразно применять непосредственно на этапе производства химической продукции, в нашем случае — ПНД, так как этот этап жизненного цикла является наиболее важным. Именно здесь формируется качество конечного продукта. Помимо этого, данный этап характеризуется высокой степенью опасности для работников предприятия, и вышеуказанные методы способны снизить степень рисков [14].

Химическое непрерывное производство зависит от колебаний количества поступающих материалов. Это может вызвать перебои в работе агрегатов или их остановку. В случае остановки одного из агрегатов будет нарушена непрерывность всего процесса производства. Такая остановка повлечет за собой ряд негативных последствий. После устранения причины установки потребуется запустить производство заново. Такая неритмичная работа приведет к большим потерям рабочего времени, дополнительным энергетическим затратам, увеличению незавершенного производства, изнашиванию оборудования, перерасходу сырья. Поэтому для непрерывного производства необходимо создавать условия для высокой синхронизации и выравнивания всего производства. Именно для этого и требуется применение принципа «Точно в срок». Его основная задача — подача материалов от предыдущего этапа производства в последующий этап в точно назначенное время и в точно установленном количестве (без создания избыточного запаса).

Химическое производство как непрерывное производится характеризуется тем, что все материалы находятся в постоянном движении, и, кроме того, скорость этого движения на разных этапах производства является различной. Производственная установка производства ПНД представляет собой совокупность последовательно расположенных аппаратов, соединенных трубопроводами [15]. Схема движения материальных потоков создания ПНД изображена на рис. 1.

Сырье со склада (1) (этилен, бутилен, водород, необходимые катализаторы) по трубопроводу поступает в компрессор (2), где постепенно сжимается до необходимого давления. Далее непрерывным потоком этилен отправляется в реактор (3), в котором происходит полимеризация этилена. В зависимости от марки будущего ПНД поддерживается специальный режим температуры и давления. В реакторе (3) за один проход до 20 % поступающего этилена превращается в полиэтилен. Смесь расплава поли-



Рис. 2. Автоматизированная система КАНБАН

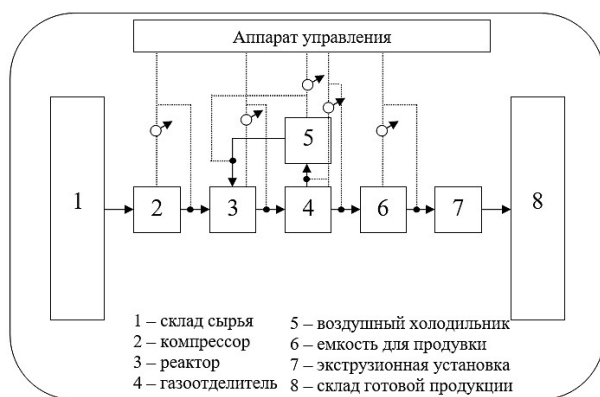


Рис. 3. Схема движения материальных потоков создания ПНД с применением автоматизированной системы КАНБАН на заводе ПППНД

этилена и непрореагировавшего этилена поступает в газоотделитель (4), где полимер отделяется от газа. Газ охлаждается, промывается (5) и возвращается на полимеризацию в реактор (3). Расплавленный полимер поступает в емкость для продувки (6). После продувки полимера азотом в аппарате он отправляется на грануляцию в экструзионную установку (7). Для такого ритма работы необходимо использование постоянной информационной системы о количестве материала на каждом этапе цепочки производства, необходимости его передачи в следующее звено и т.д. Такая система является фактически тем, что традиционно в бережливом производстве называется КАНБАН. Это своего рода его аналог — автоматизированный КАНБАН. Он отличается тем, что количество вещества и его передача на следующий этап осуществляется автоматически, а функцию условной «карточки» выполняет диаграмма прибора. Пример такой системы приведен на рис. 2.

Таким образом, при применении данной системы к процессу производства ПНД схема движения материальных потоков создания ПНД примет несколько иной вид (рис. 3).

Одним из важных компонентов принципа «Точно в срок» является модель «вытягивания». Ее использование позволяет минимизировать потери [16]. Но для непрерывного химического производства,

как в случае производства ПНД, характерен синтез «вытягивающей» и «выталкивающей» моделей. На химическом производстве частично действует модель «вытягивания» (выработка продукции начинается при наличии заказа — внешнего или внутреннего). Ключевую роль в производственной линии играет реактор («внутренний заказчик»), который вытягивает необходимое количество материала из предыдущих этапов цепочки производства. После прохождения материала через реактор система производства меняет свой принцип работы и начинает строиться на «выталкивающей» модели на всех этапах цепочки производства до этапа складирования [17]. Важно, чтобы все этапы цепочки производства ПНД (следующие после прохождения материала через реактор) не накапливали излишков материалов в большом количестве. Все этапы цепочки производства ПНД должны быть синхронизированы, а это, в свою очередь, также может быть обеспечено за счет использования автоматизированной системы КАНБАН, которая должна применяться на каждом этапе цепочки производства ПНД.

Помимо самого процесса производства ПНД, который в большей степени является автоматизированным, принцип «Точно в срок» применим и к другим этапам жизненного цикла производства ПНД. Так, данный принцип будет способствовать ряду улучшений на этапах складирования готового ПНД.

Все сырье и реагенты для производства ПНД на заводе ПППНД поступают с завода ОП и ТГ, следовательно, этап закупок отработан (предположительно принцип «Точно в срок» применяется в данном случае как комплексный механизм для своевременного производства и подачи сырья заводу ПППНД). В рамках принципа «Точно в срок» мы рассматриваем этап производства ПНД с точки зрения времени его начала. Это время должно напрямую соотноситься со временем конечной отгрузки готовой продукции потребителю [18]. Тогда ПАО «Казаньоргсинтез» сможет избежать ненужных затрат на этапе складирования готовой продукции и ее отгрузки.

Вместе с тем склад готовой продукции на ПАО «Казаньоргсинтез» является обязательным структурным компонентом, так как могут произойти какие-либо непредвиденные ситуации, связанные с неожиданным изменением спроса потребителя. Принцип «Точно в срок» позволяет не миновать этап складирования готовой продукции, а существенно сократить площадь имеющихся складов, так как производство принимает вид «вытягивающей» модели управления, которая позволяет не скапливать больших объемов готовой продукции [19]. Схема «вытягивающей» модели управления на заводе ПППНД представлена на рис. 4.

Представим планируемый результат от внедрения автоматизированной системы КАНБАН с указанием вышерассмотренных этапов жизненного цикла ПНД — производства ПНД и складирования ПНД (табл. 2).

Таким образом, для решения ряда существующих проблем, а также с целью снижения вероятности возникновения ряда опасностей при производстве ПНД, среди которых: возможность внезапных остановок оборудования, отсутствие четкой системы контроля за количеством поступающих и передаваемых материалов, возможность возникновения чрезвычайных ситуаций, из всех рассмотренных методов БП следует сосредоточить внимание

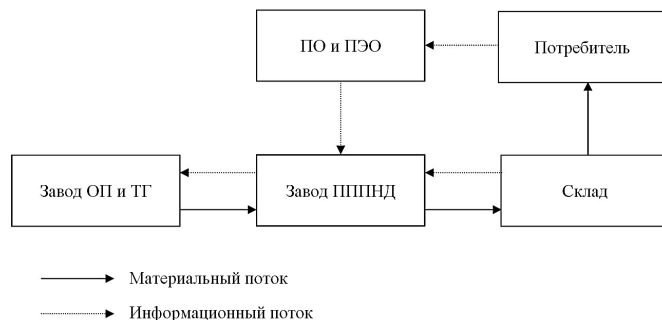


Рис. 4. Схема предлагаемой «вытягивающей» модели управления

Таблица 2

Планируемый результат от внедрения системы КАНБАН на производстве ПНД

Метод	Этап жизненного цикла	До внедрения	После внедрения
Автоматизированный КАНБАН	Производство ПНД	Существование рисков потенциальной опасности (ЧС); возможность внезапных остановок оборудования; потеря рабочего времени на переналадку или настройку оборудования; отсутствие четкой системы контроля за количеством поступающих и передаваемых материалов на каждом этапе цепочки производства ПНД.	Обеспечение процесса производства ПНД дополнительным уровнем безопасности (так как любая потенциальная опасность, которая может привести к ЧС, будет заранее отслежена посредством автоматизированной системы); предотвращение внезапных остановок оборудования; сокращение потерь рабочего времени (на переналадку или настройку оборудования); система постоянного информационного оповещения о количестве материала на каждом этапе цепочки производства, о необходимости его передачи в следующее звено.
Модель «вытягивания»	Складирование ПНД	Наличие больших складских помещений.	Существенное сокращение площади имеющихся складов, так как производство принимает вид «вытягивающей» модели управления, которая позволяет не скапливать больших объемов готовой продукции.

на использовании автоматизированной системы КАНБАН как решающей все вышеперечисленные проблемы.

Выводы и заключение

Из проведенного исследования следует, что принцип «Точно в срок», как часть концепции БП, играет важную роль в улучшении управления производственными процессами, в частности — процессом производства ПНД. При применении данного принципа при производстве ПНД рекомендуется использовать систему КАНБАН, однако не систему КАНБАН в традиционном понимании, а автоматизированную информационную систему, адаптированную к специфике химического производства. Данная система позволяет достичь высоких результатов за счет автоматического определения количества исходного вещества и его передачи на следующий этап производства с помощью диаграммы прибора, которая будет выполнять функцию условной «карточки». Движение материальных потоков создания ПНД при таком условии позволяет минимизировать потери, так как используется синтез «вытягивающей» и «выталкивающей» моделей организации производства. Благодаря внедрению автоматизированной системы КАНБАН улучшится процесс управления производством ПНД и в результате автоматизированного слежения и контроля снизится степень риска возникновения чрезвычайных ситуаций. Также данная система способна рационализи-

ровать процесс складирования готового ПНД, существенно сократив площадь имеющихся складов, так как производство примет форму «вытягивающей» модели управления.

Все обозначенные выше методы позволяют не только повысить безопасность процесса производства, сократить потери рабочего времени, оптимизировать используемые площади, но и получить ощутимый экономический эффект за счет увеличения рентабельности производства вследствие сокращения издержек.

Библиографический список

1. Бельш К. В. Организация бережливого производства на промышленных предприятиях // Лин-технологии: Бережливое производство. 2018. № 5.
2. Мирошниченко М. А., Голобородько Е. О., Сарычева И. Н. Методология эффективного управления на основе принципов бережливого производства // Вестник Академии знаний. 2020. № 2 (37). С. 179–183. DOI: 10.24411/2304-6139-2020-10161.
3. Просвирова Н. В., Тихонов А. И. Особенности управления производственным процессом промышленного предприятия на основе концепции бережливого производства // Московский экономический журнал. 2019. № 11. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-10152.
4. ПАО «Казаньоргсинтез». URL: <https://kazanorgsintez.ru> (дата обращения: 02.04.2023).

5. Годовой отчет // ПАО «Казаньоргсинтез» / Ф. Г. Минигулов. 2021. С. 1–91.
 6. Селиверстов А. С., Постнов В. В., Лукина В. В. Система 5S как метод повышения эффективности деятельности предприятия // Молодой ученый. 2020. № 42 (332). С. 132–134.
 7. ГОСТ Р 56407-2015. Бережливое производство. Основные методы и инструменты. Введ. 2015–06–02. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200120649> (дата обращения: 13.02.2023).
 8. Процесс стандартизации работы в организации: как и зачем. URL: <http://arprime.ru/avtomatizacia/standartizatsiya-raboty-deyatelnosti-i-protseessov-proizvodstva> (дата обращения: 18.02.2023).
 9. Васильева С. Е., Данилова С. Ю. Методика внедрения инструмента бережливого производства 5S // Молодой ученый. 2016. № 13 (117). С. 388–393.
 10. Visualization – творческий способ применения Lean. URL: <https://worksection.com/blog/visualization-lean.html> (дата обращения: 24.02.2023).
 11. Иванова Т. Показатель как метод устранения скрытых потерь на предприятии // Проблемы экономики и менеджмента. 2014. № 7 (35). С. 33–35.
 12. Степанова К. М., Суцев А. К. Организация обслуживания оборудования по методу ТРМ в производстве автокомпонентов // Современные материалы, техника и технологии. 2018. №1 (16). С. 72–77.
 13. КАНБАН: краткое руководство. URL: <https://coderlessons.com/tutorials/upravlenie/vyuchit-kanban/kanban-kratkoe-rukovodstvo> (дата обращения: 04.03.2023).
 14. Недбайлюк Б. Е., Антонова И. И., Антонов С. А. [и др.]. Методы бережливого производства в непрерывных производственных процессах // Актуальные проблемы экономики и права. 2011. № 1 (17). С. 102–110.
 15. Котляр Е. В., Пушкарева Е. М. Система управления проектами КАНБАН // Бизнес-образование в экономике знаний. 2020. №1 (15). С. 57–59.
 16. Денисова Я. В., Петрова А. С., Сопин В. Ф. Оптимизация производственного процесса путем внедрения методов бережливого производства // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84, № 2. С. 315–323. DOI: 10.20914/2310-1202-2022-2-315-323.
 17. Вейдер М. Инструменты бережливого производства: карманное руководство по практике применения Lean: пер. с англ. Москва: Альпина Паблишер, 2005. Р. 86–87.
 18. Ротер М. Тойота Ката: лидерство, менеджмент и развитие сотрудников для достижения выдающихся результатов / пер. с англ. М. Самсонова. Санкт-Петербург: Питер, 2014. 304 р.
 19. Андерсен Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования. Москва: РИА Стандарты и качество, 2003. 272 с.
- ШАЛЬНЕВ Максим Олегович**, магистрант кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ), г. Казань.
 ORCID: 0009-0000-3389-4221
 Адрес для переписки: maks228sh@gmail.com
- ДЕНИСОВА Яна Владимировна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества КНИТУ, г. Казань.
 SPIN-код: 3706-5320
 AuthorID (РИНЦ): 973897
 ORCID: 0000-0003-1242-6909
 Адрес для переписки: yana-denisova@inbox.ru
- Для цитирования**
- Шальнев М. О., Денисова Я. В. Применение методов бережливого производства для улучшения управления производственными процессами на химическом предприятии // Омский научный вестник. 2023. № 3 (187). С. 60–67. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-60-67.
- Статья поступила в редакцию 27.03.2023 г.**
 © М. О. Шальнев, Я. В. Денисова



APPLYING LEAN MANUFACTURING PRACTICES TO IMPROVE PROCESS CONTROL IN A CHEMICAL PLANT

This article discusses lean manufacturing methods aimed at improving the management of production processes in a chemical plant. The object of the study is the concept of lean production, the subject is the use of its methods in the production of low density polyethylene in the public joint-stock company Kazanorgsintez.

The article provides a brief overview of the methods and tools of lean manufacturing, which are most widely used in Russian industrial enterprises. Based on the example of low-density polyethylene production in Kazanorgsintez Public Joint-Stock Company, recommendations have been developed on the use of lean manufacturing methods to optimize production processes, in particular, the Just-in-Time principle, which is implemented through the use of the automated KANBAN system (at the stage of production of low-density polyethylene) and the "pull" model (on the example of low-density polyethylene storage). As a result of the study, the prospects for the introduction of methods and tools of lean production at a chemical enterprise are shown.

Keywords: lean production, lean production methods, process control, low density polyethylene.

References

1. Belysh K. V. Organizatsiya berezhlivogo proizvodstva na promyshlennyykh predpriyatiyakh [Organization of lean production at industrial enterprises] // *Lin-tehnologii: Berezhlivoye proizvodstvo. Lean Technology: Lean Manufacturing*. 2018. No. 5. (In Russ.).
2. Miroschnichenko M. A., Goloborod'ko E. O., Sarycheva I. N. Metodologiya effektivnogo upravleniya na osnove printsipov berezhlivogo proizvodstva [Effective management methodology based on the principles of lean manufacturing] // *Vestnik Akademii znaniy. Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2020. No. 2 (37). P. 179–183. DOI: 10.24411/2304-6139-2020-10161. (In Russ.).
3. Prosvirina N. V., Tikhonov A. I. Osobennosti upravleniya proizvodstvennym protsessom promyshlennogo predpriyatiya na osnove kontseptsii berezhlivogo proizvodstva [Features of managing the production process of an industrial enterprise based on the concept of lean manufacturing] // *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal. Moscow Economic Journal*. 2019. No. 11. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-10152. (In Russ.).
4. PAO «Kazan'orgsintez» [PJSC «Kazanorgsintez»]. URL: <https://kazanorgsintez.ru> (accessed: 02.04.2023). (In Russ.).
5. Godovoy otchet [Annual report] // PAO «Kazan'orgsintez». PJSC «Kazanorgsintez» / F. G. Minigulov. 2021. P. 1–91. (In Russ.).
6. Seliverstov A. S., Postnov V. V., Lukina V. V. Sistema 5S kak metod povysheniya effektivnosti deyatel'nosti predpriyatiya [5S system as a method of increasing the efficiency of the enterprise] // *Molodoy uchenyy. Young Scientist*. 2020. No. 42 (332). P. 132–134. (In Russ.).
7. GOST R 56407-2015. Berezhlivoye proizvodstvo. Osnovnyye metody i instrumenty [Lean production. Basic methods and tools]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200120649> (accessed: 13.02.2023). (In Russ.).
8. Protsess standartizatsii raboty v organizatsii: kak i zchem [The process of standardization of work in the organization: how and why]. URL: <http://arprime.ru/avtomatizacia/standartizatsiya-raboty-deyatelnosti-i-protsesov-proizvodstva> (accessed: 18.02.2023). (In Russ.).
9. Vasilyeva S. E., Danilova S. Yu. Metodika vnedreniya instrumenta berezhlivogo proizvodstva 5S [Methodology for implementing the 5S lean manufacturing tool] // *Molodoy uchenyy. Young Scientist*. 2016. No. 13 (117). P. 388–393. (In Russ.).
10. Visualization — tvorcheskii sposob primeneniya Lean [Visualization is a creative way to apply Lean]. URL: <https://worksection.com/blog/visualization-lean.html> (accessed: 24.02.2023). (In Russ.).
11. Ivanova T. Poka-eke kak metod ustraneniya skrytykh poter' na predpriyatii [Poka-yoke as solution to eliminate hidden losses on enterprise] // *Problemy ekonomiki i menedzhmenta. Problems of Economics and Management*. 2014. No. 7 (35). P. 33–35. (In Russ.).
12. Stepanova K. M., Sushchev A. K. Organizatsiya obsluzhivaniya oborudovaniya po metodu TPM v proizvodstve avtokomponentov [Organization of equipment service by TRM method in manufacturing autocomponents] // *Sovremennyye materialy, tekhnika i tekhnologii. Modern Materials, Equipment and Technologies*. 2018. No. 1 (16). P. 72–77. (In Russ.).
13. Kanban: kratkoye rukovodstvo [Kanban: a quick guide]. URL: <https://coderlessons.com/tutorials/upravlenie/vyuchit-kanban/kanban-kratkoe-rukovodstvo> (accessed: 04.03.2023). (In Russ.).
14. Nedbaylyuk B. E., Antonova I. I., Antonov S. A. [et al.]. Metody berezhlivogo proizvodstva v nepreryvnykh

производственных процессах [Methods of frugal production in ceaseless production processes] // Aktual'nyye problemy ekonomiki i prava. *Actual Problems of Economics and Law*. 2011. No. 1 (17). P. 102–110. (In Russ.).

15. Kotlyar E. V., Pushkareva E. M. Sistema upravleniya proyektami KANBAN [KANBAN project management system] // Biznes-obrazovaniye v ekonomike znaniy. *Business Education in the Knowledge Economy*. 2020. No. 1 (15). P. 57–59. (In Russ.).

16. Denisova Ya. V., Petrova A. S., Sopin V. F. Optimizatsiya proizvodstvennogo protsessa putem vnedreniya metodov berezhlivogo proizvodstva [Optimization of the production process through the introduction of lean production methods] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2022. Vol. 84, no. 2. P. 315–323. DOI: 10.20914/2310-1202-2022-2-315-323. (In Russ.).

17. Vehjder M. Instrumenty berezhlivogo proizvodstva: karmannoye rukovodstvo po praktike primeneniya Lean [Lean tools] / trans. from Engl. Moscow, 2005. P. 86–87. (In Russ.).

18. Roter M. Toyota Kata: liderstvo, menedzhment i razvitiye sotrudnikov dlya dostizheniya vydayushchikhsya rezultatov [Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results] / trans. from Engl. M. Samsonova. Saint Petersburg, 2014. 304 p. (In Russ.).

19. Andersen B. Biznes-protsessy. Instrumenty sovershenstvovaniya [Business Process. Improvement Toolbox]. Moscow, 2003. 272 p. (In Russ.).

SHALNEV Maksim Olegovich, Undergraduate of Analytical Chemistry, Certification and Quality Management Department, Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan.

ORCID: 0009-0000-3389-4221

Correspondence address: maks228sh@gmail.com

DENISOVA Yana Vladimirovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Analytical Chemistry, Certification and Quality Management Department, KNRTU, Kazan.

SPIN-code: 3706-5320

AuthorID (RSCI): 973897

ORCID: 0000-0003-1242-6909

Correspondence address: yana-denisova@inbox.ru

For citations

Shalnev M. O., Denisova Ya. V. Applying lean manufacturing practices to improve process control in a chemical plant // Omsk Scientific Bulletin. 2023. No. 3 (187). P. 60–67. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-60-67.

Received March 27, 2023.

© M. O. Shalnev, Ya. V. Denisova