

**УДК 658.511**

В.В. РОГЕЛЬ, студентка гр.6299, магистрант (КНИТУ-КАИ)  
Научный руководитель Г.Ф. МИНГАЛЕЕВ, к.т.н, д.э.н., профессор  
(КНИТУ-КАИ)  
г. Казань

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА НАУКОЕМКОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Существует ряд российских компаний, сочетающих в себе признаки как промышленных предприятий, так и научно-исследовательских институтов. Так, в Казани таковыми являются: наукоемкое машиностроительное предприятие АО «Вакууммаш», АО «Казанькомпрессормаш» и другие. В частности, вакуумные насосы и агрегаты от АО «Вакууммаш» используются в технологиях выращивания монокристаллов для фотоэлектрических преобразователей, в производстве солнечных батарей и ламинировании солнечных модулей. Вакуум, требуемый на этапе выращивания монокристаллов, образуется при помощи спиральных вакуумных насосов [1].

Одним из методов гибкой адаптации промышленности в условиях кризиса, вызванного пандемией и экономическими санкциями, является повышение производительности труда за счет ряда мер: диверсификации продукции и объемов выпуска оборудования для сектора возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а также применения инструментов бережливого производства. Сектор ВИЭ, по-видимому, будет динамично развиваться в дальнейшем. При этом в настоящее время потребность в оборудовании для строительства объектов ВИЭ частично покрывается за счет импорта. Развитие машиностроения в сфере возобновляемой энергетики в России, так или иначе будет способствовать достижению поставленных государством целей по увеличению производительности труда и переходу к «зеленой» экономике.

На сегодняшний день поддержка ВИЭ на законодательном уровне заключается в проведении конкурсных отборов инвестиционных проектов по строительству генерирующих объектов, функционирующих на основе ВИЭ; признание генерирующих объектов функционирующими на основе использования ВИЭ квалифицированными генерирующими объектами [2], а также заключение в отношении отобранных проектов договоров поставки мощности (ДПМ) ВИЭ. Правила определения цен для таких генерирующих объектов определены Постановлением № 449 от 28.05.2013 [3].

Сегодня понятие конкурентоспособности промышленных предприятий объединяет в себе аспекты качества и экономичности товаров на всех стадиях их жизненного цикла, а также современные системы организации и управления бизнес-процессами. Исключив хотя бы одну из перечисленных составляющих,

невозможно создать конкурентоспособный товар и решить задачу повышения эффективности функционирования производственных систем на промышленных предприятиях [4].

Процесс коренного преобразования производственных систем предприятий в системе бережливого производства требует от менеджера абсолютно нового подхода к организации и управлению. Этот подход выражается в создании потока единичных изделий по производству добавленной ценности в продукции для конечного потребителя [4].

В данной работе изложены результаты проведенного исследования, направленного на разработку комплекса мероприятий по повышению производительности труда на наукоемком машиностроительном предприятии АО «Вакууммаш».

Строгие ограничения на передвижение в первой половине 2020 года вынудили принять меры для перевода всех возможных процессов на удаленный доступ. Однако эти мероприятия «обнажили» цифровые проблемы предприятия — как технические, так и технологические. В названный период уже был начат проект по внедрению ERP-системы; так как технологам не нужно было отвлекаться на сопровождение изделий, а из-за частичной остановки производства появилось «свободное» время, было принято решение по наполнению базы первичными данными. Хотя многое потом пришлось переделывать заново, этот процесс стал опытом проб и ошибок, без которого нельзя было обойтись. Самый драгоценный ресурс в современном мире — время — не был потерян напрасно. В результате как после снятия ограничений, так и в период вынужденной самоизоляции стали практиковаться удаленный доступ и удаленная работа. Вскоре пришло осознание необходимости цифровизации процессов, а также формирования единого информационного пространства.

Понимание того, что мы живем в новой реальности с высокой долей неопределенности, привело многих к выводу об актуальности технологий цифрового бережливого производства. Но мало осознать этот факт — необходимо сформулировать и воплотить подходящую стратегию.

Выживание на рынке с высоким уровнем конкуренции, а также адаптация к новым условиям бизнеса — всё это требует применения стратегического мышления, использования всей доступной информации (как о будущем, так и о настоящем) [5].

Чтобы сохранять конкурентоспособность и повышать эффективность в динамичном цифровом мире, важно постоянно совершенствовать инструменты бережливого производства. Основные требования наукоемкого предприятия обрабатывающей промышленности для повышения производительности труда таковы: уменьшение времени цикла, быстрые переналадки и более низкие производственные затраты.

После анализа классических видов потерь бережливого производства (перепроизводство, ожидание, излишние запасы, излишняя транспортировка, излишнее перемещение людей, потери от брака, излишняя обработка), а также неиспользованного человеческого потенциала нами была проведена работа по

классификации данных видов потерь в условиях наукоемкого машиностроительного предприятия АО «Вакууммаш»

Одним из ключевых мероприятий реализации большинства программ развития предприятий является формирование пакета пилотных проектов по отработке практических методов и инструментов в ограниченном масштабе [6]. Пилотный проект — это пробный проект, реализуемый для изучения положительных и отрицательных сторон; он осуществляется в целях дальнейшего принятия решения о целесообразности более широкого тиражирования [6]. Внедрение пилотного проекта позволяет убедиться в применимости и эффективности использования методического инструментария, обучить рабочую группу (сотрудников предприятия) принципам бережливого производства и вытягивающим технологиям, определить и спланировать организационные и технические мероприятия на этапе внедрения. В целом, пилотный проект позволяет сократить затраты, а также сроки полномасштабного внедрения на всех производственных участках.

Нашей целью стало повышение производительности труда с применением инструментов бережливого производства. Для этого в качестве пилотного проекта производства был выбран сегмент ротора насоса 2 НВР 60/90Д. Описав производственные проблемы и выявив их первопричины, мы определили виды потерь и спроектировали мероприятия по их устранению.

Одним из самых существенных для предприятия стал такой вид потерь, как потери ожидания (как в производстве, так и на этапе планирования заказа). Основные потери от ожидания, выявленные в результате исследования с применением инструмента «5 почему», названы ниже. Кроме этого, обозначены способы увеличения производительности (путем достижения целевого состояния потока и улучшения показателей), а также конкретные предложенные мероприятия.

1. Длительный срок изготовления заказа, высокий уровень незавершенного производства. Первопричина: работа по плану запуска увеличивает срок выполнения заказа (собственно, на время разработки плана запуска). Величина потерь — 19 дней. Мероприятие: для насосов 2НВР60/90Д необходимо разработать методику изготовления по системе вытягивания. Следует также рассчитать размеры запасов, точки запуска и заказа, размеры партий изготовления и закупок для ДСЕ, материалов и покупных.

2. Длительный срок изготовления заказа, высокий уровень незавершенного производства. Первопричина: запуск и обработка по операциям крупных партий. Величина потерь — 40 дней. Мероприятие: перейти на выпуск насосов 2НВР60/90Д по системе вытягивания, поддерживать запасы на складах производства.

3. Большие затраты времени на отметки движения деталей в персональных графиках изготовления; данная информация не доступна другим сотрудникам. Первопричина: отсутствие общедоступного источника оперативной информации о состоянии заказа. Величина потерь — 5 часов в день (для механно-сборочного производства (МСП) из расчёта 30 минут \* 10 человек). Мероприятие: разработать и внедрить подетальный, содержащий подробности операций

график изготовления насосов; разместить его на стенде в производстве. Необходимо также назначить ответственных за оперативное внесение информации о движении деталей в графике. Проводить совещание, стоя у стенда с графиками.

4. Запуск производства без наличия материалов на весь заказ, что приводит к длительному обеспечению заказа комплектом заготовок. Первопричина: длительный промежуток времени от получения цехом графика до приобретения материала на заказ. Величина потерь — 20 дней. Мероприятие: выполнить пункты мероприятий 1 и 2.

5. Большие затраты времени на перемещение заготовок из заготовительного производства (ЗП) в МСП и обратно. Первопричина: приезд электрокара в ЗП 2-3 раза в день. Величина потерь — 3 дня. Мероприятие: проработать варианты перемещения двух ленточных пил из ЗП в МСП (с описанием рисков и дополнительных мероприятий).

6. Большие затраты времени на операции термообработки. Первопричина: партии деталей не помещаются в печь целиком, в результате чего каждую партию приходится делить. Величина потерь — до 10 дней. Мероприятие: изменить размеры партий изготовления (с учетом прохождения этой операции без дробления партии на части); учесть при исполнении п. 1 и п.2.

7. Отвлечение оператора на заточку режущего инструмента. Первопричина: постоянное использование инструмента, затачиваемого оператором. Величина потерь — 300 минут в день (5 минут на операцию, 3 заточки в день; расчёт на 20 рабочих). Мероприятие: оценить возможность перехода всех токарных станков на резцы со сменными пластинами. После этого необходимо провести опытные работы по подтверждению эффективности перехода на сменные пластины.

Одной из особенностей производства на наукоемких машиностроительных мероприятиях являются частые переналадки, вследствие чего особенно актуален такой инструмент, как быстрые переналадки оборудования.

Предпосылками для работы по увеличению производительности труда за счет внедрения такого элемента бережливого производства, как системы вытягивания, явились следующие факторы: нерациональное использование материальных и финансовых ресурсов; высокий уровень незавершенного производства; длительные сроки изготовления. Большие объёмы незавершённого производства, а также длительность изготовления насосов 2НВР-60/90Д в шесть месяцев, — всё это связано с ранним запуском в производство насосов (время на это выделяется «с запасом», чтобы на складе всегда было достаточно готовой продукции вне зависимости от возникших в производстве проблем) и отсутствием контроля за их изготовлением (изготовлением и контролем занимался один и тот же человек).

Проанализировав ситуацию, можно прийти к выводу, что для снижения запасов и времени изготовления необходимо чётко регламентировать не только запасы на складах, но также количество, размеры и время изготовления партий, запускаемых в производство. Всё это и представляет из себя применение методики вытягивания.

Вытягивание — это такая организация процессов, при которой поставщик производит ровно столько продукта, сколько требуется потребителю, и только в те промежутки времени, когда это требуется. Основа вытягивания — оперативный обмен информацией и долгосрочные партнерские отношения между потребителями и поставщиками [7].

Прежде у рассматриваемого предприятия не было опыта организации производства по методике вытягивания. Как следствие, пришлось приобретать опыт непосредственно во время введения методики, встраивая её в условия наукоемкого машиностроительного предприятия.

В результате работы нами была выработана следующая схема:

- 1 шаг. Определение схемы вытягивания.
- 2 шаг. Расчет размеров и размеры для каждой детали либо сборочной единицы (ДСЕ) пилотного проекта.
- 3 шаг. Определение правил контроля запасов на складах и правил восполнения запасов. Создание карточек кан-бан.
- 4 шаг. Восполнение материалов и покупных. Расчет запасов по материалам и покупным комплектующим.
- 5 шаг. Планирование и контроль выполнения заказов по вытягивающей системе.

Лишь после отработки практических методов и инструментов бережливого производства, а также после выстраивания системы по увеличению производительности труда и уменьшения времени выполнения заказов (за счет внедрения вытягивающих технологий), можно производить шаг 6.

6 шаг. Масштабирование пилотного проекта, автоматизация процесса с помощью функционала ERP. В результате этого происходит сочетание продуктового и процессного подходов.

В ходе проработки масштабирования вышеназванного пилотного проекта возникла необходимость автоматизации процессов формирования как заказов на производство, так и заказов поставщикам на закупку материалов и комплектующих. С этой целью возможно использовать стандартный функционал 1С ERP. Автоматизированная система формирования заказов очень требовательна к производственной дисциплине. Последняя выражается в своевременном оформлении и отражении текущей хозяйственной деятельности в 1С ERP (оформление накладных на перемещение, а также отражение таких действий, как: списание комплектующих и материалов, движение деталей и сборочных единиц (ДСЕ) в производстве).

В ходе реализации мероприятий по автоматизации процесса формирования ряда заказов (а именно — заказов на производство и закупку материалов и комплектующих) предприятие столкнулось с проблемой организационного характера. Она заключалась в несвоевременности таких действий, как оформление сопроводительной документации и отражение факта производственных операций (перемещения и списания) в 1С ERP. Это привело к задержкам в формировании заказов на две-три недели.

В процессе разработки мероприятий нами был составлен следующий план автоматизации наукоемкого машиностроительного производства:

1. Автоматизация разработки конструкторской документации:
  - 1.1. Конструкторский состав изделия;
  - 1.2. Применяемые материалы и покупные изделия;
  - 1.3. Регламент ведения справочника изделий (внесение корректировок и изменений, утверждение, согласование).
2. Автоматизация разработки технологической документации:
  - 2.1. Формирование справочника оборудования, рабочих центров;
  - 2.2. Маршрутно-технологические карты движения ДСЕ;
  - 2.3. Операционные карты;
  - 2.4. Технологический состав изделия.
3. Интеграция конструкторской и технологической документации. Разработка регламентов и процедур миграции данных, регламентов согласования изменений.
4. Создание справочника профессий.
5. Создание справочников оборудования и рабочих центров.

Для создания единого информационного пространства конструкторов, технологов, производства и снабжения нами был согласован запуск проекта автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства.

Цели данного проекта таковы:

- сокращение сроков конструкторско-технологической подготовки производства;
- уход от «бумажного» согласования;
- сокращение сроков согласования;
- минимизация влияния человеческого фактора в ходе занесения и обработки информации;
- актуализация конструкторско-технологической документации на производстве.

На этапе автоматизации внедрения на предприятии PDM-системы, необходимой для технологической подготовки производства, наличие в 1С-ERP технологических данных позволит легко импортировать и экспортировать последние между системами.

В результате исследования наукоемкого машиностроительного предприятия можно сделать вывод, что в современной действительности перехода к цифровой экономике (что, в свою очередь, необходимо для повышения производительности труда) важно иметь инструменты мониторинга и планирования производственных процессов. Такие инструменты могут как облегчать выполнение базовых задач, так и открывать новые возможности. К примеру, перевод на современные станки с ЧПУ позволит интегрировать эти станки в единое информационное пространство предприятия. Это позволит получать фактические данные о загрузке оборудования, выработке сотрудника и выполнении заказов в реальном времени; это особенно важно на стадии опытного производства, а также на этапе освоения новых изделий. Перевод производства на станки с ЧПУ позволит организовать двух-трехсменную работу предприятия, что сократит сроки выпуска готовой продукции, снизит потери ожидания и, как следствие, увеличит производительность труда.

Сочетание процессного подхода с ERP-системой уже на данном этапе дало определённые результаты. Так, удалось систематизировать расчет размеров запасов, партий изготовления и закупок для ДСЕ. Кроме этого, получилось снизить потери ожидания, связанные с отсутствием общедоступного источника оперативной информации о состоянии заказа, а также утвердить процедуру расчета минимального страхового запаса в 1С-ERP. Данные мероприятия обеспечили снижение потерь от ожидания, а также снижение задержки обеспечения производства материалом к моменту принятия решения на запуск в работу по причине длительного процесса включения изделия в план запуска до оприходования материала на склад на 70 дней.

В будущем планируется и следующий этап развития; он заключается в повышении гибкости производственной системы посредством киберфизических производственных систем. Начать этот процесс возможно, например, со сварочного участка; тогда необходимо внедрение промышленного робота для выполнения сварочных задач. Такие шаги мы планируем осуществлять с целью становления новейшего интеллектуального завода.

Следует также отметить, что правительства многих стран включили киберфизические системы в приоритетный список инноваций, считая их критически важными для защиты национальных интересов. [8] В 2020 году Правительство утвердило концепцию развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники до 2024 г. Данная концепция учитывает положения Национальной стратегии, национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. N 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 — 2030 годы» [9].

#### Список литературы:

1. АО «Вакууммаш» [Электронный ресурс]: Вакуумное оборудование в энергетике - режим доступа: <https://vacma.ru/projects/energetika/>- Дата доступа: 02.11.2021
2. Об электроэнергетике [Электронный ресурс]: федеральный закон Российской Федерации от 26 марта 2003 года № 35-ФЗ //Министерство энергетики Российской Федерации – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1506> - Дата доступа: 28.10.2021.
3. О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии [Электронный ресурс]: постановление правительства российской Федерации от 28.05.2013//Официальный интернет-портал правовой информации – режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201306030016> – Дата доступа 28.10.2021
4. Мингалеев, Г. Ф. Методические аспекты оценки эффективности функционирования производственных систем / Г. Ф. Мингалеев, В. М. Бабушкин // Вест-

ник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2012. – № 2. – С. 316-31.

5. Особенности планирования производственных процессов предприятия / Г. Ф. Мингалеев, А. Р. Сафиуллин, Ш. М. Валитов, Р. В. Трутнев // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2015. – Т. 71. – № 4. – С. 71-75.

6. Бабушкин В.М., Мингалеев Г.Ф., Тагиев К.Ф., Хусаинов А.Ш., Зарипова А.Р. Этапы реализации пилотного проекта по повышению производительности производственной системы// Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2015. Т.71.№ 2. С. 137-140

7. ГОСТ Р 56020— 2020 Бережливое производство. Основные положения и словарь // Национальные стандарты. Стандартинформ. 2020

8. Черняк Л. Киберфизические системы на старте [Электронный ресурс]: <https://www.osp.ru/os/2014/02/13040038> - Дата доступа 17.11.21

9. Об утверждении Концепции развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники на период до 2024 г.: распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 августа 2020 года № 2129-р //Собрание законодательства Российской Федерации от 31 августа 2020 г. №35. Ст.5593.