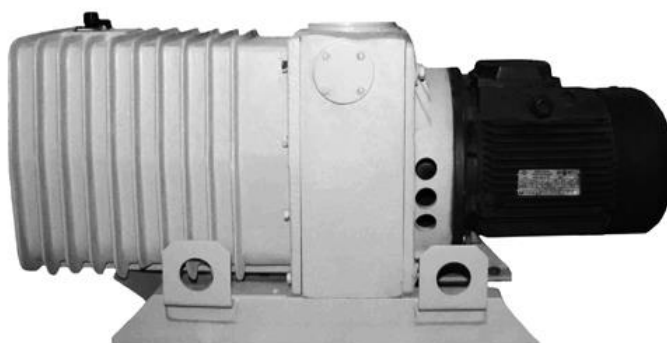




ТИПОВОЕ РЕШЕНИЕ

Повышение производительности труда на участке сборки при производстве насосов и компрессоров



Оглавление

ЧАСТЬ 1. ПУБЛИКАЦИЯ ТИПОВОГО РЕШЕНИЯ	3
ЧАСТЬ 2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ	9
Этап 1 - Подготовка к реализации	9
Этап 2 - Анализ текущего состояния	10
2.1. Хронометраж работы операторов	10
2.2. Выявление потерь	11
Этап 3. Разработка и внедрение целевого состояния	12
3.1. Внедрение улучшений в производственных процессах	12
ЧАСТЬ 3. РАСЧЕТ ЭФФЕКТА ОТ РЕАЛИЗОВАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	18
3.1 Методология	18
3.2 Пример расчета экономического эффекта.	19
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	23
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	26

ЧАСТЬ 1. ПУБЛИКАЦИЯ ТИПОВОГО РЕШЕНИЯ

Используйте хештеги, чтобы найти похожие типовые решения на IT-платформе в разделе База знаний:

#Компрессоры #ФЦК #2021 #Производство #Республика Татарстан #Курганская область
#Московская область #Насосы

Типовые решения для процесса сборки при производстве насосов и компрессоров

Январь 2021

V Общая информация:

Вид деятельности

28.13 Производство прочих насосов и компрессоров

Технологический процесс

Сборка и контроль

Инструменты бережливого производства:

[Стандартизированная работа;](#)

[Картирование;](#)

[Выпрямление потоков;](#)

[Эргономика;](#)

[5С на производстве;](#)

[Диаграмма спагетти;](#)

[Системное решение проблем.](#)

Основные цели внедрения

Сборочные и контрольные операции представляют собой основу технологического цикла производства насосов и компрессоров, преобразования материалов и комплектующих в готовую продукцию для реализации. По данным предприятий, основной составляющей себестоимости продукции являются комплектующие. Второй по значимости, идут затраты на персонал, величина которых составляет от 10 до 25% всех затрат, в зависимости от типа продукции и производственных процессов. На подавляющем большинстве предприятий процесс сборки выполняется вручную с автоматизацией некоторых операций.

Среди наиболее значительных проблем процессов сборки является низкая полезная загрузка операторов, которая может составлять всего 45-50% фонда рабочего времени. В большинстве случаев это связано с тем, что рабочее время операторов используется для выполнения вспомогательных функций, таких как перемещение изделий, снабжение собственных рабочих мест, а также на ожидания и простои из-за неравномерной, несбалансированной загрузки как отдельных рабочих мест, так и целых участков.

В связи с перечисленными факторами проекты по повышению эффективности, устранению простоев, перебалансировке и перепланировке могут сократить до 5% себестоимости продукции и по результатам некоторых проектов по повышению производительности труда, приносят значительные экономические эффекты.

Одним из основных предлагаемых улучшений, направленным на снижение потерь, связанных с перемещениями и ожиданиями, - является перепланировка и снижение дистанций между операциями и производственными участками, выявление и устранение потерь внутри самих операций, выравнивание производительностей и перебалансировка загрузки рабочих мест, выравнивание производственных потоков

Типовые проблемы

Проблема	Потенциальная причина
Снижение уровня удовлетворенности, потери клиентов в следствие длительных сроков и задержек в исполнении заказов.	Длительные сроки выполнения заказов являлись следствием планирования, исполнения и передачи деталей, полуфабрикатов и готовых изделий между рабочими местами, участками, контрольными стендами и на склад крупными партиями.
Низкая выработка операторов	Операторы самостоятельно осуществляли снабжение своих рабочих мест материалами и комплектующими, значительная удаленность рабочих мест от склада хранения материалов и комплектующих, длительное время поиска материалов и комплектующих на складе.
Низкая прибыль от реализации изделий в результате увеличения себестоимости изделий.	Низкий уровень организации производства, выраженный в виде несбалансированности потоков производства, работа крупными партиями, потери на излишние действия, приводит к необходимости привлекать избыточное количество персонала и увеличивать ФОТ.
Дефицит оборотных средств, увеличение финансовой нагрузки на предприятие.	Планирование, производстве и перемещение материалов, полуфабрикатов, готовой продукции осуществляется крупными партиями, что приводит к образованию значительный запасов как на складах, так и в виде незавершенного производства, замораживанию средств предприятия в виде запасов.

Типовые решения

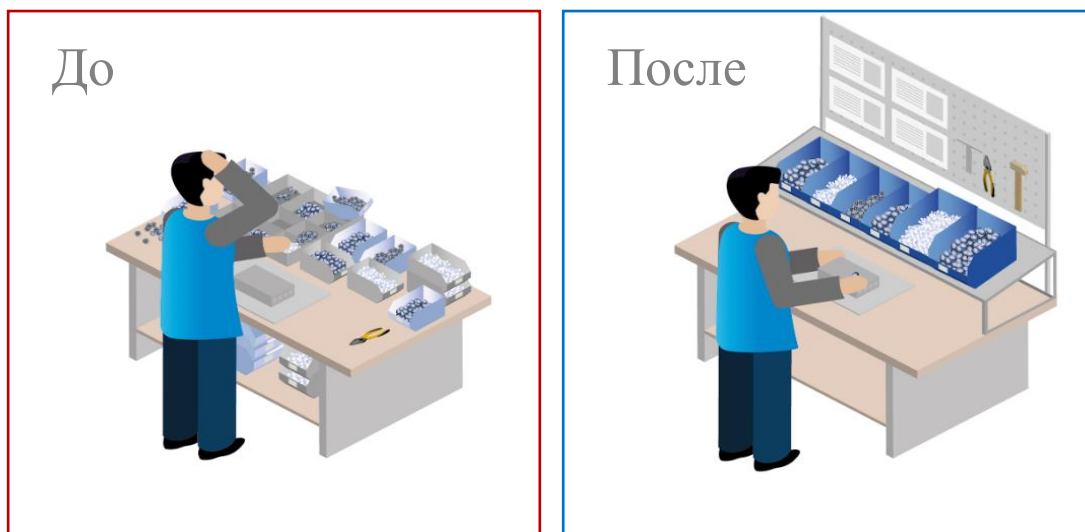
Типовые решения	Целевой результат
Оптимизация организации рабочего места с целью повышения эффективности выполнения операций	Сокращение трудоемкости операций за счет снижения потерь времени оператором на поиск комплектующих на рабочем месте и сокращения дистанций от оператора до комплектующих

Сокращение расстояний между рабочими местами и участками.	Сокращение трудоемкости операций, сокращение размера партии и времени простоев, связанных с ожиданием завершения обработки партии на предыдущих рабочих местах.
Стандартизированная работа, изменение длительности операций, проведение перебалансировки.	Обеспечение оптимальной и равномерной загрузки операторов, увеличение выработки.

Примеры реализованных решений

Пример 1. АО Ногинский завод топливной аппаратуры (АО «НЗТА»)

Для сокращения потерь времени операторов на поиск необходимых комплектующих на рабочем месте и для сокращения трудоемкости операций их установки, на рабочих местах сократили объемы комплектующих, оставив только необходимые для работы, разместили их на рабочем месте согласно правил эргономики, что также помогло снизить утомляемость операторов и сделать процесс стабильным. Разработали визуальные стандарты выполнения операций.



Результат:

Снижение трудоемкости цикла операций сборки с 51,83 минут до 47,07 минут, а также увеличение на 9,2% выработки участка сборки.

Выявить и устранить проблемы позволило применение инструментов:

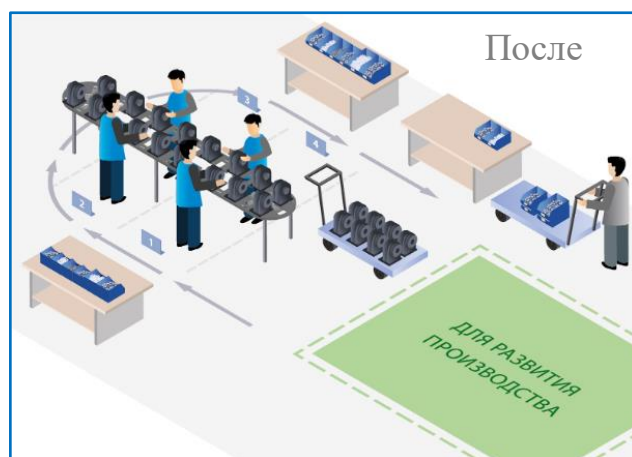
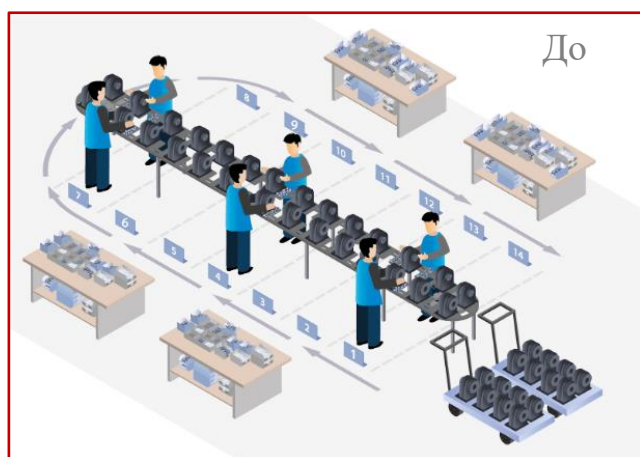
Стандартизированная работа;
5С на производстве.

Пример 2. АО Ногинский завод топливной аппаратуры (АО «НЗТА»)

Для сокращения потерь, связанных с перемещениями операторов между рабочими местами конвейера, излишних перемещений деталей и полуфабрикатов как внутри производственного потока, так и при снабжении рабочих мест, проведена реорганизация участка. Проведено сокращение рабочих мест на конвейере и длина самого конвейера, перераспределение и перебалансировка операций между рабочими местами

Результат:

Сокращение конвейера с 40 до 30 метров, высвобождено до 1000 м² площади цеха для использования другими операциями, сокращены потери на перемещения высвобожден один оператор, сокращено время протекания процесса сборки и контроля



компрессоров с 80 до 60 минут, на 25%

Выявить и устранить проблемы позволило применение инструментов:

Производственный анализ;
Стандартизированная работа;
Перебалансировка.

Пример 3. АО Ногинский завод топливной аппаратуры (АО «НЗТА»)

Для сокращения потерь, связанных с работой крупными партиями и перемещениями между производственными участками, удаленными на значительные расстояния до 278 метров между собой, выраженными в виде увеличенной трудоемкости, формированию избыточных запасов незавершенного производства, увеличенного времени протекания процесса, провели объединение между собой участков и некоторых операций, провели перебалансировку рабочих мест.



Результат:

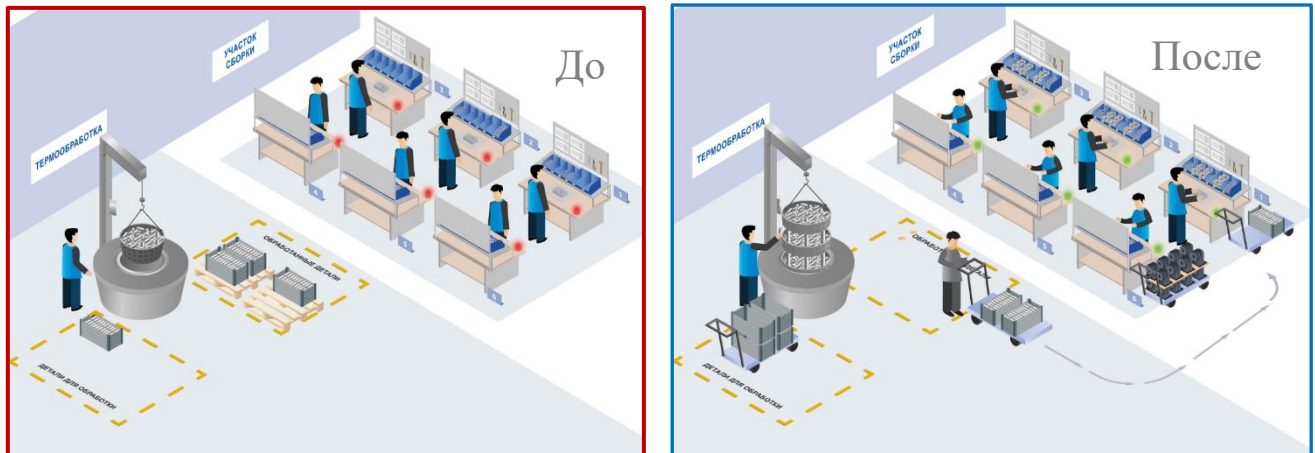
Сокращение дистанций перемещений с 278 до 75 метров, в 3,7 раза, выравнивание нагрузки, перебалансировка рабочих мест позволили высвободить 8 из 29 операторов, сокращение на 38%.

Выявить и устранить проблемы позволило применение инструментов:

Стандартизированная работа;
Перебалансировка,
Диаграмма спагетти.

Пример 4. АО «Вакууммаш»

Для сокращения потерь, связанных ожиданиями участком сборки, завершения обработки и перемещения при помощи кран-балки крупных партии деталей с участка термообработки, который ограничивал производительность всего потока, была изменена конфигурация корзины. Изменение корзины позволило увеличить производительность участка термообработки, сделать ее равной остальным участкам потока. Для сокращения потерь, связанных с ожиданиями кран-балки и перемещения деталей, сократили размер партии обработки до величины, которую возможно перемещать при помощи транспортных тележек.



Результат:

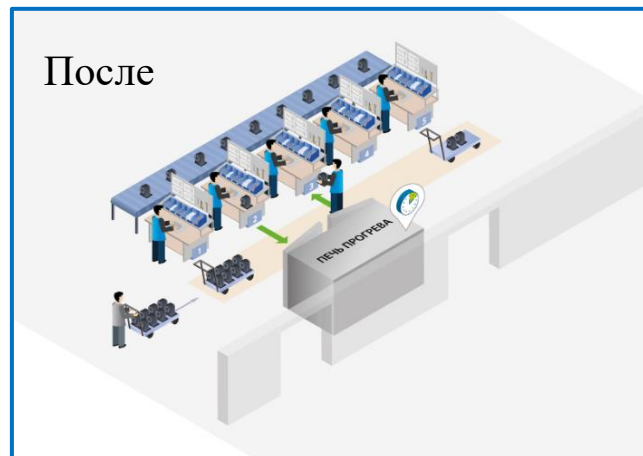
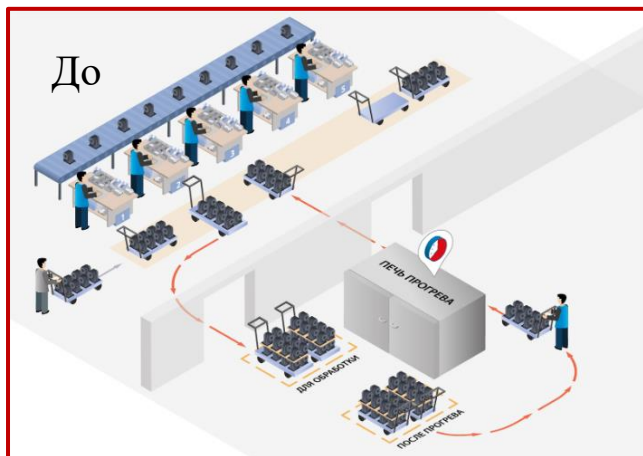
Длительность выполнения операции для партии деталей с 350 часов, сокращена до 140 часов, на 66%, на столько же сокращено общее время протекания процесса изготовления партии насосов. Также, сокращение ожиданий завершения операции термообработки, позволило сократить простои остальных участков и увеличить общую выработку предприятия на 8,3%

Выявить и устранить проблемы позволило применение инструментов:

Картирование;
Методика решения проблем;
Диаграмма спагетти.

Пример 5.

Для сокращения потерь, связанных с перемещениями насосов с участка сборки в печь прогрева на расстояния до 543 метра, крупными партиями, при помощи транспортных средств для проведения параметрических испытаний, был организован участок сборки с переносом печи в непосредственную близость от постов сборки. Мероприятие позволило осуществлять перемещения насосов в печь и обратно по одному изделию без дополнительных приспособлений.



Результат:

Снижение времени цикла сборки и испытаний насосов с 27,4 до 20,6 часов, на 25%
Увеличение выработки участком сборки с 59 до 71 насоса в месяц, на 20%
Экономический эффект, полученный за счет производства и реализации дополнительно произведенной продукции, составил 1,75 млн. рублей в месяц

Выявить и устранить проблемы позволило применение инструментов:

Картирование, диаграмма спагетти;
5С

ЧАСТЬ 2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ

Этап 1 - Подготовка к реализации

Для оценки существующего производственного процесса сборки и контроля необходимо провести наблюдения с фиксацией выполняемых действий, их необходимости и целесообразности, времени выполнения каждым участником. Наблюдения рекомендуется проводить за всеми операторами, логистами, контролерами, так как необходимо зафиксировать взаимосвязи операций. Успешность предлагаемых рекомендаций напрямую зависит от компетенций, навыков и опыта у сотрудников предприятия.

Шаги подготовки:

1.1. Оценить степень готовности предприятия к проведению диагностики и реализации типовых решений по чек-листу (**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**, Шаблон оценки Excel).

1.2. На основании результатов оценки рекомендаций сформировать перечень подготовительных мероприятий. Пример указан в **ПРИЛОЖЕНИЕ 2**.

1.3. Определить состав рабочей группы для проведения наблюдений за процессом в соответствии с рекомендациями, данными в МУ Стандартизированная работа. В состав рабочей группы рекомендуется включить мастера/ов, технологов, работников проектного офиса (в случае наличия таких сотрудников на предприятии), работников ОТ и ПБ, работников отдела труда и заработной платы (ОТиЗП).

1.4. Все участники рабочей группы должны пройти обучение методике «Стандартизированная работа» и иметь навыки проведения хронометражных наблюдений (электронный курс «Как проводить хронометраж»).

1.5. Руководителю производства необходимо подготовить персонал: объяснить, что цели работы направлена на улучшение рабочего процесса и не повлекут дальнейших сокращений и увольнений. Руководитель должен настроить работников на конструктивную работу. При отсутствии понимания целей есть риск получить искаженную информацию по результатам наблюдений.

1.6. Для проведения наблюдений, необходимо участников РГ закрепить за конкретным оператором, ознакомить с составом выполняемых оператором работ. Оператор и закрепленный за ним участник РГ выходят на участок, оператор показывает, как выполняется работа. Наблюдающий определяет для каждого оператора состав повторяющихся в каждом цикле виды работ (циклическую работу).

1.7. Перед началом наблюдений, каждому участнику РГ подготовить комплект распечатанных бланков Стандартизированной работы. Рассчитать время такта для наблюдаемых операций.

Этап 2 - Анализ текущего состояния

2.1. Хронометраж работы операторов

2.1.1. Хронометраж рекомендуется начинать с начала работы смены. Необходимо зафиксировать время подготовки рабочего места к началу работ как периодическую работу.

2.1.2. В ходе наблюдений необходимо фиксировать все причины, по которым может увеличиваться время выполнения операций, например остановка процесса сборки, остановка работы стендов контроля, печей термической обработки и др. Данные замечания необходимы для дальнейшего анализа ситуации.

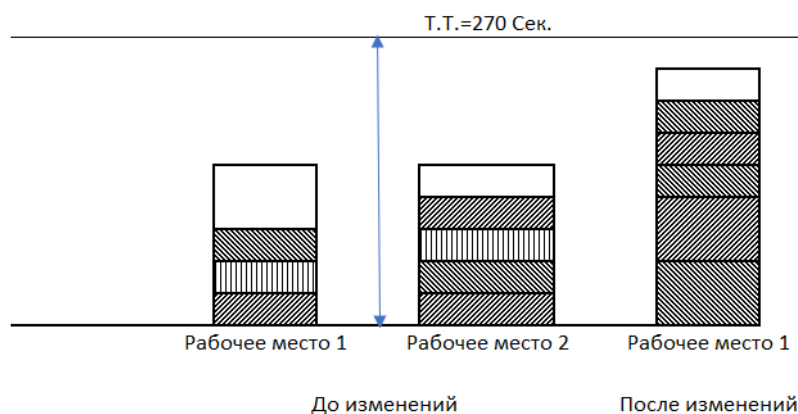
2.1.3. По каждому рабочему месту необходимо заполнить:

- Лист расчета времени такта;
- Подготовительный лист наблюдений;
- Лист наблюдения ручной работы.
- Таблица сбалансированной работы формируется на все рабочие места

ПРИМЕР листа сбалансированной работы на участке сборки корпуса насоса с пробками и футорками

Таблица сбалансированной работы

От: Установить корпус на верстак	Участок: Сборка ТНВД	Оператор:	Т.Т.	270	Подготовлено:
До: Установить собранный узел на конвейер	Рабочее место: №1 "Сборка корпуса насоса с пробками и	Операции: 010, 015			Дата



2.2. Выявление потерь

На основании данных полученных в процессе наблюдений, а также результатов картирования производственных процессов, необходимо провести анализ всех выполняемых операций, выделить элементы, которые можно отнести к потерям (элементы работы не приносящие добавленной ценности продукту) и в первую очередь реализовать мероприятия по их устранению либо снижению. Подробно виды потерь описаны в электронном курсе «[7 видов потерь](#)».

Наиболее типичные для данного вида производства потери:

Транспортировка. Потери времени операторами на транспортировку материалов и комплектующих со складов на рабочие места, перемещение подборок и полуфабрикатов между рабочими местами, перемещения партий деталей и изделий между технологическими переделами и участками.

Ожидания. Простои операторов и оборудования из-за несбалансированности потоков (различия во времени обработки партии деталей и полуфабрикатов) и работы крупными партиями, из-за ожиданий средств транспортировки (в случае их высокой загрузки). Простои выражены в ожидании завершения обработки и перемещения партий деталей с предыдущих этапов.

Лишние движения и нестабильность работы. Нерациональная, не эргономичная организация рабочих мест. Избыточное количество материалов, хранящихся на рабочих местах, их захламленность (в следствие несвоевременного вывоза отходов, тары, готовых деталей и полуфабрикатов), приводят к потерям рабочего времени на поиск нужных материалов и комплектующих, увеличению длительности и количества движений

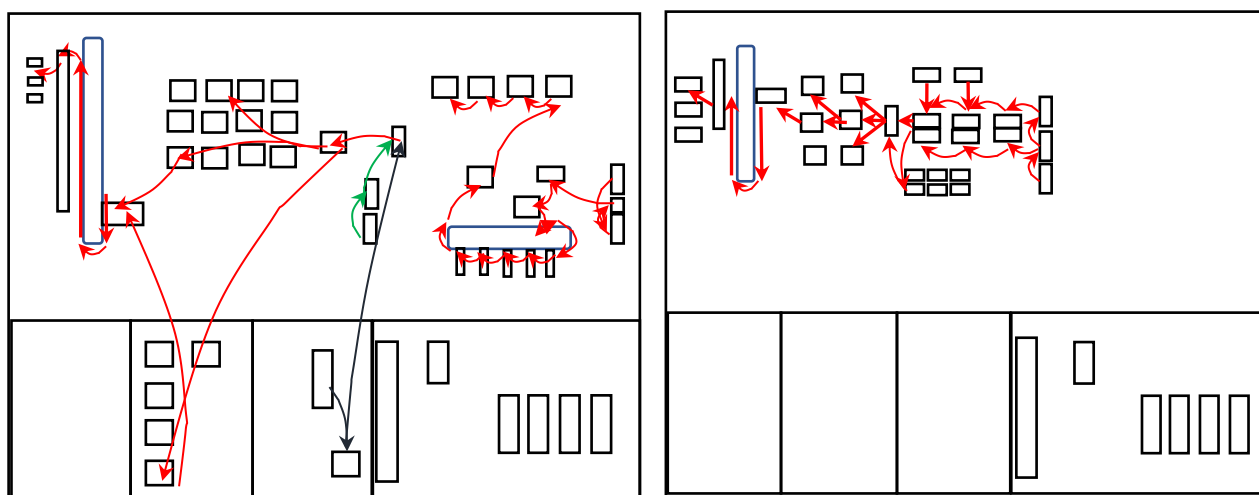
операторов для подбора деталей из тары. Также к лишним движениям относятся потери времени на складывание и извлечение изделий и полуфабрикатов в промежуточную транспортную тару и ее перемещения. Плохая эргономика рабочих мест негативно влияет на работоспособность операторов, которые к концу рабочего дня не в состоянии поддерживать постоянный производственный ритм с сохранением качества выпускаемой продукции.

Брак. Появление брака при нарушении технологических режимов, например сокращение времени и температуры при термической обработке, сокращение времени подготовки насосов для тестирования и испытания.

Этап 3. Разработка и внедрение целевого состояния.

3.1. Внедрение улучшений в производственных процессах

На АО «НЗТА» для исключения выявленных потерь времени операторов на складывание в промежуточную тару и перемещения материалов и полуфабрикатов между участками, а также снижения потерь времени на ожидания средств транспортировки в виде кран-балки, сократили расстояние между участками и между рабочими местами, переместив



их в одну общую зону.

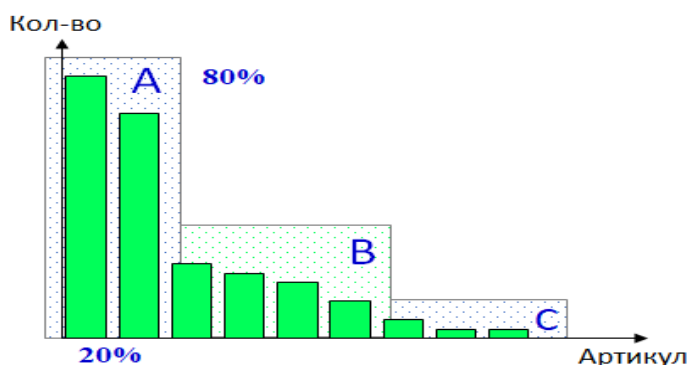
Сокращение дистанций позволило не только сократить время перемещения, но и осуществлять передачу подборок по одному изделию.

По причине снижения количества заказов, в производственном потоке, после перевода части операторов на другие участки, на конвейере образовались пустые рабочие места. Для исключения лишних перемещений операторов между рабочими местами была проведена перекомпоновка сборочного конвейера таким образом, чтобы длительность цикла операции не превышала времени такта выпуска.



Новые рабочие места были организованы согласно требованиям эргономики.

Производительность на рабочих местах зависит от их конфигурации от дистанций, которые оператору приходится преодолевать и на которые приходится перемещать материалы. В связи с этим, идет борьба за сокращение дистанций между оператором и материалами на рабочем месте. В эргономичной зоне не всегда возможно разместить все материалы. Был проведен анализ того, какие комплектующие размещать на постоянной основе на рабочем месте. Используя распределение Парето, провели ABC анализ потребления материалов. Категория А – состоит из 20% артикулов, которые составляют 80% из общего количества материалов, потребляемых на рабочем месте.



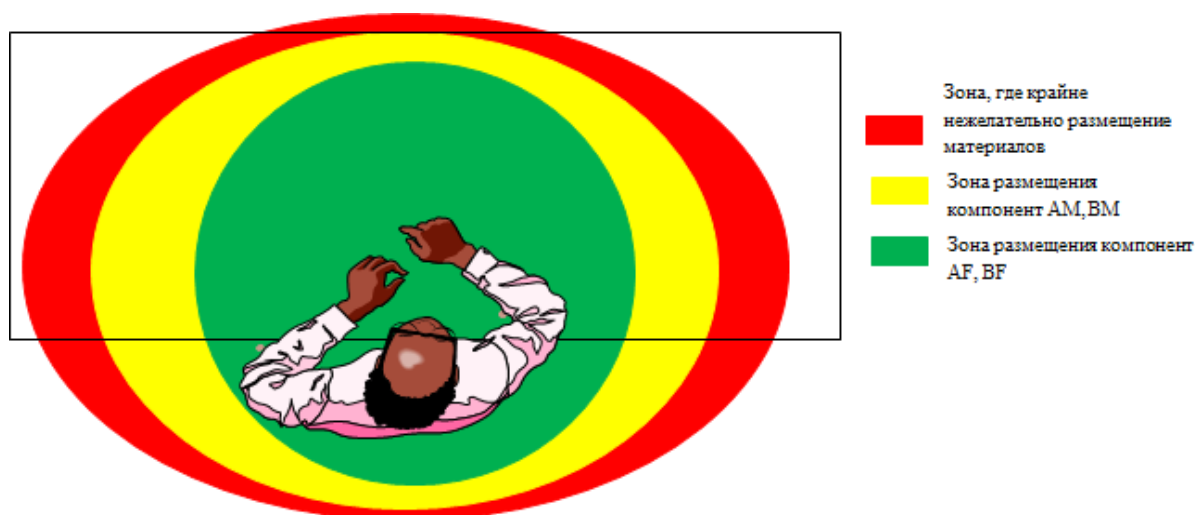
Категория В – состоит из артикулов, которые составляют 15% из общего объема / массы / количества. Категория С – остальные артикулы, общая доля в объеме / массе / количестве составляет оставшиеся 5%. На рабочем месте в обязательном порядке разместили категорию А, по возможности В. Категорию С привозят на рабочее место по заказу.

Также возможно провести категорирование по частоте потребления материалов, FMR анализ.

Категория F – артикулы с регулярным потреблением.

Категория М – артикулы с потреблением реже одного раза в день.

Категория R – артикулы с потреблением реже одного раза в неделю.



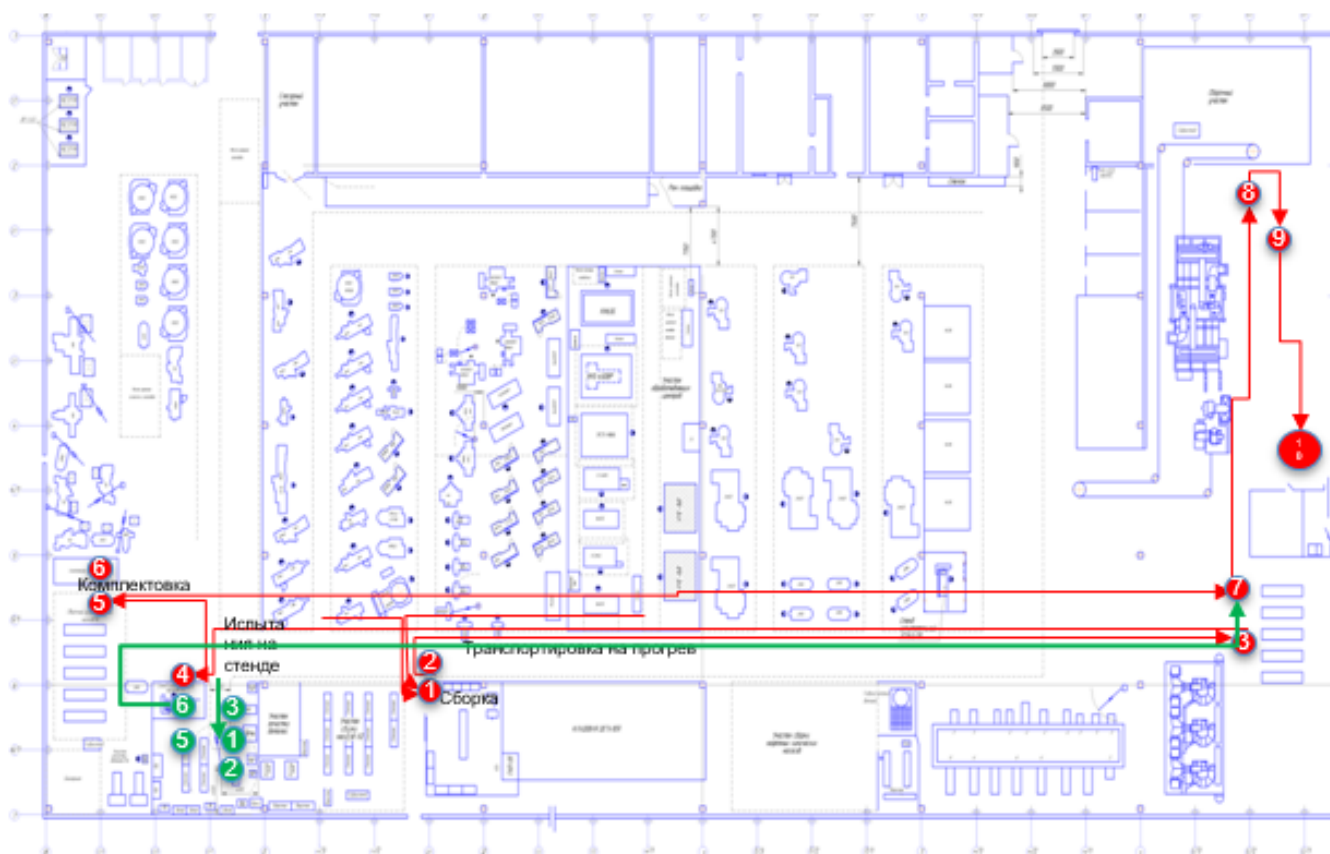
Это позволило сократить количество коробок с деталями и сократить потери времени операторов на поиск необходимых комплектующих в процессе работы.

В качестве производственной тары были выбраны лотки КЛТ(KLT)¹, которые сократили время извлечения деталей из тары. Такое расположение комплектующих на рабочих местах позволило сократить трудоемкость операций. Использование КЛТ тары сократило нагрузку при перемещениях полной тары благодаря меньшей массе. Маркировка комплектующих позволила сократить количество ошибок и сократила время поиска использования на рабочих местах.



¹ "Kleinladungsträger" - "носитель малых грузов"

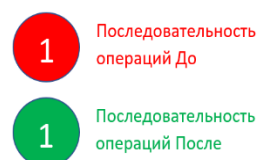
На одном из предприятий, процесс сборки насосов происходил на нескольких участках. Удаленное взаиморасположение которых требовало перемещений между ними.



Последовательность операций процесса:

- 1- Сборка
- 2- Прогрев
- 3- Гидроиспытания
- 4- Параметрические испытания
- 5- Доукомплектовка
- 6- Заливка масла
- 7- Окраска
- 8- Доукомплектовка

- 9- Упаковка
- 10- Отгрузка на склад ГП



Последовательность
операций До

Последовательность
операций После

При помощи диаграммы спагетти, провели анализ логистических маршрутов. Для сокращения потерь времени на перемещения, перенесли оборудование сборки, печи прогрева, стенда гидроиспытаний, комплектовки и заливки масла в непосредственную близость к стенду параметрических испытаний. Сократили общую дистанцию перемещений с 543 до 260 метров, сократили размер минимальной партии запуска с 20-25 до 3 комплектов, чем сократили количество запасов незавершенного производства.

За счет высвобожденного времени удалось увеличить производительность на 17% с 59 до 71 изделия в месяц, сократить длительность цикла сборки насоса с 27,4 до 20,6 часов и получить экономический эффект в размере 1,75 млн. рублей.

На АО «Вакууммаш», в результате картирования выявили, что участок термообработки являлся ограничивающим фактором производственного потока, из-за инерционности процессов нагрева и охлаждения, ограничений количества деталей для загрузки в печь. С целью выравнивания производительностей участков, провели доработку конструкции загрузочных корзин.



Изготовили многоярусные корзины, с помощью которых увеличили количество одновременно размещаемых в печи деталей в три раза. Сократили количество циклов обработки партии изделий. Длительность обработки партии сократили на 210 часов.

Перебалансировка и переход к целевой расстановке персонала

Последовательность проведения перебалансировки:

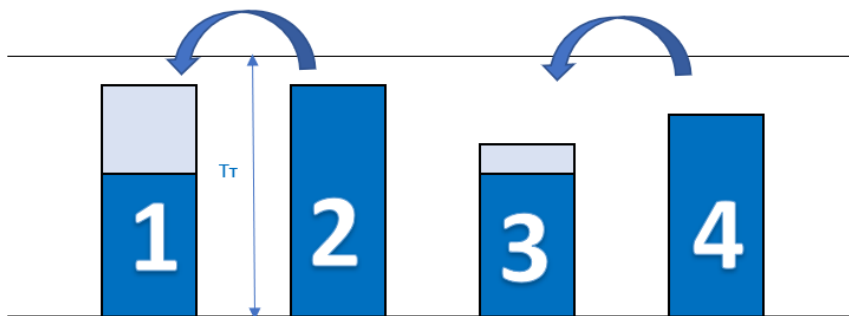
3.1.1. Определить необходимую численность операторов для текущего темпа производства. Необходимо просуммировать время циклической и периодической работы всех операторов и разделить на время такта (округлить численность в большую сторону).

3.1.2. Сгруппировать операции по времени не превышающего времени такта, разделить их равномерно между целевым количеством операторов. Перераспределить элементы работы между операторами таким образом, чтобы время выполнения операции каждым сотрудником составило 80-100% от времени такта. При планировании необходимо учитывать, что работы (элементы работ) передаются другому оператору вместе с материалами и инструментом. Возможно потребуются дополнительно обеспечить материалами и инструментами оператора, которому передается работа.

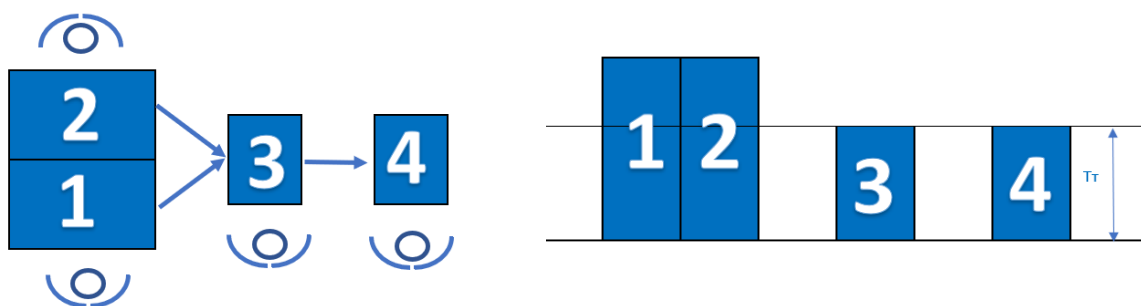
3.1.3. При передаче элементов работ на другие операции необходимо учитывать особенности операций. На другие операции не могут быть переданы элементы операции с жесткой привязкой к оборудованию (невозможно оставить оборудование для выполнения дополнительной работы).

Варианты балансировки:

I. Перенос части объема работ по операциям на менее загруженные рабочие места.



II. Объединение работ (нескольких рабочих мест в одно): например, узкого места, где время цикла превышает время такта, с менее загруженным рабочим местом, где время цикла ниже времени такта. В итоге время цикла каждого из 2-х операторов может составлять до 2-х времен такта, но с учетом количества 2-х операторов такое рабочее место обеспечивает выполнение одной единицы работы каждое время такта.



3.1.4. Движение при балансировке всегда должно осуществляться с начала технологической цепочки, а перераспределённые операции должны подтверждаться проведением пробных прогонов, т.е. наблюдением за работоспособностью новой последовательности на практике и решением возникающих проблем:

3.1.4.1. Загрузить под время такта самого первого оператора, передавая ему работу второго (или наоборот разгрузить).

3.1.4.2. После того, как первый оператор будет загружен, и его загрузка подтверждена, необходимо переходить ко второму, загружая его под время такта путём передачи операций от третьего оператора и т.д.

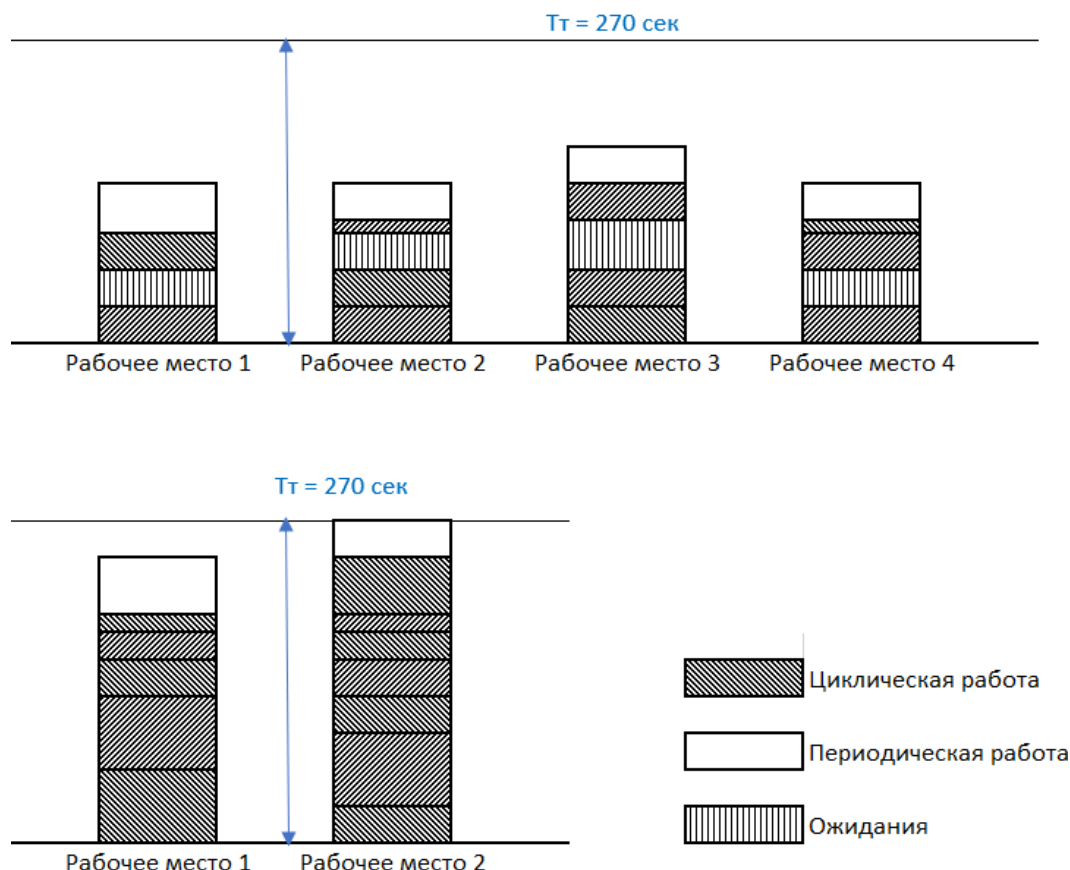
3.1.4.3. Передача отдельных действий осуществляется между соседними операциями, а образовавшийся резерв времени (если таковой имеется) должен остаться на последней операции (ближайшей к Заказчику) для придания большей маневренности в решении возникающих проблем.

3.1.5. Периодическую работу рекомендуется передавать от операторов, работающих в потоке вспомогательным службам, например, работы по обеспечению материалами, тарой необходимо передавать работникам службы логистики.

3.1.6. Сформировать стандарты операционных процедур, обучить операторов. Провести повторный хронометраж всех рабочих мест, полученные данные о времени выполнения операций зафиксировать в стандарте.

3.1.7. Стандарты операционных процедур необходимо разрабатывать на все основные и вспомогательные производственные операции, имеющие циклический и периодический характер. Пример **Приложение 3**

ПРИМЕР Совмещение и перебалансировка операций на конвейере сборки насосов.



ЧАСТЬ 3. РАСЧЕТ ЭФФЕКТА ОТ РЕАЛИЗОВАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.

3.1 Методология

Расчет производится в соответствии с методическими рекомендациями «Оценка экономического эффекта от реализации мероприятий по повышению производительности труда на предприятии»

Предложенные типовые решения влияют на снижение потерь рабочего времени операторов и как результат затрат на фонд оплаты труда

Расчет экономического эффекта определяется эффектом от снижения издержек и от снижения запасов.

Итоговое значение определяется по формуле:

$$\text{ЭЭ} = \text{ЭЭзпер} + \text{ЭЭзпост} + \text{ЭЭзап}$$

где:

ЭЭор – экономический эффект от увеличения объема реализации, рубли, схема и расчет показателя указаны в Приложения № 4;

ЭЭзпер – экономический эффект от снижения переменных затрат, рубли;

ЭЭзпост – экономический эффект от снижения постоянных затрат, рубли;

ЭЭзап – экономический эффект от снижения запасов, рубли;

3.1.8. Расчет каждого компонента экономического эффекта

3.1.8.1. Экономический эффект от снижения переменных затрат

Учитывает результаты по оптимизации затрат на единицу продукции. Для расчета мероприятий, указанных в данном типовом решении, рекомендовано данный эффект учитывать только по трудовым ресурсам и рассчитывать по формуле:

$$\text{ЭЭзпер} = \text{ЭЭтр} * \text{Орп2}$$

где:

ЭЭтр– эффект от экономии трудовых ресурсов на единицу готовой продукции, rubli;

Орп2 – объем выпускаемой продукции/услуги по окончании проекта (2), штуки;

Экономический эффект от снижения удельных трудовых затрат на производство 1 единицы продукции:

$$\text{ЭЭтр} = (\text{Тр1} - \text{Тр2}) * \text{Стар} * \text{СВ}$$

где:

Тр1,2 – трудоемкость операции до начала проекта (1) и по окончании проекта(2), часы;

Стар– тарифная ставка рабочего, осуществляющего операцию до начала проекта, рублей/час;

СВ– тарифная ставка страховых взносов до начала проекта.

3.1.8.2. Эффект показывает уровень дохода от использования единовременно высвобожденных денежных средств.

Данный эффект рассчитывается по формуле:

$$\text{ЭЭзап} = (\text{Сим} + \text{НЗП} + \text{ГП}) * \text{КС}$$

где:

Сим– уровень снижения объема сырья и материалов за условный год в денежном выражении;

НЗП– уровень снижения объема незавершенного производства за условный год в денежном выражении. Схема и расчет показателя указаны в Приложения № 4;

ГП– уровень снижения объема готовой продукции за условный год в денежном выражении;

КС – ключевая ставка Банка России до начала проекта, % годовых.

Уровень снижения объема сырья и материалов рассчитывается по формуле:

$$\text{СИМ} = \sum_{i=1}^n (\text{Ксим1} - \text{Ксим2}) * \text{Цмр}$$

Где:

Цмр – цена 1 единицы i-ого сырья и материалов до начала проекта (1), rubli;

Ксим1,2 – количество i-ого сырья и материалов на складах до начала проекта (1) и по окончании проекта (2), единицы.

Уровень снижения объема незавершенного производства рассчитывается по формуле:

$$\text{НЗП} = (\text{Кдп2} - \text{Кдп1}) * \text{СТнзп}$$

Где:

СТнзп – стоимость 1 единицы незавершенной продукции до начала проекта (1), rubli;

Кдп1,2 – количество деталей в потоке до начала проекта (1) и по окончании проекта (2), штуки

3.2 Пример расчета экономического эффекта.

В результате внедрения перечисленных мероприятий экономический эффект оказывает повышение полезной загрузки операторов и сокращение трудоемкости, выраженные в высвобождение персонала для работ на других участках.

На примере предприятия НЗТА, где было высвобождено 8 из 29 человек, расчет экономического эффекта будет выглядеть следующим образом:

$$\text{ЭЭфот} = \sum_{i=1}^n (\text{П2} - \text{П1}) * \text{ЗПи} * \text{СВ} * 12$$

$$\text{ЭЭфот} = (29 - 21) * 212 * \left(\frac{1+0,3}{100\%}\right) = 2214 \text{ рублей в час,}$$

Что в годовом эквиваленте равно

$$\text{ЭЭфот} = 2214 * \text{количество часов в месяц (168)} * \text{количество месяцев в году (12)} = 4\,465\,000 \text{ рублей}$$

Экономический эффект от сокращения запасов незавершённого производства

$$\text{НЗП} = (\text{Кдп2} - \text{Кдп1}) * \text{СТнзп}$$

$$\text{НЗП} = (7009 - 4035) * 1047,75 = 2\,193\,992 \text{ рублей}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Чек-лист оценки готовности предприятия к реализации типовых решений.

№	Ключевой вопрос	Эффективность реализации ТР будет низкой 0	Реализация ТР возможна, но эффективность будет ниже ожидаемой 1	Высокая вероятность достижения ожидаемой эффективности ТР 2	Оценка (0-2)
1	Прошли ли члены рабочей группы обучение по основам бережливого производства?	Нет	Сотрудники самостоятельно ознакомились с основами бережливого производства.	Проведено централизованное обучение с приведением примеров на основе производственных процессов предприятия.	
2	Понимают ли члены рабочей группы какие потери есть на производстве?	Нет	Сотрудники знают виды потерь, но не могут определить их влияние на свою производительность.	Да, сотрудники четко определяют потери в своей работе и могут определить их влияние на производительность.	
3	Могут ли члены рабочей группы определить время такта производственного участка	Нет, понятие времени такта им не знакомо.	Сотрудники знают, что такое время такта, но определить его для производственного участка не могут.	Сотрудники знают, что такое время такта и могут его определить для производственного участка.	
4	Умеют ли члены рабочей группы выделять в производственных процессах цикличные операции	Нет	Сотрудники прошли теоретическое обучение, но практических навыков у них нет.	Сотрудники прошли теоретическое обучение и у них есть практических навыки.	
5	Умеют ли члены рабочей группы разбивать операции на элементы и проводить хронометраж их выполнения	Нет	Сотрудники прошли теоретическое обучение, но практических навыков у них нет.	Сотрудники прошли теоретическое обучение и у них есть практических навыки.	
6	Умеют ли члены рабочей группы определять влияние колебаний времени выполнения рабочих циклов на производительность?	Нет	Сотрудники оценивают влияние на основе субъективных суждений (без замеров фактических колебаний).	Сотрудники оценивают на основе проведения хронометражей выполнения элементов операций.	

№	Ключевой вопрос	Эффективность реализации ТР будет низкой	Реализация ТР возможна, но эффективность будет ниже ожидаемой	Высокая вероятность достижения ожидаемой эффективности ТР	Оценка (0-2)
		0	1	2	
7	Могут ли члены рабочей группы определить влияние периодической работы на производительность.	Нет	Сотрудники оценивают влияние на основе субъективных суждений (без замеров фактического времени выполнения периодической работы).	Сотрудники оценивают на основе проведения хронометражей выполнения периодической работы.	
8	Могут ли члены рабочей группы произвести расчет оптимальной численности операторов?	Нет	Сотрудники проводят анализ на основе субъективных суждений (без проведения замеров фактической загрузки).	Сотрудники проводят анализ на основе замеров фактической загрузки.	
9	Могут ли члены рабочей группы провести анализ загрузки рабочих мест?	Нет	Сотрудники проводят анализ на основе субъективных суждений (без проведения замеров фактической загрузки).	Сотрудники проводят анализ на основе замеров фактической загрузки.	
10	Могут ли члены рабочей группы провести перераспределение обязанностей в потоке, в целях выравнивания загрузки?	Нет	Сотрудники проводят перераспределение на основе субъективных суждений.	Сотрудники проводят перераспределение на основе замеров фактической загрузки.	
11	Корпоративный регламент позволяет оперативно проводить закупки (канцтовары, доски, материалы для улучшения рабочих мест)	Закупки не основных материалов запрещены	Процесс согласования закупок занимает значительное время (более месяца).	Предприятие может проводить закупки оперативно.	
12	Есть ли на предприятии регламент решения производственных проблем с определением ответственных, ролей и сроков этапов?	Нет	Регламент есть, но эффективность и исполнимость его низкая.	Регламент есть, проблемы решаются согласно ему, эффективность и сроки реализаций мероприятий отслеживаются.	
13	Используются ли на предприятии рабочие стандарты?	Нет	Стандарты есть, но эффективность и исполнимость их низкая	Работа и обучение операторов производится по рабочим стандартам.	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Рекомендации по результатам оценки готовности предприятия

№	Вопрос /полученный балл	0	1	2
1	Прошли ли члены рабочей группы обучение по основам бережливого производства?	Большая вероятность того, что сотрудники не смогут подобрать эффективные методы повышения производительности. Рекомендуется провести централизованное обучение для сотрудников по основам бережливого производства на основе производственных процессов предприятия.	У сотрудников нет единого понимания методов бережливого производства. Рекомендуется провести централизованное обучение для сотрудников по основам бережливого производства с приведением производственных примеров.	-
2	Понимают ли члены рабочей группы какие потери есть на производстве?	Высокий риск того, что сотрудники не выявят большую часть резервов повышения производительности в производственных процессах. Рекомендуется провести централизованное обучение для сотрудников по составляющим работы (значимая, незначимая работа, виды потерь) на основе производственных процессов предприятия	Высокий риск того, что сотрудники не смогут определить проблемы с наибольшим влиянием, что снизит эффективность применения ТР. Рекомендуется провести централизованное обучение для сотрудников по составляющим работы (значимая, незначимая работа, виды потерь) на основе производственных процессов предприятия.	-
3	Могут ли члены рабочей группы определить время такта производственного участка	Сотрудники не смогут выстроить процесс в соответствии с потребительской потребностью, эффективность реализации ТР будет низкой. Рекомендуется изучить понятие времени такта в формате централизованного обучения по "Стандартизированной работе"	Сотрудники могут не корректно рассчитать время такта и выстроить производство не в соответствии с потребительской потребностью, эффективность реализации ТР будет не высокой. Рекомендуется изучить понятие времени такта в формате централизованного обучения по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	-
4	Умеют ли члены рабочей группы выделять в производственных процессах цикличные операции	Сотрудники не смогут эффективно внедрить улучшения в производственный процесс, т.к. не увидят в нем закономерностей. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	Сотрудники могут упустить важные составляющие работы, что может привести к низкой эффективности реализации ТР . Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	-

№	Вопрос /полученный балл	0	1	2
5	Умеют ли члены рабочей группы проводить разбивать операции на элементы и проводить хронометраж их выполнения	Сотрудники не смогут разбить производственные операции на элементы и замерить их длительность, что не позволит провести перераспределение элементов в целях балансировки процесса. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе"	Высокая вероятность выделения неверных элементов производственных операций и некорректного замера времени их выполнения, что приведет либо к невозможности, либо к снижению эффективности балансировки. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе"	-
6	Умеют ли члены рабочей группы определять влияние колебаний времени выполнения рабочих циклов на производительность?	Сотрудники не смогут учесть колебания времени выполнения элементов операций, что приведет к невозможности синхронизации работы операторов при балансировке линии. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	Высокий риск неверной оценки влияния колебаний на циклическую работу, что будет приводить к сбоям синхронизации работы операторов после проведения балансировки. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	-
7	Могут ли члены рабочей группы определить влияние периодической работы на производительность.	Улучшения не приведут к повышению эффективности, т.к. сотрудники не смогут синхронизировать работу операторов. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	Сотрудники не смогут корректно учесть влияние периодической работы, что приведет к простоям линии на выполнения периодической работы после проведения балансировки. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	-
8	Могут ли члены рабочей группы произвести расчет оптимальной численности операторов?	Улучшения не приведут к повышению эффективности, т.к. будет неверно рассчитана потребность в трудовых ресурсах для удовлетворения существующего спроса на продукцию. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	Высокая вероятность низкой эффективности улучшений, т.к. будет не корректно оценена потребность в трудовых ресурсах для удовлетворения существующего спроса на продукцию. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	-

№	Вопрос /полученный балл	0	1	2
9	Могут ли члены рабочей группы провести анализ загрузки рабочих мест?	Проведение балансировки линии упаковки невозможно. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	Проведение балансировки линии упаковки не покажет стабильную эффективность из-за неверно распределенной загрузки рабочих мест. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	-
10	Могут ли члены рабочей группы провести перераспределение обязанностей в потоке, в целях выравнивания загрузки?	Проведение балансировки линии упаковки невозможно. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	Проведение балансировки линии упаковки будет низко эффективным. Рекомендуется провести централизованное обучение по "Стандартизированной работе" на основе практических производственных примеров.	-
11	Корпоративный регламент позволяет оперативно проводить закупки (канцтовары, доски, материалы для улучшения рабочих мест)	Высокий риск невозможности внедрения улучшений. Рекомендуется выделить денежные средства на закупку необходимых материалов.	Высокий риск несвоевременного внедрения улучшений. Рекомендуется выделить денежные средства на закупку необходимых материалов.	-
12	Есть ли на предприятии регламент решения производственных проблем с определением ответственных, ролей и сроков этапов?	Внедрение доски производственного анализа не приведет к оперативному реагированию на возникающие производственные проблемы. Рекомендуется создать на предприятии согласованный и утвержденный регламент.	Высокий риск потери мотивации у персонала сообщать о производственных проблемах. Рекомендуется создать на предприятии согласованный и утвержденный регламент.	-
13	Используются ли на предприятии рабочие стандарты?	Внедренные улучшения будут носить разовый эффект и производство быстро вернется к начальному состоянию. Важно: после внедрения улучшения зафиксировать в утвержденных рабочих стандартах, на основе которых будет строиться дальнейшее обучение, организация и контроль работы.	Высокая вероятность отмены внедрённых улучшений. Важно: после внедрения улучшения зафиксировать в утвержденных рабочих стандартах, на основе которых будет строиться дальнейшее обучение и организация работы.	-

Стандарты операционных процедур

Сборка корпуса электродвигателя насоса

Стандарт операционной процедуры.					
Сборка корпуса электродвигателя насоса 1ТТ63/10					
Рабочее место	Участок сборки насосов 1ТТ	Разработал	Зам.гл.технолога	Бутолгин А.А.	
Цех	Цех №1	Проверил	Начальник ТБ цеха №1	Волков С.В.	
Корпус электродвигателя		Согласовал	Начальник цеха №1	Халезин С.А.	
№ п/п	Наименование элемента	Качество	Инструмент	Безопасность	Эскиз
1	Надеть на выводные провода трубку. (трубка 203, ТКР6 L=0,33м.ТУ16-89-И 16.003.4003ТУ — 3 шт.)				
2	Произвести пайку выводных концов к болтам контактным. (Примой ПОС-40 ГОСТ2131-76, болт контактный — 3шт.)		Горелка газовая		
3	Надвинуть трубки на место пайки. Нагреть.(трубка 203, ТКР6 L=0,33м.ТУ16-89-И 16.003.4003ТУ — 3 шт.)		Горелка газовая		
4	Настроить приспособление на размер М	Размер М уточняется у ОГК для каждой партии статоров	Приспособление для установки статора Т4664-181, ШГ-160 ГОСТ162-90		
4	Настроить приспособление на размер М	Размер М уточняется у ОГК для каждой партии статоров	Приспособление для установки статора Т4664-181, ШГ-160 ГОСТ162-90		
5	Установить. Снять. На сердечник статора электродвигателя приспособление, уложив выводные концы внутрь		Приспособление Т4664-182		
6	Установить. Снять. Приспособление на корпус электродвигателя.		Приспособление для установки статора Т4664-181		
7	Загрузить. Выгрузить. Нагреть корпус электродвигателя в печи до температуры 150-200°C в течении 1,5 часа.		Электropечь цеховая, Кран-балка (схема строповки СПП608-2001), Грузозахват Т4694-334		
8	Установить сердечник статора электродвигателя в корпус электродвигателя. Охладить. Снять приспособление.	Концы выводных проводов расположить напротив окна корпуса электродвигателя.	Приспособление Т4664-182		

7	Загрузить. Выгрузить. Нагреть корпус электродвигателя в печи до температуры 150-200°C в течении 1,5 часа.		Электropечь цеховая, Кран-балка (схема строповки СТП608-2001), Грузозахват Т4694-334		
8	Установить сердечник статора электродвигателя в корпус электродвигателя. Охлаждать. Снять приспособление.	Концы выводных проводов расположить напротив окна корпуса электродвигателя.	Приспособление Т4664-182		
9	Отправить на механический участок для обработки ота. М10-6Н		Кран-балка (схема строповки СТП608-2001) Строп 4СЦ-2,0/ОВ-2,0/К-1,0/1600 СТП0608-602-85		
10	Ввернуть в сердечник статора электродвигателя винт. (Винт ВМ10-6х16.14Н ГОСТ1478-84 — 1шт., шайба 10.65Г.029 ГОСТ 6402-70		Отвертка 7810-0336 ГОСТ17199-88		

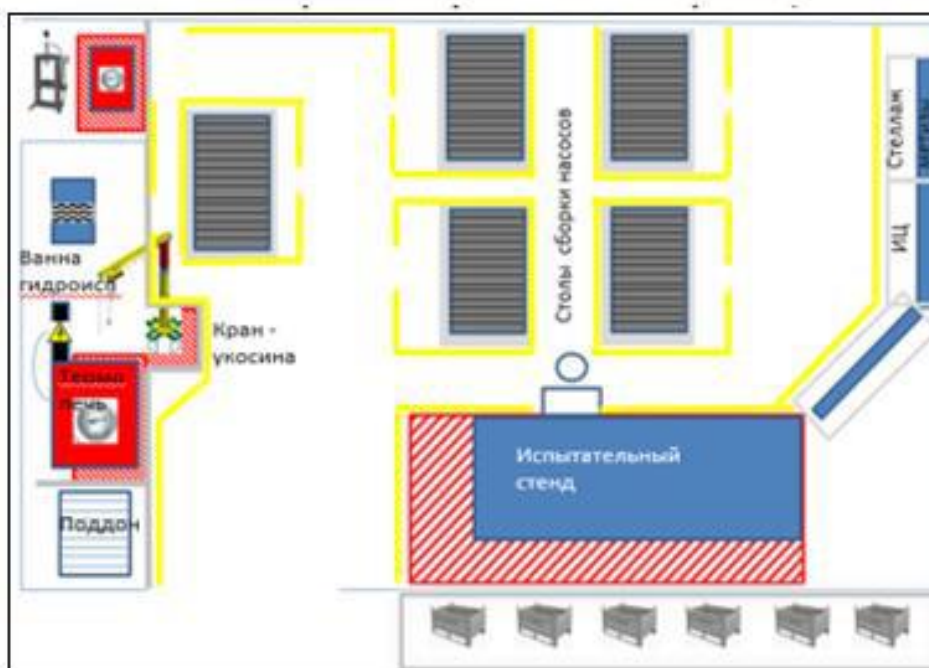
Испытание насосов

Рабочее место		Участок сборки насосов 1ТТ		Разработал	Зам.гл.технолога	Бутолин А.А.
Цех		Цех №1		Проверил	Начальник ТБ цеха №1	Волков С.В.
		Насос 1ТТ63/10		Согласовал	Начальник цеха №1	Халезин С.А.
№ п/п	Наименование элемента	Качество	Инструмент	Безопасность	Эксп.	
1	Установить электронасос на стелд.	перед установкой убедиться в чистоте ёмкостей, трубопроводов и заливаемого масла	Кран-балка (схема строповки СТП608-2001) Строп 4СЦ-2,0/ОВ-2,0/К-1,0/1600 СТП0608-602-85			
2	Присоединить подводящий и отводящий трубопроводы.		Набор ключей ГОСТ2839-80			
3	Произвести окончательное соединение насоса (крышки корпуса с корпусом, устройства выводного с корпусом, крышки с корпусом, устройства запорного с корпусом).					

4	Открыть клеммную коробку. Присоединить электродвигатель к электрической сети.		Набор ключей ГОСТ2839-80		
5	Закрыть клеммную коробку резиновым ковриком.				
6	Подготовить стенд к работе согласно инструкции по эксплуатации и технике безопасности на стенд.				
7	Произвести гидронспытание и пуск стенда согласно инструкции по эксплуатации и технике безопасности на стенд.				
8	Произвести испытания насоса согласно программе испытания и	Насос в сборе должен быть герметичен, теч и			
9	Произвести остановку стенда согласно инструкции по эксплуатации и технике безопасности на стенд.				
10	Произвести гидронспытание насоса трансформаторным маслом, температура 85°C, давление 0,5МПа (5кгс/см²) в течении 15 мин.	Течь и потение не допускаются.			
11	Откачать масло из стенда.				
12	Результаты испытания занести в журнал.				

Стандарт расположения оборудования и рабочих мест

Расположение оборудования на участке



Перечень оборудования участка:

1. Столы сборки насосов
2. Кран укосина
3. Термическая печь
4. Ванна гидроиспытаний
5. Поддон для испытанных насосов
6. Испытательный стенд
7. Информационный центр участка
8. Стеллаж для метизов
9. Стенд для запрессовки