

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 13.11.2024 11:23:29
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)**

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
« 13 » 11 2021 г.



БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО. ВРЕМЯ ТАКТА И ВРЕМЯ ЦИКЛА. РАСЧЕТ ОЕЕ

**Методические рекомендации по выполнению практической работы
для студентов направления 15.04.01 Машиностроение**

УДК 621.(076.1)

Составитель: Е.И.Яцун

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *О.С.Зубкова*

Бережливое производство. Время такта и время цикла. Расчет ОЕЕ: методические рекомендации по выполнению лабораторной работы для студентов направления 15.04.01 / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.И.Яцун. – Курск, 2021. – 19 с.:– Библиогр.: с. 19.

Содержат сведения по анализу эффективности работы обрабатывающих центров при производстве деталей, входящих в одно изделие с использованием инструментов бережливого производства.

Методические рекомендации соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматизированного машиностроительного производства (УМО АМ).

Предназначены для студентов специальностей 120100, 120200 дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.
Усл.печ. л. [кол-во стр. : 16 x 0,93] . Уч.-изд. л. [кол-во стр. : 19].
Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Задание. Провести анализ производительности обрабатывающих центров при производстве деталей, входящих в одно изделие с использованием инструментов бережливого производства.

Введение

В 1960–70 годы произошло событие всемирно-исторического значения - эпоха массового индустриального производства подошла к концу.

Фирме «Тойота» удалось создать в 2–3 раза более эффективную технологию поточного изготовления индивидуальных изделий. Позже этот новый тип производства назвали английским словом «Lean». В России Lean Production принято переводить как Бережливое производство. Схема «Дом TPS» (Рис. 1) была разработана Таичи Оно (Taiichi Ohno) и И. Тойода (E. Toyoda) специально для того, чтобы упростить объяснение сути производственной системы Тойоты служащим и поставщикам. По словам разработчиков, форма дома - крыша, колонны и основание, была использована преднамеренно, потому что она понятна каждому и символизирует стабильность и основательность.

Фундамент «здания TPS» — 3 принципа:

Хейдзунка (heijunka), [Кайдзен \(Kaizen\)](#) и стандартная работа (Standard work).

Хейдзунка — организация «сглаживания» производственного плана, при котором заказы выполняются циклами, а дневные колебания уровня заказов приводятся к их значению в долгосрочной перспективе.

Кайдзен — непрерывное, постоянное улучшение деятельности с целью увеличения ценности и уменьшения потерь.

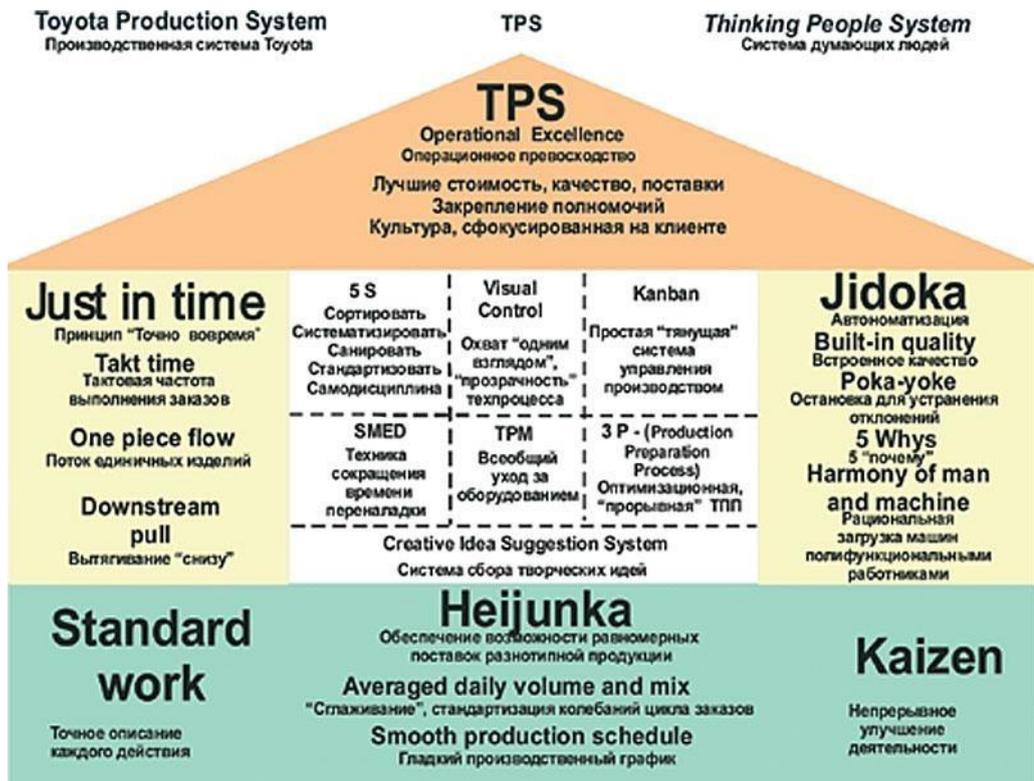


Рис. 1 Дом TPS

Стандартная работа (standard work) — точное описание каждого действия, включающее время цикла, время такта, последовательность выполнения определенных задач, минимальное количество запасов для выполнения работы.

Варианты заданий

Вар.	Рабочее место	Фонд времени на смену	Плановые перерывы, мин.	Время производства с.	Кол-во смен	Кол-во рабочих дней в месяце	Заказ на месяц, шт.	Заказ на производство в смену, шт.	Время такта, с	Время цикла, с.
1	Станок 1	7 час.35 мин.	65		1	21	1000			160
	Станок 2	8 час.	40		1		960			
	Станок 3	8 час.	70		2		3500			
2	Станок 1	7 час.35	50		1	20	2000			90

		мин.								
	Станок 2	8 час.	60		2		1000			
	Станок 3	8 час.	45		1		4000			
3	Станок 1	8 час.	60		2	20	960			180
	Станок 2	7 час	45		1		3500			
	Станок 3	7 час. 30 мин.	50		1		2000			
4	Станок 1	7 час. 20 мин.	50		1	21	1000			110
	Станок 2	8 час.	60		2		4000			
	Станок 3	7 час	45		1		1000			
5	Станок 1	7 час. 30 мин.	60		1	18	960			120
	Станок 2	7 час.	45		1		3500			
	Станок 3	8 час.	50		2		2000			
6	Станок 1	7 час.35 мин.	65		1	17	1000			140
	Станок 2	8 час.	40		2		3500			
	Станок 3	8 час.	70		1		2000			
7	Станок 1	7 час.35 мин.	50		2	22	1000			100
	Станок 2	8 час.	60		1		10000			
	Станок 3	8 час.	45		1		960			
8	Станок 1	8 час.	60		1	22	3500			90
	Станок 2	7 час	45		2		2000			
	Станок 3	7 час. 30 мин.	50		1		1000			
9	Станок 1	7 час.35 мин.	50		1	21	4000			160
	Станок 2	8 час.	60		1		960			
	Станок 3	8 час.	45		2		3500			
10	Станок 1	7 час.35 мин.	60		1	21	2000			180

	Станок 2	8 час.	45		2		1000			
	Станок 3	8 час.	50		1		1000			
11	Станок 1	8 час.	65		2	20	1000			110
	Станок 2	7 час	40		1		960			
	Станок 3	7 час. 30 мин.	70		1		3500			
12	Станок 1	7 час.35 мин.	50		1	19	2000			190
	Станок 2	8 час.	60		2		1000			
	Станок 3	8 час.	45		1		3500			
13	Станок 1	7 час.35 мин.	60		1	19	2000			110
	Станок 2	8 час.	45		1		1000			
	Станок 3	8 час.	50		2		1000			
14	Станок 1	8 час.	50		1	18	960			150
	Станок 2	7 час	60		2		3500			
	Станок 3	7 час. 30 мин.	45		1		2000			
15	Станок 1	7 час.35 мин.	60		2	17	1000			160
	Станок 2	8 час.	45		1		4000			
	Станок 3	8 час.	50		1		960			
16	Станок 1	7 час.35 мин.	65		1	18	3500			90
	Станок 2	8 час.	40		2		2000			
	Станок 3	8 час.	70		1		1000			
17	Станок 1	8 час.	50		1	19	4000			80
	Станок 2	7 час	60		1		1000			
	Станок 3	7 час. 30 мин.	45		2		960			
18	Станок 1	7 час.35 мин.	60		1	20	3500			110
	Станок 2	8 час.	45		2		2000			

	Станок 3	8 час.	50		1		1000			
19	Станок 1	7 час.35 мин.	50		2	21	3500			150
	Станок 2	8 час.	60		1		2000			
	Станок 3	8 час.	45		1		1000			
20	Станок 1	8 час.	60		1	22	1000			190
	Станок 2	7 час	45		2		960			
	Станок 3	7 час.30 мин.	50		1		3500			
21	Станок 1	8 час.	50		1	19	2000			180
	Станок 2	7 час	60		2		1000			
	Станок 3	7 час.30 мин.	45		1		4000			
22	Станок 1	7 час.35 мин.	60		2	20	960			110
	Станок 2	8 час.	45		1		3500			
	Станок 3	8 час.	50		1		2000			

Время цикла - интервал времени или периодичность, с которой процесс выдает готовую продукцию.

Позволяет:

- определить фактическую производительность процесса
- ☞ оценить максимально возможную производительность процесса

Время такта — интервал времени или периодичность, с которой потребитель запрашивает готовую продукцию

Позволяет определить:

- ☞ Соответствие процесса возрастанию спроса
- ☞ Размер партии, соответствующий спросу при актуальном времени переналадки
- ☞ Соответствие производительности процесса потребительскому спросу
- ☞ Необходимую производительность каждой производственной единицы

$$\text{Время такта} = \frac{\text{Время производства (за день)}}{\text{Спрос в штуках (за день)}}$$

Примеры расчета

ПРИМЕР 1.

Дано:

- Рабочая смена с 7:00 до 15:40.
- Плановые перерывы – 65 минут (обед – 40 минут и регламентированные перерывы – 25 минут)
- Таким образом, чистое время обработки:
7 часов 35 минут или 27 300 секунд.
- Заказ на производство: **22 изделия**

Решение:

$$\text{Время такта} = \frac{27\,300 \text{ сек}}{22 \text{ изделия}} = 1241 \text{ секунд/изделие}$$

ПРИМЕР 2.

Длительность смены составляет 8 часов. В течение смены предусмотрены 4 перерыва по 10 минут. В этом случае время производства будет равно длительности смены минус длительность перерывов = 8 часов по 60 минут минус 4 перерыва по 10 минут = **440 минут или 26400 секунд.**

Спрос на продукцию за месяц составляет 10560 штук. В месяце 20 рабочих дней. В таком случае спрос в штуках за день будет составлять: 10560 делим на 20, получаем **528 штук в день.**

Теперь мы можем рассчитать время такта. Делим время производства на спрос в течение дня, 26400 секунд делим на 528 штук – получаем **50 секунд.**

Это означает, что каждые 50 секунд одна единица продукции должна переходить на следующую стадию производства. Или что каждые 50 секунд мы должны отгружать нашим клиентам одну единицу продукции.

Время цикла измеряется на основе наблюдений, т.е. это реально существующая величина, в отличие от величины расчетной – времени такта.

Время цикла может измеряться для всего процесса в целом - тогда это будет называться время цикла процесса, для отдельного этапа процесса - тогда это может быть время цикла участка, или даже для одного станка - тогда это будет время цикла рабочего места (Рис. 5).

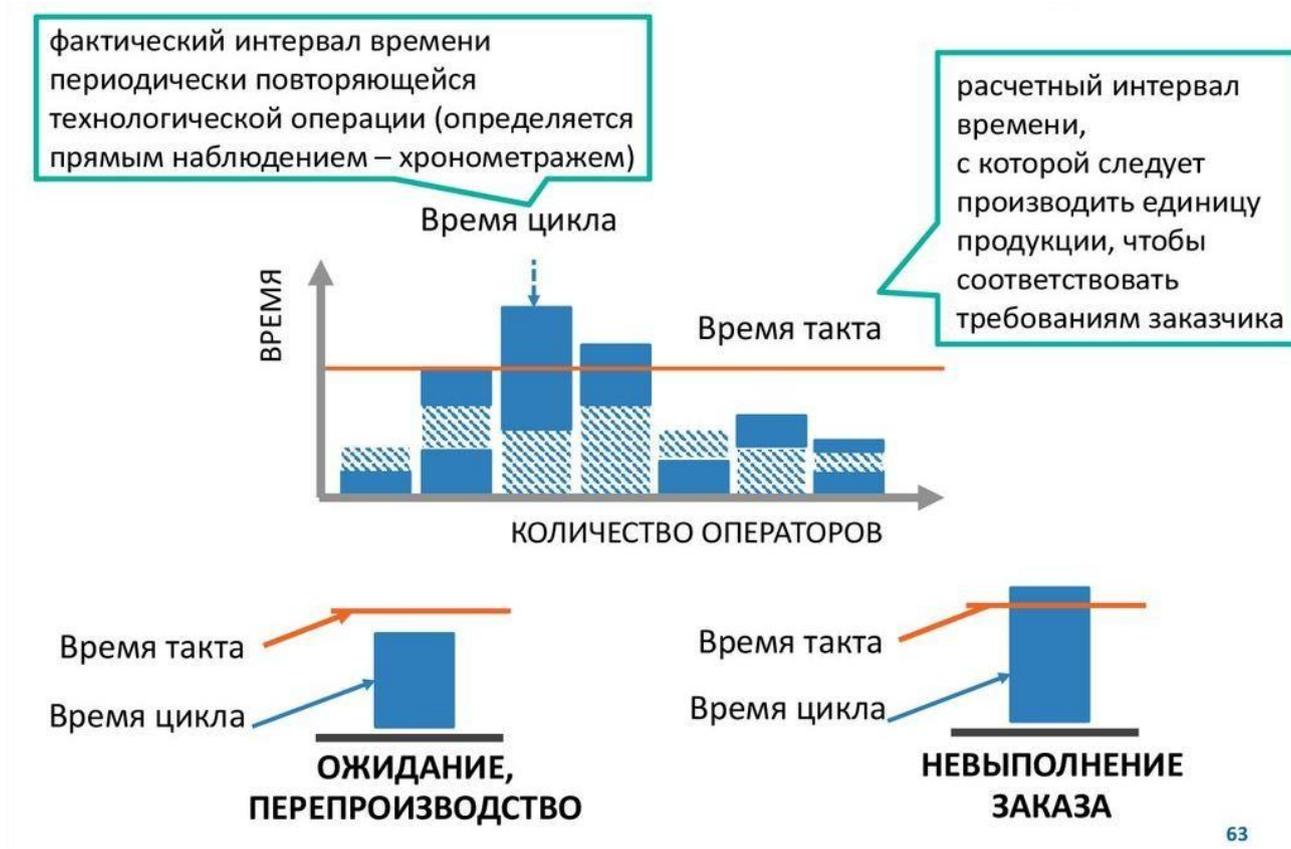


Рис. 5 Время такта и время цикла

3 Практическая часть

Для расчета времени цикла нужно разделить время производства партии на размер партии в штуках. Например, если каждые 10 минут станок производит 8 деталей, то время цикла составляет 75 секунд: 10 минут по 60 секунд = 600 с.; $600/8 = 75$ с. на деталь. Время цикла в 75 секунд в данном случае означает, что на производство единицы продукции требуется 75 секунд.

В зависимости от того, из чего состоит операция, во время цикла может входить:

- время загрузки сырья и материалов;
- время ручной работы оператора;
- время автоматической работы оборудования;
- время выгрузки материалов или готовой продукции;
- время транспортировки сырья, материалов, готовой продукции.

Во время цикла не входит время переналадки с одного типа продукции на другой.

В нашем случае время цикла состоит из ручной работы оператора, далее работы оборудования, еще одной части работы оператора и транспортировки готовой продукции на следующую операцию.

Время цикла используется для того, чтобы определить фактическую производительность процесса. Также время цикла позволяет определить максимально возможную производительность процесса при той скорости, которая была измерена.

Для того, чтобы процесс успевал за спросом, время цикла должно быть меньше времени такта. Если мы успеваем производить изделия со скоростью 37,5 секунд, а спрос у нас требует выпуска изделий со скоростью 50 секунд, значит мы успеваем.

Проведен хронометраж времени цикла механической обработки трех деталей, из которых состоит изделие, на трех обрабатывающих центрах цеха.

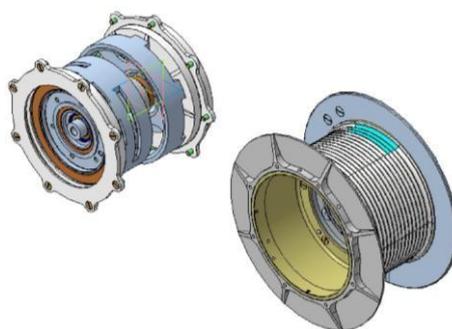


Рис. 3. Редуктор

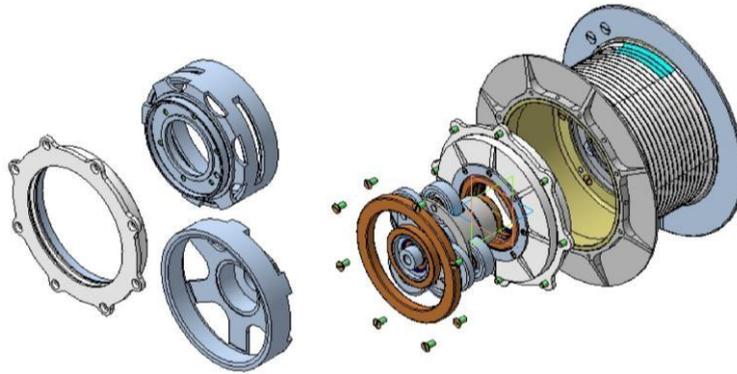


Рис. 4 Сборочная единица и детали, обрабатываемые на токарно-фрезерных центрах

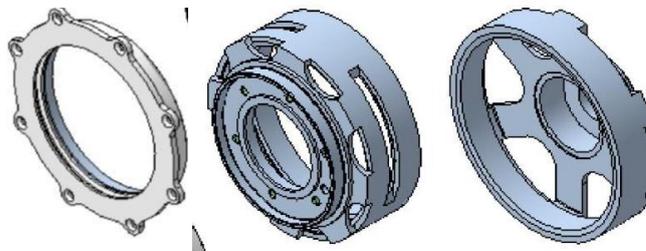


Рис. 5 Детали 1, 2, 3

1) Определение времени такта и времени цикла

Рабочее место 1 (Станок 1, деталь 1).

Рабочая смена - 7 час. 35 мин.

Перерыв - 60 мин.

Время производства:

$$T_{\text{произв.}} = 7 \text{ час. } 35 \text{ мин.} - 60 \text{ мин.} = 6 \text{ час. } 35 \text{ мин.} = 395 \text{ мин.} = 23700 \text{ с.}$$

Количество смен – 1.

Количество рабочих дней в месяце – 21 день.

$$\text{Время производства в месяц: } T_{\text{произв.мес.}} = 23700 \cdot 1 \cdot 21 = 497700 \text{ (с.).}$$

Заказ на производство на месяц – 2000 шт.

$$\text{Время такта за месяц} = 497700 / 2000 = 248,85 \text{ с./шт.} = 4,15 \text{ мин./шт.}$$

$$\text{Заказ на производство в смену} - 2000 / 21 = 95,24 = 96 \text{ шт.}$$

$$\text{Время такта за смену} = 23700 / 96 = 247 \text{ (с./шт.)} = \mathbf{4,12} \text{ (мин./шт.).}$$

Рабочее место 2 (Станок 2, деталь 2).

Рабочая смена - 8 час.

Перерыв - 45 мин.

Время производства:

$$T_{\text{произв.}} = 8 \text{ час.} - 45 \text{ мин.} = 7 \text{ час.} 15 \text{ мин.} = 435 \text{ мин.} = 26100 \text{ с.}$$

Количество смен – 2.

Количество рабочих дней в месяце – 21 день.

$$\text{Время производства в месяц: } T_{\text{произв.мес.}} = 26100 \cdot 2 \cdot 21 = 1096200 \text{ (с.).}$$

Заказ на производство на месяц – 1000 шт.

$$\text{Время такта за месяц} = 1096200/1000 = 1096,2 \text{ с./шт.} = 4,15 \text{ мин./шт.}$$

$$\text{Заказ на производство в смену} - 1000/21 = 95,24 = 47,6 \text{ шт.}$$

$$\text{Время такта за смену} = 25800/191 = 135 \text{ (с./шт.)} = 2,25 \text{ (мин./шт.).}$$

Рабочее место 3 (Станок 3, деталь 3).

Рабочая смена - 8 час.

Перерыв - 50 мин.

Время производства:

$$T_{\text{произв.}} = 8 \text{ час.} - 50 \text{ мин.} = 7 \text{ час.} 10 \text{ мин.} = 430 \text{ мин.} = 25800 \text{ с.}$$

Количество смен – 1.

Количество рабочих дней в месяце – 21 день.

$$\text{Время производства в месяц: } T_{\text{произв.мес.}} = 25800 \cdot 1 \cdot 21 = 541800 \text{ (с.).}$$

Заказ на производство на месяц – 4000 шт.

$$\text{Время такта за месяц} = 541800/4000 = 135,45 \text{ с./шт.} = 2,26 \text{ мин./шт.}$$

$$\text{Заказ на производство в смену} - 4000/21 = 95,24 = 191 \text{ шт.}$$

$$\text{Время такта за смену} = 25800/191 = 135,45 \text{ (с./шт.)} = \mathbf{2,26} \text{ (мин./шт.).}$$

Результаты расчетов сведены в табл. 1.

Результаты расчетов

Рабочее место	Фонд времени на смену	Плановые перерывы, мин.	Время производства за месяц, с.	Кол-во смен	Кол-во рабочих дней в месяце	Заказ на производство на месяц, шт.	Заказ на производство в смену, шт.	Время такта, с	Время цикла, с.	Коэффициент загрузки
Станок 1	7 час. 35 мин.	60	23700	1	21	2000	96	248,85	80	80/248,85=0,32
Станок 2	8 час.	45	26100	2		1000	23,8	1096,20		80/1096,20=0,07
Станок 3	8 час.	50	25800	1		4000	190,47	135,45		80/135,45=0,59

По результатам расчетов построена диаграмма (Рис. 6).

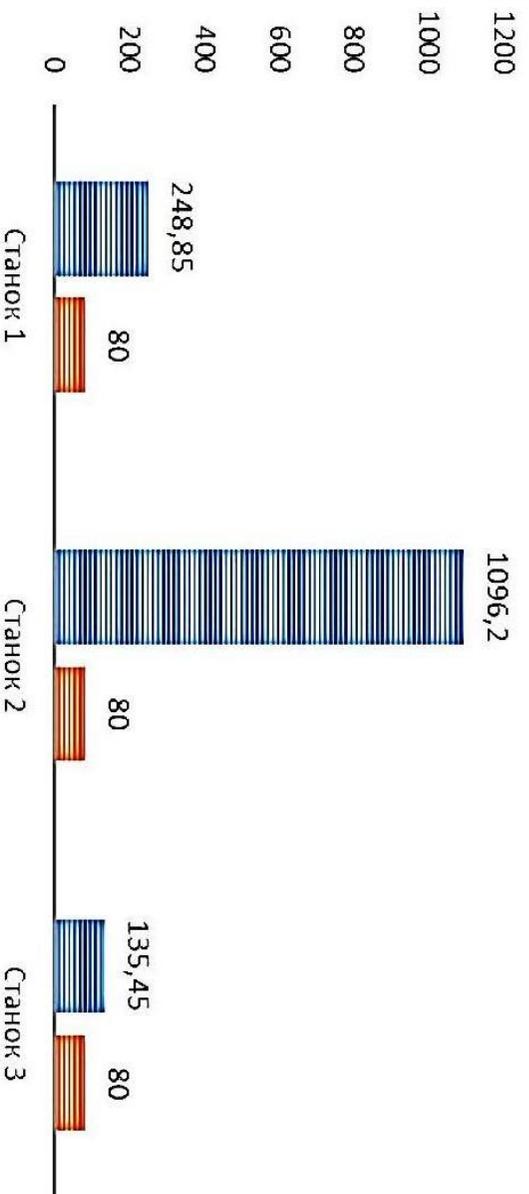


Рис.6 Сравнение времени такта и времени цикла.

■ - время такта; ■ - время цикла

Вывод. Все станки недогружены. Для станка 1 и 3 производим дозагрузку другими деталями. Для станка 2 – заказ выполняем в одну смену и также производим дозагрузку другими деталями.

Проводим пересчет для станка 2 на 1 смену.

Рабочее место 2 (Станок 2, деталь 2).

Рабочая смена - 8 час.

Перерыв - 45 мин.

Время производства:

$$T_{\text{произв.}} = 8 \text{ час.} - 45 \text{ мин.} = 7 \text{ час. } 15 \text{ мин.} = 435 \text{ мин.} = 26100 \text{ с.}$$

Количество смен – 1.

Количество рабочих дней в месяце – 21 день.

$$\text{Время производства в месяц: } T_{\text{произв.мес.}} = 26100 \cdot 1 \cdot 21 = 548100 \text{ (с.)}$$

Заказ на производство на месяц – 1000 шт.

$$\text{Время такта за месяц} = 548100 / 1000 = 548,1 \text{ с./шт.} = 9,135 \text{ мин./шт.}$$

$$\text{Заказ на производство в смену} = 1000 / 21 = 95,24 = 47,6 \text{ шт.}$$

$$\text{Время такта за смену} = 26100 / 47,6 = 548,3 \text{ (с./шт.)} = \mathbf{9,14} \text{ (мин./шт.)}$$



Рис.7 Сравнение времени такта и времени цикла после изменений для станка 2 – работа над заказом в одну смену: ■- время такта; ■ - время цикла

Вывод. Наблюдаются ожидание и перепроизводство, т.к. время такта значительно превышает время цикла. Поэтому, после производства необходимого количества конкретной детали, обрабатывающий центр переходит на обработку других деталей. Иными словами, время такта для изготовления только

рассматриваемой детали показывает недозагрузку станка или возможность обработки других деталей. Фактически все 3 детали можно обработать на одном станке за 1 смену.

2) Определение эффективности работы оборудования (ОЕЕ) на участке многоцелевых станков

Для расчета используем методические указания для самостоятельной работы и практических занятий «Эффективность станочного оборудования».

Пример. Механизм расчета общей эффективности оборудования: пример Jordan Steel Company. Альманах Управление пр-вом. <http://www.up-pro.ru/shop/almanach.html> Стр. 47-52.

$$ОЕЕ = \text{Доступность} * \text{Производительность} * \text{Качество} * 100\%$$

T_n	Плановый фонд работы оборудования	
T_∂	Фактическое время, в течении которого оборудование было готово к выполнению работы	Ремонты
$T_{раб}$	Фактическое время, затраченное непосредственно на обработку продукции	Потери
$T_{кач}$	Фактическое время, затраченное на производство соответствующей продукции	Брак

$$ОЕЕ = \frac{T_\partial}{T_n} * \frac{T_{раб}}{T_\partial} * \frac{T_{кач}}{T_{раб}} * 100\%$$

$$\text{Доступность} = \frac{T_\partial}{T_n}$$

$$\text{Производительность} = \frac{T_{раб}}{T_\partial}$$

$$\text{Качество} = \frac{T_{кач}}{T_{раб}}$$

Рис. 1 Элементы общей эффективности оборудования (ОЕЕ) и потери, связанные с особенностями функционирования оборудования

Заполняем таблицу 2 исходных данных.

Расчет проводим в EXCEL.

Таблица 2

Исходные данные без дозагрузки оборудования

	Станок 1	Станок 2	Станок 3
Количество рабочих смен в сутки – $n_{см}$	1	1	1
Время, затраченное на обслуживание и ремонт оборудования (час.) – $T_{нпр}$	7	5	6
Штучное время изготовления деталей (мин.) – $t_{шт}$	4,12	9,14	2,26
Количество произведенной соответствующей продукции за период (шт.) – $n_{годн}$	97	26	194
Количество произведенной несоответствующей продукции за период (шт.) – $n_{брак}$	10	2	13

Результаты расчета OEE – рис. 8, табл. 3.

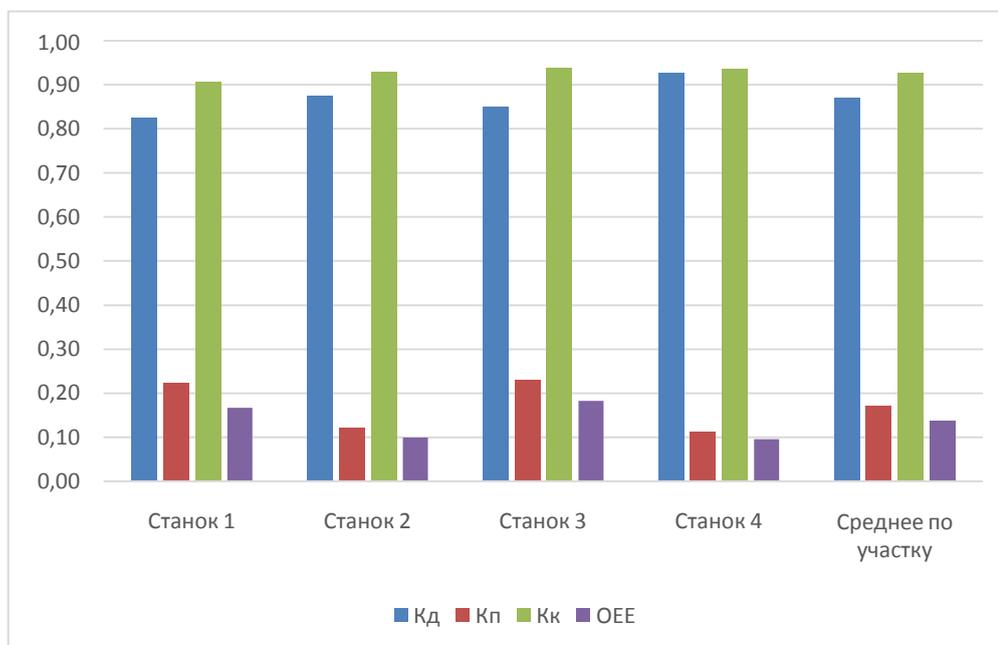


Рис. 8 Диаграмма эффективности работы оборудования на участке без учета
дозагрузки

Таблица 3

ОЕЕ без дозагрузки

	Кд	Кп	Кк	ОЕЕ
Станок 1	0,83	0,22	0,91	17%
Станок 2	0,88	0,12	0,93	10%
Станок 3	0,85	0,23	0,94	18%
Станок 4	0,93	0,11	0,93	10%
Среднее по участку	0,87	0,17	0,93	14%

Вывод. Для станка 1, 2 и 3 производим дозагрузку другими деталями.

Догружаем станки с учетом времени такта и цикла (Рис. 7):

- для станка 1 – $n_{годн}=97 \cdot 2=194$, количество произведенной несоответствующей продукции за период (шт.) – $n_{брак} = 18$;
- для станка 2 – $n_{годн}=26 \cdot 6=156$, количество произведенной несоответствующей продукции за период (шт.) – $n_{брак} = 12$;
- для станка 3 – $n_{годн}=194 \cdot 1,6=311$, количество произведенной несоответствующей продукции за период (шт.) – $n_{брак} = 18$.

Таблица 4

Исходные данные с учетом дозагрузки

	Станок 1	Станок 2	Станок 3
Количество рабочих смен в сутки – $n_{см}$	1	1	1
Время, затраченное на обслуживание и ремонт оборудования (час.) – $T_{мр}$	7	5	6
Штучное время изготовления деталей (мин.) – $\Sigma t_{шт}$	9	12	4

Количество произведенной соответствующей продукции за период (шт.) – $n_{годн}$	194	156	400
Количество произведенной несоответствующей продукции за период (шт.) – $n_{брак}$	18	12	18

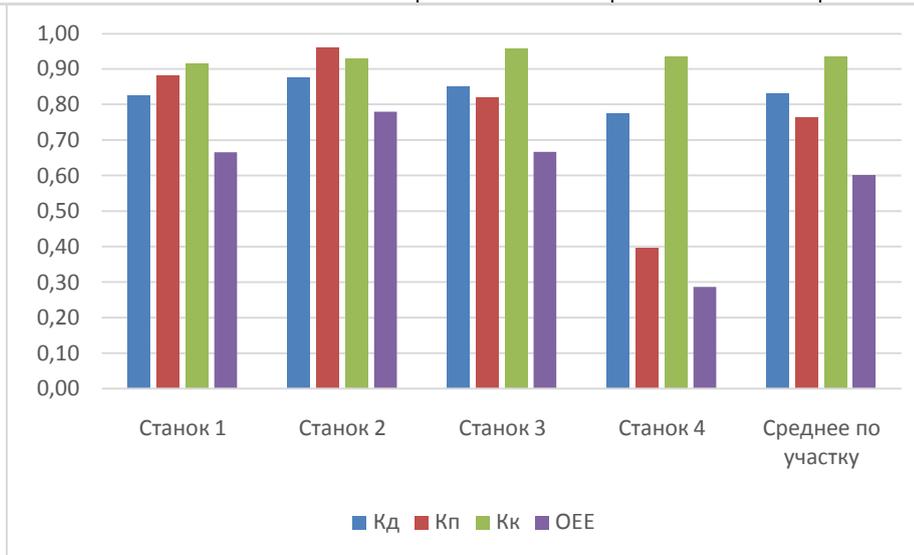


Рис. 9 Диаграмма эффективности работы оборудования на участке с учетом дозагрузки

Таблица 4

ОЕЕ с учетом дозагрузки

	Кд	Кп	Кк	ОЕЕ
Станок 1	0,83	0,88	0,92	67%
Станок 2	0,88	0,96	0,93	78%
Станок 3	0,85	0,82	0,96	67%
Станок 4	0,78	0,40	0,93	29%
Среднее по участку	0,83	0,76	0,93	60%

Делаем выводы с учетом критериев соответствия ОЕЕ (Рис. 10).



Рис.10 Критерии соответствия ОЕЕ

Выводы. Станки 1 - 3 после дозагрузки соответствуют по эффективности ОЕЕ типичному производству.

Библиографический список

1. Яцун Е.И. Эффективность станочного оборудования: методические указания для самостоятельной работы и практических занятий / Юго-Зап. гос.ун-т, Курск. 2017. – 25 с.
2. Вумек Джеймс П., Джонс Даниел Т. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. М.: «Альпина Паблишер», 2011.
3. Голоктеев К., Матвеев И. Управление производством: инструменты, которые работают. СПб.: Питер, 2008.
4. Альманах Управление производством. <http://www.up-pro.ru/shop/almanach.html>
5. Персональный проект о бережливом производстве/Учебно-консалтинговый ресурс. – Режим доступа: <http://wkazarin.ru>.
6. Практика внедрения бережливого производства/Учебно-консалтинговый ресурс. – Режим доступа: <http://leanbase.ru>.
7. ГОСТ Р 56020-2014. Бережливое производство. Основные положения и словарь. – М.: Стандартинформ, 2015. – 18 с.
8. ГОСТ Р 56908-2016. Бережливое производство. Стандартизация работы.– М.: Стандартинформ, 2017. – 15 с.