

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 08.10.2023 00:07:39

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4871f414c0b

МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»

(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

« 15 » 12



ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания по выполнению практической работы №3
по дисциплине «Проектирование машиностроительного производства»
для студентов, обучающихся по направлению 15.03.05
(очной и заочной формы обучения).

Курск 2017

УДК 621.9

Составители: В.В.Малыхин, С.Е. Шишков

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Н.И. Иванов*

Определение количества основного технологического оборудования: методические указания по выполнению практической работы № 3 по дисциплине «Проектирование машиностроительного производства» для студентов, обучающихся по направлению 15.03.05(очной и заочной формы обучения) / Юго-Зап. гос.ун-т; сост.: В.В.Малыхин, С.Е. Шишков Курск, 2017. 13 с. Библиогр.: с.13.

Содержат сведения по методике проведения, последовательности выполнения практической работы № 3, общие положения по определению количества оборудования для различных типов и форм организации производства.

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

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению 15.03.05 очной и заочной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12 2017 г. Формат 60x84 1/16

Усл.печ.л. 0,7. Уч.-изд.л. 0,6. Тираж 10 экз. Заказ 4703. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 г. Курск, ул.50 Лет Октября, 94

Содержание

Определение количества основного технологического оборудования (ОТО).....	4
1. Детальный способ расчета количества ОТО линий непоточного производства.....	4
2 Детальный способ расчета количества ОТО линий поточного производства	6
3 Расчет оборудования в гибких автоматизированных линиях.....	9
Литература.....	13

Практическая работа №3

Тема. Определение количества основного технологического оборудования

Цель работы:

- научить студентов на практике методам формирования исходных данных для расчета и выбора основного технологического оборудования, проектирования участка механического цеха для осуществления заданного технологического процесса изготовления изделия;

- научить студентов на практике методам расчета основного технологического оборудования для различных форм организации;

В зависимости от стадии проектирования, типа производства, а также требований точности при расчете количества основного технологического оборудования (ОТО) применяется детальный или укрупненный способ расчета.

1. Детальный способ расчета количества ОТО линий непоточного производства

При заданных условиях производства на одних и тех же станках обрабатывают различные детали, поэтому необходимо учитывать загрузку оборудования, которую создает каждая обрабатываемая деталь на каждой операции, т.е.

$$C_{p\Sigma} = \sum_{i=1}^n C_{pi} \quad (1.1)$$

где

$C_{p\Sigma}$ - суммарное расчетное количество ОТО необходимое для обработки всех деталей, закреплённых за линией;

C_{pi} - расчётное количество станков, необходимое для обработки i -той детали на данной операции;

n - количество деталей обрабатываемых на станке.

$$C_{pi} = \frac{t_{шт-к} * N_i}{\Phi_{до} 60 K_{з.сп}} \quad (1.2)$$

где

$t_{шт-к i}$ - штучно-калькуляционное время обработки детали на станке, мин; N_i - программа выпуска детали, шт.;

$\Phi_{до}$ - действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч, (Таблица 1.1);

$K_{з.сп}$ - средний коэффициент загрузки оборудования (Таблица 1.2).

Таблица 1.1 - Эффективный годовой фонд времени

Оборудование	Режим работы		
	одно-сменный	двух-сменный	трех-сменный
1	2	3	4
Металлорежущее оборудование			
Металлорежущие станки массой, т: до 10	2040	4060	6060
10...100	2000	3985	5945
Металлорежущие станки с ПУ массой, т: до 10	-	3890	5775
10...100	-	3810	5650
Агрегатные станки	-	4015	5990
Автоматические линии	-	3725	5425
Гибкие производственные модули, роботизированные технологические комплексы массой, т: до 10	-	3660	5979 (7970)
10...100	-	-	5710 (7620)
Оборудование сборочных цехов			
Рабочие места сборщиков	2070	4140	6210
Рабочие места с механизированными приспособлениями	2050	4080	6085
Сборочное автоматическое и полуавтоматическое оборудование	2000	3975	5930
Испытательные стенды с автоматической регистрацией результатов испытаний	2010	3975	5960
Автоматические сборочные линии	-	3725	5465
Испытательные стенды	2020	4015	5990

Пример 1.

Рассчитать необходимое количество ОТО для токарной обработки на станке модели 16К20В трех деталей. Годовая программа выпуска:

$N_1=10000$ шт., $N_2=5000$ шт.; $N_3=3000$ шт. Штучнокалькуляционное время: $t_{шт-к1}=1,01$ мин; $t_{шт-к2}=1.51$ мин; $t_{шт-к3}=0,74$ мин,

Расчетное количество станков определяется по формуле (1.2).

Принятый годовой действительный фонд времени работы станка Φ_d составляет 4060 ч.

Средний коэффициент загрузки станка $K_{з.ср} = 0,8$.

Таблица 1.2 – Допустимые значения коэффициентов загрузки и использования оборудования

Группа оборудования	Коэффициент загрузки		Коэффициент использования оборудования $K_{и}$
	максимально допустимый	средний по группе	
1	2	3	4
Универсальные станки Автоматы и полуавтоматы	0,95...1,0	0,8	0,9

одношпиндельные Автоматы и полуавтоматы	0,95...1,0 0,9	0,85 0,9	0,85 0,8
многошпиндельные Специальные и агрегатные станки	0,9	0,9	0,8
Автоматические линии с жесткими связями Станки с ЧПУ	0,95...1,0 0,95	0,9 0,9	0,75 0,85

По формуле (1.2) $C_{р} = \frac{10000 \cdot 1,01}{4060 \cdot 0,8 \cdot 60} = 0,051$

Для второй и третьей деталей - $C_{р2}^1 = 0,039$ и $C_{р3}^1 = 0,011$.

Необходимое количество токарных станков для обработки этих трех деталей равно

$$C_{рS}^1 = 0,051 + 0,039 + 0,011 = 0,101$$

Принятое количество станков будет равно $C_{пр} = 1$.

Данный станок следует дозагрузить обработкой других деталей.

Задание 1.

Рассчитать количество ОТО для непоточного производства по данным, приведенным в приложениях А, Б, В.

2. Детальный способ расчета количества ОТО линий поточного производства

При поточной форме организации производства первичным структурным звеном является поточная линия изготовления деталей, основной характеристикой которой является такт выпуска.

Тактом выпуска τ_v поточной линии называется расчетное время выпуска в минутах, определяемое как отношение действительного фонда времени работы оборудования в часах в год $\Phi_{до}$ к заданной программе выпуска N :

$$\tau_v = \frac{\Phi_{до} \cdot 60}{N}, \quad (1.3)$$

Расчётное количество ОТО для выполнение данной операции C_p определяется по формуле

$$C_p = \frac{t_c}{\tau_s}, \quad (1.4)$$

где

t_c - станкочасовое время выполнения данной операции, мин.

В зависимости от различных условий станкочасовое время определяется следующим образом:

1. В массовом и крупносерийном производствах:

$$t_c = t_{шт},$$

$t_{шт}$ - штучное время, мин.

2. В переменном-поточном (серийном) производстве:

$$t_c = t_{шт-к},$$

где

$t_{шт-к}$ – штучно-калькуляционное время, мин.

3. При параллельной обработке различных поверхностей на одном станке (например, многолезцовое точение), станкочасовое время зависит от времени обработки лимитирующим инструментом $t_{шт.макс.}$:

$$t_c = t_{шт.макс.}$$

3. При применении параллельно-последовательного метода обработки, станкочасовое время операции зависит от суммы времени обработки инструментом последовательно вступающим в работу, т. е. от суммы непрерываемого времени $t_{шт.непер.}$:

$$t_c = t_{шт.непер.}$$

3. При последовательной обработке различных поверхностей детали на станке одним или несколькими инструментами станкочасовое время определяется как сумма времени переходов $t_{Ешт.перех.}$:

$$t_c = t_{Ешт.перех.}$$

3. При одновременной обработке различных поверхностей инструментами с разных позиций станкочасовое время зависит от времени резания на лимитирующей позиции $t_c = t_{шт.макс.поз.}$:

$$t_c = t_{шт.макс.поз.}$$

Расчетное количество ОТО C_p округляется до ближайшего большего целого числа $C_{пр}$. Проектный коэффициент загрузки - K_3 , станка на каждой операции равен отношению

$$K_3 = C_p / C_{пр} \quad (1.5)$$

В формуле (1.5) расчета количества оборудования учитываются потери времени на ремонт, техническое и организационное обслуживание, естественные надобности и отдых рабочего. Дополнительные наложенные потери, вызываемые работой смежного оборудования и различными внешними условиями, что особенно важно при расчете по формуле (1.5), не учитываются.

Наложённые потери могут происходить по следующим причинам:

1. перебой в снабжении линии основными и вспомогательными материалами, заготовками и полуфабрикатами;
2. внезапная остановка оборудования: станков, оснастки, средств механизации транспортирования заготовок, контрольно-измерительных устройств и т.п.;
3. остановка оборудования из-за появления брака на линии;
4. остановка оборудования или его работа с низкой производительностью при запуске очередной партии деталей в производство;

5. простой и малопроизводительная работа оборудования из-за временного отсутствия требуемого числа рабочих;
6. простой оборудования из-за отсутствия тары;
7. перебой в водоснабжении и энергоснабжении;
8. остановка по другим организационно-техническим причинам, связанным с данным оборудованием.

Наложенные потери учитываются с помощью коэффициента использования $K_{и}$. При расчете коэффициента загрузки должно выполняться следующее условие:

$$K_3 < [K_3],$$

где

$[K_3]$ - максимально допустимый коэффициент загрузки оборудования.

Если

$K_3 > [K_3]$, то формула (1.2) имеет вид

$$C_p^1 = \frac{t_c}{\tau_B \cdot K_{и}} \quad (1.6)$$

Рекомендуемые значения коэффициентов $K_{и}$ приведены в таблице 1.2. Значение C_p^1 округляются до ближайшего целого числа $C_{пр}^1$ тогда действительный коэффициент загрузки оборудования будет равен

$$K_3^1 = \frac{C_p^1}{C_{пр}^1} \quad (1.7)$$

Пример 2.

Рассчитать количество основного технологического оборудования поточной линии для выпуска =656000 штук изделий в год. На линии выполняется пять операций, станкоемкость которых составляет:

$$t_{СТ1}=0,905 \text{ мин}, t_{СТ2}=1,84 \text{ мин}, t_{СТ3}=1,91$$

мин, $t_{СТ4}=0,901$ мин, $t_{СТ5}=0,903$ мин.

Поточная линия состоит из агрегатных станков, для которых $\Phi_{д.о.} = 4015$ ч. Такт выпуска изделий на линии рассчитывается по формуле (1.3)

$$\tau_B = \frac{4015 \cdot 60}{656000} = 0,371 \text{ мин}$$

Расчётное количество ОТО определяется по формуле (1.4)

$$C_p = \frac{0,905}{0,371} = 2,439$$

Для остальных операций расчетное количество станков определяется аналогично: $C_{р2}=4,96$; $C_{р3}=5,148$; $C_{р4}=2,434$; $C_{р5}=2,429$.

Расчетное количество станков округляется до ближайшего большего целого числа: $C_{пр1}=3$; $C_{пр2}=5$; $C_{пр3}=6$; $C_{пр4}=3$; $C_{пр5}=3$.

Проектный коэффициент загрузки станков для каждой операции рассчитывается по формуле (1.5)

$$K_{3_1} = \frac{2,439}{3} = 0,813$$

Остальные коэффициенты рассчитываются аналогично: $K_{3_2}=0,992$; $K_{3_3}=0,858$; $K_{3_4}=0,811$; $K_{3_5}=0,80$.

Сравнивая проектный коэффициент загрузки станков с допустимым, величина которого для принятых агрегатных станков составляет $[K_3]=0,9$, получается, что только для второй операций проектный коэффициент больше допустимого. Для этой операции вводится коэффициент использования $K_{и}=0,8$.

По формуле (1.6)

$$C_{np2}^1 = \frac{1,84}{0,371 \cdot 0,8} = 6,179$$

Тогда принятое количество ОТО C_{np2}^1 будет равно 7, а действительным коэффициент загрузки по формуле (1.7)

$$K_{з2}^1 = \frac{6,179}{7} = 0,883$$

Такт выполнения каждой операции линии $\tau_{л}$ определяется по формуле

$$\tau_{л} = \frac{t_c}{C_{np}} \quad (1.8)$$

Подставив значения для каждой операции

$$\tau_{л1} = \frac{0,905}{3} = 0,302 \text{ мин}$$

На остальных операциях такт работы линии рассчитывается аналогично:

$$\tau_{л2} = 0,368 \text{ мин}; \tau_{л3} = 0,318 \text{ мин}; \tau_{л4} = 0,300 \text{ мин}; \tau_{л5} = 0,301 \text{ мин.};$$

Такт работы поточной линии $\tau_{л}$ зависит наибольшего от времени выполнения лимитирующей операции на линии, т.е. для нашего случая это вторая операция $\tau_{л} = 0,368$ мин.

Задание 2.

Рассчитать количество ОТО поточной линии в соответствии сданными, приведенными в приложении А.

3. Расчет оборудования в гибких автоматизированных линиях

В зависимости от принятой организации производства, степени автоматизации технологического процесса обработки деталей и конструктивно-технологических характеристик обрабатываемых деталей выделяют три группы компоновки гибких автоматизированных линий (ГАЛ).

К первой группе относятся ГАЛ, которые организованы по принципу участков серийного и мелкосерийного производств с автоматизацией транспортно-складских работ. Переналадка станков на обработку новых деталей партии, а также установка заготовок и снятие деталей в пределах партии обрабатываемых изделия производится оператором.

Во вторую группу входят специализированные ГАЛ для обработки небольшой группы конструктивно однородных деталей, имеющих незначительные отличия в отдельных элементах конструкции. Единые, для всех групп деталей, технологические маршруты

обработки поверхностей позволяют специализировать оборудование по видам обработки или типам обрабатываемых поверхностей.

К третьей группе относятся широкоуниверсальные гибкие автоматизированные линии, предназначенные для обработки мелких серий разнородных деталей с изменяющейся номенклатурой. В ГАЛ включаются станки с широкими технологическими возможностями, что позволяет на любом станке линии проводить полную обработку каждой детали из всей номенклатуры, закрепленной за данной линией.

Определение количества ОТО для ГАЛ первой группы производится по методике, изложенной в п. 1.3. Средний такт выпуска линии $\tau_{в.ср.}$ для ГАЛ второй группы рассчитывается по формуле

$$\tau_{в.ср.} = \frac{\Phi_{д.о.} \cdot 60 \cdot K_{исп}}{\sum N_i}, \quad (1.9)$$

где

$K_{исп}$ - коэффициент использования оборудования, $K_{исп} = 0,9$

N_i - программа выпуска деталей закрепленных за данной линией.

Детали, имеющие отличия в конструктивных и технологических признаках обрабатываются на ГАЛ первой группы. Наличие рабочего-оператора позволяет производить обработку всех деталей скомплектованной группы.

Для обработки на ГАЛ второй группы подбираются такие детали, которые отличаются/размерами или имеют незначительные конструктивные отличия, а так же детали почти не имеющие технологических отличий. Обработка таких деталей не представляет затруднений в автоматизированном режиме, но сформировать такую номенклатуру деталей для полной загрузки оборудования довольно сложно.

Эффективность использования оборудования ГАЛ определяется загрузкой оборудования и рациональным использованием заложенных в оборудовании технологических возможностей. При полной загрузке станка не всегда будут полностью использованы его технологические возможности. И наоборот, при полном использовании технологических возможностей станка станок будет недогружен.

В настоящее время разработано множество методов, с помощью которых оптимизируется загрузка оборудования ГАЛ. Решение этой задачи осложняется тем, что время обработки детали на станках не стабильно.

Для достижения наибольшей производительности, экономичности и заданной точности обрабатываемых деталей следует применять однотипные станки с широкими технологическими возможностями. Это же позволяет сохранить работоспособность линии при выходе из строя части станков, а также производить отладку новых технологических процессов и рабочих программ без останова ГАЛ.

В связи с отсутствием трудоемкости обработки деталей расчет числа ОТО производится по типовым деталям, для которых составляется подробный технологический процесс, а затем определяется трудоемкость

изготовления. Необходимо чтобы типовые детали включали в себя все встречающиеся виды обрабатываемых поверхностей и их сочетание, характеризовали необходимую точность обработки и требования к параметру шероховатости обрабатываемых поверхностей.

Расчет количества станков производится исходя из среднего такта выпуска деталей на ГАЛ.

$$C_{p.i} = \frac{t_{c.сп.i}}{\tau_{с.сп.i}}, \quad (1.10)$$

где $\tau_{с.сп.i}$ - средняя станкоемкость, приходящаяся на каждый станок, мин;

$C_{p.i}$ - расчетное количество станков.

Если по расчетам требуется только один станок определенной модификации с высокой загрузкой, то лучше его заменить станком другой модификации с большими технологическими возможностями и уже имеющимся в линии. От этого линия станет дороже, но повышается ее работоспособность (живучесть). Однако это не значит, что можно использовать только станки с максимальными технологическими возможностями. Если станок единственный и узкоспециализированный, но имеет невысокую загрузку (около 0,5), то его можно принять в единственном числе.

Пример 4.

Расчитать количество ОТО гибкой автоматизированной линии для выпуска изделий годовой суммарной программой 30750 шт.

Средняя станкоемкость обработки деталей на станка ГАЛ приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Исходные данные для расчета оборудования ГАЛ

Номер операции	Станкоемкость обработки деталей по группам			
	A	B	C	D
1	40,8	15,0	11,4	12,1
2	86,5	50,0	50,8	34,2
3	33,1	18,9	30,8	15,0
4	20,8	11,6	11,2	-

Для выполнения операций используется следующее оборудование:

1 операция – многооперационный фрезерно-сверлильно-расточный трехкоординатный станок,

2 операция – многооперационный фрезерно-сверлильно-расточный четырехкоординатный станок,

3 операция – многооперационный фрезерно-сверлильно-расточный пятикоординатный станок,

4 операция - специализированный пятикоординатный для глубокого сверления отверстий ружейными сверлами.

По таблице 1.1 определяется $\Phi_{д.о.} = 5970$ ч. По формуле (1.9) определяется средний такт выпуска

$$t_{в.ср.} = \frac{5970 \cdot 60 \cdot 0,9}{30750} = 10,48 \text{ мин}$$

Средняя станкоёмкость определяется как

$$t_{с.ср.1} = \frac{40,8+15,0+11,4+12,1}{4} = 19,825 \text{ мин}$$

Аналогично для последующих операций.

$$t_{с.ср.2} = 54,625 \text{ мин}; t_{с.ср.3} = 24,45 \text{ мин}; t_{с.ср.4} = 14,825 \text{ мин},$$

Расчетное количество станков определяется по формуле (1.10)

$$C_{P1} = \frac{19,825}{10,48} = 1,89$$

$$C_{P2} = 5,21; C_{P3} = 2,33; C_{P4} = 1,41.$$

Принятое количество станков: $C_{пр.1}=2$; $C_{пр.2}=6$; $C_{пр.3}=3$; $C_{пр.4}=2$.

Коэффициент загрузки по формуле (1.5) составляет: $K_{3,1}=0,945$;

$$K_{3,2}=0,868; K_{3,3}=0,777; K_{3,4}=0,705.$$

Станок на первой операции перегружен, т.к. его коэффициент загрузки $K_{3,1}=0,945$ близок к максимально допустимому $[K_3]=0,95$, поэтому обработка деталей с трехкоординатного станка переводится на менее загруженный пятикоординатный станок, выполняющий третью операцию. При замене на первой операции одного станка другим станкоёмкость первой операции берется с учетом коэффициента использования оборудования, а станкоёмкости первой и третьей операции складываются.

$$t_{с.ср.1} = 19,825 \cdot 0,9 = 17,843 \text{ мин}$$

$$t_{с.ср.1+3} = 24,45 + 17,843 = 42,293 \text{ мин}$$

Необходимое количество станков пересчитывается для совмещенного варианта: $C_{P1+3}=4,036$;

$$t_{с.ср.1+3} = 5; K_{31+3} = 0,807.$$

Задание 4.

Расчитать необходимое количество ОТО гибкой автоматизированной линии по условиям приведенным в таблицах 1.4 и 1,5

Таблица 1.4 - Программа выпуска изделий ГАЛ

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
	1	16	17	18	19	20	21
5							
Программа выпуска	1 2878	148 34	159 42	17 144	180 88	189 42	199 34

Продолжение таблицы 1.4

Вариант	8	9	10	11	12	13	14
	2	23	24	25	26	27	28
2							
Программа выпуска	2 2878	248 34	259 42	27 144	280 88	289 42	29 344

Таблица 1.5 – Станкоемкость обработки деталей по группам

Вариант	Вар	Станок	Станкоемкость на станок, мин			
			A	B	C	D
14	1 -	1	40,8	15,0	11,4	12,1
		2	86,5	50,0	50,8	34,2
		3	33,1	18,9	30,8	15,0
		4	20,8	11,6	11,2	-
Вариант	Вар	Станок	Станкоемкость на станок, мин			
			A	B	C	D
28	15 -	1	37,8	12,0	4,4	10,1
		2	80,5	44,0	44,8	28,2
		3	30,1	17,9	27,8	12,0
		4	17,8	9,6	8,2	-

Пояснения к таблице 1.5.

Станки:

1. - многопозиционный фрезерно-сверлильно-расточной трехкоординатный;
2. - многопозиционный фрезерно-сверлильно-расточной четырехкоординатный;
3. - многопозиционный фрезерно-расточной пятикоординатный;
4. - специализированный пятикоординатный

Литература

1. Схиртладзе А.Г., Вороненко В.П., Морозов В.В., Шеин И.П., Киселев Е.С. Проектирование участков и цехов машиностроительных производств. - Старый Оскол: ТНТ, 2011-445 с.
2. Балашов В.М., Мешков В.В., Схиртладзе А.Г., Борискин В.П. Проектирование машиностроительных производств (механические цеха). - Старый Оскол: ТНТ, 2006-200 с.
3. Трушкин В.М., Шишков С.Е., Схиртладзе А.Г., Старков Ф.А., Старламов В.А. Проектные расчеты участка машиностроительного производства. –г.Курск: КГТУ, 2000-195 с.