ЛЕКЦИЯ 4

4. Определение количества оборудования, состава и числа работающих

4.1. Методы определения трудоемкости и станкоемкости механической обработки деталей

При проектировании цеха или участка необходимо иметь данные о трудоемкости изделия. Трудоемкостью изделия называют время, затраченное на его изготовление и выраженное в человеко-часах (Тчел.ч.).

Тчел.ч. определяется по нормативам, отражающим применение в производстве современных методов и средств.

Расчетная трудоемкость включает в себя все нормируемое по технологическому процессу время обработки на станках и ручных операциях, причем при многостаночном обслуживании суммарное время обработки на станках, обслуживаемых одним рабочим, делят на число обслуживаемых станков.

Станкоемкость изделия необходима при расчете количества оборудования и определяется временем, затраченным на изготовление изделия и выражается в станко-часах работы оборудования (Тст.ч.).

Ориентировочно связь между трудоемкостью и станкоемкостью выражается через среднее значение коэффициента многостаночности Км, где Км – среднее число станков, обслуживаемых одним рабочим.

image001

В зависимости от этапа проектирования, типа производства и др. факторов трудоемкость (станкоемкость) изготовления детали может быть определена различными способами.

Для массового производства разрабатывают подробно технологический процесс изготовления каждой детали. Основной расчетной величиной здесь является такт выпуска Т.

Т – промежуток времени, затрачиваемый на изготовление детали

image002

*Фд.ст.* – эффективный годовой фонд времени работы оборудования (ч).

*N* – годовая программа выпуска, шт.

Проектирование цехов и участков для массового и серийного производства ведут по точной программе:

для массового:

image003

для серийного:

image004

где: *Ти –* трудоемкость изготовления изделия;

image005- штучное и штучно-калькуляционное время выполнения j-ой операции обработки i-ой детали;

*п* – число деталей в изделии;

*m –* число операций изготовления детали.

image006

где: image007- подготовительно–заключительное время на j-ой операции изготовления i-ой детали;

image008- число i-х деталей в партии.

В настоящее время при техническом перевооружении предприятий серийного производства предполагается более широкое использование станков с ЧПУ, в том числе и ОЦ, и гибких производственных систем.

Для определения трудоемкости изготовления деталей в новых условиях можно воспользоваться данными о станкоемкости изготовления деталей по существующей технологии, скорректировав данные по станкоемкости изготовления тех деталей, которые переводятся для обработки на более производительное оборудование.

Для этого суммарную трудоемкость изготовления по существующей технологии разделяют по видам работ, выполняемых на универсальных станках (токарных, фрезерных, шлифовальных и т.д.), автоматах, полуавтоматах, станках с ЧПУ.

Станкоемкость по видам работ Тi корректируют с помощью коэффициента роста станкоемкости на проектную программу Кр.i c учетом ежегодного планового снижения.

Таким образом, станкоемкость рассматриваемого вида работ по базовому варианту, но на новую программу и в плановом году внедрения будет равна

image009

где:

image010

*Nпр –* программа выпуска в проектном варианте;

*Nб* – программа в действующем производстве;

*a* – планируемый ежегодный процент снижения станкоемкости;

*nB* – планируемый срок внедрения новой технологии в годах.

Затем объемы работ, переводимые на прогрессивные виды оборудования, корректируют с помощью коэффициента прогрессивности КПГ, учитывающего более высокую производительность этого оборудования

image011

Абсолютные значения коэффициентов прогрессивности зависят от сложности изготовленных изделий, технического уровня действующего производства, партии запуска.

Чем сложнее изготовляемые детали, ниже технический уровень действующего производства и меньше партия запуска, тем больше КПГ и наоборот.

Так при переводе изготовления деталей типа тел вращения на станках с ЧПУ и ГПМ рекомендуется принимать КПГ = 1,5image0123, на токарные ОЦ КПГ = 4image0135. При переводе изготовления корпусных деталей на ОЦ и ГПМ КПГ = 2image0146.

Полученные таким образом значения станкоемкости по видам работ с учетом прогрессивного оборудования применяют для определения числа станков.

При дипломном проектировании расчетную станкоемкость на годовую программу участка или цеха можно ориентировочно определить по формуле:

image015

где: image016– годовая станкоемкость изготовления деталей по заводским данным;

image017– коэффициент изменения станкоемкости на годовой проектный объем;

Ку – коэффициент ужесточения, представляющий собой отношение станкоемкости изготовления деталей на участке или в цехе после внедрения новой технологии к станкоемкости изготовления аналогичных деталей по действующей на заводе технологии.

Коэффициент Ку при дипломном проектировании можно определить на основе сопоставления станкоемкости изготовления деталей – представителей по сравниваемым вариантам, т.е. по тем деталям, на которые детально разрабатывались новые технологические процессы.

image018

где ТПрi и Тi – соответственно проектная и заводская станкоемкость обработки деталей – представителей.

При укрупненном проектировании, применяемом на этапе технико-экономического обоснования проекта (ТЭП), трудоемкость изготовления деталей изделия на годовой выпуск может быть определена по показателям трудоемкости механической обработки комплекта деталей одного изделия image019или 1 т. изделия image020.

При использовании первого показателя суммарная трудоемкость обработки годовой программы

image021

где: *N* – годовая программа выпуска.

При использовании второго показателя

image022

где: *Ми –* масса изделия.

Указанные показатели трудоемкости определяют на основе анализа трудоемкости изготовления аналогичных изделий на передовых заводах страны и за рубежом.

4.2. Определение количества основного технологического оборудования

В зависимости от стадии проектирования, а также от требований степени конечной точности результата при определении количества основного технологического оборудования применяют либо детальный, либо укрупненный способ.

4.2.1. Детальный способ расчета количества оборудования для поточного производства

а) для непрерывно-поточной линии.

Исходными данными для определения количества потребного основного технологического оборудования являются производственная программа и действительный фонд времени работы оборудования.

Станкоемкость представляет собой время, затрачиваемое станком (или станками) для выполнения данной операции или всех машинных операций при изготовлении детали, узла или изделия в целом (в станко-часах или станко-минутах).

Станкоемкость операции tc равна штучному времени tшт, представляющему собой сумму:

image023

или

image024

где: image025– процент потерь времени от оперативного времени

image026

image027= 6 – 18 %

*ta = tM –* машинное (основное) время

image028;

где: *Li* – размер обрабатываемой на данной операции поверхности, включая и переходы инструмента с рабочей подачей (мм).

*i* – число проходов;

*п* – число оборотов (ходов) инструмента или обрабатываемой детали в минуту;

*S* – подача на 1 оборот или двойной ход, мм.

Время *tB* характеризует затраты времени на вспомогательные приемы (установка, закрепление и снятие детали, очистка от стружки, подвод и отвод инструмента, переключение скоростей и подач; измерения детали; время, необходимое для фиксации спутника или детали в автоматических линиях и перемещение их с позиции на позицию).

Время *tтех* – техническое обслуживание рабочего места, отнесенное к одной детали (время на смену и подналадку инструмента, устранение отказов и т.д.).

Время *tорг* – время на организацию обслуживания рабочего места (подготовка станка к работе, чистка, смазка и т.д.).

Время *tпер* включает потери времени связанные с естественными надобностями рабочего, т.е. перерывы.

Расчетное количество оборудования Sрасч находится из отношения:

image029до ближайшего целого

*tоп* – оперативное время (*t0 + tвсп*);

*Т* – такт выпуска.

image030

Коэффициент загрузки станка равен:

image031

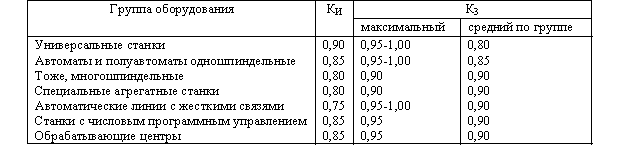
Но так как на практике на работу автоматической линии оказывают большое влияние потери, связанные с остановкой сложного оборудования, то такие потери учитывают вводя коэффициент использования оборудования КИ.

Принимаемое в проекте количество оборудования на операцию равно:

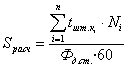
image032

где КИ – коэффициент использования оборудования, представляющий собой отношение расчетного числа единиц технологического оборудования, необходимого для обеспечения программы выпуска изделий, к фактическому (табл. 4.1)

Таблица 4.1. Допускаемые значения коэффициентов использования и загрузки оборудования.



б) для переменно-поточных и групповых поточных линий здесь число станков на каждую операцию рассчитывают по штучно-калькуляционному времени и программе выпуска каждой закрепленной за линией детали:

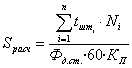


где: image035- штучно-калькуляционное время (мин) изготовления i-ой детали на станки;

*Ni* – программа выпуска i-ой детали;

*n –* количество типов деталей.

Если неизвестно подготовительно-заключительное время то



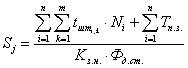
где: *КП* – коэффициент переналадки.

*КП*= 0,95

Если многопредметная поточная линия работает с разными тактами, то необходимо условие

image037

Количество оборудования по наименованию для подетально-групповых участков и групповых многопредметных линий:



где: image039- штучное время обработки i-го изделия на к-ой операции, использующее j-е наименование оборудования;

*Ni* – количество i-ых изделий, подлежащих выпуску;

*Тп.з,* - подготовительно-заключительное время i-ой детали на j-ом оборудовании.

*Кз.н.* – планируемый нормативный коэффициент загрузки оборудования;

*Фд* – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час.

*i* – индекс детали, порядковый номер детали (1,2…*п*);

*j* – индекс оборудования;

image040- принятое количество оборудования

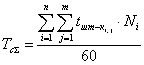
image041- общее количество оборудования.

4.2.2. Расчет количества основного технологического оборудования при непоточном производстве

В цехах непоточного производства детали изготовляют партиями. При детальном проектировании цехов (по точной программе) и участков серийного производства количество станков определяют по каждому типоразмеру оборудования для каждого участка на основе данных о станкоемкости деталей, закрепленных для обработки за данным участком

image042

где: image043- суммарная станкоемкость обработки годового количества деталей, обрабатываемых на участке на станках данного типоразмера, стан.-час.



где: image045- штучно-калькуляционное время выполнения j-ой операции изготовления i-ой детали, станко-мин;

*Ni* – годовая программа выпуска i-ых деталей;

*m* – число операций обработки i-ой детали;

*п* – число разных деталей.

При проектировании по приведенной программе в формулу для определения станкоемкости подставляют штучно-калькуляционное время операций изготовления детали – представителя и ее приведенная программа.

4.2.3. Укрупненный способ определения количества основного оборудования.

При проектировании цехов с большой, точно не выявленной номенклатурой производства, применяются укрупненные способы расчетов.

При укрупненном расчете все детали, подлежащие изготовлению, разбивают на группы по технологической однородности и в каждой группе выбирают представителей, для которых устанавливают номенклатуру и количество оборудования детальным способом по технологическим операциооным картам; станкоемкость прочих деталей в группах и количество оборудования для них определяют по станкоемкости и номенклатуре оборудования – представителя с помощью коэффициента приведения.

Количество потребного основного оборудования при проектировании укрупненным способом определяют по формуле:

image046

или

image047

где: *Tст.ч*– станкоемкость годового объема выпуска изделий с запасными частями в станко-часах;

image048средний действительный годовой фонд времени работы оборудования для механических цехов;

*Ки –* средний коэффициент использования оборудования;

*Кз –* средний коэффициент загрузки оборудования;

*N* – заданный объем выпуска изделий, включая запасные части;

*q –* расчетная производительность одного станка в год;

*m* – проектируемое число смен.

image049

где: *tст.ч.* – станкоемкость комплекта обрабатываемых деталей-представителей (если имеется несколько групп деталей).

*Кпр –* коэффициент приведения;

*Кзап –*коэффициент, учитывающий годовой выпуск запасных частей.

При проектировании укрупненным способом по технико-экономическим показателям используют опыт передовых заводов. В качестве таких показателей при расчете механических цехов используют выпуск одним станком основного производства при работе в одну смену и при стопроцентной загрузке или станкоемкость. Объем выпуска может выражаться в штуках, тоннах или тысячах рублей продукции, а станкоемкость – станко-часах, необходимых для изготовления одного изделия (комплекта, узла), 1 т. изделий или изготовления изделий стоимостью 1 тыс. рублей.

image050

или

image051

где: *N –* программа годовой продукции, выпускаемой в год (в тоннах, штуках или рублях);

*q* – годовой выпуск продукции единицы оборудования при одной смене (в тоннах, штуках или рублях).

*m* – число смен;

*h* – число станко-часов, затрачиваемых на 1 т. готовой продукции;

*Фд –* действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования;

*Кз.н.* – планируемый нормативный коэффициент загрузки оборудования.

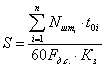
4.2.4. Количество оборудования при компоновке автоматических линий

image052

где: *tоп* – оперативное время (сумма основного-технологического и вспомогательного времен).

image053- такт работы автоматической линии.

4.2.5. Количество каждого типа станков для гибких производственных систем



где: *S* – количество станков каждого типа (округляется до целого значения).

image055- годовой объем выпуска деталей одного типа;

image056- технологическое время обработки деталей одного типа в мин.;

*п* – количество типов деталей;

image057- действительный годовой фонд времени работы ГПС с учетом установленных сменности и числа рабочих дней в году, а также установленного уровня всех видов потерь рабочего времени, в ч.

*Кз* – коэффициент загрузки станка.

4.3. Определение состава и числа работающих

Общее количество работающих в механическом цехе составляют:

* производственные рабочие (станочники);
* вспомогательные рабочие;
* младший обслуживающий персонал (МОП);
* служащие (ИТР и СКП).

Для единичного и серийного производства, (непоточное производство) количество производственных рабочих-станочников определяется:

1. по общему нормировочному времени

image058

где: image059- суммарное нормировочное штучно-калькуляционное время, необходимое для обработки на станках данного типа годового количества деталей (с учетом запасных), ч.

image060- действительный годовой фонд времени работы рабочего;

*КМ* – количество станков, на которых одновременно может работать один рабочий (коэффициент многостаночности);

*- штучно-калькуляционное время на обработку одной детали (мин);

*N* – количество одноименных деталей, обрабатываемых в год на станках данного типоразмера.

1. по заданному количеству станков количество рабочих-станочников определяется исходя из заданного или принятого количества станков

image062

где: image063- действительный годовой фонд времени работы станка;

image064- действительный годовой фонд времени работы рабочих;

*m* – количество смен в сутки;

image065,

где image066- номинальный годовой фонд работы рабочего;

image067- коэффициент, учитывающий время отпуска рабочего и невыходы по уважительным причинам.

image068=0,9 при отпуске 15 дн. image069image070= 1860 ч.

image071=0,89 при отпуске 18 дн. image072image073= 1840 ч.

image074=0,87 при отпуске 24 дн. image075image076= 1800 ч.

*ФН* = 2070 ч.

*КМ* – зависит от вида оборудования.

*КМ* = 1 для универсальных станков.

…

*КМ* = 2…3 для станков с ЧПУ.

Количество производственных рабочих-слесарей определяется от числа станочников (3 – 5 %).

Вспомогательные рабочие (наладчики станков (кроме единичного), смазчики, крановщики и т.д.) берутся на основании расчета в зависимости от характера и объема выполняемых работ.

Например:

 наладчики от числа станков

 крановщики от числа кранов.

Примерно 18image07725 % от количества производственных рабочих.

Количество рабочих-станочников в поточном производстве определяется по количеству рабочих мест (станков), выполняющих определенную операцию.

При многостаночной работе, если она возможна, количество станков, обслуживаемых одним рабочим, определяется путем составления циклограмм работы.

Вспомогательные рабочие: 35image0785 % от числа производственных.

Таблица 4.2.Численность вспомогательных рабочих механических и обрабатывающих цехов (% числа производственных рабочих).

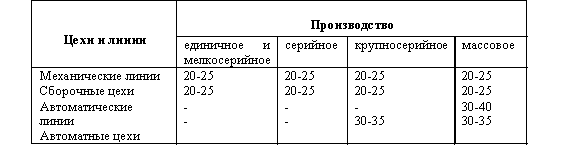
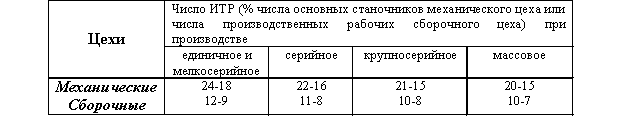


Таблица 4.3.Нормы для определения численности ИТР механических и сборочных цехов



Число наладчиков берется от числа обслуживаемых станков.

Например:

 для токарных станков число станков (11-18) берется 1 наладчик.

 автоматов (3-6) – один наладчик.

 на автоматических линиях (3-10 позиций) - один наладчик.

Для ГПС число наладчиков-операторов берется в зависимости от числа обслуживаемых модулей:

1 наладчик – 3 – 4 токарных модуля;

1 наладчик – 2 – 3 шлифовальных модуля.

4.3.1. Расчет количества работающих в ГПС

Различают три категории работающих на ГПС:

1 категория – работающих на неавтоматизированных операциях (сборка приспособлений, установка заготовок на паллетах, предварительная настройка инструмента вне станка, отдельные операции загрузки инструмента, деталей и другие подобные работы);

2я – работающие полностью на обслуживании одной ГПС (оператора);

3я – работающие определенное рабочее время на данной ГПС, а остальное время на других ГПС (программисты, системники и т.д.)

Количество работающих на участке сборки приспособлений и установки заготовок на паллетах рассчитывается по формуле:

image081

где:image082 - годовая программа выпуска продукции в шт.;

image083- время сборки универсально-сборочного приспособления. Если установка заготовки производится без приспособления, то image084= 0;

image085- время установки детали в приспособление;

image086- время установки заготовки или приспособления с заготовкой на паллете;

image087- действительный годовой фонд времени работающего.

4.3.2. Расчет количества рабочих на участке предварительной настройки режущего инструмента на размер вне станка

image088

где: image089- среднее штучное время по всем деталям обрабатываемым на ГПС, мин;

image090- время настройки одного инструмента;

image091- норма времени резания на станке инструментом i-ой группы (типа) при изготовлении деталей, мин;

image092- стойкость инструмента i-ой группы (типа), мин;

*h* – количество групп (типов) режущего инструмента, используемых на ГПС.

Контрольные задания

Задание 4.1.

Что такое трудоемкость изготовления?

Задание 4.2.

Что такое станкоемкость?

Задание 4.3.

Как определить количество основного оборудования для непоточного производства

Задание 4.4

Как определить количество основного оборудования для поточного производства?