Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: ректор
Дата подписания: 17.09.2025 15:05:53
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

Проектирование высокоэффективных производств

Методические указания
для выполнения практических работ по дисциплине

Составители: Е.М. Левина, С.А. Паршина

Текстовое электронное издание

Москва
2023

Об издании 1

Подготовлены в помощь студентам, выполняющим практические работы по дисциплине «Проектирование высокоэффективных производств», а также выпускную квалификационную работу бакалавра. В методических указаниях изложены вопросы проектирования участков и цехов высокоэффективного обрабатывающего производства, приведены методики расчета количества основного и вспомогательного оборудования, производственного персонала, систем производственного обеспечения, производственных площадей и др., а также примеры планировок производственных участков и цехов обрабатывающего производства и необходимые нормативные материалы для их проектирования.

Предназначены для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение» всех форм обучения.

Рецензент:
В.Б. Авдеев, к.т.н., доцент кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» Московского Политеха

Рекомендовано к изданию на заседании кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» (протокол № 2-23/24 от 25.10.2023)

Системные требования: PC-совместимый процессор 1,3 ГГц и выше. Оперативная память (RAM): 256 Мб. Необходимо на винчестере: 350 Мб. Операционные системы: Windows, Mac OS. Видеосистема: разрешение экрана 1024x768. Дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 9 и выше.

Разработано с помощью программного обеспечения Microsoft Office Word, Adobe Acrobat Pro

Издается в авторской редакции

Ответственный за выпуск *А.В. Куркова*
Компьютерная верстка: *Н.Р. Гуськова*

Подписано к использованию 31.10.2023
Объем издания 1,02 Мб. Тираж 50. Заказ № 96

Издательство Московского Политеха
115280, Москва, Автозаводская, 16
www.mospolytech.ru; e-mail: izdat.mospolytech@yandex.ru;
тел. (495) 276-33-67

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ (УЧАСТКОВ) 6
   1.1. Состав механического цеха 6
   1.2. Определение типа производства 7
   1.3. Расчет количества основного оборудования по станкоемкости механической обработки 8
   1.4. Расчет количества производственных и вспомогательных рабочих 10
   1.5. Расчет площади складов заготовок и готовых деталей на участке цеха 11
   1.6. Выбор и расчет транспортного оборудования 13
   1.7. Системы транспортирования стружки 16
   1.8. Общая планировка оборудования и рабочих мест в механическом цехе (участке) 18

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ (УЧАСТКОВ) ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ (ЭХФО) 23
   2.1. Общие сведения и технологическая схема обработки 23
   2.2. Состав цеха электрохимической обработки 24
   2.3. Расчет оборудования 25
   2.4. Расчет площадей 27
   2.5. Расчет штатов 28
   2.6. Компоновка и планировка участка (цеха) ЭХФО 30

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ 32

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 34

ПРИЛОЖЕНИЯ
   Приложение 1. Исходные данные для выполнения практической работы 35
   Приложение 2. Условные графические изображения санитарно-технического оборудования 42
   Приложение 3. Пример технологической планировки участка цеха 43

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование высокоэффективных производств является сложным и трудоемким процессом, в ходе которого одновременно решаются технические, экономические и организационные задачи. Основной целью проектирования является разработка наиболее экономичных проектов цехов, обеспечивающих выпуск высококачественной продукции при наиболее благоприятных условиях труда. В современных условиях проектирование подобных цехов становится комплексной проблемой, объединяющей передовые достижения технологии машиностроения, экономики и организации промышленности, строительства, транспорта.

В настоящее время одной из главных задач является сохранение и развитие отечественной технологической среды, обеспечивающей выпуск конкурентоспособной на мировом рынке изделий наукоемкой (машиностроительной, авиационной, ракетно-космической, газотурбинной, криогенной, транспортной, медицинской и др.) техники. В решении этой актуальной задачи главенствующая роль принадлежит постоянному обновлению и созданию высокоэффективных производств, реализующих современные технологии воздействия концентрированными потоками энергии, прецизионной формообразующей, отделочной и модифицирующей обработки. Машиностроение является основой технического перевооружения всех отраслей народного хозяйства. Требования к качеству и разнообразию продукции машиностроения, интенсивное развитие технических средств и оборудования вызывают необходимость совершенствования, создания и внедрения методики проектирования на их основе высокоэффективных предприятий, а также реконструкции действующих.

Основной целью настоящих методических указаний является закрепление и углубление знаний, полученных студентами во время лекционных занятий и производственных практик, а также приобретение практических навыков в области проектирования цехов и участков электрофизической и электрохимической обработки деталей, работе со справочной литературой и стандартами.

При выполнении практической работы значительное внимание уделяется логическому обоснованию технологической последовательности производственного процесса с соблюдением

принципов рациональной компоновки и планировки участка цеха, что является основой разработки экономичных проектов участков (цехов), обеспечивающих выпуск высококачественной продукции при благоприятных условиях труда.

Методические указания предназначены для студентов высших учебных заведений обучающихся по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение» всех форм обучения

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ (УЧАСТКОВ)

Состав цеха (участка) и методы определения количества основного оборудования и его рациональная расстановка берется из отчета по конструкторско-технологической практике для базового варианта технологического процесса.

Определение станкоёмкости механической обработки, расчет количества оборудования по заданной программе, коэффициент загрузки оборудования производится по источникам [2, 4, 5].

1.1. Состав механического цеха

В состав механического цеха входят производственные отделения, участки, линии, вспомогательные и административно-бытовые службы

Производственные подразделения механического цеха предназначены для размещения оборудования и рабочих мест согласно технологическим процессам обработки деталей или по однотипности выполняемых операций

Состав их зависит от типа и организации производства. Механические цехи завода серийного и единичного производств специализируются на выпуске определенных деталей, связанных общностью массы и габаритов или технологических процессов обработки. В таких цехах обработка деталей производится на подетально-групповых участках.

В условиях крупносерийного и массового поточного производств в цехах изготовляются все детали определенной сборочной единицы или машины. В составе таких цехов имеются механические и сборочные отделения, детали с поточных станочных линий поступают непосредственно на узловую сборку.

Вспомогательные службы механического цеха включают:

– *инструментальное хозяйство*, в состав которого входят инструментально-раздаточная кладовая (ИРК), кладовая приспособлений, оснастки и абразивов, заточное отделение, мастерская по ремонту приспособлений;

– *ремонтное хозяйство* – цеховая ремонтная база (РБ), кладовая запасных частей;

– *складское хозяйство* – склады и кладовые металла и заготовок, загрузочные площадки, склады межоперационного хранения деталей, готовых деталей, а также кладовые вспомогательных материалов;

– *эмульсионное хозяйство* – помещения для приготовления различных охлаждающих жидкостей и системы их раздачи на рабочие места;

– *склады масел и система раздачи масел* на рабочие места и возврата их на регенерацию;

– *цеховая система сбора и транспортировки стружки* с отделением переработки стружки;

– *цеховой контроль* с постами промежуточного, окончательного контроля и контрольным отделением.

В небольших цехах эмульсионное и масляное хозяйства входят в состав ремонтного.

В зависимости от принятой схемы организации производства и мощности цеха некоторые отделения вспомогатель-ных служб могут быть объединены или исключены из состава цеха за счет кооперации вспомогательного хозяйства с другими цехами

Если несколько цехов располагаются в одном корпусе, вспомогательные службы входят в состав наиболее крупного цеха и обслуживают весь корпус или организуется самостоятельное общекорпусное вспомогательное отделение.

1.2. Определение типа производства

Тип производства устанавливается по участку с помощью коэффициента закрепления операций, который рассчитывается по формуле [6]:

$$K = \sum K_{\text{ор } i} / K_{\text{рм}} \qquad (1)$$

где $K_{\text{ор } i}$ – число операций, выполняемых на i-м рабочем месте с учетом условной дозагрузки;

$K_{\text{рм}}$ – количество рабочих мест.

По полученному значению коэффициента операций К с учетом массы деталей и объема выпуска определяют по таблице 3.1 [5]. В соответствии с ГОСТ 3.1119-83 коэффициент закрепления операций составляет: для мелкосерийного производства – свыше 20 до 40 включительно; для среднесерийного – свыше 10 до 20 включительно; для крупносерийного – свыше 1 до 10 включительно; для крупносерийного – свыше 1 до 10 включительно. Кроме этого, исходя из заданной производственной программы и характера обработки деталей тип производства выбирают исходя из рекомендаций, представленных в таблице 1 [2].

Таблица 1

Характеристика типов производства

Тип производства	Количество обрабатываемых в год деталей одного наименования и типоразмера		
	крупных (тяжелых)	средних	малых (легких)
Единичное (индивидуальное)	До 5	До 10	До 100
Серийное	Свыше 5 до 1000	Свыше 10 до 5000	Свыше 100 до 50000
Массовое	Свыше 1000	Свыше 5000	Свыше 50000

1.3. Расчет количества основного оборудования по станкоемкости механической обработки

Станкоемкость механической обработки определяется техническим нормированием операций технологических процессов изготовления деталей. Этот метод расчета применяется при проектировании по точной программе для цехов массового и серийного производств [1].

Алгоритм расчета количества технологического оборудования установлен ГОСТ 14.408–83.

Потребное количество станков данного типа для непоточного производства определяется по формуле

$$C_{\text{р}} = \frac{T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{Д}}}, \qquad (2)$$

где $$T_{\text{шт}} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} T_{oij} \cdot N_i, \qquad (3)$$

T_{0ij} – – штучно-калькуляционное время выполнения j-й операции изготовления i-й детали, станко-мин.;

N_i – годовая программа выпуска i-х деталей;

n – число разных деталей, обрабатываемых на станках данного типа;

m – число операций обработки i-й детали на станках данного типоразмера;

$F_{\text{Д}}$ – эффективный фонд времени работы станка, для металлорежущих станков, имеющих массу не более 10 т и работающих в две смены.

Из работы [5] имеем $F_{\text{Д}} = 4060$ часов, а для металлорежущих станков массой от 10 до 100 т и работающих в две смены $F_{\text{Д}} = 3985$ часов.

Полученное расчетное значение $C_{\text{р}}$ округляется до ближайшего большего числа станков $C_{\text{пр}}$, и определяется коэффициент загрузки оборудования

$$K = \frac{C_{\text{р}}}{C_{\text{пр}}}. \qquad (4)$$

Средние значения коэффициентов загрузки оборудования $K_{\text{заг}}$ по цеху единичного и мелкосерийного производств принимают 0,8–0,9; серийного – 0,75–0,85; крупносерийного и массового – 0,65–0,75.

Полученный коэффициент загрузки станков данного типоразмера не должен превышать допустимого значения (из работы [5] $K_{\text{заг}} < 0{,}95$). В тех случаях, когда полученный коэффициент загрузки превышает допустимое значение, необходимо ввести в расчет коэффициент использования $K_{\text{и}}$, учитывающий возможные наложенные потери времени. В этом случае потребное число станков (шт.) будет

$$C_{\text{р}} = \text{округл.}(C_{\text{пр}} / K_{\text{и}}). \qquad (5)$$

Определяется общее число станков на участке:

$$S = \sum_{j=1}^{p} S_j \,. \qquad (6)$$

1.4. Расчет количества производственных и вспомогательных рабочих

Количество рабочих-станочников определяется расчетом по станкоемкости или по количеству станков, принятому в проекте. Количество остальных рабочих определяется в процентном отношении к установленному числу рабочих-станочников [1]

$$R = \frac{T_s}{F_r \cdot k_{\text{м}}}, \qquad (7)$$

где R – расчетное число рабочих-станочников данной профессии;
T_s – годовая станкоемкость работ для данного типа оборудования, ч;
F_r – действительный годовой фонд времени рабочего, ч;
$k_{\text{м}}$ – коэффициент многостаночности, т.е. количество станков, на которых может одновременно работать один рабочий, для универсальных токарных, фрезерных и др. станков $k_{\text{м}}$=1 [2]. Средние значения коэффициентов загрузки оборудования $K_{\text{заг}}$ по цеху единичного и мелкосерийного производств принимают 0,8–0,9; серийного – 0,75–0,85; крупносерийного и массового – 0,65–0,75.

По количеству станков число рабочих-станочников определяется:

$$R = (S \cdot F_{\text{Д}} \cdot K_{\text{заг}})/(F_r \cdot k_{\text{м}}) \qquad (8)$$

где S – количество станков данного вида, принятых в проекте;
$P_{\text{Д}}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования;
$K_{\text{заг}}$ – коэффициент загрузки станков.

Средние значения коэффициентов загрузки оборудования $K_{\text{заг}}$ по цеху единичного и мелкосерийного производств принимают

0,8–0,9; серийного – 0,75–0,85; крупносерийного и массового – 0,65–0,75.

1.5. Расчет площади складов заготовок и готовых деталей на участке цеха

Основной задачей цеховых складов является обеспечение нормального хода производства. В комплекс цеховых складов входят склады участков заготовок и готовых деталей.

В единичном и серийном производствах цеховой склад заготовок и полуфабрикатов размещают в начале пролетов в соответствии с обрабатываемыми деталями. Для хранения крупных заготовок склады располагают на специальных открытых или закрытых эстакадах для хранения 2-3 – дневного запаса заготовок.

Хранение штучных грузов (отливок, поковок, деталей и т.д.) должно производиться в унифицированной таре, которая позволяет использовать механизированные погрузочно-разгрузочные, транспортирующие устройства и многоярусное хранение в штабелях или на стеллажах.

Запас материалов и заготовок в цеховом складе должен быть невелик, так как назначением его является только обеспечивать регулярное снабжением цеха (участка) материалами заготовками для бесперебойной работы станков. Это требование обосновывается двумя соображениями:

– цехи (участки) не должны создавать излишнего запаса материалов, чтобы не замедлять их оборачиваемость;

– хранение большего запаса материалов отнимает излишнюю производственную площадь, что нецелесообразно.

Поэтому при расчете потребной площади склада рекомендуется принимать запасы сортового металла и заготовок, указанные в таблице 2 [2].

Таблица 2

Нормы запаса на цеховых сладах материалов и заготовок

Род материала и заготовок	Нормы запаса на сладах для разных видов производства (в календарных днях)				
	Единичного	Мелкосерийного	Серийного	Крупносерийного	Массового
Сортового металла, мелких и средних отливок и поковок	10	8	6	4	2
Крупных отливок и поковок	10	8	6	1,5	0,5

Площадь для хранения заготовок на стеллажах можно определить путем расположения необходимых для этого стеллажей. Надо предварительно выбрать размеры гнезд стеллажей, количество этих гнезд, число ярусов в стеллаже. Общую высоту и длину стеллажей так, чтобы их было достаточно для хранения запаса заготовок на установленный срок.

Площадь для хранения заготовок на принятый срок определяется по нагрузке на 1 м^2 площади пола, которая принимается на основе нагрузок, допускаемых конструкцией пола, с учетом удобства хранения материала и оперирования с ним при погрузке и разгрузке. При расположении цеховых складов в одноэтажном здании нагрузка на 1 м^2 пола склада при хранении материалов и заготовок удельным весом более 4 т принимается равной:

для сортового материала.....до 2,5–3,0 т
для литья, поковок и штамповок мелких
и средних размеров.....до 2,0–3,0 т
для крупных заготовок.....до 2,5 т

При хранении материалов и заготовок удельным весом до 4 **т** соответственно 1,2; 0,7; 1,2 т.

При расчете площади складов заготовок исходят из необходимости запаса и грузонапряженности пола [1]:

$$P = \frac{Q \cdot T}{f \cdot q_p \cdot k_p}, \qquad (9)$$

где P – площадь складов заготовок, м;

Q – масса заготовок обрабатываемых в цехе в течение года, т;

T – запас заготовок дни;

f – среднее число рабочих дней в году (f = 253)

q_p – средняя грузонапряженность склада, т/м^2; k_p – коэффициент использования площади склада, представляющий отношение полезной площади слада к его общей площади и учитывающий проходы и проезды (k_p = 0,4–0,5).

Склад готовых деталей предназначен для хранения деталей перед отправкой на сборку. Склад готовых деталей и комплектовочный склад размещают в конце пролетов механического цеха на пути следования деталей на сборку.

Площадь склада готовой продукции определяется также как и общая площадь под заготовки и материалы. Грузонапряженность площади пола складов принимается меньшей, чем в цеховом складе заготовок, так как готовые детали хранятся, как правило, на стеллажах или специальных подставках, столах и таре. Допускаемую грузонапряженность следует принимать равной: при удельном весе материалов более 1–4 т на 1 м для мелких и средних деталей и 1,5 т на 1 м^2 для крупных; при удельном весе материалов до 4 т – соответственно 0,4 и 0,6 на 1 м^2.

1.6. Выбор и расчет транспортного оборудования

Заводской транспорт делится на три вида: внешний, межцеховой и внутрицеховой.

Внешний транспорт используется для связи завода с ближайшими магистралями, промышленными и хозяйственными предприятиями.

Межцеховой транспорт представляют электро- и автокары, автомобили, мотоциклы с тележками, автотягачи с прицепами и др.

Цеховой транспорт обслуживает станки, места сборки, цеховые и складские помещения. Применяются ручные тележки, электро- и автокары, монорельсовые дороги, поворотные и консольные краны, кран-балки. Мостовые краны, конвейеры разных типов, рольганги, желоба, склизы, скаты, подъемники электрические и пневматические и т.д.

Выбор транспорта зависит от характера изготовляемой продукции, ее массы и размера, вида и формы организации производства, типа и размеров здания.

В каждом конкретном случае нужно выбирать такой вид транспорта, который наиболее рационально и экономично обслуживал бы производственный процесс.

При выборе транспортного оборудования необходимо учитывать, что краны и тали целесообразно использовать для периодических перемещений грузов внутри определенной зоны. При неодинаковых размерах или массе материалов, а также для перемещений материалов независимо от основных потоков.

Главной функцией кранов и талей является подъем.

Приводные конвейеры нужно использовать в том случае, если грузы однотипны по форме и движутся непрерывно или периодически через равные промежутки времени.

Любой тип перемещения с постоянным ритмом может производиться с помощью приводных конвейеров. При этом тип конвейера надо выбирать после тщательного анализа всех возможностей, представляемых другими типами.

Расчет количества напольно-тележечного межоперационного транспорта

Расчет электротележек, электроштабелеров, погрузчиков и т п. ведется по общему количеству транспортируемых материалов. При односторонней маятниковой системе перевозок [1]

$$\Theta_{мс} = (Q \cdot t_{мс} \cdot k_н) / (60 \quad F_н \cdot d \cdot k_г \cdot k_п), \qquad (10)$$

где $\Theta_{мс}$– количество элементов напольного транспорта (тележек, электро- и автокар) данного типа;

Q – общее годовое количество транспортируемых грузов на данном виде транспорта, т;

$T_{мс}$ – среднее время одного рейса (оборота), мин;

$F_н$ – номинальный годовой фонд времени работы транспортной единицы, ч;

d – полезная нагрузка на одну транспортную единицу, т;

$k_н$ – коэффициент неравномерности прибытия и отправки грузов, $k_н$ =1,2–1,3;

$k_п$ – коэффициент использования грузоподъемности, $k_п = 0{,}6\text{-}0{,}95$;

k_r – коэффициент использования транспортного парка, $k_r = 0{,}6–0{,}9$.

Среднее время одного рейса при односторонней маятниковой системе определяется как сумма затрат времени на пробег транспорта в оба конца, разгрузку и погрузку:

$$t_{мс} = \frac{L_{ср}}{V_{ср}} + t_п + t_р + t_з, \qquad (11)$$

где $L_{ср}$ – средняя длина пробега в оба конца, м;

$V_{ср}$ – средняя скорость перемещения транспортной единицы, м/мин;

$t_п$, $t_р$ – соответственно время на погрузку и разгрузку, мин;

$t_з$ – время случайных задержек (принимается 10% от времени пробега).

При двусторонней маятниковой системе на обоих пунктах остановки транспортной единицы происходит разгрузка одних и погрузка других грузов, транспортируемых в противоположном направлении. В этом случае время рейса определяется по следующей формуле:

$$t_{мс} = \frac{\frac{L_{ср}}{V_{ср}} + 2(t_п + t_р) + t}{2}. \qquad (12)$$

При кольцевой системе перевозок несколько пунктов, примерно одинаковых по грузообороту, объединяют в замкнутый кольцевой маршрут. На каждом пункте остановки транспортной единицы происходит разгрузка одних и погрузка других грузов.

$$\Theta_{мс} = \frac{Q \cdot t_{кс} \cdot k_н}{60 \cdot F_н \cdot d \cdot k_r \cdot k_п}, \qquad (13)$$

где $t_{кс}$ – среднее время одного рейса по кольцевому маршруту.

$$t_{кс} = \frac{\frac{L_к}{V_{ср}} + \sum_1^n t_П + \sum_1^n t_р + t}{n}, \qquad (14)$$

где $l_к$ – общая длина кольцевого маршрута, м;

$V_{ср}$ – средняя скорость перемещения транспортной единицы между отдельными пунктами;

n – общее количество пунктов разгрузки и погрузки по кольцевому маршруту.

1.7. Системы транспортирования стружки

Основным условием механизации и автоматизации процесса и транспортирования стружки является размещение станочных линий на участке для обработки деталей из однородных материалов [1, 2].

Современные модели станков снабжены механизированными системами сбора и удаления стружки из зоны резания, исключающими применения ручного труда и облегчающими подключение станка в общую систему транспортирования стружки. Отдельные модели станков снабжены контейнерами ля сбора стружки; в этом случае передача станочного контейнера на транспортер и возврат его к станку или пересыпка из контейнера в цеховую систему транспортирования стружки производится вручную.

Однако имеется еще значительное количество станков, у которых стружка накапливается в корыте для СОЖ и затем вручную пересыпается в контейнеры или люки транспортеров.

Выбор цеховой системы транспортирования стружки зависит от количества. Сорта материала и вида стружки, а также компоновки и планировки оборудования.

Различают три способа транспортирования стружки:

1) автоматизированный. С применением средств непрерывного транспорта, с помощью линейных и магистральных транспортеров;

2) комбинированный, с использованием только магистральных или линейных транспортеров: при удалении стружки от станков в тару вручную и при транспортировании тары к магистральному транспортеру, или от линейного транспортера в отделение

переработки стружки средствами малой механизации, или напольным транспортом;

3)механизированный. С применением ручного труда и транспортных средств общего назначения: от станков вручную стружка перегружается в тару, а затем мостовыми кранами, кран-балками, электроталями на монорельсе, самоходными тележками, автопогрузчиками или другими средствами транспортируется в отделение переработки стружки.

Каждый вид стружки имеет свои особенности в транспортировании. Легко транспортируется мелкая, сыпучая стружка, труднее всего – длинная, витая, поэтому в технологических процессах обработки деталей необходимо применять инструмент и виды обработки, обеспечивающие дробление стружки непосредственно в зоне резания.

Выход стружки при обработке определяется по всем видам наименования деталей как разность между массой заготовок и деталей на годовую программу участка или цеха. Объем стружки зависит от вида заготовок и принимается при обработке деталей (ориентировочно): из проката – 15%, из поковок – 20%, из стального и чугунного литья – 20–25%, из цветного литья – до 60%.

В зависимости от среднечасового выхода стружки и площади участка рекомендуется применять:

механизированную систему транспортирования при выходе стружки 200–300 кг/ч на площади 1000–2000 м^2. Для отдельных участков площадью 300–500 м^2 при таком выходе стружки рационально применять линейные транспортеры, расположенные вдоль технологических линий, в конце которых размещены бункеры с контейнерами для сбора стружки;

комбинированную систему транспортирования при выходе стружки 300–700 кг/ч на площади 2000–3000 м^2;

автоматизированную систему транспортирования при выходе стружки более 800 кг/ч с участка площадью 3000 м.

1.8. Общая планировка оборудования и рабочих мест в механическом цехе (участке)

Состав производственных отделений и участков механического цеха определяется характером изготавливаемых изделий, технологическим процессом, объемом и организацией производства.

В поточно-массовом производстве механический цех разбивается на производственные участки по признаку или наименованию узла.

В серийном производстве механический цех разбивается на участки (или пролеты) по размерам деталей (участок (пролет) крупных деталей, участок (пролет средних деталей, участок (пролет) мелких деталей) или по характеру и типу деталей (участок валов, участок зубчатых колес и т.д.)

Определение размера площади участка (цеха) осуществляется на основании планировки путем разработки плана расположения оборудования, рабочих мест, конвейерных и других устройств, складочных мест заготовок и готовых деталей, проездов, проходов и пр. На основании планировки уточняются принятые ширина, длина и число пролетов здания участка (цеха).

Пролетом называется часть здания, ограниченная в продольном направлении двумя параллельными рядами колонн. **Ширина пролетов** (расстояние между осями колонн в поперечном направлении пролета) зависит от габаритов применяемого оборудования и средств транспорта. Наиболее распространены размеры ширины пролетов для механических цехов машиностроения [2]:

- для легкого машиностроения – 18 м;
- для среднего машиностроения – 18 и 24 м;
- для тяжелого машиностроения – 24, 30, 36 м.

Расстояние между осями колонн в продольном направлении называется **шагом колонн,** и оно принимается чаще всего 6, 9 и 12 м в зависимости от рода применяемого материала для здания, его конструкции и нагрузок.

Расстояния между осями колонн в поперечном и продольном направлениях образуют **сетку колонн.** В механических цехах часто применяются сетки колонн, равные 18х12 м и 24х12 м или 18х6 м и 24х6 м в среднем машиностроении; в тяжелом – 30х6 м и 36х6 м.

Длина пролета определяется (считая по его продольной оси) суммой размеров последовательно расположенных производственных и вспомогательных отделений, проходов и других участков цеха.

Установив необходимую ширину пролета, их длину, количество колонн, определяют размер потребной площади производственного (станочного) участка цеха. Показателем, характеризующим использование производственной площади механического цеха (участка), является **удельная площадь,** т.е. площадь, приходящаяся в среднем на один станок (вместе с проходами). Она получается путем деления общей площади, занятой станками с проходами, на число станков, расположенных на ней. Средняя величина удельной площади составляет для малых станков 10–12 м^2, средних – 15–25 м^2, крупных – 30–45 м^2.

Металлорежущие станки участков или линий механического цеха располагают в цехе одним из двух способов:

– по типам оборудования;

– в порядке технологических операций.

По типам оборудования – способу, характерному для единичного и мелкосерийного производства и для отдельных деталей в серийном производстве, станки располагают по признаку однородности, т.е. создают участки однородных станков: токарных, фрезерных, строгальных, шлифовальных и др. [2].

По порядку технологических операций – способу, характерному для цехов *серийного и массового* производств, станки располагают последовательно в соответствии с *технологическими операциями* для обработки одноименных или нескольких разноименных деталей, имеющих схожий порядок операций обработки.

При размещении станков в линии необходимо предусмотреть *кратчайшие пути* движения каждой детали в процессе обработки и не допускать *обратных, кольцевых или петлеобразных движений,* создающих встречные потоки и затрудняющие транспортирование обрабатываемых деталей.

Последовательность перехода детали со станка на станок образует технологическую линию движения деталей. Это движение деталей необходимо показывать на плане расположения оборудования.

На станочной линии плана цеха (участка) намечают такое положение станков, какое соответствует кратчайшему пути движения всех деталей, обрабатываемых на данной линии станков. Станки располагаются в пролете в два, три, четыре ряда в зависимости от размеров станков и ширины пролета. Крупные станки ставятся в пролете в два ряда, средние – в два-три, мелкие – в три-четыре ряда.

При расположении станков в два ряда вдоль пролета посредине оставляется проход для транспорта. Станки могут быть установлены вдоль пролета, поперек него или под углом.

Наиболее удобное расположение большинства станков – вдоль пролета. Поперечное расположение применяется в случае, когда необходимо достигнуть лучшее использование площади или когда при продольном расположении получаются слишком большие проходы, большее количество станков не размещается. При таком расположении для прохода к станкам оставляют поперечные проходы для доставки деталей на тележках к рабочим местам.

Расположение под углом (15-25º) применяется для револьверных станков и автоматов при прутковой работе, при протяжных, расточных, продольно-строгальных, продольно-фрезерных и продольно-шлифовальных станков и обеспечивает лучшее использование площадей.

При вычерчивании габаритов станка принимают его контур по крайним выступающим частям, причем в габарит входят крайние положения движущихся частей. Характеристики станков берутся из каталогов механообрабатывающего оборудования, различных справочниках и технической литературе по металлообработке [2, 4] и др.

Особенно важное значение для повышения производительности труда имеет рациональная планировка и организация рабочего места, при которой устраняются потери времени на лишнее хождение лишние движения и т. д.

При разработке плана расположения станков следует ко-координировать их положение относительно колонн; этим достигается возможность точного положения места каждого станка независимо от положения соседних станков. Колоннам в каждом пролете присваивается номер. Расстояние от определенной колонны до станка

в двух направлениях фиксируют местоположение станка на участке (цехе).

При размещении станков необходимо стремиться к достижению прямоточности производства. При расстановке станков руководствуются нормальными размерами промежутков (разрывов) между станками в продольном и поперечном направлениях и размерами расстояний от стен и колонн. Эти размеры должны гарантировать удобство выполнения работ на станках, безопасность рабочих, свободу движения людей и транспортных средств с грузом и т.д. Минимальные расстояния между оборудованием и элементами зданий следует устанавливать, руководствуясь рекомендациями, приведенными в работе [2] и справочнике [4]. При планировке оборудования всегда нужно стремиться получить короткую технологическую линию, чтобы детали не совершали длинный путь.

План участка (цеха) выполняется в масштабе 1:100. Для больших цехов (при наличии более 250 станков) план выполняется в масштабе 1:200. На плане должны быть изображены все оборудование и все устройства, относящиеся к рабочему месту, а именно:

- металлорежущие станки, автоматические станочные линии и другое станочное оборудование;
- местоположение рабочего у станка во время работы; место рабочего у станка обозначается на плане кружком, половина которого заштриховывается; при этом светлая часть кружка, обозначающая лицо рабочего, должна быть обращена к станку;
- рабочие места без оборудования с указанием их габаритов;
- верстаки, рабочие столы, подставки;
- инструментальные шкафы;
- места для этажерок и подставок для деталей и крупного инструмента;
- места у станков для обработанных деталей и обрабатываемых заготовок и материалов;
- транспортные устройства, относящиеся к рабочему месту
- наклонные скаты (желоба, лотки), склизы и пр.;
- площадки для контроля и временного хранения деталей;
- места для мастеров.

На плане должны быть изображены штрихпунктирными линиями все проезды и проходы, штриховыми линиями туннели или

ямы, предназначенные для производственных или транспортных целей.

В части строительной на плане должны быть изображены:

1 – колонны с осями и обозначениями каждой колонны (номер колонны и ее буквенное обозначение);

2 – очертания оснований колонн и фундаментов (штриховыми линиями);

3 – наружные и внутренние стены – капитальные и легкие, перегородки, включая стеклянные и сетчатые;

4 – окна, двери, как наружные, так и внутренние;

5 – подвалы, подземные комнаты и антресоли.

На плане должны быть даны все необходимые размеры: ширина пролетов; шаг колонн, общая ширина цеха (участка); общая длина пролетов и всего цеха; ширина продольных и поперечных проходов или проездов; ширина, длина и площадь каждого вспомогательного отделения; расстояния от станков до колонны и между станками и рабочими местами, габаритные размеры крупных станков. **Все нанесенные на план изображения и размеры должны быть вычерчены в масштабе.**

Все станки, автоматические станочные линии и другое оборудование, а также устройства на рабочих местах, складские и контрольные площадки, транспортные устройства, изображенные на плане, обозначаются порядковыми номерами и вносятся в *спецификацию,* которая является приложением к чертежу планировки. В спецификации должны быть указаны:

- номер, обозначенный на плане;
- наименование оборудования или устройства;
- характеристика их – основные размеры, грузоподъёмность, площадь и т.д.
- мощность электродвигателей этого оборудования и устройств.

На плане указывают названия производственных и вспомогательных отделений цеха (участка), а также названия и номера этажей при многоэтажном здании.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХОВ (УЧАСТКОВ) ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ (ЭХФО)

2.1. Общие сведения и технологическая схема обработки

В настоящее время широкое распространение находит электрохимический метод размерной обработки деталей в проточном электролите (ЭХО).

Этот метод чрезвычайно перспективен по сравнению с ультразвуковыми и электрическими методами, так как имеет следующие преимущества:

− возможна одновременная обработка практически неограниченных по размеру площадей (они определяются лишь мощностью источников тока);

− достигается хорошая чистота обработанной поверхности и высокая производительность;

− отсутствуем износа электродов, выполняющих функции инструментов;

− относительная простота оборудования;

− отсутствуют вредные влияния на обрабатываемую поверхность;

− возможна обработка тонкостенных изделий без деформации.

Электрохимический способ размерной обработки является разновидностью электрохимических методов обработки металлов. Физическая сущность метода основана на электрохимических процессах, которые протекают на электродах и сопровождаются анодным растворением металла. При ЭХО обрабатываемая деталь устанавливается относительно электрода-инструмента с зазором, через который прокачивается с большой скоростью электролит (обычно 15%-ный раствор NaCl). Деталь подключается в качестве анода, а электрод-инструмент в качестве катода к низковольтному (обычно 12 В) источнику постоянного тока.

При прохождении электрического тока по цепи катод-электролит-анод, последний под действием тока растворяется. Продукт анодного растворения образует на поверхности детали пленку, которая непрерывно удаляется с поверхности анода потоком электролита. В результате электрохимических реакций на аноде, а затем в электролите, металл анода образует гидраты окислов металлов – шлам, который из зоны обработки уносится электролитом в бак. Материал катода в электрохимических реакциях не участвует, поэтому электрод не изнашивается и служит токопроводящим элементом в цепи анод-электролит-катод.

На катоде выделяется газообразный водород, который из зоны обработки выносится электролитом в бак, откуда он выделяется в атмосферу. Электролит в результате химических реакций восстанавливается.

2.2. Состав цеха электрохимической обработки

Состав цеха или даже участка электрохимической обработки определяется особенностями технологии и требованиями охраны труда. Электрохимический процесс, как уже было отмечено, сопряжен с наличием поваренной соли, поступающей в больших количествах, необходимостью приготовления электролита, удаления шлама, очистки и восстановления электролита и т.п. Выделение в процессе электро-химического цикла водорода и возможность образования "гремучего газа" требует создания условий эвакуации его от рабочих мест в замкнутые, легко вентилируемые объемы сооружений. Таким образом, взрывоопасность процесса требует обязательной изоляции отделения приготовления и централизованного снабжения электролитом от основных объемов здания, перечисленные условия обуславливают следующую организационную структуру и состав цеха [4].

1. Производственные отделения и участки:
   - отделение станков электрохимической обработки;
   - участок промывки деталей с использованием ультразвука;
   - отделение централизованного снабжения электролитом;
   - участок холодильной установки;

- бюро цехового контроля (приборный контроль).

2. Вспомогательные службы и помещения:
   - помещение для концентрированного раствора электролита,
   - мастерская механика, РЕМПРИ и профилактического ремонта насосов и фильтров;
   - помещение дежурного электромонтера и слесаря;
   - помещение для ремонта приборов оптико-механического контроля.
3. Складские помещения:
   - площадка для складирования поступающих и готовых деталей;
   - кладовая приспособлений и инструмента;
   - помещение для сбора и отправки шлама;
   - помещение для хранения соли и химикатов;
   - кладовая вспомогательных материалов;
   - изолятор брака.
4. Подсобные помещения:
   - помещения вытяжной и приточной вентиляции;
   - трансформаторная подстанция;
   - помещение нейтрализации сточных вод.
5. Конторско-бытовые помещения.

Состав конторско-бытовых помещений тот же, что и для цехов защитных покрытий.

Состав цеха (участка) может меняться в зависимости от объема производства. Небольшие участки ЭХО целесообразно подчинять одному из цехов потребителей деталей или предусматривать этот участок в составе механического цеха. В этом случае конторско-бытовые помещения, отдельные склады и прочее могут быть общими.

2.3. Расчет оборудования

Расчет основного производственного оборудования

При проектировании цехов электрохимической обработки каждый тип основного оборудования соответствует только

определенному типу заготовок, т. е. каждый станок запроектирован под одну из максимальных скоростей съема металла.

Зная количество металла, снимаемого с одной заготовки, программу выпуска деталей за расчетный период и производительность станка за тот же период, по съему металла можно определить количество потребного оборудования по следующей формуле [4]:

$$О_{п} = \frac{Z \cdot S \cdot N}{P}, \qquad (15)$$

где Z, S – количество металла, снимаемого с одной заготовки, в мм/мин;

N – программа выпуска деталей;

P – максимальная производительность станка в мм^3/мин.

Дополнительное оборудование

Моечные установки, ванны, сушильные шкафы принимаются без расчета, необходимым комплектом.

Вспомогательное оборудование

К категории вспомогательного оборудования относится оборудование мастерской механика, РЕМПРИ и оборудование профилактического ремонта насосов и фильтров. Количество оборудования принимается необходимым комплектом по таблице 3, если в цехе ЭХО основное оборудование составляет 30 и более единиц.

Таблица 3

Минимальный комплект оборудования мастерской механика, РЕМПРИ и профилактического ремонта насосов

Наименование оборудования	Краткая техническая характеристика	Количество
1	*2*	*3*
Токарно-винторезный	0400Х710	1
Вертикально-сверлильный	025	1
Настольно-сверлильный	012	1
Универсально-фрезерный	Стол 320Х1250	
Универсальный круглошлифовальный	0 280Х630	1

Окончание табл. 3

1	*2*	*3*
Ручной пресс	Усилие 3,25 тс	1
Точильно-шлифовальный	Шлифовальный круг d = 300	1
Моечно-сушильный шкаф	T = 60°С	
Плита разметочная	1600Х1000	1
Верстак слесарный	1500Х800	4-6

Если основное оборудование меньше 30 единиц, ремонтные мастерские не предусматриваются, ремонтные работы должны выполняться в корпусных ремонтных мастерских.

Комплект оборудования может корректироваться в зависимости от величины цеха.

2.4. Расчет площадей

Площади цеха классифицируются согласно общим принципам. Предварительно производственную площадь можно подсчитать по формуле:

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{уд}} \cdot \text{О}_{\text{п}}, \qquad (16)$$

где $S_{\text{уд}}$ – удельная производственная площадь на единицу оборудования в м^2; $S_{\text{уд}}$ корректируется планировкой,

$\text{О}_{\text{п}}$ – принятое количество оборудования.

Площадь вспомогательных и складских помещений принимают по таблицам 4–6.

Таблица 4

Нормы удельной площади на единицу оборудования

Станки (установки)	Удельная норма на единицу оборудования
Станки (установки) ЭХО при централизованной системе подачи и очистки электролита	12–20
Оборудование ультразвуковой промывки	18–20
Оборудование централизованной системы снабжения электролитом	80–80% от площади, занятой ЭХО

Таблица 5

Нормы для расчета вспомогательных помещений

Наименование помещений	Количество единиц основного оборудования в цехе	Нормы площади, м^2
Помещения для приготовления концентрированного раствора электролита	До 10 11–20, 21–50, более 50	36–54 72–108
Мастерская механика, РЕМПРИ и профилактического ремонта насосов и фильтров	от 80 и более	72
Мастерская для ремонта контрольной оптики	20 и более	25-30
Помещение дежурного электрика и слесаря	от 20 и более	12-16

Таблица 6

Нормы на проектирование складских помещений

Наименование помещений	Площадь, *м^2*	
	Количество единиц основного оборудования	
	От 10 до 30	30 и более
ПРОСК	18-21	0,6-0,8 на единицу основного оборудования

2.5. Расчет штатов

Количество производственных рабочих, непосредственно связанных с выполнением операций, рассчитывается по формуле [4]:

$$P_{\text{р}} = \frac{\text{О}_{\text{п}} \cdot K_{\text{см}}}{\text{М}}, \qquad (17)$$

где $O_{\text{п}}$ – количество единиц принятого основного оборудования;

$K_{\text{см}}$ – коэффициент сменности производственных рабочих (при расчетах принимать $K_{\text{см}} = 1{,}8$);

М – коэффициент многостоночности обслуживания (принимать по табл. 7)

Остальные категории работающих принимаются в проекте в процентном отношении к производственным рабочим по таблицам 8 и 9.

Таблица 7

Значение коэффициента многостаночности

Длина обрабатываемой поверхности, мм	Коэффициент многостаночности М
20 до 80 80 до 160 160 до 300 300 до 700	2 3 4 5

Таблица 8

Удельная доля работающих в % к производственным рабочим

Категория работающих Производственные рабочие	Количество работающих, %			
	мужчин 50	женщин 50	в конторе	в цехе 100
Вспомогательные рабочие	60	40	-	100
ИТР	60	40	70	30
СКП	20	80	90	10
МОП	20	80	90	10

Таблица 9

Распределение работающих по категориям санитарного обслуживания

Категория санитарного обслуживания	Наименование групп, работающих
1а	ИТР и СКП, работающие в конторских помещениях
16	Рабочие отделений ультразвуковой промывки деталей, ИТР и контроллеры, работающие на производственных участках, работники складов ПРОСК и кладовых
1в	Работающие на участках ЭХО, наладчики станков, рабочие мастерской механика, рабочие РЕМПРИ и профилактического ремонта насосов и фильтров, дежурные электрики и слесари
IIВ	Работающие в помещениях централизованной системы снабжения электролитом установок ЭХО, рабочие отделения приготовления концентрированного раствора электролита, МОП
IIг	Работающие в помещениях для хранения соли и химикатов

2.6. Компоновка и планировка участка (цеха) ЭХФО

Вопрос размещения электрохимического оборудования в производственных корпусах является весьма своеобразным.

Главное своеобразие процесса заключается в том, что при электрохимическом анодном растворении металла в рабочей камере выделяется газообразный водород, вымывается электролитом и по трубопроводам поступает в центрифуги и баки

Таким образом, при идеальном техническом решении помещение должно быть не только изолировано, но и оторвано от основного корпуса, объемы его должны выполняться ниже уровня пола основного цеха для слива самотеком электролита со "шламом" и водородом по системам трубопроводов в центрифуги. Основной цех электрохимической обработки и тем более помещение очистки электролита – места возможного скопления водорода. Не желательно размещение отделения очистки в подвальном помещении под оборудованием или под ногами работающих. Вариантом компоновки и планировочных решений является пример, приведенный на рисунке.

Оборудование для приготовления и снабжения электролитом станков ЭХО размещается в подвале, вынесенном за периметр станочного участка. Вход в подвал предусмотрен через станочный участок. Приготовление электролита происходит следующим образом: поваренную соль с автомашины через люк (в районе приготовления электролита) сгружают в бункер. Из бункера соль поступает в солерастворитель 6, где происходит растворение соли в воде до насыщения. Для ускорения растворения применяется барботаж.

Из солерастворителя раствор насосом перекачивается в бак для хранения электролита 7. Затем из бака концентрированного раствора электролита он перекачивается в бак расходного электролита 8, где разбавляется водой до 10–18%-ной концентрации. Из бака 8 электролит забирается центробежными насосами 11 и под давлением подается к электрохимическим станкам 1–3, где происходит процесс обработки. Отработанный электролит через теплообменник сливается в один из баков 8. В процессе работы электролит загрязняется и для его очистки включаются центрифуги 11. Загрязненный электролит забирается из середины ванны со дна.

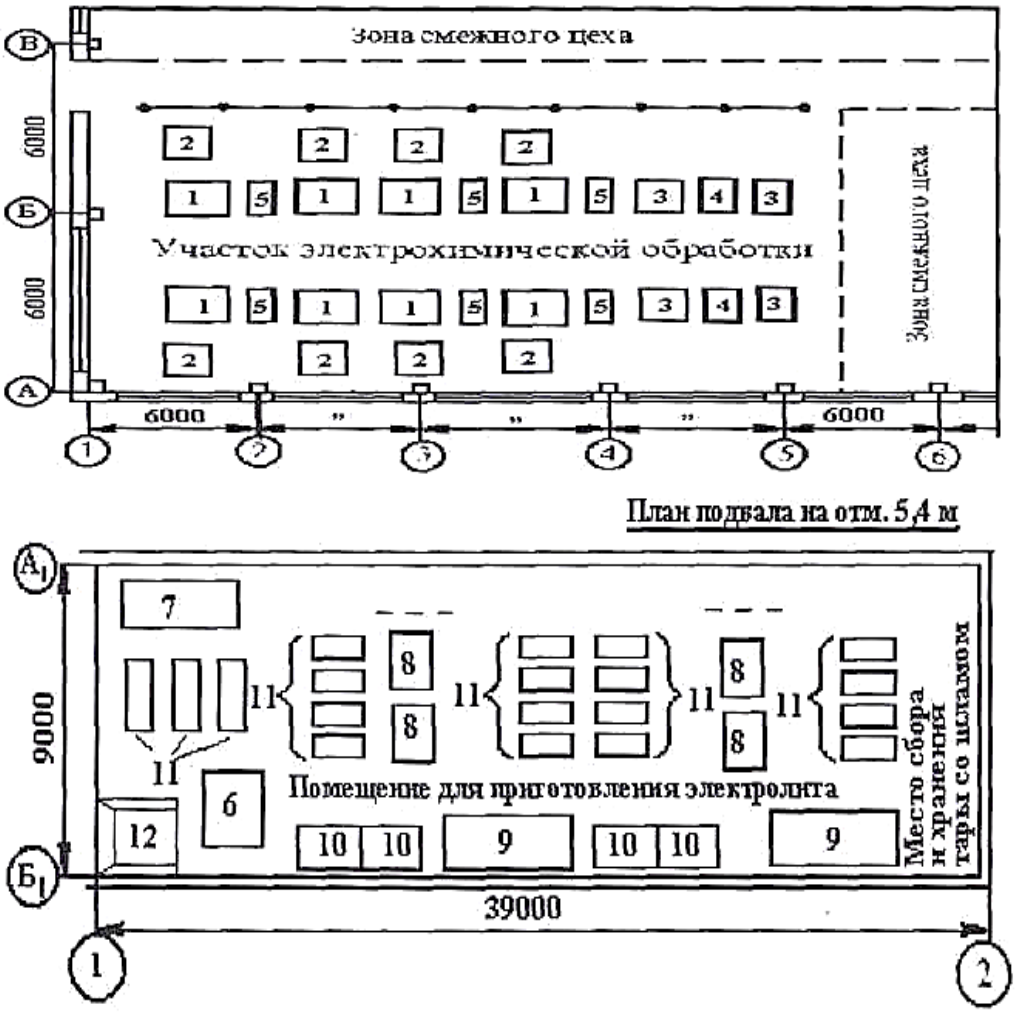


Рис. Схема компоновки помещений и планировки оборудования цеха электрохимической обработки:
1 – станки и установки ЭХО; 2 – источники питания; 3-станок ЭХО; 4 – источники питания; 5 – место для контрольных приборов; 6 – установка для растворения соли; 7 – бак-накопитель для концентрированного раствора электролита; 8 – бак для электролита; 9 – бак-отстойник; 10 – центрифуга; 11 – центробежный насос; 12 – теплообменник

Для предотвращения оседания шлама в ваннах смонтированы барботеры с подачей сжатого воздуха. Очищенный электролит самотеком сбрасывается в ванны. Шлам пока собирается в бочки, установленные под центрифугами. Бочки при помощи гидроподъемника через люк подаются для эвакуации на автомашину.

Можно рассматривать вариант размещения оборудования и служб централизованной системы снабжения электролитом в одном корпусе, но при условии разделения капитальной стеной участка станков и участка снабжения электролитом.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Практическая работа по технологии планировки участка цеха, выполняемая по вариантам (прил. 1), состоит из расчётной и графической частей и включает:

– определение типа производства на основании производственной программы изготовления деталей и последовательности операций (МК) обработки детали; результаты расчетов сводятся в таблицу 10.

Таблица 10

Результаты расчетов

Марка станка	Расчеты	Результаты
1	*2*	*3*
	$T_1 = \ldots$	$T_1 = \ldots$
	$C_{р\,1} = \ldots$	$C_р = \ldots$
	$K_{заг\,1} = \ldots$	$C_{пр} = \ldots$ $K_{заг} = \ldots$

– расчет количества производственного оборудования; результаты расчетов сводятся в таблицу 11;

– по каталогам механообрабатывающего оборудования и технической литературе определяют максимальные габариты каждого станка и общую площадь, занимаемую всеми станками; результаты выбора технических характеристик и площадь станков представляются в таблице 11.

Таблица 11

Результаты расчета и выбора технических характеристик

Тип станка	Марка станка	Кол-во станков, шт.	Габариты в плане (*B*x*L*), мм	Площадь 1 станка, мм^2	Суммарная площадь станков, мм^2
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Общая площадь станков на участке мм^2					

− расчет производственных, вспомогательных рабочих и ИТР на участке изготовления детали [1, 2, 3, 6];

− расчет площадей складов под заготовки и готовых деталей, площадей под бытовые помещения и вспомогательных служб [2, 3];

− выбор и расчет количества межоперационного транспорта [1, 2].

После выполнения соответствующих расчетов *разрабатывается чертеж технологической планировки* участка цеха изготовления детали в масштабе М 1:100 (при мелких габаритах допускается выполнять планировку в масштабе М 1:50) с детальной проработкой размещения оборудования, рабочих мест, проходов, проездов и вспомогательных помещений и *спецификация,* которая является приложением к чертежу планировки.

Производственное и вспомогательное оборудование, грузоподъёмные и транспортные устройства, строительные элементы зданий, подвод энергоносителей и коммуникаций выполняется условными графическими обозначениями (прил. 2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федотова Л.А. Проектирование механосборочных цехов / Л.А Федотова. - Воронеж: ВГУ, 1980. – 295 с.
2. Тудакова Н.М., Схиртладзе А.Г., Пахомов Д.С., Устинов Б.В. Проектирование участков и цехов обрабатывающего производства: учебник. 2016. – 226 с.
3. Проектирование машиностроительных заводов и цехов/ под ред. Е.С. Ямпольского. - М.: Машиностроение, 1974–1976. Т. 1–4.
4. Проектирование механосборочных цехов / Г.Н. Мельников и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
5. Мамаев В.С. Основы проектирования машиностроительных заводов / В.С. Мамаев, В.Г Осипов. – М.: Машиностроение, 1986.
6. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. Т. 2. – 698 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Исходные данные для выполнения практической работы

Номер оп.	Наименование операции	Оборудование (наименование, модель)	T_o, мин
1	*2*	*3*	*4*
Вариант № 1 Деталь – «Направляющая». Масса – 36 кг. Программа -19000 шт.			
1	Строгальная	Строгальный ст. мод. 7В36	15,8
2	Строгальная	Строгальный ст. мод. 7В36	12,9
3	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6М83Г	9,5
4	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	18,2
5	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6М83Г	9,5
6	Слесарная	Верстак	4
7	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6М83Г	19,5
8	Сверлильная	Верт.-сверлильный мод.2С135	9,5
9	Сверлильная	Верт.-сверлильный мод.2С135	14,3
10	Слесарная	Верстак	12,4
11	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод.3В722	19,6
12	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод.3В722	19,3
13	Термическая		
14	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод.3В722	15,8
15	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод.3В722	14,7
16	Контрольная		
Вариант № 2 Деталь – «Направляющая». Масса – 22 кг. Программа – 17000 шт.			
1	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	12,5
2	Строгальная	Строгальный мод.7В36	17,9
3	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	8,2
4	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	9,3
5	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	8,2
6	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 654	19,2
7	Сверлильная	Верт.-сверлильный мод. 2С135	9,5

1	*2*	*3*	*4*
8	Слесарная	Верстак	11,4
9	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	18,6
10	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	18,3
11	Протяжная	Верт.-протяжной мод. 7Б705	6,3
12	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6М83Г	8,2
13	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	8,9
14	Сверлильная	Верт.-сверлильный мод. 2Н150	10,3
15	Сверлильная	Верт.-сверлильный мод. 2Н150	11,6
16	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	16,6
17	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	16,3
18	Термическая		
19	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	19,2
20	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	18,8
Вариант № 3 Деталь – «Планка». Масса – 6,5 кг. Программа – 12000 шт.			
1	Строгальная	Строгальный мод.7В36	8,5
2	Строгальная	Строгальный мод.7В36	12,9
3	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	6,1
4	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	10,2
5	Сверлильная	Верт.-сверлильный мод. 2С135	7,3
6	Слесарная	Верстак	13,4
7	Протяжная	Верт.-протяжной мод. 7Б705	6,2
8	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6М83Г	7,4
9	Сверлильная	Верт.-сверлильный мод. 2С135	8,5
10	Слесарная	Верстак	16,4
11	Контрольная		
Вариант № 4 Деталь – «Муфта». Масса-12 кг. Программа – 14500 шт.			
1	Токарная 1	Токарный мод. 1А730	15,7
2	Токарная 2	Токарный мод. 1А730	13,7
3	Термическая		
4	Протяжная	Вертикально-протяжный мод. 7Б705	16,2

1	*2*	*3*	*4*
5	Токарная 3	Токарный мод. 1425	18,7
6	Токарная 4	Токарный мод. 1425	19,7
7	Слесарная 1	Верстак	10,3
8	Зубодолбежная	Зубодолбежный мод. 5В450	9,4
9	Зубофрезерная	Зубофрезерный мод. 5К342А	55,3
10	Зубозакругл.	Зубозакругл. мод.5Н582	18,9
11	Шевинговаль-ная	Зубошевинговальный мод. 5А703	19,7
12	Слесарная 2	Верстак	17,3
13	Контрольная		
Вариант № 5 Деталь – «Вал-шестерня». Масса – 7,9 кг. Программа – 16500 шт.			
1	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный мод. МР-76	4,8
2	Токарная 1	Токарный мод. 1А720	11,7
3	Токарная 2	Токарный мод. 1А720	12,3
4	Термообработка		
5	Токарная 3	Токарный мод. 1А720	21,4
6	Шпоночно-фрезер-ная	Шпоночно-фрезерный мод. 692М	13,6
7	Зубофрезерная	Зубофрезерный мод. 5К342А	35,3
8	Шевинговаль-ная	Зубошевинговальный 5А703	19,7
9	Шлифовальная 1	Круглошлифовальный мод. 3А151	14,3
10	Шлицефрезер-ная	Шлицефрезер. мод. 5350	19,6
11	Шлифовальная 2	Круглошлифовальный мод. 3Б161	11,1
12	Слесарная	Верстак	12,3
13	Контрольная		
Вариант № 6 Деталь – «Втулка». Масса –4,8 кг. Программа – 15000 шт.			
1	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный мод. МР-76	3,8
2	Токарная 1	Токарный мод. 1А720	9,7
3	Сверлильная	Вертикально-сверлильный мод. 2Н150	15,2
4	Токарная 2	Токарный мод. 16К20	18,7

1	*2*	*3*	*4*
5	Токарная 3	Токарный мод. 1А720	16,4
6	Токарная 4	Токарный мод. 16К20	18,7
7	Термическая		
8	Токарная 5	Токарно-револьверный мод. 1425	19,9
9	Токарная 6	Токарный мод. 16К20	7,7
10	Токарная 7	Токарный мод. 16К20	9,3
11	Фрезерная 1	Шпоночно-фрезерный мод. 692М	15,0
12	Шлицефрезерная	Шлицефрезерный мод. 5340	29,7
13	Протяжная	Горизонтально-протяжный мод. 7Б520	6,2
14	Фрезерная 2	Шпоночно-фрезерный мод. 692М	25,8
15	Токарная 8	Токарный мод. 16К20	14,7
16	Слесарная 1	Верстак	15,3
17	Шлифовальная 1	Круглошлифовальный мод. 3Б161	16,6
18	Шлифовальная 2	Круглошлифовальный мод. 3Б161	18,3
19	Слесарная 2	Верстак	11,7
20	Контрольная		
Вариант № 7 Деталь – «Направляющая». Масса – 22 кг. Программа – 16700 шт.			
1	Строгальная	Строгальный мод. 7В36	15,8
2	Строгальная	Строгальный мод. 7В36	12,9
3	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6М83Г	18,2
4	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	8,2
5	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6М83Г	9,5
6	Слесарная	Верстак	4
7	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6М83Г	19,5
8	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2С135	9,5
9	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2С135	14,3
10	Слесарная	Верстак	12.4
11	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	19,6
12	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	19,3
13	Термическая		
14	Термическая		

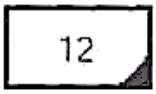
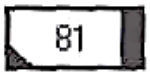
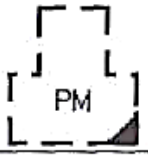
1	*2*	*3*	*4*
15	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	15,8
16	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	14,7
17	Контрольная		
Вариант № 8 Деталь – «Направляющая». Масса – 36 кг. Программа – 11200 шт.			
1	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	12,5
2	Строгальная	Строгальный мод. 7В36	17,9
3	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	8,2
4	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	9,3
5	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	8,2
6	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	19,2
7	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2С135	9,5
8	Слесарная	Верстак	11,4
9	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	18,6
10	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	18,3
11	Протяжная	Вертикально-протяжн. Мод. 7Б705	6,3
12	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6М83Г	8,2
13	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	8,9
14	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2С135	10,3
15	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2С135	11,6
16	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	15,8
17	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	14,7
18	Термическая		
19	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	19,2
20	Шлифовальная	Плоскошлифовальный мод. 3Б722	18,8
21	Контрольная		
Вариант № 9 Деталь – «Планка». Масса – 6,5 кг. Программа – 11900 шт.			
1	Строгальная	Строгальный мод. 7В36	8,5
2	Строгальная	Строгальный мод. 7В36	12,9
3	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	8,2
4	Фрезерная	Верт.-фрезерный мод. 6М13П	10,2

1	*2*	*3*	*4*
5	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2С135	7,3
6	Слесарная	Верстак	13,4
7	Протяжная	Вертикально-протяжн. Мод. 7Б705	6,2
8	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6М83Г	7,4
9	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2С135	8,5
10	Слесарная	Верстак	16,4
11	Контрольная		
Вариант № 10 Деталь – «Корпус». Масса – 30 кг. Программа – 7860 шт.			
1	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6Н80	19,65
2	Фрезерная	Гориз.-фрезерный мод. 6Н80	20,52
3	Токарная	Токарный мод. 1284	9,67
4	Токарная	Токарный мод. 1284	12,7
5	Фрезерная	Вертик.-фрезерный мод. 6М12П	15,4
6	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2Н150	5,7
7	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2С135	11,2
8	Фрезерная (чисто-вая)	Вертик.-фрезерный мод. 6Н104	16,3
9	Шлифовальная	Плоско шлифовальный мод. 3Г71	19,71
10	Контрольная		
Вариант № 11 Деталь – «Кронштейн». Масса – 55 кг. Программа – 9090 шт.			
1	Фрезерная	Вертик.-фрезерный мод. 6Н104	14,9
2	Фрезерная	Вертик.-фрезерный мод. 6Н104	12,9
3	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2Н150	25,2
4	Токарная	Токарный мод. 1284	8,7
5	Термическая		
6	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2Н150	4,3
7	Токарная	Токарный мод. 1А730	10,7
8	Фрезерная	Вертик.-фрезерный мод. 6Н104	18,3
9	Фрезерная	Вертик.-фрезерный мод. 6Н104	10,7
10	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2Н150	5,1

1	*2*	*3*	*4*
11	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2Н150	5,9
12	Шлифоваль-ная	Плоскошлифовальный мод. 3Г71	16,7
13	Шлифоваль-ная	Плоскошлифовальный мод. 3Г71	19,1
14	Контрольная		
Вариант № 12 Деталь – «Кронштейн». Масса – 7 кг. Программа – 1050 шт.			
1	Фрезерная	Вертик.-фрезерный мод. 6Н104	6,84
2	Токарная	Токарный мод. 1284	9,6
3	Токарная	Токарный мод. 1284	16,7
4	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2Н150	4,8
5	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2Н150	6,1
6	Фрезерная	Вертик.-фрезерный мод. 6М11	15,4
7	Слесарная	Верстак	17,3
8	Контрольная		
Вариант № 13 Деталь – «Фланец». Масса – 8,2 кг. Программа – 12700 шт.			
1	Токарная	Токарный мод. 1284	14,6
2	Фрезерная	Вертик.-фрезерный мод. 6Н104	23,4
3	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2Н150	6,8
4	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2Н150	8,2
5	Сверлильная	Вертикально-сверлиль. мод. 2Н150	4,9
6	Слесарная		9,3
7	Фрезерная	Вертик.-фрезерный мод. 6М12П	14,1
8	Контрольная		

Приложение 2

Условные графические изображения санитарно-технического оборудования

Технологическое оборудование (станок и др.)	
Технологическое оборудование на фундаменте	
Резервное место под оборудование	
Складочное место заготовок и деталей	
Место рабочего*	
Место рабочего при многостаночном обслуживании	

* Место рабочего обозначать при необходимости

Приложение 3

Пример технологической планировки участка цеха

