



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ПИ (филиал) ДГТУ в г. Таганроге
Кафедра «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Методические указания

к выполнению практических работ
по дисциплине

«Проектирование машиностроительных производств»

Авторы

Новоселова Т.В;

Толмачёва Л.В.

Ростов-на-Дону, 2024

Аннотация

Методические указания предназначены для обучающихся очной и заочной формы обучения по направлениям подготовки: 15.03.05 «Конструкторско–технологическое обеспечение машиностроительных производств»; 15.03.01 «Машиностроение».

Авторы

старший преподаватель кафедры «Машиностроение»
Новоселова Т.В.

к.т.н., доцент кафедры «Машиностроение»
Толмачёва Л.В.



ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к практическим работам составлены для курса «Проектирование машиностроительных производств» по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и содержат теоретическое описание работы и практические рекомендации для её выполнения.

Цель данной дисциплины – научить обучающихся методике проектирования машиностроительного производства на базе знаний, полученных при изучении всех специальных предыдущих дисциплин.

В результате изучения данной дисциплины, обучающиеся должны уметь использовать методы проектирования прогрессивных, экономичных, ресурсосберегающих, экологически чистых технологических процессов изготовления деталей и сборки машин, а также средств технологического оснащения, обеспечивающих получение продукции, отвечающей требованиям перспективного развития машиностроительного производства.

Обучающиеся должны также иметь опыт применения средств вычислительной техники для решения инженерных задач, связанных с синтезом действующего и созданием нового, а также с расширением, реконструкцией и техническим перевооружением действующего машиностроительного производства.

Данная дисциплина является завершающей в цикле технологических дисциплин. Материал практических работ должен использоваться при выполнении обучающимися ВКР.

Практическая работа 1. Определение типа производства

Тип производства по ГОСТ 3.1121-84 характеризуется коэффициентом закрепления операций (K_{30}). При $K_{30} = 1 - 10$ – массовое и крупносерийное производство; $K_{30} = 10 - 20$ – среднесерийное. В единичном производстве K_{30} не регламентируется.

$$K_{30} = \frac{\Phi_{\text{доб}} \cdot 60}{Q \cdot T_{\text{ш-к ср}}}, \quad (1)$$

где $\Phi_{\text{доб}}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования, час; Q – годовая программа выпуска изделий, шт.; $T_{\text{ш-к ср}}$ – среднее штучно-калькуляционное время операций по изготовлению изделия.

Существуют две формы организации технологических процессов: групповая и поточная. При поточной форме определяется такт производства:

$$\tau_{\text{г}} = \frac{\Phi_{\text{доб}} \cdot 60}{Q}, \quad (2)$$

где Q – программа выпуска изделий в планируемый период, шт.

При групповой форме организации производства запуск изделий производится партиями с определенной периодичностью, что является признаком серийного производства. Количество деталей в партии для одновременного запуска определяется по формуле:

$$n = \frac{Q \cdot a}{F} \quad (3)$$

где F – число рабочих дней в году (254 дня); a – число дней на которое необходимо иметь запас деталей. Рекомендуются 3, 6, 12, 24 дня. Меньшее число дней – для крупных деталей, большее – для мелких.

Корректировка величины партии осуществляется следующим образом:

- определяется расчетное число смен на обработку всей партии деталей:

$$C = \frac{T_{\text{ш-к ср}} \cdot n}{480 \cdot 0,8} \quad (4)$$

- расчетное число смен округляется до ближайшего целого числа $C_{\text{пр}}$;
- определяется принятое число деталей в партии;

$$n_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{ш-к ср}}}, \quad (5)$$

где 480 – расчетный фонд времени работы станка в смену, мин; 0,8 – коэффициент загрузки станка.

Практическая работа 2. Методы определения трудоемкости и станкоемкости обработки

Трудоемкостью изделия называют время, затраченное на его изготовление и выраженное в человеко-часах ($T_{\text{чел-ч}}$). Определяют трудоемкость по нормативам. Расчетная трудоемкость включает все нормируемое по тех. процессу время обработки на станках и ручных операциях, причем, при многостаночном обслуживании суммарное время обработки на станках, обслуживаемых одним рабочим, для определения трудоемкости делят на число обслуживаемых станков.

При расчете количества оборудования необходимо иметь данные о станкоемкости изделия, т.е. о времени, затраченном на изготовление изделия и выраженном в станко-часах работы оборудования ($T_{\text{ст-ч}}$).

Ориентировочно связь между трудоемкостью и станкоемкостью выражается через среднее значение коэффициента многостаночного обслуживания K_M – среднее число станков, обслуживаемых одним рабочим:

$$T_{\text{ст-ч}} = T_{\text{чел-ч}} \cdot K_M \quad (6)$$

Трудоемкость изготовления детали или изделия в условиях серийного производства определяется по штучно-калькуляционному времени $T_{\text{шт-к}}$; в условиях массового производства – по штучному времени $T_{\text{шт}}$, а продолжительность операций должна быть равна или кратна такту.

Расчетную станкоемкость на годовую программу участка или цеха можно определить по формуле

$$T_{\Sigma} = T_{\Sigma z} \cdot K_p \cdot K_y, \quad (7)$$

где $T_{\Sigma z}$ - годовая станкоемкость изготовления деталей по заводским данным;

K_p - коэффициент изменения станкоемкости на годовой проектный объем

$$K_p = \frac{Q_{np}}{Q_n}$$

Q_{np} - программа выпуска в проектном варианте; Q_b - программа в базовом производстве; K_y - коэффициент ужесточения, представляющий собой отношение станкоемкости изготовления деталей на участке или в цехе после внедрения новой технологии T_{np} к станкоемкости изготовления аналогичных деталей по действующей на заводе технологии.

$$K_p = \frac{T_{npi}}{T_i} \quad (8)$$

Трудоемкость разметочных, мочных, слесарных и прочих дополнительных работ при механообработке (в % от станкоемкости) зависит от типа производства: 8 - 15 % - для единичного и мелкосерийного; 5 – 10 % - для среднесерийного; 3 –

6 % - для крупносерийного и массового.

Практическая работа 3. Определение количества основного производственного оборудования

К основному производственному оборудованию механического цеха относятся оборудование, выполняющее технологические операции по обработке деталей и сборке узлов и являющееся главным образом металлорежущими станками.

В зависимости от типа производства, стадии проектирования и требуемой точности расчет ведется точно или укрупненно.

Расчеты оборудования точным способом ведутся при разработке технического проекта цехов серийного и массового производства, когда трудоемкость определяется по подробно разработанным технологическим процессам. В этом случае для серийного (непоточного) производства расчет ведется по каждому типоразмеру станков, а для поточно-массового и поточно-серийного по каждой операции.

Укрупненный способ расчета оборудования применяется при проектировании цехов единичного и мелкосерийного производства, когда программа цеха разнообразна. Студенты выполняют расчет участка точным способом, а для цеха рассчитывают по укрупненным показателям.

3.1. Расчет в серийном производстве

При определении количества оборудования точным способом расчет ведется по каждому типоразмеру станка на основе под счета годовой трудоемкости обработки всех деталей, закрепленных за данным типом станка, и действительного фонда времени работы оборудования при принятом числе смен его работы. Проектные расчеты основного количества станков ведут для двухсменного режима работы, а для уникальных, крупных и тяжелых станков - для 3-х сменного.

Расчетное количество станков данного типа определяются по формуле:

$$C_p = \frac{T_{ум-к}}{\Phi_{д.об}}, \quad (9)$$

Где C_p – расчетное количество станков данного типоразмера; $T_{ум-к}$ – трудоемкость годового количества всех деталей на станках данного типоразмера в станко-часах; $\Phi_{д.об}$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования при 2-х сменной работе в часах.

$$T_{ум-к} = \frac{T_{шт-к1} \cdot D_1}{60} + \frac{T_{шт-к2} \cdot D_2}{60} + \dots + \frac{T_{шт-кn} \cdot D_n}{60}$$

Где $T_{шт-к1}, T_{шт-к2}, \dots, T_{шт-кn}$ – штучно-калькуляционное время 1, 2, ..., n деталей на станках данного типа в мин; D_1, \dots - соответственно годовое количество одноименных деталей, обрабатываемых на станке.

Данные по трудоемкости обработки деталей на участке заносятся в таблицу

1.

Таблица 1 – Расчет количества станков

Наим. детали	Годовая программа	Наименование станков и их моделей по ТП										Итого $T_{шт-к}$	
		Пр. фрез. 6602		Рад. сверл. 2Н55		Ток-винт. 1К62		Верт. фрез 6Т82					
		$T_{шт-к}$		$T_{шт-к}$		$T_{шт-к}$		$T_{шт-к}$				на 1 дет., мин	на год. пр., ч
		на 1 дет., мин	на год. пр., ч	на 1 дет., мин	на год. пр., ч	на 1 дет., мин	на год. пр., ч	на 1 дет., мин	на год. пр., ч				
Дет. №1													
Дет №2													
Итого		-	X_1	-	X_2	-	X_2	-	X_3			-	X

Согласно таблице, общее количество станков на участке и по видам оборудования будет определяться:

$$C_{pi} = \frac{X_i}{\Phi_{доб}}$$

Полученное расчетом количество станков округляется до целого числа, называемого принятым числом станков C_n . Для определения степени загруженности по времени станков данного типоразмера пользуются коэффициентом загрузки оборудования, который определяется отношением расчетного числа станков к принятому:

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_n} = \frac{T_{шт-к}}{\Phi_{доб} \cdot C_n} \quad (11)$$

Средний коэффициент загрузки оборудования по участку, отделению или цеху:

$$\eta_{cp} = \frac{\sum C_p}{\sum C_n} \quad (12)$$

Где η_{cp} принимается: для единичного и мелкосерийного производства 0,8 - 0,85 и выше; для серийного производства 0,75— 0,85. Если по отдельным типам станков коэффициент загрузки получается более низким, то необходимо работу перераспределить с наиболее нагруженных станков. Рекомендуемое число станков машиностроения и приборостроения на участке 18 - 30 единиц, в цехе 120 - 300 единиц. По результатам расчета η_{cp} строится график загрузки оборудования (рис.1)

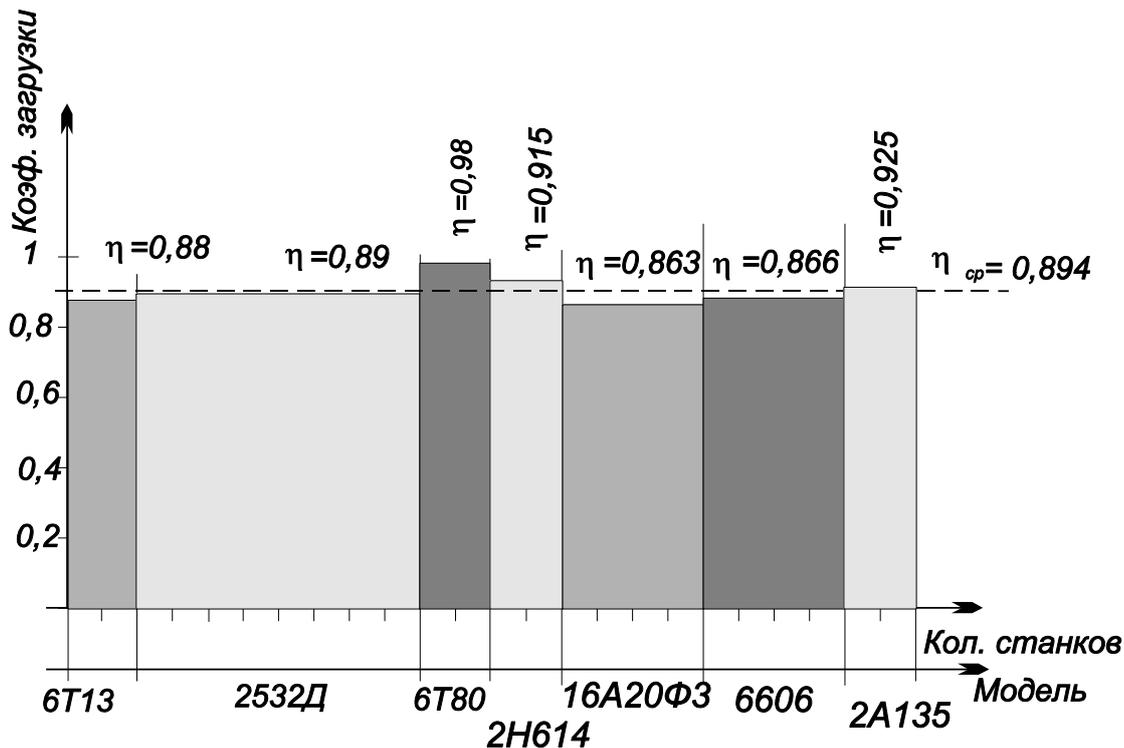


Рисунок 1– Пример построения графика загрузки оборудования

3.2. Расчет в поточном производстве

Количество станков в непрерывно-поточной линии определяется для каждой операции по такту выпуска деталей с линии:

$$C_p = \frac{T_{ш}}{\tau} \quad (14)$$

где $T_{ш}$ - штучное время обработки, мин., τ - такт выпуска деталей с линии, мин.

Расчетное количество станков округляется по ближайшего целого числа, однако при превышении его не более, чем на 0,1, следует изыскать возможность округления в меньшую сторону, пересмотрев условия выполнения операции с целью уменьшения штучного времени.

Средний коэффициент загрузки оборудования всей линии определяется отношением расчетного числа станков линии к принятому. Результаты расчетов следует принять удовлетворительными, если средний коэффициент загрузки станков линии будет не ниже 0,65 - 0,75. При этом для отдельных высокопроизводительных станков допускают коэффициент загрузки 0,5 и менее (например, протяжные станки).

Расчет количества станков и загрузка оборудования в многодетальных поточных линиях (переменно-поточных) при разной программе выпуска каждой детали производится по фонду времени и трудоемкости обработки с учетом дополнительного времени на переналадку:

$$C_p = \frac{T_{ш1} \cdot D_1 + \dots + T_{шn} \cdot D_n}{60 \cdot \Phi_{до} \cdot K_n} \quad (15)$$

где K_n - коэффициент, учитывающий время на переналадку линии с одного наименования детали на другое = 0,95.

Когда на линии обрабатываются детали, мало различающиеся по трудоемкости, то устанавливается единый такт для обработки всех деталей.

Количество станков в групповых поточных линиях определяется для каждой операции по формуле, применяемой при расчете числа станков в переменнo-пoтoчной линии, но без применения коэффициента переналадки.

В линиях с жестким тактом, т.е. с применением тяговых транспортеров, время холостых перемещений транспортера и деталей, фиксации, зажимов и разжимов деталей или приспособления-спутника, быстрого подвода и отвода инструмента определяется максимальным временем в операции по одному из станков линии.

В линиях из агрегатных станков время всех холостых движений и перемещений составляет 0,25-0,3 мин. Это время соответствует вспомогательному времени - t_b . Загрузка автоматических линий составляет в среднем около 70 %. Поэтому расчет можно вести не по штучному времени, а по рабочему циклу t_{pc} , который в однопоточном процессе равен оперативному времени - $T_{оп}$.

$$C_p = \frac{t_{pc}}{\tau} \quad (16)$$

Часовая производительность определяется

$$П = \frac{60 \cdot C_{np}}{t_{pc}} \quad (17)$$

где C_{np} - принятое количество станков.

Для поточного производства для расчёта коэффициента загрузки оборудования применяем формулу 11 и строим график как на рисунке 1.

3.3. Укрупненный способ определения количества основного технологического оборудования

В соответствии с общей цеховой трудоемкостью обработки деталей или сборки узлов рассчитывается количество производственного оборудования или рабочих мест по формуле:

$$C_p = \frac{\Sigma(T_{npi} D_i)}{\Phi_{до} \cdot K_3} \quad (19)$$

где T_{npi} - проектная трудоемкости изготовления i деталей.

$$T_{npi} = T_i \cdot K_y \quad (20)$$

T_i - трудоемкость на базовом заводе; K_y - коэффициент ужесточения (8).

Полученное значение C_p округляется до целого в большую сторону, рекомендуемое количество станков в цехе 80 - 120 - 300 единиц.

Для определения состава оборудования общее количество станков C_p распределяют по группам и типам, пользуясь процентным отношением, определяемым по данным проектов и заводов (табл.2).

Практическая работа 4. Определение количества работающих

К производственным рабочим механических цехов относятся станочники, операторы и наладчики автоматических линий, разметчики, слесари по промежуточным слесарно-сборочным работам, мойщики деталей.

В единичном, мелкосерийном и серийном производствах количество производственных рабочих определяется по общей трудоемкости:

$$P = \frac{T}{\Phi_{др}}, \quad (21)$$

где T - трудоемкость годового выпуска деталей; $\Phi_{др}$ - действительный годовой фонд времени работы рабочего в часах.

Количество рабочих станочников P_c определяется по трудоемкости механической обработки:

$$P_c = \frac{T_{мех} \cdot Q}{\Phi_{др} \cdot K_m}, \quad (22)$$

где $T_{мех}$ - трудоемкость механической обработки в ст-час.; Q - годовая программа в штуках; K_m - коэффициент многостаночного обслуживания.

Количество станочников рассчитывается по каждому виду оборудования: токарей, фрезеровщиков, сверловщиков и т.п. Коэффициент многостаночного обслуживания равный для каждого типа оборудования. Например,

- для универсальных станков: токарных, фрезерных, шлифовальных, сверлильных и др. $K_m = 1$;
- для полуавтоматов: многорезцовых, револьверных, многошпиндельных и др., у которых действия рабочих состоят лишь в установке детали $K_m = 1,5-2$;
- для многошпиндельных автоматов $K_m = 2 - 3$;
- для одношпиндельных автоматов $K_m = 3 - 4$;
- для зубообрабатывающих станков $K_m = 3 - 5$;
- для круглошлифовальных п/автоматов $K_m = 1-2$;
- для поточного производства $K_m = 1,1-1,5$.

Число станочников можно определить также по числу станков C_n цеха или участка:

$$P_{cm} = \frac{\Phi_{д.об} \cdot C_n \cdot K_z \cdot K_u}{\Phi_{д.р} \cdot K_m} \quad (23)$$

где K_z , K_u - коэффициенты загрузки и использования оборудования, для единичного, мелкосерийного и среднесерийного производства принимаются = 0,85, для крупносерийного и массового = 0,8.

Число сборщиков по числу рабочих мест $M_{сб}$ определяют по формуле:

$$P_{сб} = \frac{M_{сб} \cdot \Phi_{рм} \cdot K_u \cdot П}{\Phi_{др}} \quad (24)$$

где $П$ - плотность работы; $K_u = 0,8$ - для сборочных работ.

В условиях крупносерийного, массового производств и при использовании гибких производственных систем (ГПС) для обслуживания станков в составе производственных рабочих предусматривают наладчиков для каждого типа оборудования.

Так, например, один наладчик обслуживает 11 - 18 токарных станков; 5 - 12 агрегатно-сверлильных; 8 - 13 шлифовальных; 4 - 10 токарных с ЧПУ; 8 - 16 фрезерных и сверлильных с ЧПУ; 2 - 6 многоцелевых станков и роботизированных технологических комплексов (РТК); 5 - 8 сборочных автоматов и п/автоматов.

Число операторов-наладчиков ГПС рассчитывают в зависимости от числа гибких производственных модулей (ГПМ) в их составе. Один оператор-наладчик обслуживает следующее число ГПМ: токарных 3-4; карусельных 2; сверлильно-фрезерно-расточных 2 - 3; шлифовальных 2-3; зубообрабатывающих 3-4 и т.д.

При расчетах числа рабочих-станочников, обслуживающих поточные линии, станки с ЧПУ и ГПМ рассматривают возможность обслуживания одним рабочим нескольких станков одной, либо смежной линии. Основное условие для использования многостаночного обслуживания в том, чтобы за время автоматической работы одного станка - $t_{ма}$ рабочий смог выполнить работу по обслуживанию других станков т.е.:

$$t_{ма} \geq \sum_{i=1}^{C_h-1} t_{ei}$$

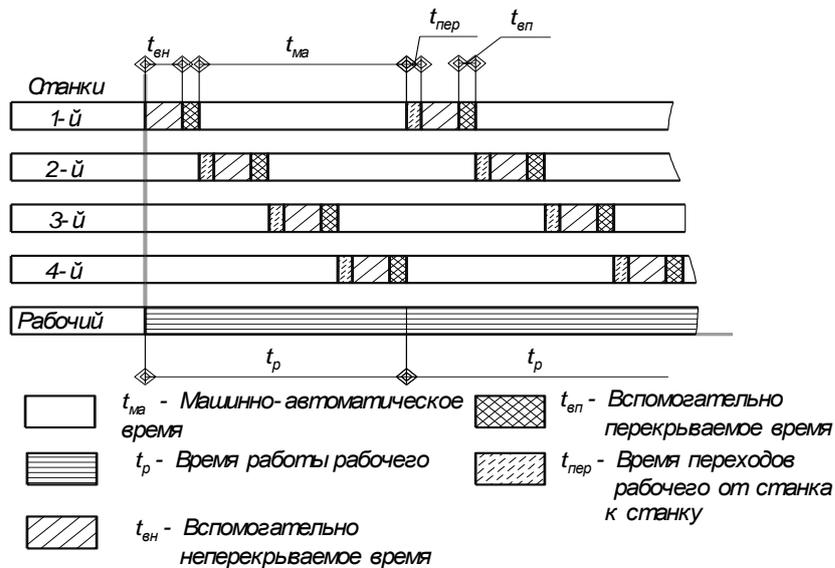


Рисунок 2 – Циклограмма многостаночной работы

При обслуживании станков-дублеров, выполняющих одинаковую операцию, число станков, обслуживаемых одним рабочим, рассчитывается по формуле:

$$C_p = \frac{t_{ма} + t_{вн}}{t_{вн} + t_{вн} + t_{пер}} \quad (25)$$

где $t_{вн}$ - вспомогательное, не перекрывающееся время; $t_{вп}$ - вспомогательное. перекрывающееся машинным время; $t_{пер}$ - время переходов рабочего от станка к станку.

В этом случае строится циклограмма многостаночной работы (рис.2).

Длительность цикла $T_{ц}$ складывается из машинно-автоматического времени $t_{ма}$ и вспомогательного не перекрывающегося $t_{вн}$ времени, т.е.

$$T_{ц} = t_{ма} + t_{вн} \quad (26)$$

Длительность цикла обслуживания должна быть равна или кратна действительному такту выпуска. Каждому рабочему присваивается определенный разряд и рассчитывается средний разряд рабочих по участку. Средний разряд для серийного и мелкосерийного производства 3,2 - 4,2. Все принятое количество производственных рабочих должно быть распределено по сменам: для серийного и мелкосерийного производств в первую смену назначают 55 % всех рабочих; для автоматических и поточных линий – 50 %.

На участке в соответствии со штатным расписанием состав и численность вспомогательных рабочих в процентном отношении к основным рабочим будут следующими:

- слесарь по ремонту оборудования – 12-15 % (3-5 разряд);
- наладчик оборудования – 5-10 % (4-6 разряд);

- раздатчик инструмента – 6-8 % (2 разряд);
- раздатчик материала – 6-9 % (2 разряд);
- контролер – 10-12 % (3-4 разряд).

К специалистам на участке относится мастер. Сменный мастер в условиях серийного производства назначается при наличии не менее 25 рабочих на участке. Должность старшего мастера вводится при условии подчинения ему не менее трех сменных мастеров.

Уборщицы производственных помещений назначаются при наличии не менее 500 м² площади.

Определяем общую численность работающих на участке:

$$P_y^{об} = P^{осп} + P^{всп} . \quad (27)$$

Практическая работа 5. Планировка оборудования на участке

Планировка участка – это план расположения производственного, подъемно-транспортного и др. оборудования, рабочих мест, проездов и проходов и др. Основным принципом при составлении плана расположения оборудования на участке и в цехе является обеспечение прямооточности движения деталей в процессе их обработки в соответствии с технологическим процессом.

Расстановка оборудования по типам применяется в цехах единичного и мелкосерийного производства, а также для отдельных деталей серийного производства. Наиболее современная планировка станков получается в автоматических в непрерывно-поточных линиях - в порядке выполнения тех. процесса. Здесь станки расположены в порядке выполнения операций так, чтобы не было возвратных движений. Однако, отдельные детали могут обрабатываться не на всех станках и поэтому допустимо зигзагообразное движение деталей. План расположения оборудования составляется в масштабе 1:100 или 1:50, Ширина пролетов (L) для среднего машиностроения принимается 18 м, для приборостроения 12 м, для тяжелого машиностроения 24 м; шаг колонн t (в продольном направлении) - 6 или 12м (рис. 3).

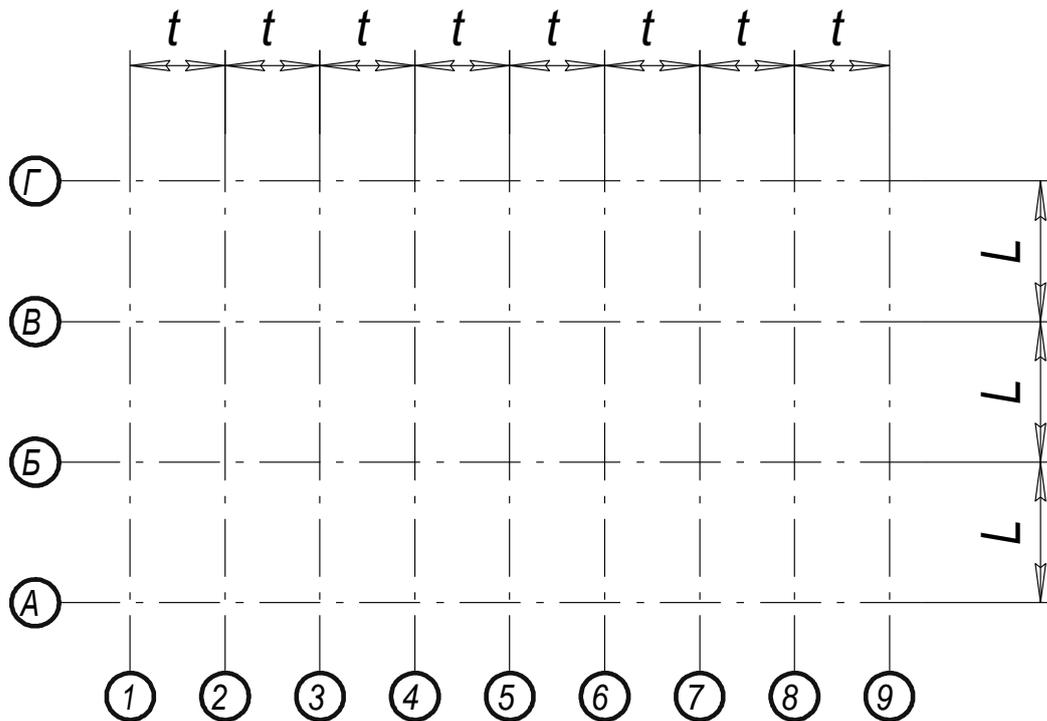


Рисунок 3 – Сетка колонн

Таким образом, применяют следующие сетки колонн: 12×6 ; 18×6 ; 18×12 ; 24×6 ; 24×12 . Перед планировкой оборудования вырезают карточки габаритов станков - темплеты в выбранном масштабе, а на миллиметровой бумаге наносится сетка колонн и проезды. Карточки располагают на плане и прикалывают их булавками. При рассмотрении нескольких вариантов выбирают оптимальный и после согласования его с руководителем вычерчивают и оформляют на чертежной бумаге.

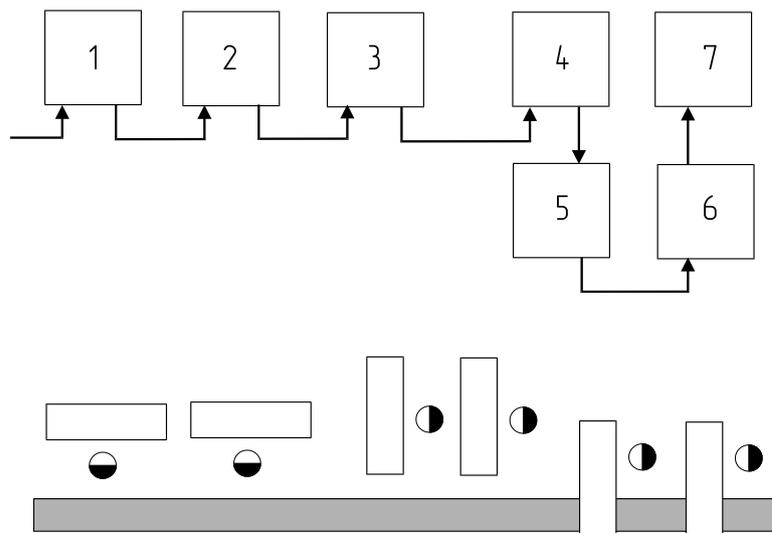


Рисунок 4 – Расположение станков в поточных линиях

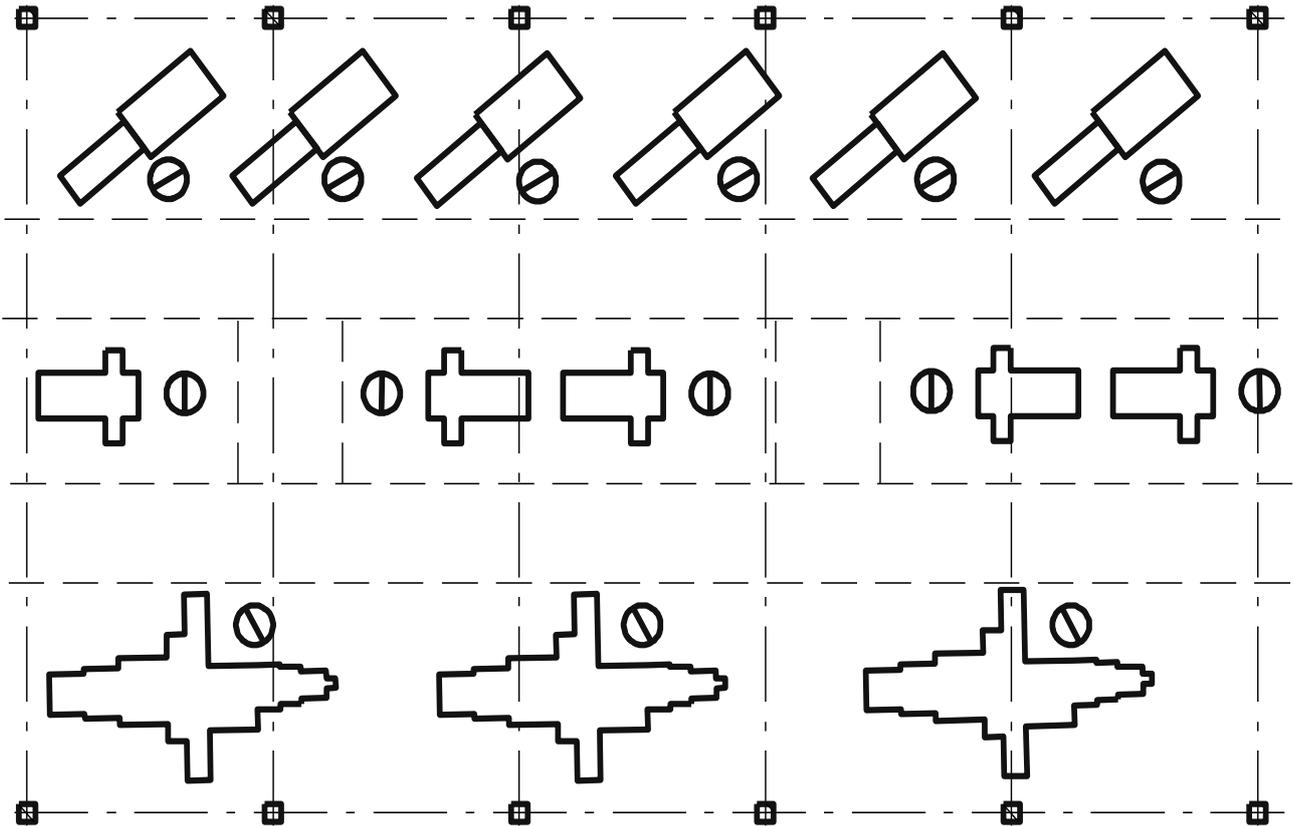


Рисунок 5 - Расположение станков в пролете

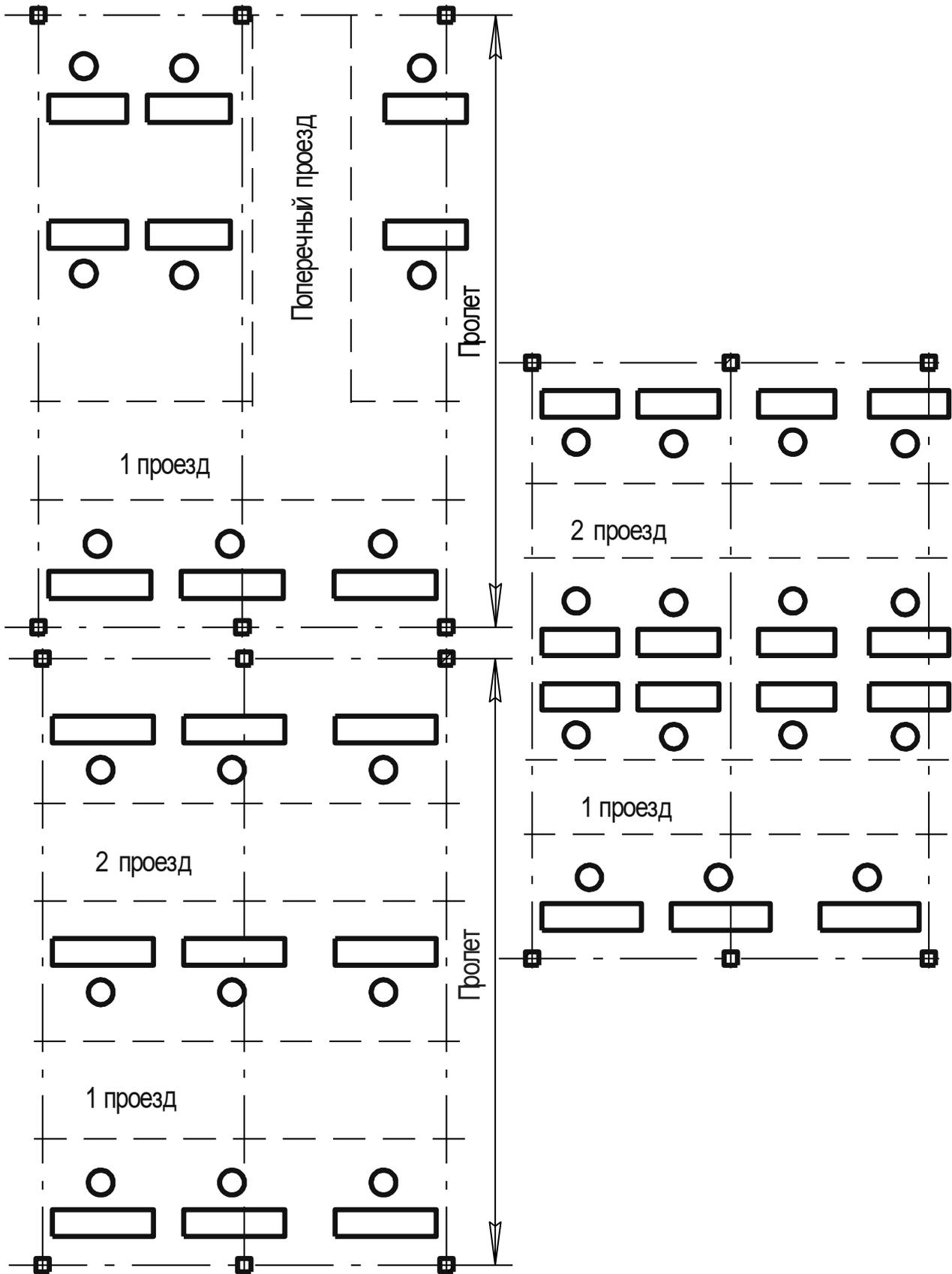


Рисунок 5 - Расположение станков в пролете (продолжение)

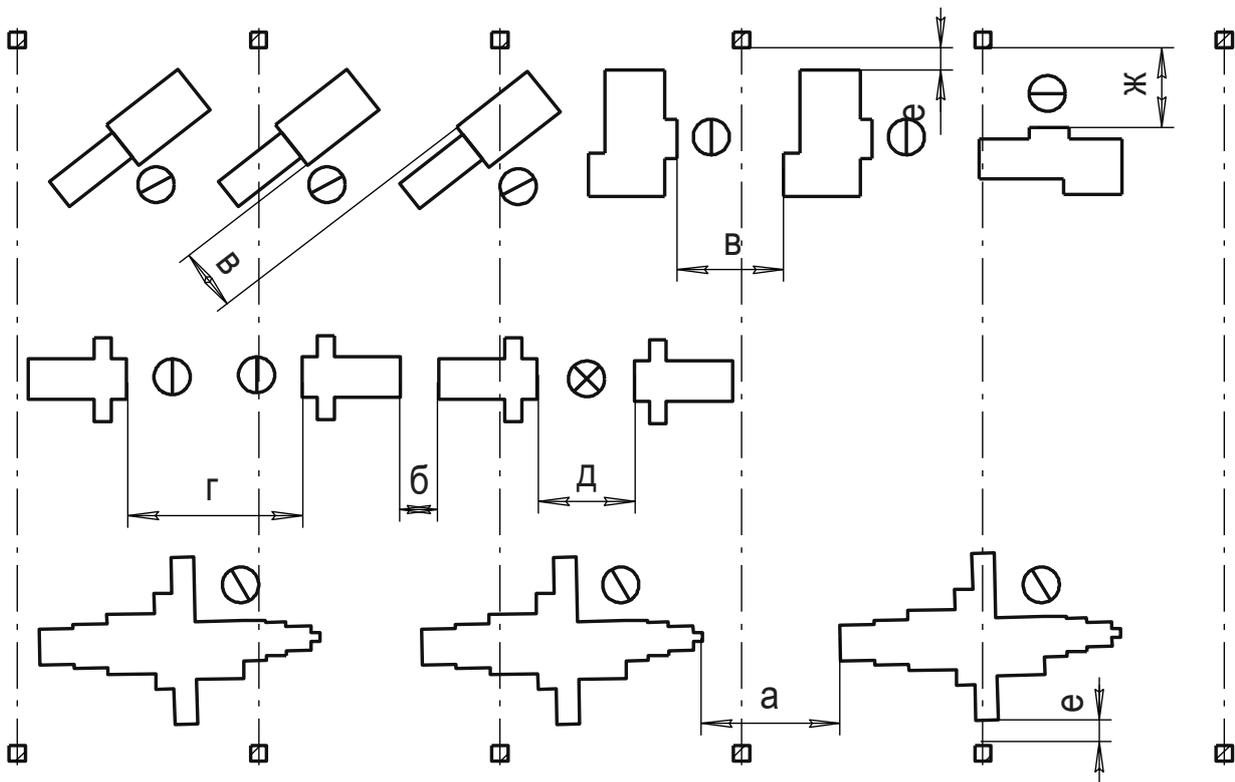


Рисунок 6 – Схемы к нормам расстояний между станками

Правила размещения оборудования:

1. Участки, занятые станками должны быть по возможности короткими (40 - 80 м). Рекомендуемое число станков 18-30 единиц;
 2. Технологические линии на участке желательно располагать вдоль пролетов;
 3. Станки вдоль участка могут быть расположены в два, три и более рядов, а также по отношению к проезду вдоль, поперек и под углом (Рис. 4);
 4. В поточных линиях станки располагают в 1 или 2 ряда (рис. 5);
 5. Расстояние между станками и проезды выбираются при весе транспортируемых деталей до 1 т электротележками, талиями на монорельсе и мостовыми и подвесными кранами - 2,5 м при одностороннем движении и 3,5 при двухстороннем;
 6. Ширина магистральных проездов от 3 до 4,5 м для грузов до 1 т перевозимых электротележками и грузовыми машинами и от 4 до 5,5 м для грузов до 5т.
- Нормы расстояний между станками и от станков до стен и колонн зданий приведены в таблице 3.

При окончательном оформлении плана расположения оборудования следует указать все виды транспортировки и подъема детали, уборки стружки, размеры главных проездов и проходов, сетку колонн, расстояния фронтальных линий станков от колонн, стен и т.д.

Таблица 3 – Нормы расстояний между станками и от станков до стен и колонн

Расстояния		Нормы расстояний между станками при их размерах в мм				
		До 1800×800	До 4000×2000	До 8000×4000	До 16000×6000	
Между станками по фронту «а»		700	900	1500	2000	
Между тыльными сторонами станков «б»		700	800	1200	15000	
Между станками при поперечном расположении к проезду	При расположении станков «в затылок» «в»	1300	1500	2000	-	
	при расположении станков фронтом друг к другу и обслуживании 1 рабочим	одного станка «г»	2000	2500	3000	-
		двух станков «д»	1300	1500	-	-
От стен или колонн здания до	тыльной или боковой стороны станка «е»	700	800	900	1000	
	фронта станка «ж»	1300	1500	2000	-	

Практическая работа 6. Проектирование складских и вспомогательных помещений цеха

В зависимости от масштаба производства, размера цеха и организации работы определяется состав вспомогательных отделений цеха. В этот состав входят: инструментальная служба цеха (заточное отделение, отделения ремонта и оснастки, инструментально-раздаточные кладовые); кладовые приспособлений и абразивов; контрольные пункты и отделения; цеховая ремонтная база; склады; отделения для приготовления и раздачи СОЖ; отделения сбора и переработки стружки, а также помещения цеховых энергетических и санитарно-технических установок. В зависимости от конкретных условий некоторые отделения могут объединяться и быть общими для нескольких цехов одного корпуса.

Заточное отделение предусматривается для централизованной переточки режущего инструмента. Основным его оборудованием являются заточные станки. Расчет числа заточных станков производится точно или укрупненно.

При укрупненном расчете число заточных станков определяется в процентах от количества металлорежущего оборудования, обслуживаемого заточным отделением (за вычетом шлифовальных и полировальных станков). При 200 станков в цехе в массовом производстве заточные станки составляют 5 %, а в серийном и

м/серийном – 4 %. При 200-500 станков в цехе массового производства - 4% заточных станков, а в серийном и мелкосерийном – 3 %.

Кроме основных станков в заточных отделениях устанавливается вспомогательное оборудование в количестве 20% от числа станков отделения. В этот состав входят: обдирочно-шлифовальный станок; настольное точило; ручной пресс; заточной станок для дисковых пил; заточной станок для центровочных сверл.

Число рабочих заточников определяется по числу станков заточного отделения:

$$P_{зат} = \frac{C_{зат} \cdot \Phi_{до} \cdot K_{зсп}}{\Phi_{др} \cdot K_m}, \quad (27)$$

где $C_{зат}$ - число основных станков заточного отделения; $K_{зсп}$ - средний коэффициент загрузки; K_m - коэффициент многостаночного обслуживания.

Общая площадь заточного отделения составляет 8 - 10 м² (при мелких изделиях), 10-12 м² (при средних) и 12-14 м² (при крупных изделиях) на один основной станок отделения.

Заточное отделение следует располагать в производственном здании по возможности рядом с раздаточными кладовыми режущего инструмента. Отделение оборудуется приточно-вытяжной вентиляцией.

Рекомендуется создавать централизованные заточные отделения для обслуживания всех цехов завода.

Отделение ремонта инструмента и оснастки в механических цехах массового производства и в крупных цехах серийного производства при условии, что на один производственный станок приходится не менее одного приспособления, организуются самостоятельные мастерские для ремонта оснастки (приспособлений и инструмента).

Инструментально- раздаточная кладовая -ИРК. Расчет площадей кладовых производится по нормам, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Нормы для расчета площади цеховых кладовых

Кладовые	Объекты хранения	Норма площади кладовой в м ² на один производственный металлорежущий станок при работе в цехе в две смены при типе производства			
		массовом	крупносерийном	серийном	мелкосерийном
Инструментально раздаточные	Режущий и вспомогательный инструмент	0,1-0,2	0,2 - 0,6	0,25-0,7	0,4 - 0,9
	Измерительный инструмент	0,1-0,2	0,1-0,2	0,15-0,3	0,3-0,5

	Режущий, вспомогательный и измерительный инструмент	0,2-0,3	0,3-0,8	0,4-1,0	0,7-1,4
Приспособле-	Приспособлений для установки деталей на станках	0,15-0,2	0,25-0,6	0,35-0,5	0,6-1,2
Инструментальной оснастки	Приспособления и все виды инструмента	0,35-0,5	0,55-1,4	0,75-1,9	1,3-2,6

Примечание: меньшие значения относятся к малым станкам, большие - к крупным станкам.

Контрольные отделения и пункты следует размещать рядом с обслуживаемыми участками по ходу технологического процесса. В зависимости от формы организации работ контроль может производиться: на рабочем месте на станке или около станка; на контрольных пунктах; в контрольном отделении цеха.

Укрупненно площадь контрольного отделения определяют по норме 5 - 6 м² на одного работника-контролера с применением коэффициента 1,5-1,75 на расположение оборудования, инвентаря и проходов. Число работников ОТК составляет 4 -65 от общего количества рабочих. Обычно площадь контрольного отделения составляет 3 - 5% от площади станочного отделения. Размеры площадок для контрольных пунктов принимают равными 2 × 2 или 2,5 × 2,5 м.

Контрольное отделение располагают в механическом цехе по пути движения деталей в сборочный цех, перед промежуточным складом и выгораживают перегородками.

Складские помещения. Для обеспечения нормального хода производства в цехе должны иметься склады металла, заготовок, межоперационные склады и склады готовых деталей. Размеры складов определяются масштабом и характером производства.

Склад металла целесообразно устраивать единый, обще заводской. Склады, заготовок должны размещаться при соответствующих заготовительных цехах, а в механическом цехе на складе должен быть запас заготовок на 5 - 20 дней. Для достижения прямого и кратчайшего пути движения заготовка цеховые склады должны размещаться в начале соответствующих технологических потоков. В цехах поточного производства для хранения заготовок предусматривают площадки в начале линии.

Межоперационные склады устраивается только в непоточном производстве. В поточном производстве необходимый межоперационный запас деталей-полуфабрикатов хранится непосредственно у станка.

Склады готовых деталей располагают в конце участков или линий механической обработки, за контрольным отделением, по пути движения деталей на сборку. В поточном производстве склады готовых деталей представляют собой выделенные складские площадки, расположенные в концах поточных линий, или подвижные склады-конвейеры.

Величину площади складов определяют исходя из необходимости хранения определенного количества запаса металла, заготовок, полуфабрикатов или деталей с учетом допустимой грузонапряженности пола складского помещения:

$$S_0 = \frac{Q_0 \cdot a_{cp}}{\Phi \cdot g_{cp} \cdot K_u} \quad (28)$$

Где Q_0 – общий черновой вес материалов или заготовок, подлежащих механической сборке в течение года, т.; a_{cp} – среднее количество дней, на которое принимается запас материала (от 3-х до 20 дней в зависимости от типа производства); Φ – количество рабочих дней в году; g_{cp} – среднедопустимая нагрузка на площадь цеха, т/м² (принимается 2 - 3 т/м²); K_u – коэффициент использования площади склада – отношение полезной площади склада к его общей площади, включая проходы, проезды $K_u = 0,4 - 0,5$.

Для снабжения станков смазочно-охлаждающей жидкостью в механическом цехе предусматривают эмульсионную станцию и склад масел. Эмульсионная станция обслуживает все механические цеха и часто выносится в пристройку или строится отдельно на территории завода. В механических цехах масло расходуется на заливку и смену масла в емкостях станков, на доливку и ручную смазку трущихся элементов станков.

Нормы расхода сказочных материалов (индустриальные масла марок 20, 30, 45) на один металлорежущий станок (q_m):

- для мелкого оборудования - 0,25 кг в сутки;
- для среднего оборудования - 0,44 кг в сутки;
- для крупного оборудования - 0,7 кг в сутки.

Годовой расход масел для смазки оборудования (т/год):

$$Q = \frac{\sum_i q_i \cdot C_n \cdot 253}{1000}, \quad (29)$$

Где q_{mi} – расход масла на 1 станок в сутки, кг; C_n – количество станков; 253 – число рабочих дней в году.

Площадь склада масел составляет 10 - 20 м². Эмульсионную станцию и склад масел располагают в помещениях у наружной стены с отдельным выходом наружу.

Современные высокопроизводительные станки, оснащенные десятками режущих инструментов и работающие на высоких скоростях, дают до 100 кг

стружки в час. Это сделало необходимым разработку специальных средств для сбора и утилизации стружки.

Средний процент отходов в стружку по всем видам заготовок можно принять равным 15% от массы готовых деталей годовой программы. Наиболее эффективный способ переработки стружки - ее брикетирование. Особые трудности вызывает сбор и транспортировка стальной витой стружки, которая для брикетирования должна быть измельчена. Предварительное дробление ее производят на станке путем применения стружколомательных элементов на инструменте - стружколомов, экранов и т.д. Для уборки стружки из рабочей зоны станка современные станки имеют специальные устройства шнекового, скребкового или инерционного типа, которые перемещают стружку в короб или люк, расположенные с тыльной стороны станка. Транспортировка стружки - см. транспортные устройства.

Переработка стружки производится в централизованном отделении, которое размещают у наружной стены здания: в подвальном помещении или в отдельном.

Площадь отделения для переработки стружки определяется в зависимости от количества производственного оборудования цеха по таблице.

Кол-во стан- ков	до 60	60 – 100	100 – 200	200 – 300	300 – 400
$S_{отд}, м^2$	65 – 75	75 – 85	85 – 105	110 – 125	130 – 180

Практическая работа 7. Подъемно-транспортное оборудование цеха

Выбор того или иного вида цехового транспорта зависит от характера продукции, ее веса и размеров, вида производства и формы организации работы; размеров грузооборота (количества перемещаемых грузов), назначения транспорта.

7.1. Транспортное оборудование в серийном производстве

Удобным транспортом являются электрические тележки; они просты в управлении и бесшумны, благодаря чему их широко применяют на заводах. Приводятся они в движение электродвигателем, питающимся током от аккумуляторной батареи. Они строятся грузоподъемностью 0,75; 1,0; 1,5; 2; 3 и 5 т с подъемными платформами и подъемными кранами или без них. Скорость движения 6 - 15 км/ч. (100 - 250 м/мин). Применяются и автотележки, но они имеют существенные недостатки; выделение отработанных газов и использование дорогого горючего.

Расчет потребного количества электротележек и др. транспорта определяется в зависимости от веса деталей, перевозимых в течение года, времени пробега и времени на ее загрузку и разгрузку.

$$K_m = \frac{Q \cdot i}{q \cdot 60 \cdot \Phi \cdot m \cdot K_p} \left(\frac{l_{cp}}{v_{cp}} + t_z + t_p \right), \quad (30)$$

где K_m - расчетное количество электротележек; Q - вес деталей, транспортируемых в год, т; q - заполнение электротележки за один рейс, т (≈ 75 % от её грузоподъемности); i - среднее количество транспортных операций на одну деталь (с учетом переходов одной детали со станка на станок, расположение оборудования и перевозок заготовок из цехового склада и обработанных деталей в промежуточный склад); Φ - номинальный годовой фонд времени электротележки при работе в одну смену, ч. (≈ 2070 ч.); m - количество смен работы электротележки в сутки; K_p - коэффициент, учитывающий простой тележки из-за ремонта ($\approx 0,97$); V_{cp} - средняя скорость электротележки (≈ 150 м/мин); T_z T_p - время на загрузку и разгрузку электротележки за каждую операцию (по 5-10 мин).

При дробном числе оно округляется до целого и называется принятым количеством $K_{т.пр}$.

Для подъема на станок тяжелых деталей, а также для передачи деталей со станка, находящегося в одном пролете, на станок, расположенный в другом пролете, используют поворотные краны в виде простой стрелы с талью либо тельфером или в виде крана на колонне.

Консольные электрические краны, перемещающейся вдоль стен по рельсам, применяются для обслуживания цеховых складов и пролетов крупных цехов. Они обслуживают зону вдоль цеха; ширина зоны зависит от вылета консоли, которая достигает до 5 м.

Наиболее распространенным средством верхнего транспорта в цехе являются электрические мостовые краны, которые служат и грузоподъемным, и транспортным средством. Управление ими может быть верхнее (из кабины) и нижнее. Скорость передвижения с верхним управлением до 120 м/мин; управляемых с пола - не более 30 м/мин.

При небольшом объеме грузовых работ применяют ручные одно- и 2-х бабочные мостовые краны.

7.2. Подъемно-транспортное оборудование в автоматизированном производстве

В автоматическую поточную линию транспортные устройства входят в качестве составной части всего комплекта оборудования линии и поставляются станкостроительными заводами комплексно с входящими в линию станками.

Удобными транспортно-подъемными средствами являются монорельсы, рольганги или их сочетание с транспортерами и гибкими подвесками.

Корпусные детали, имеющие хорошие поверхности, перемещаются по рольгангу непосредственно, без тары. Круглые детали помещают в специальные

ящики. Наклонные рольганги имеют уклон 3° .

Транспортные конвейеры для межоперационной передачи деталей широко применяют в массовом и крупносерийном производстве. Они могут быть напольными, подвесными. Напольный пластинчатый или ленточный конвейер в однодетальных линиях используется так же, как и рольганг в сочетании с монорельсами. Скорость регулируется в соответствии с тактом выпуска изделий с помощью вариатора и составляет:

- ленточного рабочего конвейера 6 - 30 м/мин;
- транспортного 30 - 60 м/мин.;
- пластинчатого рабочего-1-5 м/мин;
- транспортного - 7 - 20 м/мин.

Для передачи деталей типа тел вращения (маховиков, фланцев и т.п.) применяют наклонные желоба, устраиваемые короткими секциями от одного станка к другому, главным образом на однодетальных поточных линиях. Их выполняют с уклоном 1:10 - 1:15.

При групповой обработке и в поточных линиях в качестве межоперационного транспорта могут служить различные манипуляторы и промышленные роботы.

7.3. Транспортирование стружки

Транспортирование стружки от станков к сборным коробам или бункерам, расположенным у проездов цеха, производится при помощи авто- и электротележек и погрузчиков, электротельферов на монорельсах, мостовых кланов, кран-балок и транспортеров. Наиболее целесообразно производить транспортирование стружки непосредственно от станка в отделение ее переработки системой транспортеров или конвейеров, расположенных под полом. В таких транспортных системах применяют следующие конвейеры и транспортеры: винтовые (шнековые), скребковые, ершово-штанговые, цепные, пластинчатые, ленточные, инерционные, гидравлические и др.

Практическая работа 8. Определение общей площади цеха и его компоновка

Основным показателем, характеризующим использование производственной площади, являются величины удельной общей и производственной площади на один станок. Общая площадь предусматривает размещение контрольных пунктов ОТК, магистральных проездов, ИРК, кладовых приспособлений, абразивов, вспомогательных материалов. Средние размеры удельной производственной и общей площадей:

- для малых станков (массой до 1 т) - 10 - 12 м² и 18 - 21 м²,
- для средних станков (массой 1 - 10 т), - 15 - 25 м² и 26 - 29 м²,

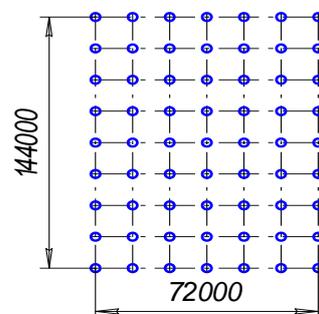
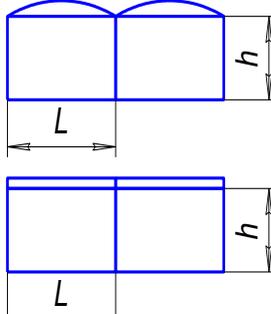
- для крупных станков (массой 10 - 30 т) - 30 - 45 м² и 50 - 100 м².

Рассчитав производственную площадь цеха по известному количеству станков (см.п.3.3) и площади вспомогательных помещений и складов, приступают к компоновке цеха.

Компоновка - это схематический план здания с изображением отделений участков, вспомогательных и служебно-бытовых помещений. При разработке компоновочного плана должны быть учтены общие требования: прямолинейность производства, начиная от склада или места поступления заготовок и кончая отправкой готовой продукции; кратчайшие пути, движения продукции на всей протяженности процесса производства; размещение участков с вредными выделениями и опасных в пожарном отношении у наружных стен здания.

В целях сокращения сроков проектирования и строительства и уменьшения капитальных вложений разработаны унифицированные типовые секции (УТС), которые рекомендовано использовать при проектировании. Оптимальные размеры секций и их площадей выбраны на основе анализа ранее применявшихся проектов производственных зданий. Так, длина секции (размер вдоль пролета) для предприятий машиностроения не превышает 72 м, максимальная ширина принята 144 м. Высота пролетов принимается в зависимости от вида транспортного оборудования. Схематические планы и разрезы унифицированных типовых секций промышленных зданий приведены в таблице 5. Из типовых секций можно компоновать различные производственные здания.

Таблица 5 – Схематические планы и разрезы унифицированных типовых секций промышленных зданий

Категория секций	Планы секций	Сетка колонн, м	Площадь секций, м ²	Наличие кранов	Схема поперечных разрезов секций	Высота пролета, грузоподъемность
Основные		18×12	10638	Бескрановые		6 и 7,2 м, (5 т)

		24×12	5184	Крановые		10,8 (20 т); 12,6 (30 т)
Дополнительные		24×12	3456			10,8 (20 т);
		24×12	1728			12,6 (30 т)
		30×12	2160			

При оформлении компоновочных планов здание в плане изображают в виде сетки продольных и поперечных разбивочных осей. При этом продольные оси, образующие пролеты здания, обозначают заглавными буквами русского алфавита, а поперечные - арабскими цифрами (рис. 3).

Торцевые колонны здания смещают внутрь относительно разбивочных осей на 500 мм. Это необходимо для того, чтобы пропустить колонны фахверка, шаг которых обычно равен 6 м. Фахверк - легкий каркас, необходимый для размещения на нем стеновых панелей, длина которых равна 6 м.

Все отделения цеха на плане необходимо располагать по ходу общего производственного процесса в следующем порядке.

1. В серийном производстве цеховой склад металла и заготовок вместе или смежно с заготовительным отделением размещаются в начале цеха (поперек пролетов цеха или в отдельном пролете, перпендикулярном пролетам цеха); при поточном производстве складские площадки для заготовок располагают в начале каждой поточной линии.
2. Вдоль склада или складских площадок поперек пролетов цеха устраивают проезд шириной от 4-х и более метров в зависимости от применяемых

транспортных средств.

3. Станочное отделение располагается на основной площади цеха; при значительной длине технологической линии устраивают поперечные проходы шириной 4 м.
4. В конце станочного отделения поперек всех пролетов также устраивают поперечный проезд шириной не менее 4 м в зависимости от применяемых средств транспорта.
5. В удобных местах располагают контрольное отделение или контрольные пункты при поточном производстве.
6. В серийном производстве параллельно контрольному отделению, поперек пролетов размещается склад готовых деталей и смежно с ним - межоперационный, если он предусмотрен; в поточном производстве для готовых деталей предусматривают складские площадки или подвесные или напольные конвейеры.
7. В поточном производстве далее располагается узловая сборка как на стендах, так и на конвейерах.
8. Вспомогательные отделения цеха размещают в производственном здании у наружных стен, или в пристройках шириной 6 (кратно 6 м).

Пример схемы компоновки корпуса механосборочного цеха показан на рис.7.

Все механические участки цеха расположены вдоль пролетов. Сетка колонн 12×18 м. Технологический поток идет от склада заготовок, через участки механической обработки, через контрольное отделение на промежуточный склад, а затем на сборочный участок. В пристройке к производственному зданию расположены служебно-бытовые помещения. Вдоль складских помещений и в конце механического отделения предусматривают поперечные проезды шириной не менее 4 м.

Компоновки выполняют в масштабе 1:100 или 1:200, а планировки отдельных участков 1:100 или 1:50.

В поточном производстве строят в основном одноэтажные здания с бескрановыми пролетами. Только отдельные пролеты, где ведется обработка крупных корпусных деталей или производится сборка тяжелых узлов, могут потребоваться пролеты с крановым оборудованием, но и в этом случае можно ограничиться подвесными кран-балками грузоподъемностью 0,5 - 5 т.

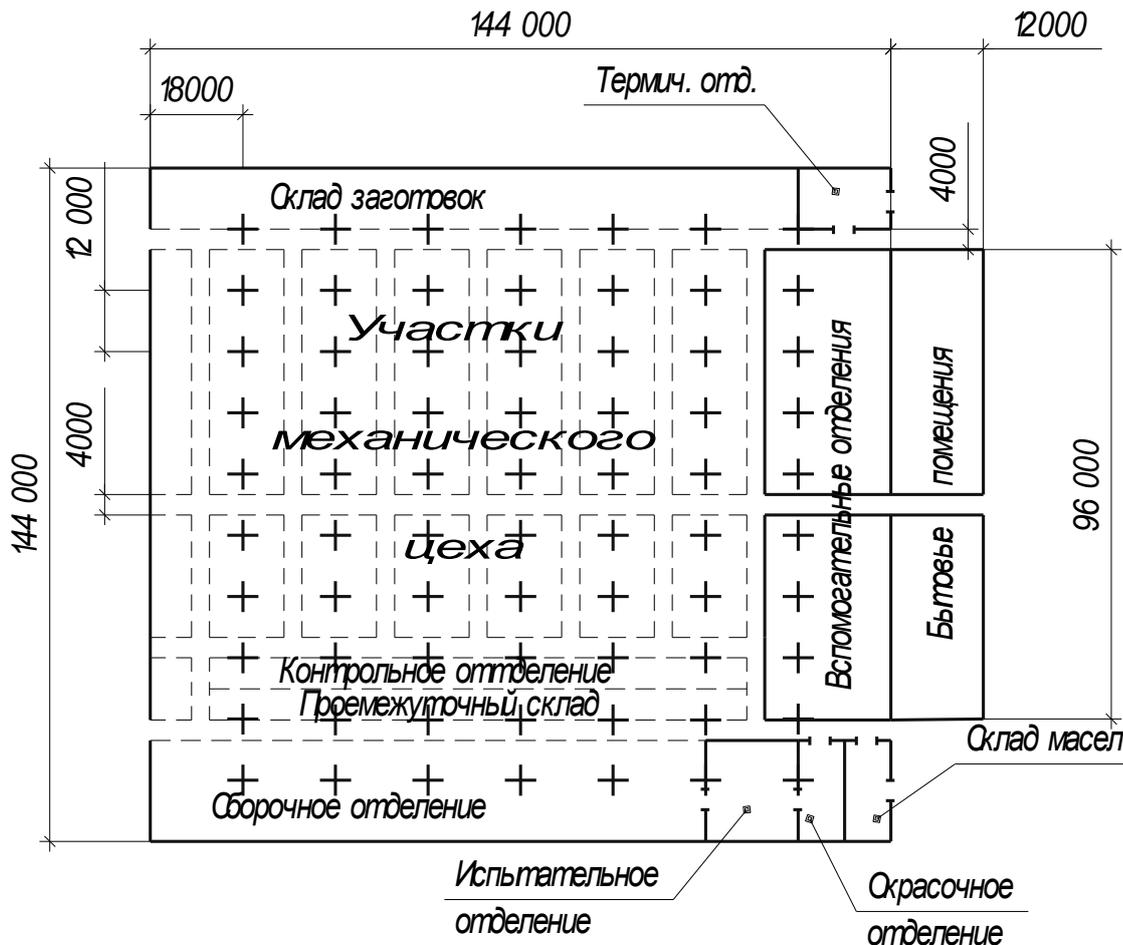


Рисунок 7 – Схема компоновки механосборочного цеха.

Административно-технические службы и бытовые помещения цехов размещают в пристройках к производственным зданиям или в отдельных зданиях. Для этого разработаны унифицированные типовые секции с сеткой колонн 6×6 м. Ширина пристройки составляет 12 м. Длина секций унифицированного ряда составляет 36, 48 и 60 м. Предусмотрены варианты 2-х, 3-х и 4-х этажных пристроек, причем, первые этаж может быть использован для размещения вспомогательных отделений. Высота первого этажа в этом случае может быть 4,2 м. При размещении административных и бытовых помещений высоту этажа (от пола до пола) принимают равной 3,3 м. Располагать пристройку рекомендуют в торцевой части здания.

Перечень использованных информационных источников

1. Тamarкин, М.А. Проектирование машиностроительных производств: учебно-методическое пособие / М.А. Тamarкин, А.В. Гордиенко, М.М. Чаава – Изд. Центр ДГТУ. Ростов-на-Дону, 2017.
2. Тamarкин, М.А. Проектирование механосборочного производства: учебное пособие / М.А. Тamarкин, Г.А. Прокопец, В.Н. Аксенов – Изд. Центр ДГТУ.

Ростов н/Д 2002.

3.Тамаркин, М.А. Рабочая программа и методические указания по дисциплине «Проектирование механосборочных цехов» для студентов 120100 заочного факультета: учебно-метод. разработка / М.А. Тамаркин, В.Н. Аксенов, Ю.Г. Халын, Ю.П. Анкудимов – Изд. Центр ДГТУ. Ростов н/Д 2004.

