МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИнЭО
_____ С.И. Качин
«____» _____ 2015 г.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ

Методические указания и индивидуальные задания
для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению
150700 «Машиностроение»,
профиль «Технология, оборудование
и автоматизация машиностроительных производств»

Составитель **В.Н. Козлов**

Семестр	**9**	**10**
Кредиты		3
Лекции, часов	2	8
Лабораторные занятия, часов		10
Индивидуальные задания		№ 1
Самостоятельная работа, часов		52
Формы контроля		зачет

Издательство
Томского политехнического университета
2015

УДК 621-182.8 (0.83.74) (075.8)

Проектирование механосборочных цехов: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 150700 «Машиностроение», профиль «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» / сост. В.Н. Козлов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 45 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры технологии автоматизированного машиностроительного производства «___» _____ 2015 года, протокол № __.

Зав. кафедрой ТАМП,
доцент, канд. техн. наук _____А.Ю. Арляпов

Аннотация

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Проектирование механосборочных цехов» предназначены для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 150700 «Машиностроение» профиль «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств». Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Приведено содержание основных тем дисциплины, указан перечень лабораторных работ. Приведены варианты индивидуального домашнего задания. Даны методические указания по выполнению индивидуального домашнего задания.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ 4
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ 5
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ 15
3.1. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме 15
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ 17
4.1. Общие методические указания 17
4.2. Варианты ИДЗ и методические указания 19
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ 42
5.1. Вопросы для подготовки к зачету 42
5.2. Образец зачётного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической форме обучения 43
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 44
6.1. Литература обязательная 44
6.2. Литература дополнительная 44
6.3. Интернет-ресурсы 44

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Проектирование механосборочных цехов» относится к вариативной части профессионального цикла профиля «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств». При изучении дисциплины студенты знакомятся с принципами проектирования механосборочных цехов, расчёта требуемого количества оборудования основного и вспомогательного производства.

Для полноценного усвоения дисциплины большое значение имеют знания, умения, навыки и компетенции, приобретенные студентами при изучении следующих дисциплин (пререквизиты): «Технология конструкционных материалов», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Резание материалов и режущий инструмент», «Технология машиностроения», «Металлообрабатывающие станки», «Безопасность жизнедеятельности».

Содержание дисциплины «Проектирование механосборочных цехов» согласовано с содержанием изучаемых параллельно разделов дисциплин (кореквизиты): «Управление и организация производства».

В результате освоения дисциплины «Проектирование механосборочных цехов» студент должен:

знать

- основные принципы формирования производственных участков и цехов;
- содержание технических, организационных, экономических и социально-бытовых задач, решаемых при проектировании;
- состав, назначение, функции и структуру всех служб вспомогательной системы;
- рациональные способы размещения оборудования;

уметь

- рассчитывать трудоёмкость годовой обработки всех изделий в цехе в зависимости от серийности производства;
- рассчитывать требуемое количество оборудования, площадь цеха и участков;

владеть опытом

- планировки оборудования;
- проектирования вспомогательной системы.

2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Основные задачи и принципы проектирования

Основные направления развития машиностроения в России и за рубежом, роль реконструкции и технического перевооружения действующих механосборочных производств. Основные определения дисциплины. Содержание и этапы производственного процесса. Последовательность проектирования и строительства. Содержание технических, организационных, экономических и социально-бытовых задач, решаемых при проектировании. Периоды проектирования. Состав технического задания на проектирование и проекта.

Использование систем автоматического проектирования (САПР) при проектировании цехов. Критерии выбора оптимального варианта проекта. Основные принципы проектирования. Основные принципы формирования производственных участков. Основные направления по выбору состава технологического оборудования для поточного и непоточного производства. Выбор сетки колонн и ширины магистрального проезда. Расчёт длины, ширины и высоты производственных участков.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 1–5].

Методические указания

Изучение данной темы следует начать с изучения направлений развития машиностроения в России и за рубежом, сопровождающихся ускоренным обновлением применяемого оборудования, существенно отличающимся расширением технологических возможностей и изменением габаритных размеров. В зависимости от типа производства изменения происходят как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения размеров оборудования, поэтому при проектировании промышленных корпусов необходимо предусмотреть возможность быстрой и достаточно дешёвой перепланировки. Особое значение приобретает уменьшение времени на выполнение проектных работ за счёт их автоматизации, применения САПР. После ознакомления с этими вопросами необходимо рассмотреть этапы производственного процесса, изучить основные определения, применяемые при проектировании участков и цехов, состав проекта, содержание решаемых задач, последовательность проектировочных работ, основные принципы проектирования.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Каким образом можно подготовиться к выпуску принципиально новых изделий?
2. В чём отличие производственного и технологического процесса?
3. Каковы этапы производственного процесса?
4. Что такое дифференцированный и комплексный производственный процесс?
5. В чём отличие поточного и непоточного производства?
6. Укажите структуру предприятия, его деление на основные составные части.
7. Какие виды помещений имеются в цехе?
8. На какие основные категории делятся работающие в цехе, и каковы их обязанности?
9. Что такое пролёт и сетка колонн?
10. Перечислите состав технического проекта.
11. Что такое «субподрядчики»?
12. Что означают термины ТЭО и ТЭР, используемые при проектировании?
13. Укажите этапы предпроектных работ.
14. Что указывается в исходных данных при реконструкции?
15. Укажите состав технических задач.
16. Укажите состав экономических задач.
17. Укажите состав организационных задач.
18. Укажите состав социально-бытовых задач.
19. Что включает в себя предпроектный период?
20. Для чего применяется техзадание на проектирование, и что там указывается?
21. В чём заключается последовательность проектирования в две стадии? Когда и для чего это применяется?
22. Какие задачи решаются при проектировании участков и цехов с использованием САПР?
23. В чём принципиальные отличия применения САПР от традиционной системы проектирования?
24. Какие основные принципы желательно выдерживать при проектировании?
25. Как определить тип производства?
26. Перечислите достоинства и недостатки при организации поточного производства.
27. Какие способы автоматизации производства применяются для различных типов производства? Изобразите график использования этих

способов в координатах «Номенклатура деталей – Число выпускаемых деталей».

28. Какие виды специализации используются на предприятиях?

29. Что такое гибкость производства? Перечислите мероприятия по её увеличению.

Тема 2. Проектирование основного производства

Исходные данные для проектирования. Виды производственной программы. Последовательность действий при проектировании по приведённой программе. Фонды времени работы оборудования. Расчёт размера партии деталей и такта выпуска. Расчет трудоемкости годовой программы всех изделий в поточном и непоточном производстве. Расчёт трудоёмкости обработки деталей в цехе по приведённой программе. Расчет количества станков. Синхронизация технологического процесса.

Планировка основного (технологического) оборудования на участках. Условные обозначения на планировке. Организация рабочего места. Температурный режим при обработке оборудования.

Способы размещения оборудования и расчёт производственной площади. Методы расчёта количества работающих.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 6–15].

Методические указания

Изучение данной темы следует начать с изучения необходимых исходных данных для проектирования при строительстве нового помещения и при реконструкции. Особое внимание необходимо уделить последовательности проектирования по приведённой программе, поскольку в настоящее время всё чаще происходит обновление моделей изделий, и они выпускаются малыми сериями, т.е. увеличивается доля мелкосерийного производства, для которого расчёт трудоёмкости существенно усложняется из-за увеличения номенклатуры выпускаемой продукции. При изучении методов расчёта трудоёмкости следует уяснить, что при массовом и крупносерийном производстве расчёт должен выполняться точно, поскольку при большом количестве выпускаемых изделий даже незначительная ошибка по определению трудоёмкости обработки одной детали приведёт к серьёзным проблемам в экономике предприятия. При мелкосерийном производстве большая номенклатура выпускаемых изделий не позволяет выполнить точные расчёты для каждого изделия, поэтому приходится использовать приближённые методы. Ошибка при расчёте трудоёмкости обработки годовой программы всех деталей, из-

готовляемых в цехе, приведёт к необоснованному увеличению или уменьшению количества станков и площади цеха.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие данные требуются для проектирования нового цеха?
2. Какие данные требуются для реконструкции цеха?
3. Каким образом выполняется расчёт трудоёмкости в массовом и крупносерийном производстве?
4. Каким образом выполняется расчёт трудоёмкости в массовом и мелкосерийном производстве?
5. В какой последовательности выполняется расчёт трудоёмкости по приведённой программе?
6. Что такое фонд времени? Какие виды фонда времени используются для расчётов?
7. Какой фонд времени используется для расчёта количества станков?
8. Что такое партия деталей?
9. На что и каким образом влияет размер партии деталей?
10. Какая формула используется для расчёта размера партии деталей? Что обозначают её составляющие?
11. Что такое такт выпуска, и в каких случаях он используется?
12. Перечислите методы расчёта трудоёмкости обработки деталей. В каких случаях используется каждый метод?
13. Как рассчитать трудоёмкость годовой обработки для конкретной модели станка в условиях крупносерийного производства?
14. Как рассчитать трудоёмкость годовой обработки для конкретной модели станка в условиях мелкосерийного производства?
15. Что такое комплексная деталь и чем она отличается от детали-представителя?
16. Что такое синхронизация производства, и какую проблему она решает?
17. Какие способы синхронизации производства существуют? Укажите их в порядке используемости.
18. Какие методы используются для выполнения планировки оборудования в цехе?
19. От чего зависят нормы расстояний на планировке?
20. Каким образом назначается ширина цеховых и магистральных проездов, пешеходных проходов?
21. Каким образом можно уменьшить ширину цеховых проездов при двухстороннем движении?
22. Какие факторы учитываются при выполнении планировки?
23. Что указывается на планировке?

24. Какие размеры указываются на планировке?

25. От каких факторов зависит организация и устройство рабочих мест?

26. Каким образом обеспечивается доставка деталей в поточном производстве с помощью конвейера при различии в длительности смежных операций?

27. Какие помещения используются при окончательной обработке высокоточных деталей?

28. Какие способы размещения оборудования относительно проезда используются и от чего это зависит? Укажите примеры расположения оборудования для каждого способа.

29. Каким образом может быть сгруппировано оборудование в цехе? В каких случаях применяется каждый способ? Перечислите его достоинства и недостатки.

30. Что входит в удельную производственную площадь, от чего зависит её величина?

31. Перечислите методы расчёта количества работающих. В каких случаях они применяется?

Тема 3. Проектирование вспомогательной системы

Состав вспомогательной системы. Назначение и классификация складской системы в механосборочном производстве. Расчет площади складов, компоновка подразделений и планировка складов. Назначение и состав транспортной системы, расчёт объёма грузоперевозок. Назначение системы инструментообеспечения, её функции и структура. Проектирование подсистем хранения и комплектования инструмента, технологической оснастки, доставки инструмента и техоснастки к технологическому оборудованию, сборки и настройки инструмента, отделения по восстановлению инструмента. Определение состава и количества работающих в системе инструментообеспечения. Назначение системы ремонта и технического обслуживания, её функции и структура.

Назначение системы контроля качества изделий, её функции и структура. Назначение и структура системы охраны труда работающих и бытового обслуживания. Назначение, структура и задачи системы управления и подготовки производства. Этапы подготовки к выпуску продукции на участке и в цехе. Определение состава и численности персонала.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 16].

Методические указания

Изучение данной темы следует начать с изучения состава вспомогательной системы. Необходимо уяснить структуру и функции каждой службы, способы её классификации и расчёта требуемой площади. Особое внимание необходимо уделить службе управления и подготовки производства, её структуре, взаимосвязям с остальными службами вспомогательной системы, последовательности действий при выпуске очередного изделия, подготовки необходимых документов и их согласования.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Каков состав вспомогательной системы?
2. Классифицируйте складскую службу.
3. Каким образом выполняется расчёт площади склада материалов и заготовок?
4. Классифицируйте транспортную службу.
5. Какие транспортные средства применяются для межцеховых, внутрицеховых и межоперационных перемещений грузов?
6. Какие способы загрузки заготовок применяются в цехе?
7. Из каких соображений выбираются габаритные размеры и вес тары?
8. Как рассчитать требуемый вес тары с заготовками?
9. Перечислите способы сокращения объёма грузопотока.
10. Из каких соображений выбирается вид транспортного средства при мелкосерийном производстве? Какая основная проблема при этом должна быть решена?
11. Виды конвейеров, их достоинства и недостатки.
12. Виды грузоподъёмных средств, их достоинства и недостатки.
13. Каким образом грузопотоки обозначаются на планировке цеха?
14. Какова структура инструментальной службы?
15. Перечислите функции инструментальной службы.
16. Назовите способы замены режущих инструментов.
17. От каких факторов зависит страховой запас режущих инструментов?
18. Что хранится в инструментальной кладовой в цехе при мелкосерийном производстве?
19. Отчего зависит удельная площадь инструментальной кладовой? Приведите пример.
20. Какова структура службы ремонта и технического обслуживания?

21. Перечислите функции службы ремонта и технического обслуживания.

22. Что указывается в карточке оборудования? Кто это делает?

23. От чего зависит годовая трудоёмкость ремонтного обслуживания станка? Как она рассчитывается?

24. Какие виды ремонта станков предусмотрены?

25. Какое оборудование ремонтной службы устанавливается в крупном цехе? Чему равна удельная площадь такого оборудования?

26. Сколько электриков и слесарей-ремонтников предусматривается в среднем цехе, где они располагаются?

27. Какие способы и средства удаления стружки могут применяться в цехе, от чего зависит их выбор?

28. Каковы способы подачи СОТС и используемое для этого оборудование?

29. Перечислите функции и виды СОТС.

30. Каким образом осуществляется подача сжатого воздуха в цех?

31. Каким образом осуществляется подача электроэнергии к станкам?

32. Перечислите функции системы контроля качества.

33. Какова структура системы контроля качества?

34. Какой процент изделий подвергается контролю и от чего это зависит?

35. Назовите подсистемы службы охраны труда и их функции.

36. Классифицируйте службы обслуживания работающих.

37. Назовите группы объектов бытового обслуживания по их размещению.

38. Расскажите об обустройстве гардеробных, о выполнении норм СНИП.

39. Расскажите об обустройстве медицинского обслуживания на предприятии.

40. Какова структура службы управления и подготовки производством цеха?

41. Перечислите основные задачи службы управления и подготовки производством цеха.

42. Какова должна быть оптимальная численность подчинённых у руководителя подразделения, бригадира, мастера, старшего мастера?

43. Что означает выражение «единство руководства»?

44. Перечислите функции диспетчера.

45. Что включает в себя бланк задания участку на сутки? Укажите последовательность действий по его утверждению.

46. Какой период времени составляют производственные сутки и почему?

47. Какие программы используются для автоматизации управления производством? Какие задачи они решают?

48. Где располагаются подразделения вспомогательной службы?

Тема 4. Генеральный план предприятия

Типы зданий и их компоновка для механосборочных производств. Генеральный план предприятия. Разработка заданий по строительной, сантехнической и энергетической частям. Требования по защите окружающей среды и утилизации отходов. Экономическое обоснование проекта.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 17–19].

Методические указания

Изучение данной темы следует начать с изучения типов зданий и их компоновки. Изучение конструкции промышленного здания позволит лучше разобраться с применяемыми компоновочными решениями, которые тесно связаны с весом изготовляемых изделий и типом производства. При изучении типовых решений генерального плана предприятия необходимо принимать во внимание преимущественное направление воздушных потоков (розу ветров), расположение гражданских объектов вблизи территории завода. При изучении вопросов, решаемых при разработке заданий по строительной, сантехнической и энергетическим частям, необходимо пользоваться знаниями, полученными ранее при рассмотрении разделов «Порядок проектирования» и «Вспомогательная система». Особое внимание необходимо уделить подготовке пола цеха и установке на нём оборудования, особенно высокоточного. Экономическое обоснование проекта является очень сложной задачей, требующей большого объёма разнообразной информации, большая часть которой зависит от текущего периода времени в условиях нестабильной экономической обстановки. Поэтому раздел «Экономическое обоснование проекта» в настоящем пособии рассмотрен в качестве ознакомления с общими проблемами, решаемыми при проектировании.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие формы зданий используются для строительства цехов, и с чем это связано?
2. В каких случаях используются многоэтажные здания?
3. Какие решения применяются для обеспечения освещения цехов?

4. Какова обычно структура пола цеха, и от чего она зависит? Как выбирается покрытие пола?

5. Какие конструктивные схемы зданий используются при строительстве цехов, и от чего зависит принятие решение?

6. Как на планировке обозначаются разбивочные оси?

7. Где обычно располагаются административно-бытовые помещения?

8. Что указывается на компоновочных планах этажей?

9. В каком масштабе обычно выполняются компоновочные планы?

10. Перечислите основные принципы, определяющие выбор компоновки цехов.

11. Какие виды цехов входят в состав крупного машиностроительного завода?

12. Что указывается на генеральном плане завода?

13. С чего начинается выполнение компоновки генерального плана завода?

14. Какие показатели используются для оценки качества выполнения проекта предприятия?

15. Какая информация даётся в задании на разработку проекта по строительной части?

16. Какое оборудование размещают на индивидуальном фундаменте? Назовите его размеры и требования к нему.

17. В каких случаях используется особый вид фундамента? Как он называется? Каковы требования к нему?

18. Какие способы установки оборудования обычно используются? От чего зависит их выбор?

19. Как обустраивается въезд в корпус? Как выбирается вид, ширина и высота ворот?

20. Какие разделы содержит санитарно-техническая часть?

21. Какая информация должна быть указана в техническом задании на проектирование водопровода и водоотведения? Из каких соображений рассчитываются исходные данные?

22. Что указывается в техническом задании на проектирование отопления и вентиляции? Из каких соображений рассчитываются исходные данные?

23. Что указывается в техническом задании на проектирование теплоэнергетической части? Из каких соображений рассчитываются исходные данные?

24. Что указывается в техническом задании на проектирование электрической части? Из каких соображений рассчитываются исходные данные?

25. Как определяется категория и класс пожароопасности предприятия и цеха?

26. Какие виды связи и сигнализации должны быть на предприятии?

27. Как рассчитываются приведённые затраты при экономическом обосновании проекта?

28. Как рассчитываются затраты на заработную плату различных категорий работающих при экономическом обосновании проекта?

29. Как рассчитываются затраты на эксплуатацию основного оборудования и на его амортизацию при экономическом обосновании проекта?

30. Как рассчитываются затраты на эксплуатацию режущих инструментов и технологической оснастки при экономическом обосновании проекта?

31. Как рассчитываются затраты на наладку оборудования при экономическом обосновании проекта?

32. Как рассчитываются затраты на общецеховые расходы?

33. Укажите состав показателей, используемых при оценке качества проекта.

34. Как определяется категория качества проекта при различных единицах измерения его разделов? Приведите простейший пример такого расчёта (проект состоит из двух разделов).

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

Лабораторный практикум является составной частью учебного процесса по данной дисциплине. Лабораторные работы призваны закрепить теоретические знания по изучаемому курсу.

В данном разделе приведен перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме (КЗФ).

Студенты классической формы обучения выполняют лабораторные работы во время сессии в г. Томске.

Для каждой работы предусмотрены методические указания по ее выполнению, контрольные вопросы и требования к оформлению отчета.

В тематике лабораторных работ возможны изменения. Окончательный список тем приведен в Календаре обучения на сайте ИнЭО.

Лабораторная работа № 1 (2 часа)
Выполнение существующей планировки производственного помещения без соблюдения масштаба

Цель работы:

1. Получение навыков выполнения имеющейся планировки промышленного помещения.
2. Получение навыков измерения необходимых для планировки размеров.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 11–12].

Лабораторная работа № 2 (2 часа)
Выполнение существующей планировки производственного помещения с соблюдением масштаба

Цель работы:

1. Получение навыков выполнение имеющейся планировки промышленного помещения с соблюдением масштаба.
2. Получение навыков анализа планировки.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 11–12].

Лабораторная работа № 3 (2 часа)
Расчёт трудоёмкости годовой программы обработки деталей на участке

Цель работы:

1. Получение навыков расчёта коэффициента использования станков.
2. Получение навыков расчёта коэффициента приведения и трудоёмкости обработки деталей в группе конструктивно-технологического сходства.
3. Получение навыков расчёта трудоёмкости годовой программы обработки деталей на участке.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 6, 7, 9, 10].

Лабораторная работа № 4 (2 часа)
Расчёт количества станков и площади участка

Цель работы:

1. Получение навыков расчёта количества станков на проектируемом участке.
2. Получение навыков расчёта площади проектируемого цеха.
3. Получение навыков расчёта площади вспомогательных служб цеха.
4. Получение навыков компоновки цеха.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 10, 11, 16].

Лабораторная работа № 5 (2 часа)
Планировка оборудования на участке

Цель работы:

1. Получение навыков планировки оборудования на участке.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 13, 14].

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

4.1. Общие методические указания

В соответствии с учебным графиком предусмотрено выполнение одного индивидуального домашнего задания (ИДЗ) на тему «Выполнение планировки участка с высокой степенью экономической самостоятельности».

При выполнении индивидуального задания студентам необходимо:

- на сборочном чертеже задания указать номинальные размеры и посадки;
- начертить в масштабе чертёж детали (вала или втулки в соответствие с заданием);
- на чертеже детали указать шероховатость поверхностей и другие требования к геометрической точности поверхностей;
- составить технологический процесс обработки детали, указать модель станка для каждой операции и штучно-калькуляционное время выполнения каждой операции. Считать эту деталь комплексной деталью в группе конструктивно-технологического сходства. Для уменьшения трудоёмкости расчётов принять количество разных деталей в группе равным 10;
- рассчитать трудоёмкость выполнения остальных деталей, обрабатываемых в цехе, используя расчёт по приведённой программе. Вес, годовую программу выпуска, средний квалитет и шероховатость остальных 9 деталей в группе указать самостоятельно;
- рассчитать общую годовую трудоёмкость обработки всех деталей в группе;
- рассчитать требуемое количество станков при двухсменной работе в сутки. При этом сначала рассчитать общее количество станков, а затем количество станков каждой модели через коэффициент использования станков на основе техпроцесса комплексной детали;
- рассчитать требуемую производственную и общую площадь цеха;
- рассчитать сначала ширину цеха, исходя из норм проектирования, а затем длину цеха;
- выполнить компоновку цеха с учётом производственной площади и площади под все вспомогательные службы;
- в масштабе 1:100 начертить общую планировку цеха с указанием всех отделений вспомогательной системы. Подписать назначение каждого помещения;
- выполнить планировку основного оборудования на производственном участке цеха;

- рассчитать количество работающих всех категорий с учётом двухсменного режима работы.

Номер варианта индивидуального задания определяется по последним двум цифрам номера зачетной книжки.

На **рис. 1** приведены варианты заданий для индивидуального задания (**сборочные эскизы механизмов**), которые определяются по **предпоследней** цифре номера зачетной книжки, а в **табл. 1** приведены варианты **численных значений отдельных размеров** детали (по **последней** цифре номера зачетной книжки), для которой должен быть спроектирован технологический процесс механической обработки. Цифра 0 соответствует 0 варианту. Например, если номер зачетной книжки З-8Л11/31, то номер варианта задания равен 3 (сборочный эскиз механизма), а численные значения размеров вала определяются по табл. 1 по варианту 1. Если номер зачетной книжки З-8Л11/03, то номер варианта задания равен 0, а численные значения размеров вала определяются по табл. 1 по варианту 3.

Требования к оформлению ИДЗ

При оформлении индивидуального домашнего задания необходимо соблюдать следующие требования:

1. Индивидуальное задание должно иметь титульный лист, оформленный в соответствии со стандартами ТПУ [9]. На титульном листе указываются номер индивидуального задания, номер варианта, название дисциплины; фамилия, имя, отчество студента; номер группы, шифр. **Образец оформления и шаблон титульного листа** размещены на сайте ИнЭО в разделе СТУДЕНТУ → ДОКУМЕНТЫ (http://portal.tpu.ru/ido-tpu).
2. Индивидуальное задание оформляется отдельным файлом.
3. Текст индивидуального задания набирается в текстовом процессоре Microsoft Word. Шрифт –Times New Roman, размер 12–14 pt, для набора формул рекомендуется использовать редактор формул Microsoft Equation или MathType.
4. Расчёты должны приводиться подробно с указанием использованных формул.
5. Страницы задания должны иметь сквозную нумерацию.
6. В задание включается список использованной литературы.

Технология передачи выполненных работ (ИДЗ, лабораторных, курсовых работ и проектов) на проверку представлена на сайте ИнЭО (раздел «Студенту →Текущий контроль (проверка заданий и работ»)).

Студенты, обучающиеся по классической заочной форме (КЗФ): отправляют ИДЗ на проверку и получают рецензию; защита ИДЗ, оформленного в виде твердой копии, проходит во время сессии; к этому времени нужно исправить все замечания, указанные в рецензии. Студент, не получивший положительной рецензии на защите ИДЗ, не допускается к сдаче зачёта по данной дисциплине.

Студент, не получивший положительной аттестации по индивидуальному заданию, не допускается к сдаче зачёта по данной дисциплине.

4.2. Варианты ИДЗ и методические указания

Исходными данными для проектирования цеха являются:

- рабочие чертежи деталей, обрабатываемых в проектируемом цехе;
- годовая программа выпуска каждой детали;
- количество рабочих смен в сутки (для всех вариантов 2 смены);
- количество рабочих дней в неделю (для всех вариантов 5 дней в неделю).

На рис. 1 приведены варианты заданий для контрольной работы (сборочные эскизы механизмов) (по **предпоследней** цифре номера зачетной книжки), а в табл. 1 приведены варианты численных значений отдельных размеров детали (по **последней** цифре номера зачетной книжки). Численные значения остальных размеров детали и механизма назначаются студентом самостоятельно, исходя из пропорциональности сборочного эскиза механизма.

1. Варианты индивидуальных заданий

Вариант № 0

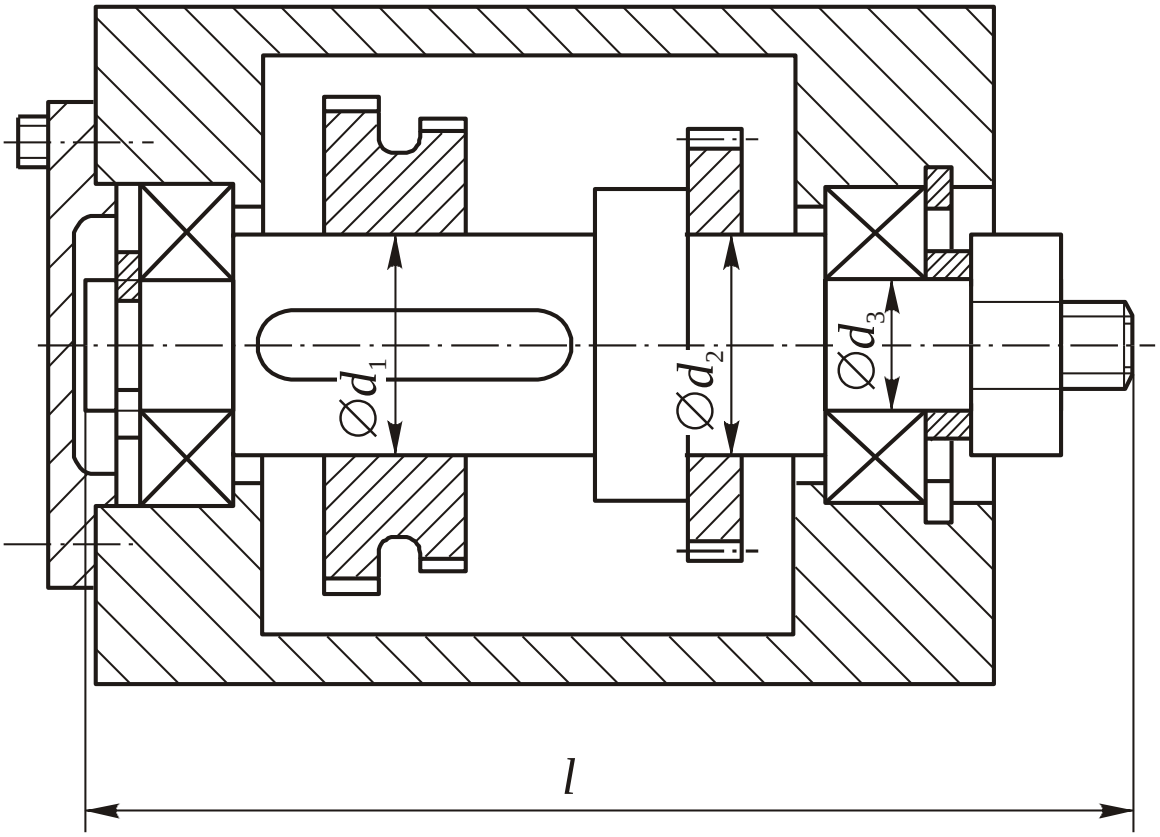
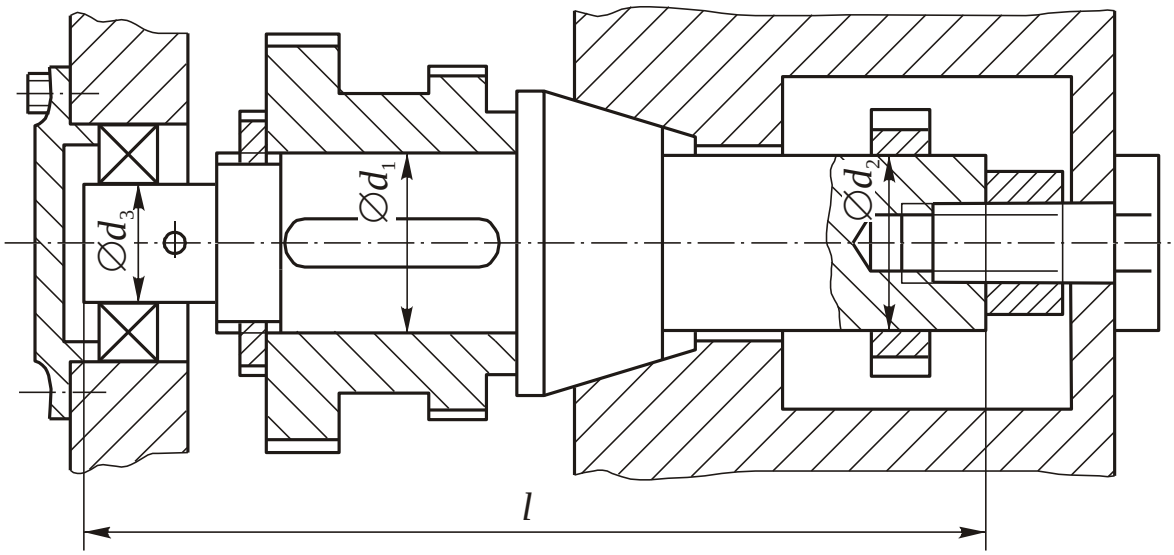


Рис. 1. Сборочные эскизы механизмов.
Вариант № 0 по **предпоследней** цифре зачётной книжки

Вариант № 1



Вариант № 2

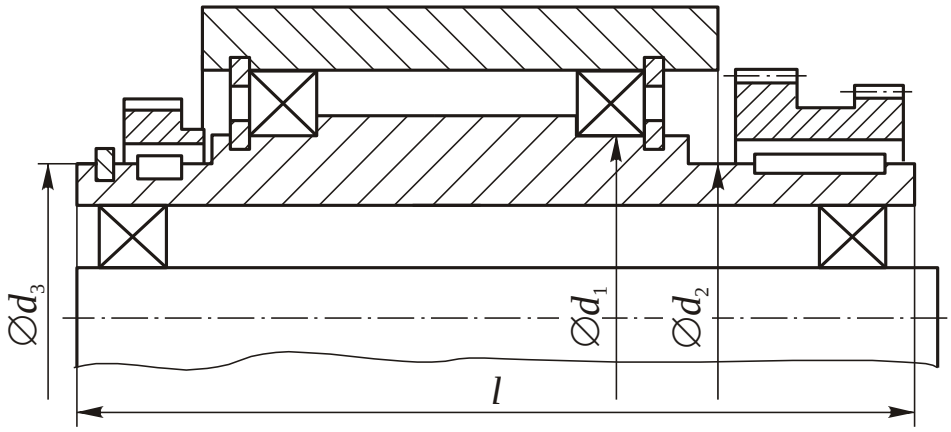
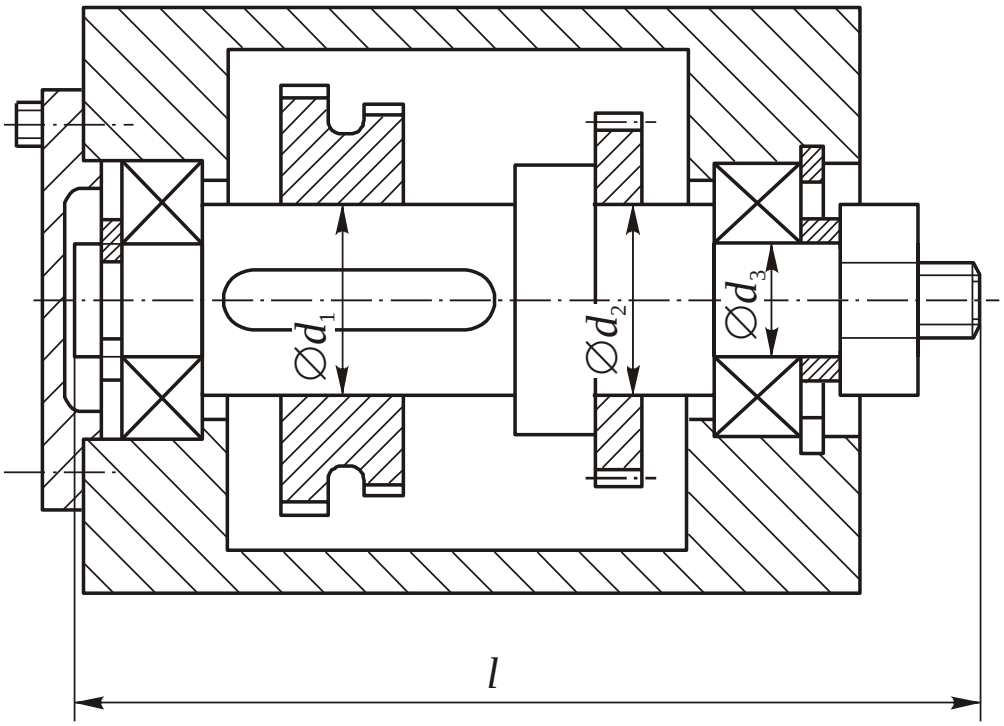


Рис. 1. Сборочные эскизы механизмов.
Варианты № 1 и 2 по **предпоследней** цифре зачётной книжки

Вариант № 3



Вариант № 4

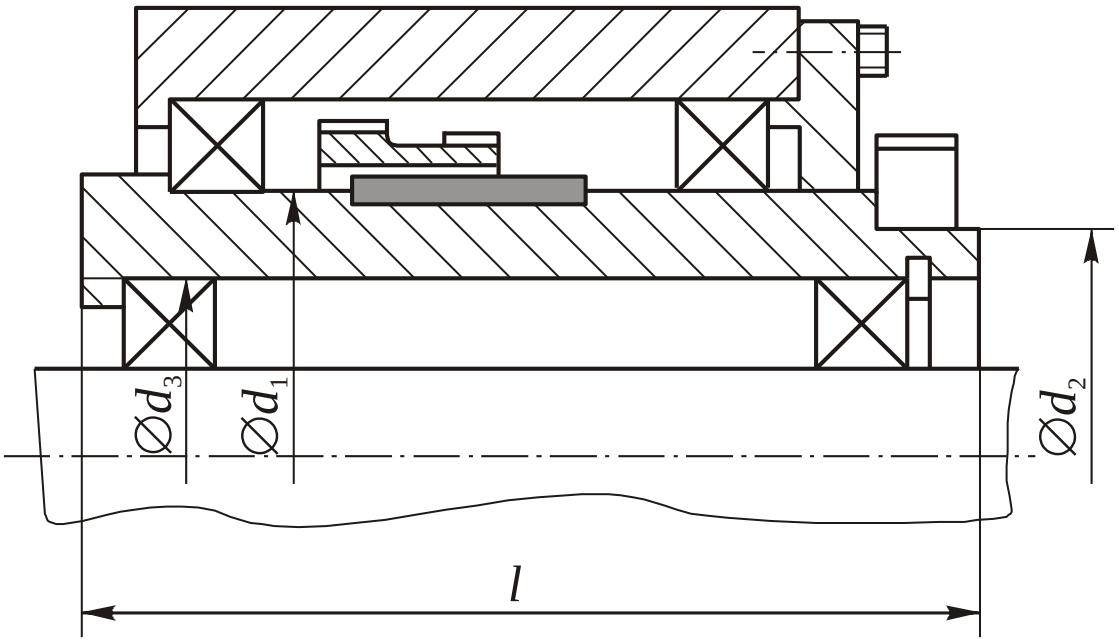
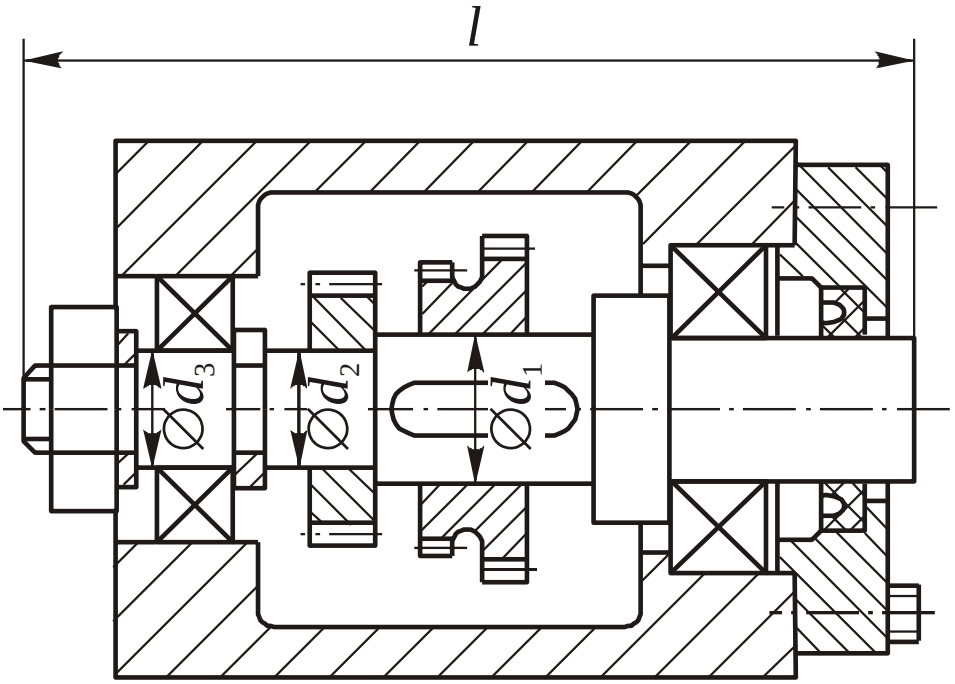


Рис. 1. Сборочные эскизы механизмов.
Варианты № 3 и 4 по **предпоследней** цифре зачётной книжки

Вариант № 5



Вариант № 6

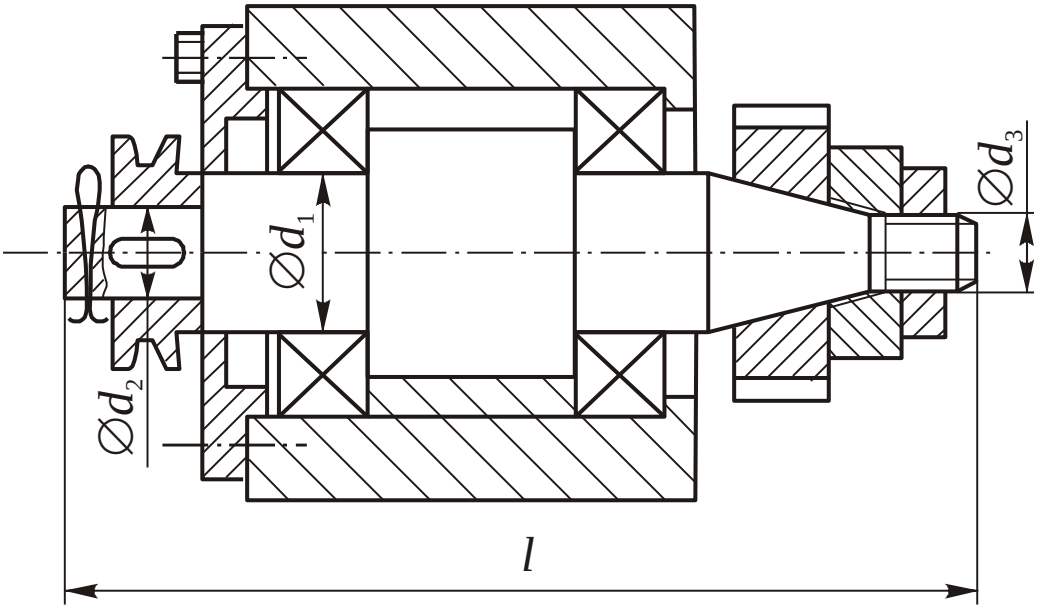
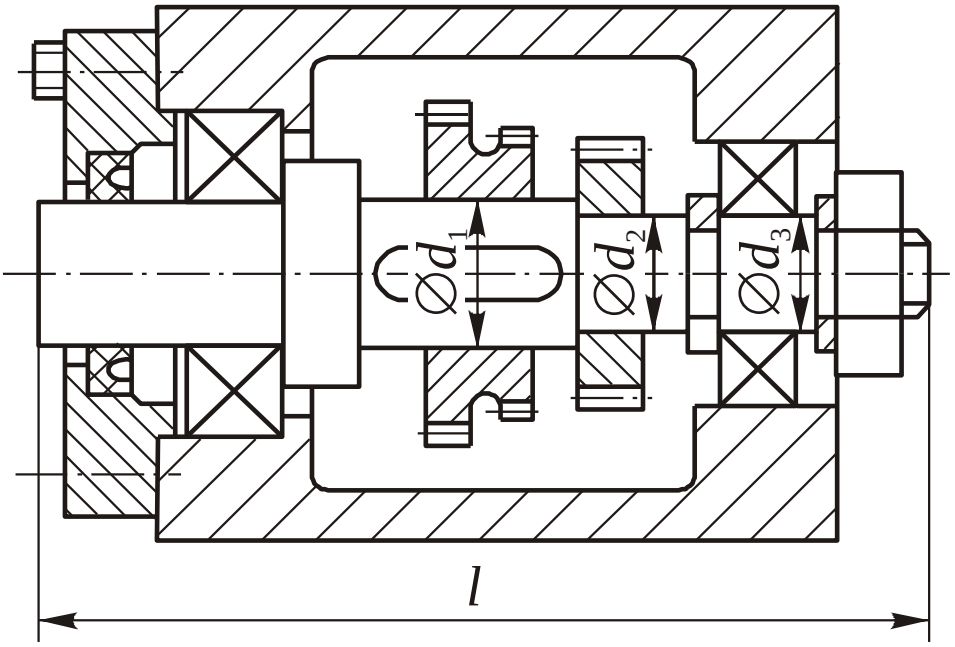


Рис. 1. Сборочные эскизы механизмов.
Варианты № 5 и 6 по **предпоследней** цифре зачётной книжки

Вариант № 7



Вариант № 8

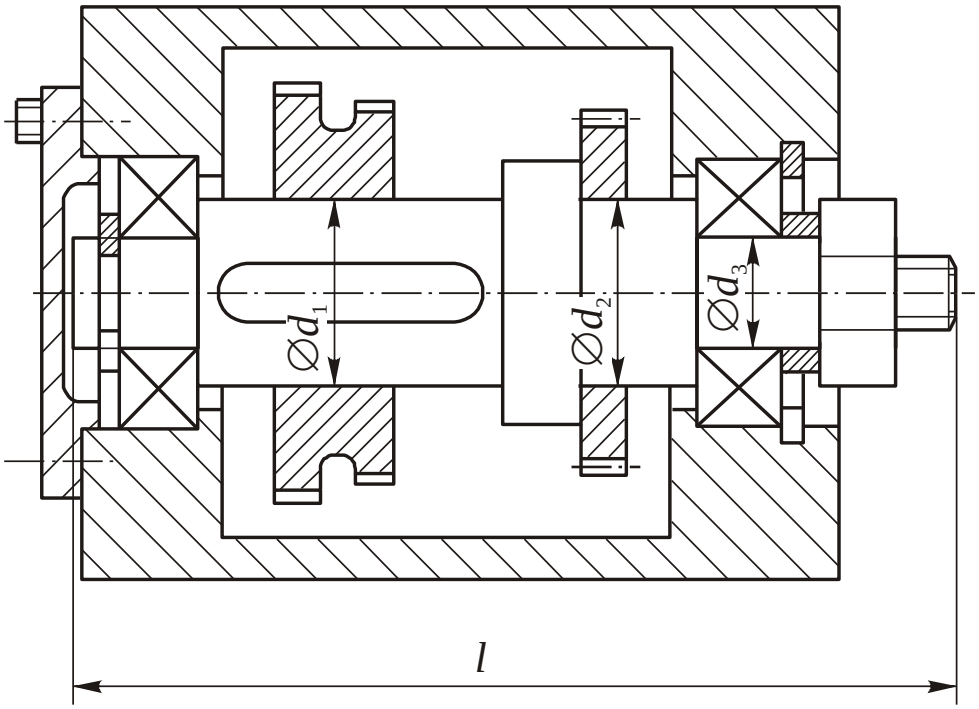


Рис. 1. Сборочные эскизы механизмов.
Варианты № 7 и 8 по **предпоследней** цифре зачётной книжки

Вариант № 9

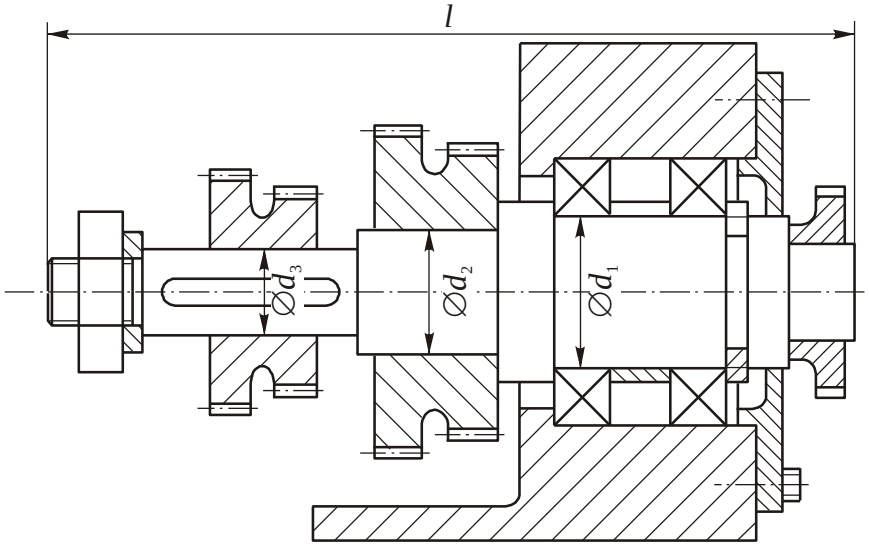


Рис. 1. Сборочные эскизы механизмов.
Вариант № 9 по **предпоследней** цифре зачётной книжки

Таблица 1

Численные значения основных размеров,
указанных на сборочных эскизах рис. 1

Размер	№ **последней** цифры зачётной книжки									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**0**
	Численное значение, мм									
l	150	200	250	300	350	400	150	200	250	300
d_1	50	60	70	60	50	70	30	40	50	45
d_2	40	50	60	40	40	60	25	35	40	40
d_3	30	40	30	30	30	40	20	30	30	40
Годовая программа выпуска N, шт.	800	600	800	700	600	500	900	700	500	600

2. Порядок выполнения индивидуального домашнего задания

Сначала на листе формата А3 или А4 чертится сборочный чертёж механизма в соответствии с вариантом рис. 1. При этом должны быть выдержаны размеры из табл. 1, остальные размеры будут определяться в соответствии с принятым масштабом (1:1, 2:1, 5:1, 1:2, 1:5). При выборе масштаба необходимо ориентироваться на длину детали ℓ и наибольший диаметр из табл. 1, так, чтобы сборочный чертёж механизма свободно помещался на используемом формате.

После выполнения сборочного чертежа на нём проставляются все необходимые посадки в соответствии с их функциональным назначением. Номинальные размеры, неуказанные в табл. 1, определяются по сборочному чертежу в соответствии с принятым масштабом.

После этого на листе формата А3 или А4 чертится рабочий чертёж детали в соответствии со сборочным чертежом. **Деталью** является ступенчатый вал или втулка в зависимости от варианта из рис. 1, и **на неё задана длина ℓ** в табл. 1. Все остальные необходимые размеры определяются из сборочного чертежа в соответствии с его масштабом. Допускается, что масштаб рабочего чертежа может не совпадать с масштабом сборочного. Лучше всего выполнять рабочий чертёж детали в масштабе 1:1, это даёт более наглядное представление об её жёсткости.

На рабочем чертеже вычерчивается конфигурация детали с видами и разрезами, необходимыми для понимания всех элементов детали и простановки всех необходимых размеров. Указываются все размеры и отклонения, необходимые для изготовления детали. В учебных целях должна быть использована комбинированная форма обозначения исполнительных размеров (буквенно-цифровая) для облегчения проверки задания. Поля допусков размеров на рабочем чертеже (эскизе) берутся из посадок сборочного чертежа.

На рабочем чертеже проставляются шероховатости поверхностей, отклонения формы и расположения в соответствии с функциональным назначением поверхности. Если на контуре детали шероховатость не проставлена, значит, она равна численному значению в верхнем правом углу чертежа. Если размер указан без отклонений, значит его отклонения должны соответствовать полям допусков, указанных над штампом: H – для внутренних размеров; h – для наружных размеров; $\pm$IT/2 – для прочих. Номер квалитета указывается после буквы.

Над рамкой чертежа указывается также твердость поверхностей детали: для закаленных – по Роквеллу (HRC), для незакаленных – по Бринелю (HB).

После этого приступают к проектированию технологического процесса (ТП) обработки детали. Проектирование ТП представляет собой многовариантную задачу, правильное решение которой требует проведения ряда расчетов. В начале проектирования предварительно устанавливаются виды обработки отдельных поверхностей заготовки и методы достижения их точности, соответствующие требованиям чертежа, серийности производства и существующего на предприятии оборудования.

При низкой точности исходных заготовок ТП начинается с черновой обработки поверхностей, имеющих наибольшие припуски. При

этом в самую первую очередь снимается припуск с тех поверхностей, на которых возможны дефекты с целью скорейшего отсеивания брака.

Дальнейший маршрут строится по принципу обработки сначала грубых, а затем более точных поверхностей. Наиболее точные поверхности обрабатываются в последнюю очередь.

В конце маршрута выполняются и второстепенные операции (сверление малых отверстий, нарезание крепежной резьбы, снятие фасок, заусениц и т.д.). Наиболее легко повреждаемые поверхности обрабатываются на заключительной стадии ТП.

При требовании закалки детали все второстепенные поверхности обязательно обрабатываются окончательно до закалки, точные поверхности – предварительно, но не грубее девятого квалитета. Окончательная обработка поверхностей с точными размерами производится после термических операций.

На все неоднократно обрабатываемые поверхности определяются промежуточные технологические размеры. При мелкосерийном и единичном производстве обычно ограничиваются предварительным назначением последовательности обработки самой точной наружной и внутренней поверхности, определяют для них промежуточные технологические размеры. Для остальных поверхностей делают по аналогии с учётом разницы номинального размера.

При определении промежуточных технологических размеров ***припуски последовательно «наслаиваются»*** на окончательный (конструкторский) размер, что позволяет нам получить промежуточные технологические размеры. Все промежуточные технологические размеры выполняются с расположением поля допуска по h **для охватываемых размеров**, т.е. наружных, «валов»; и по H **для охватывающих размеров**, т.е. внутренних, «отверстий», независимо от буквы (основного отклонения) окончательного (конструкторского) размера.

Например, наиболее точный **наружный** размер Ø30s7 или $Ø30^{+0,056}_{+0,035}$, или Ø30s7($^{+0,056}_{+0,035}$). Он должен быть обработан по 7 квалитету (основное отклонение (+0,035 мм) определяем в таблице основных отклонений по букве s и номинальному размеру 30 мм в интервале размеров от 18 мм до 30 мм; величину допуска (T = 0,021 мм) определяем в таблице допусков по номеру квалитета (7) и номинальному размеру 30 мм в интервале размеров от 18 мм до 30 мм). Перед этим эта поверхность должна быть обработана по 9 квалитету, а ещё ранее – по 11.

Начинаем записывать технологические размеры с конца и идем к началу обработки (справа налево), ***например*** (величины минимальных припусков взяты приблизительно) вала **Ø30s7**:

$$Ø32.7 \xrightarrow[2Z_{min} = 2\ мм]{} Ø30{,}7h11 \xrightarrow[2Z_{min} = 0{,}5\ мм]{} Ø30{,}2h9 \xrightarrow[2Z_{min} = 0{,}2\ мм]{} Ø30s7.$$

При окончательной обработке Ø30s7 с поверхности Ø30.2h9 будет сниматься припуск не менее 0,2 мм ($2Z_{min}$ = 0,2 мм).

Термообработка может производиться как в самом начале технологического процесса (заготовка может подвергаться отжигу, нормализации и т.п. для уменьшения твердости и улучшения обрабатываемости), так и в конце технологического процесса (закалка на высокую твердость HRC 55…65, закалка с последующим отпуском для сохранения достаточной твердости HRC 42…50 при улучшении структуры материала детали и уменьшения хрупкости, повышения усталостной прочности).

В последнем случае до закалки окончательно обрабатываются все поверхности, имеющие точность более 7 квалитета, а после закалки обрабатываются только те поверхности, к которым предъявляются повышенные требования по точности размера (7–6 квалитеты), по шероховатости (Ra ≤ 2,5 мкм), по форме поверхностей (отклонение от круглости и т.п. не более 0,03 мм), по расположению поверхностей (радиальное биение и т.п. менее 0,05 мм). В этом случае на окончательную обработку оставляется припуск для устранения возможного коробления детали и удаления дефектного слоя, образовавшегося при термообработке.

Перед закалкой точные поверхности обычно обрабатываются по 7 квалитету (с оставлением припуска на последующую обработку), но могут обрабатываться и по 9 квалитету, т.к. при шлифовке непостоянство припуска влияет на точность обработки гораздо меньше, чем при лезвийной обработке. В этом случае маршрут технологического процесса будет выглядеть следующим образом (величины минимальных припусков взяты приблизительно):

$$Ø35h16 \xrightarrow[2Z_{min} = 1{,}8\ мм]{} Ø31{,}2h11 \xrightarrow[2Z_{min} = 0{,}4\ мм]{} Ø30{,}6h9 \xrightarrow[2Z_{min} = 0{,}5\ мм]{} \text{закалка } HRC_э 42\ldots50 \rightarrow Ø30s7.$$

В приведенном примере номинальные размеры промежуточных технологических размеров округляются в большую сторону с учётом допуска на предыдущий технологический размер. Для девятого квалитета это сотые доли миллиметра (IT9=0,062 мм), поэтому вместо Ø30.5h9 (Ø30+0,5= Ø30,5) пишем Ø30,6h9. Для 11 квалитета это уже десятые доли миллиметра (IT11=0,16 мм), поэтому вместо Ø31.0h11 (Ø30,6+0,4= Ø31,0) пишем Ø31,2h11.

При обработке **отверстий** от окончательного (конструкторского) размера отнимается минимальный припуск для получения промежуточных технологических размеров и округляется в меньшую сторону.

Иногда для уменьшения количества обработок поверхности и уменьшения общего времени на обработку после 11 квалитета заготовка обрабатывается (шлифуется) сразу по 7 квалитету (после термообработки). Таким образом, последовательность обработки будет записана:

12 квалитет→11 квалитет→термообработка→7 квалитет.

С учетом расчета промежуточных технологических размеров последовательность обработки отверстия **Ø20G7** будет записана (величины минимальных припусков взяты приблизительно):

Заготовка→	Сверление →	Расточка →	Закалка →	Шлифование
без отверстия	отв. **Ø17H14**	отв. **Ø19.5H11**		отв. **Ø20G7**
	$2Z_{min}$ = 8.5 мм	$2Z_{min}$ = 1.8 мм	$2Z_{min}$ = 0.4 мм	

Такая последовательность позволяет избежать одной операции расточки по 9 квалитету перед закалкой, однако это может привести к увеличению вероятности появления брака и, следовательно, к повышению себестоимости изготовления детали. Перед сверлением торец заготовки необходимо обточить, а затем сверлить центровочное отверстие для уменьшения отклонения от соосности с осью вращения шпинделя (с наружной поверхностью, по которой ведётся базирование). После сверления отверстия его необходимо расточить для устранения возможного отклонения от соосности с осью вращения шпинделя и искривления оси отверстия из-за недостаточной жесткости спирального сверла. Припуск для расточки должен быть достаточно большой, и тем больше, чем длиннее отверстие и больше его диаметр.

Операционные эскизы могут выполняться в пояснительной записке или на отдельном листе формата А3 или А2.

В целях более качественного усвоения дисциплины «Проектирование механосборочных цехов» и получения навыков расчета по приведенной программе предполагаем, что на участке будет изготавливаться не одна, а 10 однотипных деталей. **В качестве детали-представителя будет выступать деталь, выданная для курсового проекта по технологии машиностроения** или **из табл. 1**. В соответствие с эскизом детали составляется технологический маршрут обработки, определяется трудоемкость каждой операции и назначается модель станка. Для детали-представителя, как уже упоминалось выше, должно быть рассчитано штучно-калькуляционное время на каждую операцию и на всю деталь в целом ($T_{шт\text{-}к.}$). Данные по этой детали заносим в табл. 3 в первую строку. Так как это деталь-представитель, то коэффициенты приведения по массе, серийности и сложности будут равны 1, и общий коэффициент приведения будет равен 1.

3. Пример выполнения индивидуального задания

Для первой детали (детали-представителя), заданной в соответствие с предпоследней цифрой зачётной книжки (см. рис. 1) и размерам из табл. 2 (по последней цифре зачётной книжки) составляем маршрут обработки, определяем состав операций, применяемое оборудование и штучно-калькуляционное время для каждой операции. Эти данные заносим в табл. 2. Например, для нашей детали-представителя (заданной по курсовому проекту по ТМС или в соответствии с вариантом) выполняются следующие операции (табл. 2).

Таблица 2

Состав техпроцесса и продолжительность технологических операций детали-представителя, выполняемых в проектируемом цехе

№ п/п	№ операции	Модель станка	$t_{шт.}$, мин.
1	05	16К20	5,1
2	10	16К20	4,2
3	15	16К20Ф3	17,3
4	20	6Н82	8,1
5	25	2135	2,2
6	30	16К20	3,2
7	35	Термообработка	0
8	40 (слесарная)	Верстак, тисы	4,2
9	45	3М150	5,7
		$T_{шт.-к\ цех}$	**50**

Примечание: $T_{шт.-к\ цех}$ – сумма штучно-калькуляционного времени только тех операций, которые выполняются в проектируемом цехе или участке.

Данные по детали № 1 заносим в первую строку табл. 3 (столбцы 2, 4, 6, 7, 10). Так как рассматриваем деталь-представитель (комплексную деталь) и сравниваем её с самой собой, то коэффициенты приведения будут равны 1 (строка № 1, столбцы 3, 5, 8, 9).

В десятый столбик строки № 1 заносим $T_{шт.-к}$ только для операций детали-представителя, выполняемых в проектируемом цехе (механическая обработка) ($T_{шт.-к\ цех}$).

Во вторую строку заносим данные по детали № 2 (столбцы 2, 4, 6, 7). Поскольку данные для детали № 2 не выданы, то вес детали, программу выпуска, средний квалитет и шероховатость принимаем условно (разница в весе с деталью № 1 в 2…3 раза в сторону уменьшения или увеличения).

В реальных условиях производства эти цифры определяют по чертежам деталей и программе выпуска.

Аналогично выполняем и для других деталей № 3–10.

Принимаем вес второй детали 1,5 кг, программу выпуска 1000 шт., средний квалитет 8, среднюю шероховатость 2,5 мкм (табл. 3, строка № 2, столбцы 2, 4, 6, 7). Остальные данные будем рассчитывать.

Таблица 3

Расчет трудоемкости изготовления
годовой программы выпуска всех деталей,
обрабатываемых в проектируемом цехе

№ п/п детали, i	Вес детали, M_i, кг	Коэффициент приведения детали по массе, K_M, i	Программа выпуска детали, N_i, шт	Коэффициент приведения детали по серийности $K_{сер.i}$	Средний квалитет детали	Средняя шероховатость детали, Ra, мкм	Коэффициент приведения детали по сложности, $K_{сл.i}$	Общий коэффициент приведения детали, $K_{Пi}$	Трудоемкость изготовления одной детали, $T_{шт.}$, мин	Трудоемкость изготовления всей партии деталей, T_{Ni}, ч.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	**4**	1	**10000**	1	**11**	**10**	1	1	**50**	8333,3
2	**1,5**	0,52	**1000**	1,37	**8**	**2,5**	1,27	0,9	45,0	750,0
3	**6**	1,31	**5000**	1,12	**12**	**9**	0,9	1,32	66,0	5500,0
4	**2,2**		**3000**		**9**	**6,3**		0,91	45,5	2275,0
5	**1,8**		**900**		**8**	**2,5**			51,5	772,5
6										900
7										750
8										3500
9										850
10			(~~500~~) 10000						36,03	6005
										$\sum T_{Ni}$=29635,8 ч

3.1. Расчёт коэффициентов приведения

3.1.1. Рассчитываем коэффициент приведения по массе (чем больше вес, тем, обычно, больше площадь обрабатываемой поверхности, значит больше времени потребуется на изготовление по сравнению с деталью-представителем). Для геометрически подобных деталей

$$K\text{м}_i = \sqrt[3]{Mi^2 / M\text{п}^2}\,, \qquad (1)$$

где M_i – вес рассматриваемой детали, кг;

$M_\text{п}$ – вес детали-представителя, кг.

Вычисляем коэффициент приведения по массе $K\text{м}_\text{i}$ для второй детали

$$K_{\text{M}\,i=2} = K_{\text{M}2} = \sqrt[3]{1{,}5^2 / 4^2} = 0{,}52\,.$$

В третий столбик у второй строки записываем коэффициент приведения по массе для второй детали $K\text{м}_2 = 0{,}52$.

3.1.2. Рассчитываем коэффициент приведения по серийности производства. Для этого берется отношение программы детали-представителя к программе изготовления рассматриваемой детали (табл. 4). Чем больше программа рассматриваемой детали, тем более механизированное приспособление можно применить для установки и закрепления детали, поэтому меньше времени будет уходить на переналадку в расчете на одну деталь.

Таблица 4

Коэффициенты приведения по серийности производства $K_{\text{сер.}\,I}$

$N_\text{п}/N_i$	≤0,5	1	2	4	8	≥10
$K_{\text{сер.}i}$	0,97	1	1,12	1,22	1,28	1,37

Например, в нашем случае $N_\text{п}/N_i = N_\text{п}/N_2 = 10000 / 1000 = 10$.

Значит $K_{\text{сер.}i\,=\,2} = 1{,}37$. В пятый столбик у второй строки табл. 3 заносим для второй детали $K_{\text{сер.}2} = 1{,}37$.

3.1.3. Рассчитываем коэффициент приведения по сложности для детали № 2.

$$K_{\text{сл.}i} = (K_{\text{T}i}/K_{\text{T}\text{п}}) \times (K_{\text{R}i}/K_{\text{R}\text{п}}) \qquad (2)$$

где $K_{\text{T}i}$ – коэффициент точности рассматриваемой детали, определяется из табл. 5 в соответствии со средним квалитетом; $K_{\text{T}\text{п}}$ – коэффициент точности детали-представителя, определяется из табл. 5 в соответствии со средним квалитетом детали-представителя; K_{Ri} – коэффициент шероховатости рассматриваемой детали, определяется из табл. 6 в соответствии со средней шероховатостью; $K_{R\text{п}}$ – коэффициент шероховатости детали-представителя, определяется из табл. 6.

Таблица 5

Коэффициенты точности обработки детали K_{Ti}

Средний квалитет	6	7	8, 9	10, 11	12	13
Коэффициент точности, K_T	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8

Таблица 6

Коэффициенты шероховатости поверхности детали K_{Ri}

Средняя шероховатость, *Ra*, мкм	10	5	2,5	1,25	0,63
Коэффициент шероховатости, K_R	0,95	1,0	1,1	1,2	1,4

Вычисляем коэффициент приведения по сложности $K_{сл.i}$ для второй детали:

$$K_{сл.i=2} = (K_{Ti=2} / K_{Tп}) \times (K_{Ri=2}/K_{Rп}) = (1,1/1) \times (1,1/0,95) = 1,27.$$

В восьмой столбик у второй строки табл. 3 записываем для второй детали $K_{сл.2} = 1,27$.

3.1.4. Рассчитываем общий коэффициент приведения:

$$K_{Пi} = K_{Mi} \cdot K_{сер.i} \cdot K_{сл.i}. \quad (3)$$

Для второй детали коэффициент приведения:

$$K_{Пi=2} = K_{M2} \cdot K_{сер.2} \cdot K_{сл.2} = 0,52 \cdot 1,37 \cdot 1,27 = 0,9.$$

В девятый столбик у второй строки табл. 3 записываем для второй детали $K_{П2} = 0,9$. Это означает, что трудоемкость изготовления одной детали № 2 равна 0,9 трудоемкости изготовления детали-представителя (у нас это деталь № 1).

3.2. Расчет трудоемкости изготовления деталей

Определяем трудоемкость изготовления одной детали (для деталей в рассматриваемой группе конструктивно-технологического сходства) через общий коэффициент приведения этой детали и трудоемкость детали представителя:

$$T_{шт.i} = K_{пi} \cdot T_{шт.п}. \quad (4)$$

Для второй детали:

$$T_{шт.i=2} = K_{пi=2} \cdot T_{шт.п} = 0,9 \cdot 50 = 45 \text{ мин}.$$

В десятый столбик строки № 2 табл. 3 записываем $T_{шт.-к.2}$=45 мин.

Определяем трудоемкость изготовления всей партии рассматриваемой детали:

$$T_{Ni}=T_{шт.-к.i}\cdot N_i \qquad (5)$$

Для второй детали:

$$T_{Ni=2} = T_{шт.2} \cdot N_2 = 45 \cdot 1000 = 45000 \text{ мин} = 750 \text{ ч.}$$

В одиннадцатый столбик строки № 2 табл. 3 записываем для второй детали $T_{N2} = 750$ ч.

Аналогично определяем коэффициенты приведения и трудоемкость изготовления для других деталей. Заполняем табл. 3 полностью (в данных методических указаниях это сделано лишь частично). В пояснительной записке обязательно должны быть приведены промежуточные расчеты. Делать их лучше по разделам, например: определение коэффициента приведения по массе для каждой из 10 деталей, затем определение коэффициента приведения по серийности для всех 10-ти деталей и т.д.

3.3. Расчет общей трудоемкости изготовления всей номенклатуры деталей

После заполнения табл. 3 рассчитывается общая трудоемкость изготовления всех деталей:

$$T_{\sum} = \sum_{i=1}^{n} T_{Ni} \,. \qquad (6)$$

В нашем примере:

$$T_{\sum} = \sum_{i=1}^{n=10} T_{Ni} = 29635{,}8 \text{ ч.}$$

В учебных целях необходимо, чтобы $T_{\sum} \geq 30000$ часов при двухсменной работе и не менее 15000 часов при односменной. В противном случае будет получаться менее 10 станков, что недопустимо в учебных целях. Регулировать $T_{\sum}$ можно за счет программы выпуска одной или нескольких деталей.

Например, если получилось $T_{\sum}$ = 23530 ч при двухсменной работе, то можно увеличить программу выпуска детали №10 до 10000 шт. Тогда при трудоемкости одной детали 36,03 мин. трудоемкость всей партии деталей №10 составит 360300 мин. или 6005 ч. В случае необходимости требуется скорректировать для детали № 10 коэффициент приведения по серийности ($K_{сер.10}$) и общий коэффициент приведения ($K_{п10}$).

3.4. Расчет количества станков

Для расчета оборудования сначала определим процентное соотношение трудоемкости для станков каждой модели в техпроцессе для детали-представителя. Примерно такое же соотношение станков будет и для других деталей, поскольку они входят в одну группу технологического сходства.

3.4.1. Группируем операции, где используются одинаковые модели станков. Определяем для них общее штучно-калькуляционное время, например:

- операции 05, 10, 30 16К20 $t_{\sum шт.}$ = 5,1+4,2+3,2=12,5 мин;
- операция 15 16К20Ф3 $t_{\sum шт.}$ = 17,3 мин;
- операция 20 6Н82 $t_{\sum шт.}$ = 8,1 мин;
- операция 25 2135 $t_{\sum шт.}$ = 2,2 мин;
- операция 45 3М150 $t_{\sum шт.}$ = 5,7 мин;
- операция 40 верстак, тисы $t_{\sum шт.}$ = 4,2 мин.

3.4.2. Определяем соотношение общего штучно-калькуляционного времени для каждой модели оборудования. В нашем примере:

- 16К20 → $a_{16К20} = t_{\sum шт.\ 16К20}/t_{шт.\ цех}$ = 12,5 / 50 = 0,25;
- 16К20Ф3 → $a_{16К20Ф3}$ = 17,3 / 50 = 0,346;
- 6Н82 → $a_{6Н82}$ = 8,1 / 50 = 0,162;
- 2135 → a_{2135} = 2,2 / 50 = 0,044;
- 3М150 → $a_{3М150}$ = 5,7 / 50 = 0,114;
- верстак → $a_в$ = 4,2 / 50 = 0,084.

Проверка: $\sum \alpha = 1$.

3.4.3. Считая, что такое же соотношение оборудования будет и для техпроцессов других деталей, рассчитываем количество станков каждой модели оборудования. Дробные числа округляем в большую сторону. Допускается округление в меньшую сторону при переработке на каждый станок не более 10 %. Например, расчетное количество 6,6. Если примем 6 станков, то переработка будет 0,1 (10 %), т.е. в пределах допустимого. Если бы было 6,7, то при расчете на 6 станков переработка более 0,1, т.е. необходимо принимать 7 станков. Действительный фонд времени $F_{дт}$ принимается в соответствии с количеством смен.

В нашем случае расчетное (Ср) и принятое (Сп) количество станков при двухсменной работе ($F_{д2}$=4015 ч):

16К20: Ср=($\sum T_{Ni}$ /$F_{дт}$)·$a_{16К20}$=(29635,8:4015)·0,25=1,85. $Сп_{16К20}$=2

16К20ФЗ: Ср=($\sum T_{Ni}$ /$F_{дт}$)·$a_{16К20ФЗ}$=(29635,8:4015)·0,346=2,55. $Сп_{16К20ФЗ}$=3

2135: Ср=($\sum T_{Ni}$ /$F_{дт}$)·a_{2135}= (29635,8:4015)·0,162=1,20. $Сп_{2135}$=2

3М150: Ср=($\sum T_{Ni}$ /$F_{дт}$)·$a_{3М150}$= (29635,8:4015)·0,044=0,325. $Сп_{3М150}$=1

верстак: Ср=($\sum T_{Ni}$ /$F_{дт}$)·$a_{в}$= (29635,8:4015)·0,084=0,62. $Сп_{в}$=1

3.4.4. Рассчитываем общее количество оборудования на участке:

$$C = \sum Cp_i = 2 + 3 + 2 + 1 + 1 = 9 \text{ шт.}$$

3.5. Расчет потребной площади участка

Определяем ориентировочно площадь участка (F), необходимую для размещения основного оборудования:

$$F = \sum_{i=1}^{k} f_i \cdot C_{iп}, \qquad (7)$$

где k – количество моделей станков; $C_{i\,п}$ – принятое количество станков i-й модели; f_i – удельная площадь для размещения станков i-й модели, м^2:

- 7...10 м^2 – мелкие станки;
- 10...20 м^2 – средние станки;
- 20...60 м^2 – крупные станки;
- 60...170 м^2 – особо крупное оборудование.

Большая удельная площадь используется для мелкосерийного производства, меньшая – для массового и крупносерийного.

В нашем примере используется, в основном, среднее оборудование, поэтому принимаем f = 20. Тогда требуемая площадь для размещения 9 единиц оборудования ориентировочно составит 180 м^2.

Для размещения комнат мастера (начальника цеха), технолога, вспомогательных систем дополнительно требуется от 10% до 30% площади, занятой под основное оборудование (меньший процент для крупных цехов и участков). При выполнении контрольного задания проектируется очень мелкий цех (количество станков менее 20), все вспомогательные службы будут размещены на первом этаже территории цеха (участка), поэтому дополнительная площадь должна быть 100 %, тогда $F_{доп} = F \cdot 1 = 180 \cdot 1 = 180$ м^2.

Таким образом, общая площадь под участок в нашем примере ориентировочно составит: $F_{общ} = F + F_{доп} = 180 + 180 = 360$ м^2.

3.6. Выбор сетки колонн и планировка участка

В соответствии с расчетами определяем участок в здании для размещения оборудования. При строительстве нового цеха определяем сетку колонн и габариты других строительных элементов, дополнительно отводя место для магистральных проездов и т.п. В связи с высокой стоимостью строительства, затратами на отопление (в Сибири затраты на отопление составляют до 70 % от себестоимости продукции) не рекомендуется необоснованно увеличивать площадь здания. При реконструкции следует отдавать предпочтение компактному размещению оборудования с соблюдением требований техники безопасности и действующих норм.

На миллиметровке или на компьютере с использованием САПР в плане обозначаем основные элементы здания (стены, окна, колонны и т.п.) в масштабе 1:100 для малых и средних цехов и участков или 1:200 – для больших. Предварительно размечаем компоновку цеха с выделением участков и отделений (вспомогательных служб). В таком же масштабе вычерчивается конфигурация оборудования в плане вместе с рационально размещенным вспомогательным оборудованием (тумбочки под инструмент, столы для контроля и т.п.).

При определении ширины и длины цеха сначала определяются с шириной. Для этого принимают схему размещения оборудования: с одним проездом и с двумя рядами станков; с двумя проездами и с четырьмя рядами станков и т.д.

На рис. 2 показана схема расположения станков с двумя проездами и с четырьмя рядами станков.

Расстояния между тыльными сторонами станков, от стен до тыльных сторон станков и т.д. берём по нормам проектирования в зависимости от наибольшего габаритного размера оборудования. Суммируя расстояния между станками и стенами, между тыльными сторонами станков, ширину проездов (они могут быть и разными в зависимости от группы длины станков), получаем ширину производственной площади. При размещении помещений вспомогательных служб необходимо прибавить и их длину (глубину). Например, общая ширина цеха получилась $W_ц$ = 14 (м). После этого предварительно рассчитываем длину цеха:

$$L_ц = F_{общ} / W_ц = 360/14 = 25{,}7 \text{ м.}$$

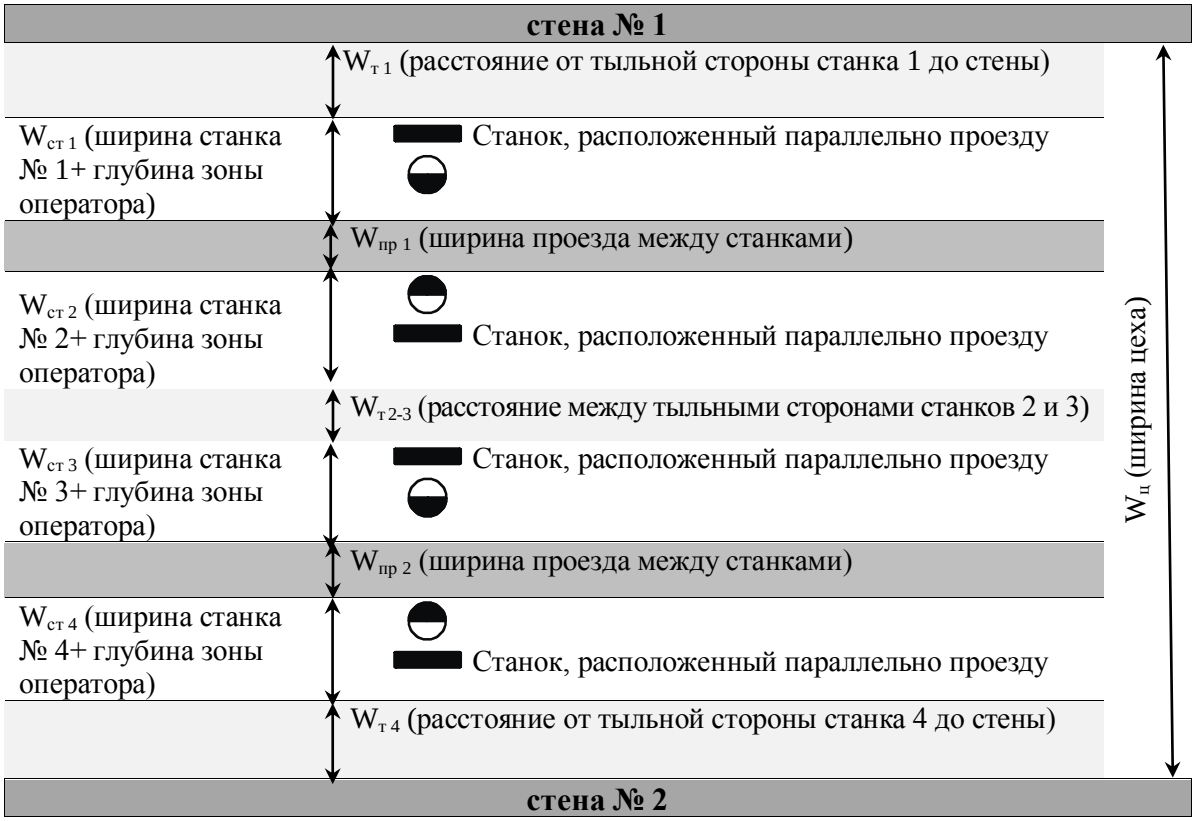


Рис. 2. Схема расположения станков
с двумя проездами и с четырьмя рядами станков

Окончательные размеры цеха могут быть немного больше расчётных, если это необходимо для рационального размещения оборудования и создания резервной площади для возможного расширения производства.

Для компактного размещения оборудования лучше применять шаблонный метод. В этом случае оборудование вычерчивается в плане на отдельном листе (в том же масштабе, что и планировка здания). Затем подписывается модель оборудования и вырезается. Полученные шаблоны размещаются на планировке участка с соблюдением норм технического проектирования. При этом необходимо оставлять у станков места для размещения заготовок и готовых изделий, проезды для их подвоза, пешеходные проходы между станками и т.д.

Если на проектируемом участке предстоит обрабатывать тяжелые изделия (весом более 16 кг), необходимо предусмотреть подъемное оборудование для установки и снятия изделий со станков. Также необходимо продумать вопросы возможной замены оборудования с тем, чтобы не пришлось в последующем для замены одного станка перестав-

лять и другое оборудование. Следует отдавать предпочтение установке оборудования на виброопоры, что облегчит и сократит время на его перестановку.

В целях уменьшения затрат на проводку электрокабелей и пневмотрубопроводов следует предусмотреть вопросы прокладки магистральных линий.

На планировке указывается:

- сечение колонн с фундаментами, шаг колонн;
- магистральные проезды и их ширина;
- наружные и внутренние стены и перегородки, окна, ворота, двери;
- общая ширина и длина цеха и пролета;
- основное и вспомогательное оборудование, местоположение рабочего;
- верстаки, рабочие столы, подставки, стеллажи;
- места хранения инструментов;
- места складирования заготовок и готовых изделий у рабочих мест;
- склады заготовок, готовых изделий, инструментов и приспособлений, горюче-смазочных материалов;
- транспортные и подъемные устройства;
- места мастеров, площадки контроля, гардероб, места общественного пользования;
- все вспомогательные службы (в контрольной работе считаем, что цех имеет большую самостоятельность, поэтому должны присутствовать все вспомогательные службы);
- название (назначение) каждого отделения (службы);
- ширину и длину каждого вспомогательного отделения;
- места заточки инструмента с указанием вытяжной вентиляции;
- расстояние от колонн и стен до станков (привязку оборудования);
- расстояние между станками;
- нумерация оборудования с её расшифровкой в спецификации (при выполнении данного задания в порядке исключения указывать модель станка на планировке);
- назначение всех производственных отделений и участков;
- средства защиты работающих.

При выполнении индивидуального задания считаем, что цех (участок) будет с высокой самостоятельностью, поэтому на планировке требуется разместить все вспомогательные службы, хотя размер цеха небольшой. При выполнении планировки площадь помещения должна

быть не менее 6 $м^2$ на человека, но не менее 9 $м^2$ даже при одном работающем.

При выполнении планировки необходимо предусмотреть удобство работы рабочих и служащих, возможность быстрой эвакуации при пожаре и т.п. Размеры столов и шкафов брать в соответствии с используемыми на производстве и в быту. Условное обозначение оператора или служащего должно быть в том же масштабе, что и помещения для обеспечения наглядности.

На планировке требуется указать назначение каждого отделения и его размеры, а оборудование необходимо обозначать цифрами с их расшифровкой в спецификации, прилагаемой к пояснительной записке.

Пример выполнения планировки небольшого цеха указан на рис. 3. На планировке указаны помещения и площадки вспомогательных служб, производственное оборудование, внутрицеховые проезды.

3.7. Расчёт количества работающих

Количество рабочих и служащих рассчитывается по рабочим местам и схеме управления с учетом сменности и продолжительностью отпусков.

В работе требуется предусмотреть порядок снабжения рабочих мест заготовками, удаления стружки, подачу и утилизацию смазочно-охлаждающей жидкости, подвод электроэнергии и сжатого воздуха, уделить внимание транспортной системе. В случае необходимости предусмотреть принудительную вентиляцию рабочих мест.

При выполнении планировки необходимо проработать варианты компоновки здания, в котором будет размещаться цех, взаимное расположение других цехов и отделений, особенность конструкции строительных элементов, тип исполнения крыши, мероприятия по повышению пожарной безопасности, удобство подъезда пожарных машин.

В пояснительной записке требуется кратко описать порядок технико-экономического обоснования принимаемых технических решений, дать обоснование строительства нового или реконструкции старого помещения.

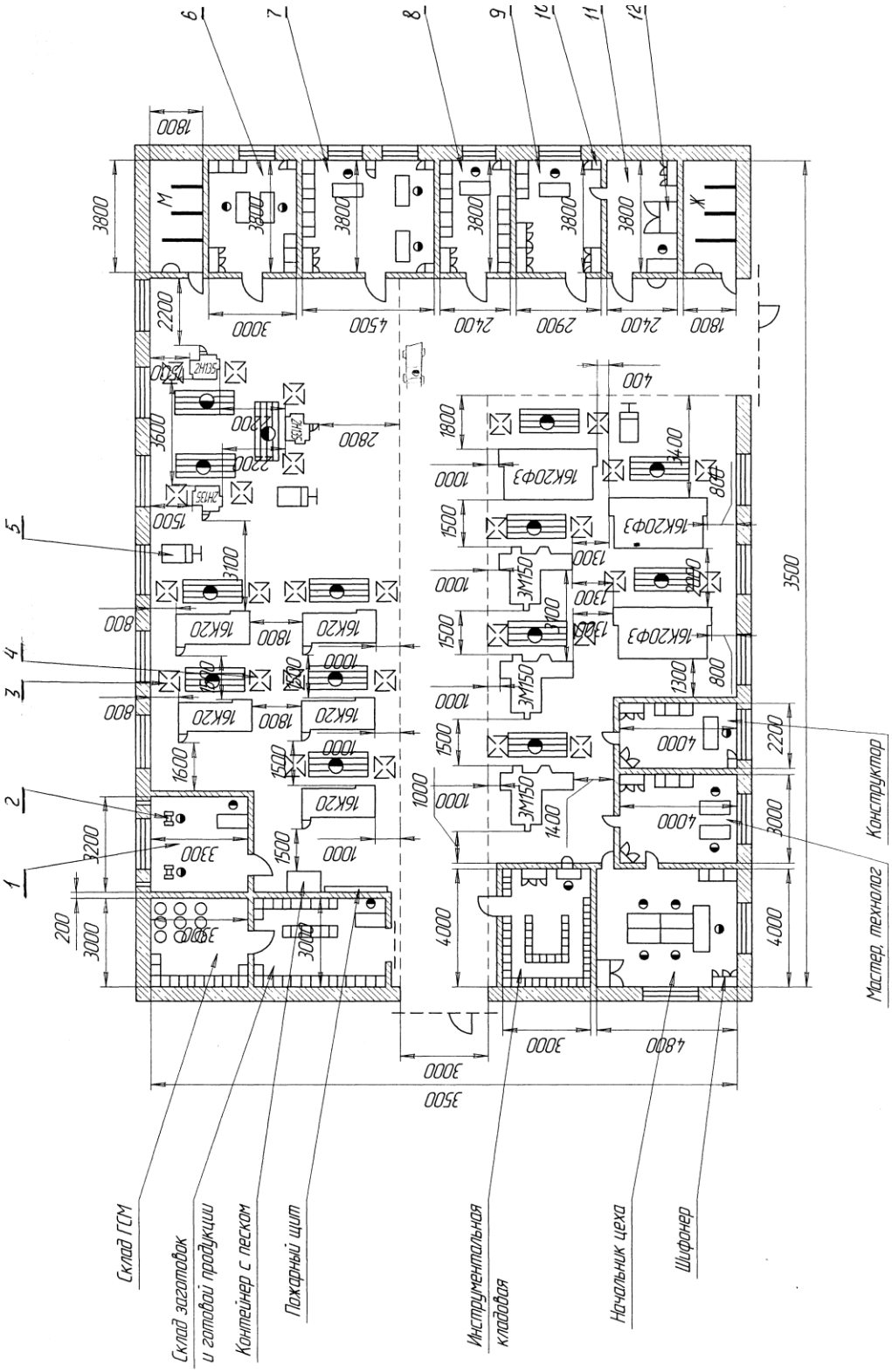


Рис. 3. Пример планировки цеха (участка)

5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

После завершения изучения дисциплины студенты сдают в 10-м семестре зачет.

К зачету допускаются только те студенты, у которых зачтено индивидуальное домашнее задание и лабораторные работы.

Образец зачетного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме, приведен в разделе 5.2.

5.1. Вопросы для подготовки к зачету

1. Основные этапы производственного процесса.
2. Состав проекта машиностроительного производства.
3. Последовательность проектирования.
4. Состав задач, решаемых при проектировании механосборочных цехов.
5. Исходные данные для проектирования цеха при строительстве нового и реконструкции действующего цеха.
6. Содержание рабочей документации на проектирование цеха.
7. Состав задания на проектирование нового и реконструкцию действующего производства.
8. Основные этапы процесса проектирования механосборочных цехов.
9. Основные этапы предпроектного периода.
10. Основные части проекта машиностроительного производства.
11. Основные принципы проектирования.
12. Мероприятия для повышения гибкости производства.
13. Структура ГПС.
14. Формы специализации производства, их достоинства и недостатки.
15. Мероприятия для повышения унификации и специализации производства.
16. Отличие компоновки цеха от планировки.
17. Основные типы компоновки, их достоинства и недостатки.
18. Варианты расположения оборудования, их достоинства и недостатки.
19. Характеристика типов производства.
20. Критерии выбора состава оборудования.
21. Прогрессивные виды оборудования для основных типов производства.
22. Основные требования к рабочему месту токаря.
23. Основные требования к рабочему месту сборщика.

24. Расчёт трудоёмкости по приведённой программе.
25. Коэффициент приведения и способы его определения.
26. Фонды времени оборудования и работающих.
27. Синхронизация техпроцесса.
28. Расчёт количества станков.
29. Расчёт производственной площади.
30. Расчёт вспомогательной площади цеха.
31. Расчёт общей площади цеха.
32. Методы выполнения планировки, их достоинства и недостатки.
33. Складская служба, её классификация и назначение.
34. Транспортная служба, её классификация и назначение.
35. Выбор типа конвейера для поточного производства.
36. Структура инструментальной службы.
37. Функции инструментальной системы.
38. Служба ремонта и технического обслуживания.
39. Служба технического контроля.
40. Служба охраны труда, её подсистемы.
41. Организация бытового обслуживания.
42. Служба управления и подготовки производства.
43. Состав генерального плана предприятия.
44. Основные типы зданий для размещения механосборочных цехов.

5.2. Образец зачётного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической форме обучения

В данном разделе приведен образец зачётного билета для студентов, сдающих зачёт в очной форме, во время сессии в г. Томске. Билет содержит 3 теоретических вопроса.

Билет № *X*

1. Основные этапы производственного процесса.
2. Основные требования к рабочему месту токаря.
3. Отличие компоновки цеха от планировки.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Литература обязательная

1. Козлов В.Н. Проектирование механосборочных цехов: учебное пособие; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 138 с.

2. Мельников Г.Н. Проектирование механосборочных цехов: учебник / Г.Н. Мельников, В.П. Вороненко. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

3. Проектирование механосборочных цехов: метод. указ. по выполнению лабораторных работ / сост. В.Н. Козлов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 23 с.

6.2. Литература дополнительная

4. Петкау Э.П. Проектирование машиностроительного производства: учеб. пособие / Э.П. Петкау, В.С. Матвеев, В.А. Журавлёв; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2002. – 199 с.

5. Королёва Н.И. Организация производства на предприятии: учеб. пособие; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2005. – 156 с.

6. Проектирование машиностроительных заводов: справочник: в 6 т. Т. 1. Организация и методика проектирования / под ред. Е.С. Ямпольского. – М.: Машиностроение, 1974. – 326 с.

7. Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов: учебник / В.П. Вороненко, Ю.М. Соломенцев, А.Г. Схиртладзе. – 2-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2006. – 380 с.

8. Kozlov V.N., Pichugova I.L., Machine shops design: study aid / Tomsk Polytechnic University. – Tomsk: TPU Publishing House, 2013. – 132 p.

6.3. Интернет-ресурсы

9. СТО ТПУ 2.5.01–2006. Система образовательных стандартов. Работы выпускные, квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления / ТПУ [Электронный ресурс]. – Томск, 2006. – Режим доступа: http://portal.tpu.ru/departments/head/methodic/standart, вход свободный.

Учебное издание

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНОСБОРОЧНЫХ ЦЕХОВ

Методические указания и индивидуальные задания

Составитель

КОЗЛОВ Виктор Николаевич

Рецензент
кандидат технических наук,
доцент кафедры ТАМП ИК

Е.П. Михаевич

Компьютерная верстка *М.А. Зацепина*

Национальный исследовательский
Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru