

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**С. Б. Перетятко**

## **ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки  
15.04.01 Машиностроение

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

УДК 621.71

Рецензент

кандидат технических наук, доцент, зам. директора института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «КГТУ» по основной образовательной деятельности, доцент кафедры технологии продуктов питания  
М. Н. Альшевская

Перетятко, С. Б.

Технология сборки изделий машиностроения: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студ. магистратуры по напр. подгот. 15.04.01 Машиностроение / С. Б. Перетятко. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 22 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Технология сборки изделий машиностроения» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке к практическим занятиям.

Табл. 3, список лит. – 8 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой инжиниринга технологического оборудования 21 апреля 2022 г., протокол № 3

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 мая 2023 г., протокол № 5

УДК 621.71

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.  
© Перетятко С. Б., 2023 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	12
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	22

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Технология сборки изделий машиностроения» является одной из завершающих в цикле подготовки по направлению 15.04.01 Машиностроение, с помощью которой студенты закрепляют знания по пройденным предметам, а также вновь обращаются к вопросам простановки допусков на посадки подшипников, сопряжения зубчатых передач, на пространственные отклонения поверхностей (дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация»). Эти вопросы важны как с точки зрения расчета сборочных размерных цепей, так и с точки зрения выполнения сборочных соединений.

Дисциплина «Технология сборки изделий машиностроения» является дисциплиной, формирующей у обучающихся готовность к профессиональной деятельности в области машиностроения.

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний, умений и навыков, применяемых при разработке технологий сборки изделий машиностроения.

Задачами дисциплины являются следующие:

- изучение терминологии, общих понятий и определений технологии сборочного производства;
- изучение схем базирования деталей;
- изучение технологии сборки типовых соединений и сборочных единиц машин;
- овладение навыками сборки типовых соединений и сборочных единиц;
- овладение навыками балансировки деталей и сборочных единиц машин.

Результатами освоения дисциплины является поэтапное формирование требуемых компетенций у обучающихся.

При реализации дисциплины «Технология сборки изделий машиностроения» организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

В результате изучения дисциплины студент должен

**знать:**

- терминологию, общие понятия и определения технологии сборочного производства;
- схемы базирования деталей в машине и методы достижения точности замыкающего звена размерной цепи;
- основные этапы подготовки и методики разработки технологического процесса сборки машин;
- технологии сборки типовых соединений и сборочных единиц машин;

**уметь:**

- устанавливать и обосновывать схемы базирования деталей в машине;
- выявлять и рассчитывать размерные цепи с использованием методов достижения точности;

- разрабатывать схемы сборки простых узлов машин; - анализировать существующие технологические процессы сборки машин с позиции повышения качества изделий, производительности труда и снижения себестоимости;

**владеть:**

- навыками сборки типовых соединений и сборочных единиц машин;
- навыками балансировки деталей и сборочных единиц машин;
- методикой разработки технологических карт сборки изделий машиностроения;
- методами анализа собираемости узлов и агрегатов машин.

Для успешного освоения дисциплины «Технология сборки изделий машиностроения», студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены практические задания. Решение практических задач обучающимися проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) относятся:

- опросы по теоретическому материалу;
- контроль на практических занятиях.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

К экзамену допускаются студенты:

- положительно аттестованные по результатам освоения дисциплины.

Универсальная система оценивания результатов обучения приведена в таблице 1 и включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему.

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	связывать между собой)			
<b>2. Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые курсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

Для успешного освоения дисциплины «Технология сборки изделий машиностроения» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень вопросов для подготовки к практическим занятиям и организации самостоятельной работы студентов.

# 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Технология сборки изделий машиностроения», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом в области разработки технологических процессов сборки, подбора оборудования машиностроительных производств, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Основными видами учебной деятельности в ходе изучения курса являются лекции, практические занятия, консультирование по решению практических заданий.

При разработке образовательной технологии организации учебного процесса основной упор сделан на соединение активной и интерактивной форм обучения. Интерактивная форма позволяет студентам проявить самостоятельность в освоении теоретического материала и овладении практическими навыками, формирует интерес и позитивную мотивацию к учебе.

При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете.

Вместе с тем, всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

Лекции составляют основу теоретической подготовки и посвящены наиболее важным моментам по изучению гибких производственных систем в машиностроении. При проведении лекций необходимо использовать технические средства обучения, ЭИОС, применять методы, способствующие активизации познавательной деятельности слушателей. На лекциях целесообразно теоретический материал иллюстрировать рассмотрением различных примеров и конкретных задач. Имеет смысл привлекать студентов к обсуждению как рассматриваемого вопроса в целом, так и отдельных моментов рассуждений и доказательств. Необходимо также использовать возможности

проблемного изложения, дискуссии с целью активизации деятельности студентов.

Практические занятия проводятся для закрепления основных теоретических положений курса и реализации их в практических расчетах, формирования и развития у студентов мышления в рамках будущей профессии.

На практических занятиях следует добиваться точного и адекватного владения теоретическим материалом и его применения для решения задач.

Важным звеном во всей системе обучения является самостоятельная работа обучающихся. В широком смысле под ней следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов, как в отсутствии преподавателя, так и в контакте с ним. Она является одним из основных методов поиска и приобретения новых знаний, работы с литературой, а также выполнения предложенных заданий. Преподаватель призван оказывать в этом методическую помощь студентам и осуществлять руководство их самостоятельной работой.

Необходимо контролировать степень усвоения студентами текущего материала, а также уровень остаточных знаний по уже изученным темам.

При изучении курса предусмотрены следующие формы текущего контроля:

- опросы по теоретическому материалу;
- контроль на практических занятиях.

Промежуточный контроль осуществляется в форме сдачи экзамена в 4 семестре и имеет целью определить степень достижения учебных целей по дисциплине.

С целью формирования мотивации и повышения интереса к предмету особое внимание при чтении курса необходимо обратить на темы, которые можно проиллюстрировать примерами из практической сферы, связывая теоретические положения с будущей профессиональной деятельностью студентов.

Тематический план лекционных занятий представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура лекционных занятий

Номер темы	Содержание лекционного занятия
1	Сборочные процессы в машиностроении
2	Технологичность сборочных единиц
3	Сборка неразъемных соединений
4	Сборка разъемных соединений

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие



у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

## **Тема 1. Сборочные процессы в машиностроении**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Роль и назначение сборочных процессов в производстве машин.
2. Сборка изделий: основные понятия и определения.
3. Работы по проектированию технологических процессов сборки.
4. Служебное назначение машины и технические требования.
5. Технологические схемы сборки.

*Ключевые понятия:* изделие, деталь, сборочная единица, сборка.

*Литература:* [1, с. 9–23]

### *Методические рекомендации*

Процесс сборки является заключительным этапом изготовления машины, в значительной степени определяющим ее эксплуатационные качества. Хорошая конструкция, качественные материалы, точное изготовление деталей не могут гарантировать высокого качества машины, если сборка выполнена некачественно. Надежность работы изделия и срок его эксплуатации также во многом зависят от качества сборки. В процессе сборки машины могут быть допущены погрешности, сводящие на нет достигнутые ранее результаты: неверное сопряжение деталей (зазоры), плохая регулировка механизмов, излишняя или недостаточная затяжка резьбовых соединений, попадание металлической стружки или абразивной пыли в механизмы – все это способно вывести машину из строя раньше времени. Кроме того, во время сборки выявляются недостатки технологичности конструкции и дефекты предшествующих технологических процессов. Процесс сборки характеризуется высокой трудоемкостью и длительностью. Трудоемкость сборочных работ в машиностроении составляет в среднем 30 % от трудоемкости изготовления машины, занимая второе место после механической обработки. В зависимости от типа производства трудоемкость сборочных работ может составлять: в крупносерийном и массовом производстве – 20–30 %; в серийном – 25–35 %; в единичном и мелкосерийном – 35–40 %. Также различна доля сборочных работ в разных отраслях машиностроения: в автомобилестроении – 18–20 %; в станкостроении – 25–30 %; в приборостроении – 40–45 %. Причем, как свидетельствует опыт отечественных и зарубежных машиностроительных предприятий, имеет место постоянная тенденция увеличения трудозатрат на сборку [1].

Основными направлениями совершенствования сборочного производства могут быть: 1) развитие специализации и кооперирования производств, что способствует созданию машин из взаимозаменяемых узлов (блоков), изготавливаемых на специализированных предприятиях и поступающих готовыми на сборочные заводы; 2) механизация сборочных операций с помощью широкого применения ручного механизированного инструмента и

специальной технологической оснастки; 3) автоматизация сборочных операций путем использования промышленных роботов [1].

*Вопросы для контроля:*

1. Что такое изделие?
2. Что такое деталь?
3. Что такое сборочная единица?
4. Что такое сборка?
5. Чем отличаются подвижные соединения от неподвижных?
6. Что такое переход?
7. Что такое рабочее место?

## **Тема 2. Технологичность сборочных единиц**

*Ключевые вопросы темы*

1. Понятие технологичности сборки.
2. Технологичность сборочных единиц при ручной механизированной сборке.
3. Технологичность поточно-механизированной и автоматизированной сборки.

*Ключевые понятия:* технологичность сборки.

*Литература:* [1, с. 24–31]

*Методические рекомендации*

Технологичность конструкции изделия (ТКИ) – это совокупность свойств конструкции, обеспечивающая оптимальные затраты труда, материалов и времени при подготовке производства, изготовлении и эксплуатации изделия по сравнению с соответствующими показателями однотипных изделий. Технологичность сборки предполагает соответствующую эффективность сборочных работ. ТКИ – понятие относительное. Прежде всего, технологичность есть функция масштабов и серийности выпуска изделия. Она различна для предприятий с различным парком оборудования и различным уровнем квалификации ИТР и производственных рабочих. С другой стороны, это понятие комплексное. Нельзя упускать из вида ни одного этапа разработки, изготовления и эксплуатации изделия. Эффект технологичности должен быть суммарным по всем этапам. В целом же свойство технологичности определяет, насколько эффективно может быть налажено производство и сбыт нового изделия. Улучшением технологичности конструкции удастся сократить трудоемкость машин на 15–20 %, а себестоимость изготовления на 10–15 %. Недооценка технологичности конструкции приводит к удлинению сроков подготовки производства и дополнительным издержкам. Существует два метода оценки технологичности. Качественная оценка («допустимо – недопустимо», «хорошо – плохо») характеризует технологичность конструкции изделия обобщенно на основании личного опыта исполнителя. В некоторых случаях это единственно возможная оценка (удобно – неудобно собирать), которая обладает свойством комплексности. Но требуется высокая квалификация эксперта,

большой опыт работы и хорошее знание технических возможностей предприятия. Количественная оценка ТКИ основывается на системе показателей, полученных при оценке отдельных свойств конструкции. Она включает базовые показатели технологичности, установленные в техническом задании (ТЗ); показатели технологичности, достигнутые при разработке и изготовлении изделия; показатели уровня технологичности (отношение достигнутых показателей к базовым) [1].

*Вопросы для контроля:*

1. Что такое технологичность сборки?
2. Какие два метода оценки технологичности существуют?
3. Какие существуют характеристики технологичности у разъемных соединений?
4. Какие существуют характеристики технологичности у неразъемных соединений?

### **Тема 3. Сборка неразъемных соединений**

*Ключевые вопросы темы*

1. Сборка соединений с натягом.
2. Сборка под действием механических сил.
3. Сборка с термовоздействием.
4. Гидропрессовые соединения.
5. Сборка соединений со шпонками.
6. Соединение деталей сваркой.
7. Получение неразъемных соединений пайкой, клепкой, склеиванием.

*Ключевые понятия:* сборка соединений с натягом.

*Литература:* [1, с. 44–57]

*Методические рекомендации*

Неразъемные соединения с натягом широко распространены в конструкциях машин. Трудоемкость их сборки составляет 10–12 % от общей трудоемкости сборочных работ. Прочность и относительная неподвижность соединений с натягом обеспечивается силами трения, создаваемыми давлением на сопрягаемых поверхностях и зависящих от натяга в соединении. Сборка соединений с натягом может осуществляется тремя способами: 1) под воздействием осевой силы, создаваемой прессом; 2) с термовоздействием; 3) гидропрессовым способом с подачей в зону сопряжения масла под высоким давлением при одновременном действии осевой силы [1].

*Вопросы для контроля*

1. Что такое соединение с натягом?
2. Как происходит сборка под воздействием механических сил?
3. Как происходит сборка с термовоздействием?
4. Как получается гидропрессовое соединение?
5. Как получают сборку соединений со шпонками?

6. Какие виды сварочных швов существуют?
7. Что такое сварка давлением?

#### **Тема 4. Сборка разъемных соединений**

##### *Ключевые вопросы темы*

1. Сборка резьбовых соединений.
2. Сборка узлов с подшипниками качения.
3. Сборка цилиндрических зубчатых передач.
4. Сборка конических и червячных передач.

*Ключевые понятия:* резьбовое соединение, сборка передач.

*Литература:* [1, с. 58–72]

##### *Методические рекомендации*

Резьбовые соединения в конструкциях машин составляют 15–20 % от общего количества соединений. Это объясняется их простотой и надежностью, удобством регулирования степени затяжки, наличием большого количества стандартных элементов, а также возможностью разборки и повторной сборки соединения без замены детали. Трудоемкость сборки резьбовых соединений машин составляет 25-35% общей трудоемкости сборочных работ [1].

При установке подшипников на вал и в корпус, обычно на вращающийся вал подшипники устанавливаются с натягом, а в корпус – по переходным посадкам. Установка подшипников на вал осуществляется двумя способами: механическим (под прессом) или тепловым (нагрев или охлаждение) [1].

##### *Вопросы для контроля*

1. Какие существуют виды резьбовых соединений?
2. Как подготавливают подшипники к сборке?
3. Какие существуют схемы запрессовки подшипников?
4. Какие существуют способы регулирования зазора в конических роликоподшипниках?
5. Какие операции выполняют при сборке зубчатых передач?
6. Как производят контроль отклонения от пересечения осей отверстий под коническую зубчатую передачу?

## **2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков компетентного расчета и назначения технологического процесса сборки изделий машиностроения.

Практические занятия по дисциплине «Технология сборки изделий машиностроения» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, связанных с темой практического занятия.

Тематический план практических (ПЗ) занятий представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Объем (трудоёмкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия
1	Анализ технических условий на изделие
2	Составление схемы сборки и анализ технологичности конструкции
3	Анализ и расчет сборочных размерных цепей
4	Составление технологического процесса сборки
5	Расчет режимов сборки соединений
6	Проектирование приспособлений для сборки
7	Разработка инструкции приемочного контроля и программы испытаний изделия

### **Практическая работа № 1: Анализ технических условий на изделие**

*Цель:* получение практических умений и навыков в области процедуры анализа технических условий на изделие.

*Задание по практической работе:*

1. Ознакомиться с чертежом изделия, разобраться в его устройстве и работе, составить спецификацию, сформулировать служебное назначение.
2. Исходя из назначения изделия, определить его технические характеристики (коэффициент редукции, массу, мощность и т.д.).
3. Установить технические требования на функционирование, сборку, контроль и приемочные испытания изделия.

*Методические рекомендации*

Прежде всего, необходимо прочитать чертеж, разобраться с помощью преподавателя в устройстве изделия, его назначении и механизме функционирования. Формулировку служебного назначения следует начинать с описания ожидаемых результатов действия машины. В их состав могут входить показатели производительности, мощности, развиваемого усилия, грузоподъемности и т.п. Техническая характеристика изделия состоит из перечня наиболее важных параметров изделия, вытекающих из его служебного назначения, с указанием диапазона их изменения (общее передаточное число редуктора, частота вращения тихоходного вала, наибольший крутящий момент и т.п.). В описание устройства машины входит перечисление основных элементов и их взаимного расположения (например, редуктор конический состоит из разъемного корпуса, в котором на подшипниках качения вертикально монтируется быстроходный вал и т.д.). Также кратко описывается работа

изделия. Технический уход за изделием состоит из периодических осмотров внешнего вида машины, проверки уровня масла в системе смазки, периодической замены масла, периодических проверок величин зазоров в зацеплениях и люфтов подвижных деталей, подтяжки крепежных болтов. Из возможных неисправностей (а не поломок) указывают на те, что возникают в процессе эксплуатации: тугий ход, повышенный шум, нагрев, вибрации. Указываются их возможные причины и способы устранения. Технические условия — список требований, предъявляемых к изделию в процессе сборки и приемочного контроля (окраска машины и отдельных ее частей, применяемая смазка, боковой зазор в зубчатых передачах, радиальное биение быстроходного вала и т.п.) [1].

*Вопросы для контроля:*

1. Что понимается под служебным назначением изделия?
2. Что может входить в состав технических требований на сборку и приемку изделия?
3. Какие возможны неисправности в работе передаточных механизмов?
4. В чем состоит технический уход за изделием в период эксплуатации?
5. Что понимается под технической характеристикой изделия?

## **Практическая работа № 2: Составление схемы сборки и анализ технологичности конструкции**

*Цель:* получение умений и навыков составления схемы сборки и анализа технологичности конструкции.

*Задание по практической работе:*

1. Анализ структуры изделия и выделение сборочных единиц.
2. Определение последовательности сборки изделия и составление технологических схем сборки.
3. Качественный и количественный анализ технологичности сборки изделия.

*Методические рекомендации*

Эффективность сборки определяется тем, из какого количества самостоятельных узлов собирается изделие. Поэтому целесообразно выделить из состава изделия те сборочные единицы, которые можно будет собирать самостоятельно и в готовом виде включать в состав изделия. К такого рода сборочным единицам не относятся мелкие (3–5 деталей) узлы в виде, например, рукоятки в сборе. Сначала устанавливают последовательность сборки составных частей изделия, а затем переходят к общей сборке. Общая сборка начинается с основной, базовой детали (корпус, рама, станина), к которой последовательно присоединяются все остальные элементы (сборочные единицы и детали прямого вхождения). Последовательность общей сборки изделия и узловых сборок в наглядной форме представляются технологическими схемами сборки. На схеме сборки каждый элемент изделия (деталь, узел) изображается прямоугольником, разделенным на три части. В верхней части прямоугольника

указывается наименование элемента, в левой нижней части – числовой индекс по спецификации, а в правой нижней – количество этих элементов, устанавливаемых одновременно. Перед числовым индексом сборочной единицы ставят буквы «Сб» (сборка). Процесс общей сборки изображается на схеме горизонтальной линией. Ее проводят слева направо от базового элемента к собранному изделию. Сверху над этой линией располагают условные изображения деталей прямого вхождения в изделие, а снизу все узлы (с.е.) в последовательности их присоединения к базовой детали. При одновременном присоединении двух, трех элементов линии от их условного изображения подводятся к одной точке на схеме. По этому же принципу составляются схемы сборки узлов (сборочных единиц). Если они достаточно просты (не более 10–12 деталей), то последовательность их сборки можно изображать не отдельно, а показать вертикальной линией, слева от которой изображаются детали, а справа – сборочные единицы 2-го уровня вхождения, т. е. входящие в данную сборочную единицу. На технологические схемы наносят краткие надписи, поясняющие характер выполняемых технологических операций (запрессовать, клепать, проверить зазор, отрегулировать длину хода и т.п.), когда они не ясны из сборочных чертежей. Качественная оценка технологичности собираемого изделия на уровне «хорошо — плохо» должна включать: 1) анализ возможности расчленения изделия на самостоятельные сборочные единицы; 2) оценку удобства сборки и доступность мест соединения не только ручным, но и механизированным инструментом; 3) оценку возможности применения механизированных инструментов; 4) анализ возможности и удобства регулирования положения деталей; 5) наличие направляющих фасок на собираемых деталях; 6) наличие окон для доступа к деталям внутри корпуса и т.п. Из количественных оценок технологичности целесообразно определить коэффициент сборки изделия и коэффициент унификации конструктивных элементов (например, крепежных резьб, шпоночных соединений) [1].

*Вопросы для контроля:*

1. Что представляет собой технологическая схема сборки?
2. Для чего составляется технологическая схема сборки?
3. Какие существуют рекомендации по составлению технологических схем сборки?
4. Дайте определение технологичности изделия с точки зрения сборки.
5. Как выполняется качественная оценка технологичности изделия?
6. Какие возможны показатели количественной оценки технологичности?

### **Практическая работа № 3: Анализ и расчет сборочных размерных цепей**

*Цель:* получение навыков и умений анализа и расчета сборочных размерных цепей.

*Задание по практической работе:*

1. Выбрать из технических условий два наиболее ответственных требования: например, зазор в подшипниках, боковой зазор в зубчатой передаче. Установить значение замыкающего звена и допускаемые отклонения.

2. Построить схемы двух размерных цепей: одну с линейными размерами (регулировка зазора в подшипниках), другую – включающую звенья с пространственными отклонениями (биение конца быстроходного вала, обеспечение бокового зазора в зубчатом зацеплении). Назначить экономичные допуски на размеры.

3. Рассчитать погрешность замыкающего звена при экономичных допусках и сопоставить ее с требуемой по техническим условиям. Определить методы достижения точности замыкающих звеньев (пригонки или регулировки).

4. Определить параметры компенсирующих звеньев.

*Методические рекомендации*

Построение размерных цепей начинают с замыкающих звеньев, определяющих эксплуатационные параметры изделия, например: величина осевой игры в паре конических роликоподшипников, величины радиального биения быстроходного вала редуктора и т. п. Затем, переходя от сопрягающихся поверхностей одной детали к другой, ищут наиболее короткий путь, связывающий те две поверхности, относительное положение которых определяет величину замыкающего звена. При этом нужно помнить, что каждая деталь участвует в сборочной размерной цепи только одним своим размером. После выявления составляющих звеньев определяют их номинальные значения (измерением по чертежу), а затем назначают допуски на их изготовление по средней экономичной точности (8–10 квалитет). Значения допусков принимают по справочным таблицам. Метод достижения точности замыкающих звеньев обычно определяется конструкцией изделия. Чаще всего необходимая точность сборочных размерных цепей с числом звеньев свыше четырех достигается путем пригонки (мелкосерийное производство) или регулировки (крупносерийное производство). Сопоставив значение требуемой и получающейся величин замыкающего звена, определяют необходимую величину компенсации или регулирования. Расчетом проверяют достаточность конструкторских размеров для обеспечения максимально возможной величины компенсации или регулирования (пригонки) [1, 5–8].

*Вопросы для контроля:*

1. В чем особенности расчета размерных цепей, включающих звенья с пространственными отклонениями?

2. Как производится построение размерной цепи?

3. С чего начинается проверочный расчет размерных цепей технологом?

4. Какие используются методы достижения точности замыкающих звеньев сборочных размерных цепей?

5. В чем суть метода пригонки?

6. В чем суть метода регулировки?



## **Практическая работа № 4: Составление технологического процесса сборки**

*Цель:* получение навыков и умений составления технологического процесса сборки.

*Задание по практической работе:*

1. Определение структуры сборочного процесса (компоновка операций узловой и общей сборки).
2. Нормирование переходов и операций сборки.
3. Оформление технологических карт процесса сборки.

*Методические рекомендации*

Следуя схеме сборки, скомпоновать отдельные операции. Желательно, чтобы в итоге операции была собрана какая-то частично законченная часть изделия, которую можно было бы передать на другое рабочее место (собран вал с шестеренкой и подшипниками, подшипники вставлены в крышку и зафиксированы). Кроме основных сборочных операций в маршрут необходимо включить контрольные и регулировочные операции. Главным ориентиром, который определяет содержание и объем операций, является такт выпуска изделий. Однако простая конструкция изделий, выдаваемых на практические занятия, приводит к тому, что общее количество операций может быть небольшое (3–5 операций). Тогда сборка выполняется без разделения на узловую и общую как единый технологический процесс. Нормирование операций сборки выполняется путем задания оперативного времени (основного и вспомогательного) на технологические переходы исходя из опыта технолога-сборщика. Время операции тем больше, чем выше точность сопряжения, больше размеры сопрягаемых поверхностей, крупнее и тяжелее соединяемые детали. Надо помнить, что детали массой более 16 кг должны подниматься и транспортироваться с помощью подъемно-транспортных механизмов. Это резко увеличивает время на выполнение сборочных переходов. Штучное время на операцию вычисляется суммированием оперативных времен по переходам с добавлением 3–5 % на организационное и техническое обслуживание рабочего места. Чем выше серийность производства и чем меньше такт выпуска, тем меньше должны различаться между собой по длительности отдельные операции технологического процесса. На операцию назначается технологическое и подъемно-транспортное оборудование, а также сборочное приспособление (стенд). На каждый переход назначается слесарно-сборочный и контрольно-измерительный инструмент. При подборе слесарно-сборочного оборудования и инструмента нужно указать наименование, тип и основной параметр (пресс пневматический  $P = 500 \text{ Н}$ , ключ гаечный 10–12, набор щупов  $B = 0,01 \dots 0,5 \text{ мм}$  и т.п.). В качестве сборочных приспособлений используются чаще всего универсальные средства оснащения: тиски (ручные винтовые, с пневматическим приводом), пневматические зажимы, струбцины, домкраты. Для крепления и установки базовых элементов применяются различные стенды. Стенды могут иметь устройства для поворота собираемого изделия. В карту надо записать характеристику приспособления, например: «Тиски ручные

винтовые В=100», или «Приспособление установочное двухместное с пневмозажимом», или «Приспособление для запрессовки поворотное» и т. п. [1].

*Вопросы для контроля:*

1. Как производится разбивка процесса сборки на отдельные операции, по каким критериям?
2. Что такое «такт выпуска» и что он определяет?
3. Какие виды оснастки назначаются на операцию сборки в целом?
4. Какие виды технологической оснастки назначаются на каждый переход?
5. Как выполняется нормирование операций сборки?

### **Практическая работа № 5: Расчет режимов сборки соединений**

*Цель:* получение навыков и умений расчетов режимов сборки соединений.

*Задание по практической работе:*

1. Выделить два-три гладких соединения с натягом (посадка подшипников на вал, посадка зубчатых колес на вал, запрессовка в корпус каких-либо деталей и т.п.).
2. Выбрать метод получения соединения: запрессовка под действием осевой силы или тепловой сборки (нагрев или охлаждение).
3. Рассчитать необходимое усилие запрессовки или температуру нагрева (охлаждения).
4. Выбрать наиболее ответственное резьбовое соединение и определить необходимый момент затяжки.
5. Изобразить в виде технологических эскизов эти операции.

*Методические рекомендации*

Прочность и относительная неподвижность соединений деталей с натягом обеспечивается силами трения, которые возникают под действием давления, создаваемого натягом. Сборка под действием осевой силы. В процессе сборки к одной из двух деталей прикладывается осевая сила  $P$ . Сборка с термовоздействием производится путем нагрева охватывающей или охлаждения охватываемой детали. Для некоторых операций по согласованию с преподавателем должны быть представлены карты эскизов (3–4 шт.), на которых поясняется процесс сборки (запрессовки, свинчивания) либо контроля (зазор в зацеплении, радиальное биение), либо схема установки или строповки тяжелых деталей (с.е.). На эскизах процесс сборки изображается в конце перехода. Конструктивно показываются инструмент и установочные элементы приспособления, непосредственно контактирующие с поверхностями соединяемых деталей [1].

*Вопросы для контроля:*

1. За счет чего обеспечивается прочность соединения деталей с натягом?

2. В чем достоинства и недостатки получения соединений с натягом методом напрессовки (запрессовки) и методом нагрева (охлаждения)?

3. Чем ограничивается применение метода напрессовки (запрессовки) и метода нагрева (охлаждения)?

4. Какие требования существуют по выполнению операций напрессовки (запрессовки)?

5. Как выполняются операции сборки с применением нагрева (охлаждения)?

## **Практическая работа № 6: Проектирование приспособлений для сборки**

*Цель:* получение навыков и умений проектирования приспособлений для сборки.

*Задание по практической работе:*

1. Выбрать для проектирования из техпроцесса сборки специальное приспособление и согласовать выбор с преподавателем.

2. Сделать сборочный чертеж приспособления с необходимым числом видов, разрезов и сечений, составить спецификацию.

3. Выполнить расчет необходимого усилия зажима базовой детали (сборочной единицы), обеспечивающего неподвижность изделия под действием внешних сил (например, от крутящего момента гайковерта).

*Методические рекомендации*

Специальные приспособления для сборочных операций проектируются в основном для обеспечения надежного закрепления и удобства манипулирования (сборки) собираемым изделием. В качестве объекта проектирования на занятии могут быть выбраны: 1) приспособления для установки и закрепления базовых деталей на операциях общей сборки, возможно поворотные в одной, двух плоскостях; 2) приспособления для запрессовки (напрессовки) каких-либо деталей, подшипников; 3) специальные приспособления для установки и сборки соединений, например, с пружинами сжатия, деталей сложной конфигурации. Сборочное приспособление должно быть представлено сборочным чертежом, а не схемой. Чертеж должен быть выполнен в соответствии со всеми требованиями ЕСКД. К сборочному чертежу должна быть приложена спецификация. Наибольшее число ошибок студенты допускают при проектировании корпуса приспособления. Часто сложный корпус делают из цельного куска металла, объединяя точные цилиндрические поверхности с призматическим основанием. Задают излишнюю точность обработки базовых поверхностей, забывая, что от сборочных приспособлений обычно не требуется точной ориентации изделия. Корпуса бывают цельными и сборными. Сложные по конфигурации цельные корпуса получают литьем, а сравнительно простые – ковкой или резкой проката. Материалом служат чугуны СЧ12, СЧ15, сталь 3, алюминиевые сплавы и т.д. Сборные корпуса получают сваркой или сборкой из стандартных и нестандартных элементов, получаемых прокаткой. Они технологичны и дешевы, но имеют пониженную жесткость. Подъем и

транспортирование корпусов осуществляется с помощью ручек (массой до 16 кг) (ГОСТ 12485-67 и ГОСТ 12486-67) или рым-болтов (массой свыше 16 кг) (ГОСТ 4751-73) [2–4]. В качестве установочных элементов и зажимных устройств следует применять стандартные или специальные детали и устройства станочных приспособлений. Часто для предохранения обработанных поверхностей базовых деталей от повреждений установочные элементы сборочных приспособлений облицовывают твердой резиной или пластмассой [1].

*Вопросы для контроля:*

1. Какие функции выполняют сборочные приспособления и чем они отличаются в этом плане от станочных приспособлений?
2. Что и почему составляет предмет расчета в проектировании сборочных приспособлений?
3. Какие конструктивные элементы входят в сборочное приспособление?
4. Какие виды универсальных приспособлений используются при сборке?

### **Практическая работа № 7: Разработка инструкции приемочного контроля и программы испытаний изделия**

*Цель:* получение навыков и умений разработки инструкции приемочного контроля и программы испытаний изделия.

*Задание по практической работе:*

1. Провести анализ технических требований на сборку изделия.
2. Составить карту приемочного контроля изделия.
3. Составить инструкцию на контрольно-приемочные испытания изделия.

*Методические рекомендации*

Исходные данные для проектирования операций приемочного контроля и испытаний изделий находятся в сборочном чертеже изделия, его технической характеристике и технических условиях на сборку и приемку. В содержание операции приемочного контроля могут входить следующие переходы: 1) контроль внешнего вида, целостности и качества окраски изделия; 2) контроль комплектности изделия: наличие всех крышек, пробок, щупов, шпонок и прочее (осуществляется по чертежу общего вида); 3) контроль качества затяжки болтов, винтов, наличие стопорящих элементов (пружинных шайб, шплинтов, штифтов т.п.); 4) контроль габаритных и присоединительных размеров, расстояний осей входных и выходных валов от опорных поверхностей изделия; 5) контроль легкости вращения, перемещения всех механизмов, устройств управления; 6) контроль зазоров в подшипниках (по величине «осевой игры» вала), контроль радиального биения быстроходных валов; 7) контроль зазоров в зубчатых зацеплениях (щупом, методом проволочек, по величине «мертвого» хода); 8) контроль правильности зацепления зубчатых передач по форме и размерам пятна контакта (после испытания на холостом ходу); 9) контроль уровня масла в машине. Из этого

перечня студент должен выбрать только те, что могут относиться к его конкретному изделию. Все переходы должны быть записаны конкретно [1].

*Вопросы для контроля:*

1. Как организуется контроль технологического процесса сборки?
2. Какие проверки выполняются непосредственно рабочими-сборщиками?
3. Какие проверки выносятся в состав приемочного контроля после окончания сборки?
4. Как выполняются испытания изделий на холостом ходу и что при этом контролируется?
5. Каковы цели испытания изделий под нагрузкой?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рахимьянов, Х. М. Технология сборки и монтажа: учебник / Х. М. Рахимьянов, Б. А. Красильников, Э. З. Мартынова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 244 с.
2. ГОСТ 12485-67. Ручки с винтовым креплением. Конструкция.
3. ГОСТ 12486-67. Ручки со штифтовым креплением. Конструкция.
4. ГОСТ 4751-73. Рым-болты. Технические условия
5. РД 50-635-87. Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчёта линейных и угловых цепей.
6. ГОСТ 25347-82. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки.
7. ГОСТ 25346-82. ЕСДП. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.
8. ГОСТ 2.307. Нанесение размеров и предельных отклонений.

Локальный электронный методический материал

Сергей Борисович Перетятко

## ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 1,8. Печ. л. 1,4

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1