

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра автомобилей и тракторов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению технологической части дипломного проектирования
«Проектирование процессов сборки сборочных единиц»
для студентов специальности 150100 «Автомобиле- и тракторостроение»
очного и очно-заочного факультетов

Составители А. А. Зюзин, Б. Н. Казьмин

Липецк 2005

Общие замечания

Методические указания к выполнению технологической части дипломного проекта составлены для студентов специальности 150100 «Автомобиле- и тракторостроение».

Настоящие методические указания должны способствовать дальнейшему повышению качества технологических разработок в дипломных проектах как в отношении научно-технического уровня, так и в методическом плане.

Цель данных методических указаний – дать студентам-дипломникам основное направление при выполнении технологической части дипломного проекта, определить задачи и формы его выполнения. В них даются рекомендации по тематике технологической части дипломного проекта, содержанию разработок данного раздела проекта, объему и последовательности выполнения этапов проектирования технологических процессов сборки сборочных единиц машин. Выполнение этих рекомендаций обеспечивает идентичность технологических разделов проектов по характеру и объему разработок.

Методические указания по выполнению основных этапов проектирования технологических процессов сборки сборочных единиц машин, оформлению графической части и составлению расчетно-пояснительной записки данного раздела дипломного проекта помогут студентам ориентироваться в своих материалах и выполнить технологическую часть на высоком уровне.

Данные методические указания предусматривают выполнение этапов технологических разработок в тесном контакте с источником [1], а также использование других инженерных справочников и литературы по технологии машиностроения.

1. Цель и задачи технологических разработок

в дипломном проекте

Дипломный проект является заключительной работой студента, в которой он самостоятельно решает комплекс инженерных задач: конструкторских, технологических, исследовательских и организационно-экономических.

Студент должен почувствовать себя при выполнении технологической части дипломного проекта участником подготовки производства для спроектированной им конструкции изделия или сборочной единицы и проявить свои способности в применении теоретических и практических знаний по технологии автотракторостроения при разработке технологичных в изготовлении и эксплуатации, надежных и долговечных конструкций машин.

В основной, конструкторской части дипломного проекта перед студентом ставится задача разработать или усовершенствовать конструкцию изделия или сборочной единицы; в технологической части он должен обосновать правильность принимаемых конструктивных решений с точки зрения экономического изготовления проектируемых изделий и технологического обеспечения требуемых показателей точности и качества.

Технологическая часть проекта отражает уровень понимания студентом задач производства и умение учесть их при проектировании машин. Сочетание конструкторских и технологических задач в дипломном проекте полностью соответствует реальным условиям работы инженера-конструктора и создает благоприятные условия для проверки подготовленности студента к такой работе.

Технологические разработки должны быть органически связаны с основной самостоятельно прорабатываемой частью конструкторских работ дипломного проекта. Для этого характер задания на технологическую часть и основные направления технологических разработок должны быть определены в начальный период проектирования конструкции, желательно еще на преддипломной практике, когда практикант имеет возможность учесть условия производства. Например, своевременная организация использования поточной сборки позволит дать правильную оценку конструктивным вариантам по степени их приемлемости поточного производства.

Технологические разработки обуславливают более полное и технически обоснованное конструктивное решение. Дипломник должен стремиться к разработке изделия высокого качества, соответствующего ГОСТам и стандартам

отрасли. Для этого он должен в ходе конструирования обосновать технические условия на изготовление изделия, а в технологической части подробно разработать средства и методы обеспечения всех параметров качества в производстве.

Технологические разработки должны обеспечивать высокую производительность труда при максимальном использовании средств механизации и автоматизации, экономное расходование металлов и снижение трудоемкости изготовления и себестоимости продукции.

2. Тематика заданий на технологическую часть дипломного проекта

Объектами технологических проработок должны являться проектируемые студентом оригинальные специфицируемые изделия, сборочные единицы и детали. Разработанные в проекте сборочные единицы могут отличаться принципиально новыми конструктивными элементами, измененными техническими условиями на сборку, применением иных методов выполнения соединений. Вновь проектируемые детали могут изготавливаться из других материалов, при других способах получения заготовок, отличаться технологическими условиями на изготовление и т.п.

В отдельных случаях допускается в качестве объектов технологических разработок брать типовые или заимствованные сборочные единицы и детали. При этом в задании принимается программа выпуска, методы и организационные формы сборки; увеличение объема выпуска продукции должно быть обоснованным по сравнению с реальным и учитывающим кооперирование и специализацию производства, а также перспективы развития данной отрасли и возможности экспорта машин.

При проектировании экспериментальных машин и установок в задании на технологическую часть можно предусматривать проработку нескольких вариантов технологического процесса изготовления сборочной единицы или дета-

ли для различных типов производства (единичного и серийного) с учетом перспектив выпуска данного изделия.

Варианты заданий для технологических разработок могут быть следующими:

- 1) Проектирование технологического процесса сборки заданной сборочной единицы с разработкой технологической оснастки: сборочных, контрольных приспособлений, испытательных стендов, исполнительных механизмов, роботов, манипуляторов.
- 2) Проектирование технологического процесса изготовления одной – двух (в зависимости от сложности) деталей с разработкой приспособления для механической обработки и контроля.
- 3) Проектирование технологических процессов сборки заданной сборочной единицы и изготовление детали, входящей в эту сборочную единицу, с разработкой технологической оснастки: приспособлений для сборки, механической обработки и контроля.
- 4) Отработка на технологичность конструкции изделия, сборочной единицы или их основных частей с обоснованием принятого решения, качественными и количественными показателями технологичности конструкции.
- 5) Проектирование испытательных стендов и установок для научно-исследовательских целей. (Данный вариант следует выполнять в отдельных случаях, по согласованию с основным руководителем).
- 6) Анализ и сравнительная оценка существующих методов сборки, испытаний, контроля параметров качества изделий проектируемых конструкций. Данный вариант задания целесообразно применять, когда для разработанной конструкции существуют разнообразные специфические методы сборки, контроля испытаний, обеспечивающие требования чертежа по одному или нескольким параметрам.

Первый, второй и четвертый варианты являются предпочтительнее при выборе тем технологических разработок.

В задании на технологическую часть должны быть указаны: объект разработок (сборочная единица, деталь), программа выпуска, вид и объем конструкторских работ по оснащению технологического процесса.

Примеры технологических разработок следующие:

- 1) Разработать технологический процесс сборки главного фрикциона гусеничной машины для условий серийного производства при годовой программе выпуска 10000 тракторов. Спроектировать стенд для контроля параметров собранного главного фрикциона и проверки его работы.
- 2) Разработать технологический процесс сборки планетарной коробки передач гусеничного трактора для условий серийного производства при годовой программе выпуска 12000 тракторов. Спроектировать приспособление для запрессовки подшипников.
- 3) Разработать технологический процесс сборки-сварки кабины экспериментального колесного трактора для мелкосерийного производства при годовой программе выпуска 10 тракторов. Спроектировать приспособление для сварки кабины.
- 4) Разработать технологический процесс изготовления золотниковой пары гильза – золотник гидропанели управления для серийного производства при годовой программе выпуска 25000 изделий. Спроектировать приспособление для фрезерования пазов в гильзе.

Проанализировать технологические методы нанесения защитных покрытий с целью повышения износостойкости и долговечности конструкций и обосновать выбор метода, приемлемого для данной конструкции.

3. Подготовка к выполнению технологической части дипломного проекта

В период преддипломной практики необходимо изучить технологию изготовления заданных или аналогичных сборочных единиц (узлов) непосредственно на рабочем месте и по действующей технологической документации, а также ознакомиться с литературой по данному вопросу.

Внимательно изучая отдельные элементы технологических процессов сборки, следует продумывать возможные пути их усовершенствования с точки зрения применения более современного и производительного оборудования, средств механизации и автоматизации, более совершенных организационных форм.

В период преддипломной практики должны быть собраны следующие материалы:

- 1) Документация действующих технологических процессов сборки заданных или аналогичных сборочных единиц (узлов) со всеми данными по оборудованию, технологической оснастке, контролю, испытаниям, режимам работы оборудования, нормам времени;
- 2) Чертежи заданных или аналогичных сборочных единиц (узлов) с техническими требованиями и спецификациями;
- 3) Техничко-экономические показатели, характеризующие технологические процессы: годовой выпуск сборочных единиц (узлов), трудоемкость и себестоимость сборки, цеховая себестоимость сборочных единиц (узлов) на одну машину и др.

4.Содержание и объем технологической части дипломного проекта

При разработке конструкторской части дипломного проекта учитывается необходимость выполнения чертежа сборочной единицы (узла), который будет использован для разработки технологической части проекта. Чертеж сборочной единицы дорабатывается и оформляется с учетом технологических задач ее изготовления. Содержание чертежа согласовывается с консультантом по технологической части дипломного проекта.

Технологическая часть составляет 20...25% дипломного проекта и включает три – четыре листа графической работы (формат А1), текстовую и расчетную части пояснительной записки на 25...30 страницах и комплект технологических карт на разработанный технологический процесс.

Ориентировочное распределение объема графической работы:

- 1) чертежи сборочной единицы (узла) и схемы размерных цепей – 1...2 листа формата А1;
- 2) технологические схемы сборки – 1 лист формата А1;
- 3) технологические эскизы сборочных или контрольных операций – 1 лист формата А1;
- 4) конструктивные разработки специального приспособления для сборки, контроля или испытания сборочной единицы, в том числе роботы и манипуляторы – 1 лист формата А1.

Расчетно-пояснительная записка технологической части дипломного проекта является обязательным разделом общей расчетно-пояснительной записки.

В технологической части расчетно-пояснительной записки приводится:

- 1) Анализ исходных данных для проектирования технологического процесса сборки сборочной единицы (узла).
- 2) Расчет темпа выпуска и определение типа производства.
- 3) Анализ действующего на заводе-изготовителе технологического процесса сборки заданной или аналогичной сборочной единицы (узла).
- 4) Анализ технологии выполнения типовых соединений деталей по литературным источникам.
- 5) Разработка последовательности сборки и составление ее технологической схемы.
- 6) Разработка операций сборки и испытания сборочной единицы (узла).
- 7) Нормирование сборочных работ и определение общей трудоемкости сборки сборочной единицы.
- 8) Обоснование организационной формы сборки.
- 9) Проектирование специального приспособления для сборки, контроля или испытания сборочной единицы.
- 10) Выводы и заключения по разделу.

В расчетно-пояснительной записке данного раздела дипломного проекта должны быть приведены все расчеты и обоснования принятых решений (технологических, экономических и др.).

После составления расчетно-пояснительной записки технологическая часть проекта брошюруется с общей расчетно-пояснительной запиской.

Спроектированный технологический процесс сборки сборочной единицы должен быть зафиксирован в технологических картах, где записывается содержание операций контроля и испытаний. Комплект карт технологического процесса сборки сборочной единицы (узла) прилагается в конце расчетно-пояснительной записки.

5. Анализ исходных данных для проектирования технологического процесса сборки сборочной единицы (узла)

К исходным данным для проектирования технологического процесса сборки относятся:

- а) чертежи сборочные и общих видов сборочных единиц (изделий);
- б) технические условия на приемку и испытание сборочной единицы (изделия);
- в) производственная программа выпуска изделий;
- г) срок выполнения программного задания (предполагаемая длительность выпуска изделий в годах);
- д) действующий на базовом предприятии технологический процесс сборки заданной или аналогичной сборочной единицы.

На чертежах сборочных и общих видов, необходимых для проектирования технологических процессов сборки, должны быть указаны линейные и угловые размеры и допуски на них, определяющие взаимное расположение деталей, конструктивные зазоры, натяги в сопряжениях, а также особые требования, касающиеся сборки сборочных единиц. На чертежах должны быть даны все проекции, виды и разрезы, необходимые для полного понимания и ясного представления конструкции сборочных единиц.

Технические условия должны содержать данные о точности сборки, требуемом качестве сопряжений, их герметичности и плотности и жесткости стыков, требуемой точности балансировки вращающихся частей и другие сведения в зависимости от назначения изделия. В технических условиях допускаются частные указания технологического характера о методах выполнения соединений, желательной последовательности сборки, методах промежуточного и окончательного контроля изделий.

В этой части пояснительной записки рассматриваются следующие вопросы:

- а) служебное назначение и конструкция сборочной единицы (узла);
- б) анализ технических условий и размерных цепей и выявление технологических задач, возникающих при сборке сборочной единицы (узла);
- в) анализ технологичности конструкций сборочной единицы (узла);
- г) обзор производственных и литературных данных по технологии изготовления аналогичных сборочных единиц (узлов);
- д) производственная программа и режим работы.

Описание служебного назначения и конструкции сборочной единицы (узла) должно быть увязано с приведенным ранее описанием изделия. Формулировка служебного назначения сборочной единицы должна включать перечень условий, в которых сборочной единице (узлу) предстоит работать, а также требования к экономической эффективности, надежности, долговечности, безопасности работы, удобству и простоте обслуживания и управления, уровню шума, степени механизации и автоматизации и др.

Со стороны технолога, являющегося ответственным лицом за сдачу готовой продукции заказчику, помимо изучения, требуется критическая оценка формулировки служебного назначения сборочной единицы. На практике нередко случаи, когда уточнения служебного назначения сборочной единицы на стадии проектирования технологического процесса сборки требовали значительных конструктивных доработок, что способствовало повышению качества изделия.

Так как технические условия и нормы точности являются отображением служебного назначения сборочной единицы, то, приступая к разработке технологического процесса сборки, необходимо глубоко понимать смысл тех требований, которые предъявляются к качеству сборочной единицы, и иметь уверенность в том, что они разработаны правильно.

Разработка технических условий и норм точности на создаваемую сборочную единицу является делом достаточно сложным. Нередки случаи, когда конструкторы пытаются уклоняться от обоснования задаваемых норм точности или задают технические требования в неявной форме, не выражая их числом. Технологам в таких случаях вместе с конструкторами приходится уточнять и даже дополнять недостающие технические условия или переводить на язык цифр условия, заданные в неявной форме.

Затем на основе сборочных чертежей сборочной единицы (узла) и рабочих чертежей и деталей проводится анализ технологичности конструкции. Уровень технологичности конструкции выявляет ее соответствие современному уровню техники, экономичность и удобство в эксплуатации, а также возможность использования наиболее экономичных и производительных технологических методов ее изготовления применительно к заданному выпуску и условиям производства.

При качественном анализе технологичности необходимо отразить, насколько полно и конкретно в конструкции изделия отражены требования технологичности со стороны сборки: рациональное расчленение конструкции изделия с учетом принципа агрегатирования на составные части, сборку которых можно производить независимо друг от друга; удобство сборки и разборки; совмещение сборочных, установочных и измерительных баз; удобный доступ к местам, требующим контроля и регулирования; обеспечение максимальной механизации и автоматизации сборочных работ; соблюдение принципа взаимозаменяемости (полной и частичной); сокращение до минимума прогоночных работ, промежуточной разборки, повторной сборки и т.д.; использование стан-

дартных и нормализованных деталей и сборочных единиц; удобство захвата сборочных единиц грузоподъемными средствами.

Количественную оценку производят по показателям технологичности: основным (трудоемкость и себестоимость) и дополнительным на основании статистических данных по типовым конструкциям.

Основные и дополнительные показатели по ГОСТ 14.201-83 приведены в приложении 2.

Конструктор сборочной единицы (узла) при составлении сборочных чертежей должен решить вопрос о методе обеспечения заданной точности замыкающих звеньев размерных цепей при сборке (метод полной, частичной, групповой взаимозаменяемости, регулирования, индивидуальной пригонки). При анализе технологичности постановки размеров и значений допусков необходимо проводить проверочные расчеты соответствующих размерных цепей.

Применяемые в машиностроении методы достижения точности замыкающего звена при сборке базируются либо на принципе его автоматического получения (взаимозаменяемости), либо на принципе индивидуального обеспечения его точности (пригонка, регулировка, подбор). Допуск на замыкающее звено размерной цепи принимают исходя из ее функционального назначения. При многозвенной размерной цепи и малой величине допуска на замыкающее звено допуски на остальные звенья, составляющие размерную цепь, получают очень жесткими. В этом случае сборку выполняют методом регулирования или пригонки. При более простых размерных цепях и узком допуске на замыкающее звено может быть применен метод групповой взаимозаменяемости. При простых размерных цепях и не очень жестком допуске на замыкающее звено применяют сборку по методу полной взаимозаменяемости.

Если точность замыкающего звена достигается изготовлением детали по месту или с помощью подвижного компенсатора, то допуски на составляющие звенья цепи назначаются максимально свободными по 11...14 квалитетам точности. При этом 11...14 квалитеты точности назначаются на размеры, особо не влияющие на эксплуатационные показатели сборочной единицы и относящиеся

к технологическим базам. Если точность замыкающего звена достигается пригонкой на станках, то допуски на составляющие звенья цепи назначаются с учетом сложности обработки деталей. Пригонка является весьма трудоемкой и дорогой операцией, поэтому метод пригонки выбирать обоснованно, с учетом величины компенсации. В табл. 1 приведены величины компенсации и рациональные методы пригонки.

Таблица 1

Величина компенсации	Метод пригонки
Менее 0,01	Шабрение
0,01-0,1	Опиловка
0,1-0,5	Шлифование
Более 0,5	Точение, фрезерование и др.

Когда в размерных цепях должна быть установлена стопроцентная взаимозаменяемость всех составляющих звеньев, их рассчитывают методом максимума-минимума. Поле допуска замыкающего звена $\delta_{\text{кд}}$, если обеспечить его точность по методу полной взаимозаменяемости, равно:

$$\delta_{X_{\Delta}} = \sum_{i=1}^{m-1} \delta_i, \quad (1)$$

где δ_i – величина допуска i -ого составляющего звена;

m – число всех звеньев размерной цепи.

Если по условиям производства на составляющие звенья размерной цепи экономически выгодно назначать более широкие допуски, предусматривая в то же время частичный (0,27 %) выход размера замыкающего звена за пределы установленного допуска, то расчет размерной цепи ведется вероятностным методом. Оба метода расчета размерных цепей с решением прямых и обратных задач приведены в ГОСТ 16320-70.

Результатом расчета размерных цепей должны быть:

- 1) выбор метода достижения заданной точности сборки;

2) назначение, изменение или дополнение технических требований и допусков в сборочных и рабочих чертежах.

На основе обзора производственных и литературных данных по технологии изготовления аналогичных сборочных единиц (узлов) намечают основные направления осуществления технологического процесса сборки.

Производственная программа на заданную в проекте сборочную единицу (узел), для которой разрабатывается технологический процесс сборки, устанавливается консультантом по технологической части дипломного проекта.

Далее принимается режим работы цеха (как правило, двухсменный).

6. Расчет темпа выпуска и определение типа производства

Прежде чем приступить к разработке технологического процесса сборки заданной сборочной единицы (узла), необходимо установить тип производства в зависимости от программы выпуска изделия. На основе принятого типа производства выбираются принципиальные направления осуществления технологического процесса изготовления изделия, а также его организационные формы. Тип производства определяется по величине коэффициента закрепления операций $K_{з.о}$.

В соответствии с ГОСТ 3.1108-74 одной из основных характеристик типа производства является коэффициент закрепления операций $K_{з.о}$, который показывает отношение числа всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течение месяца, к числу рабочих мест.

Согласно ГОСТ 3.1108-74 принимаются следующие значения коэффициента закрепления операций:

для массового производства	- $K_{з.о} = 1$;
крупносерийного	- $1 \leq K_{з.о} \leq 10$;
среднесерийного	- $10 \leq K_{з.о} \leq 20$;
мелкосерийного	- $20 \leq K_{з.о} \leq 40$.

Практическое значение $K_{3,0}$ для массового производства может быть $0,1 \dots 1,0$.

Коэффициент закрепления операций должен в производственных условиях определяться для планового периода, равного одному месяцу. Последнее обстоятельство учитывает условия серийного производства, для которого характерна большая номенклатура и сравнительно частая смена объектов производства, что и определяется большими значениями коэффициента закрепления операций.

Так как в заданиях проектов регламентируется годовая программа выпуска изделия, то условия планового периода, равного одному месяцу, здесь неприменимы. Поэтому для определения коэффициента закрепления операций необходимо установить соотношение между трудоемкостью выполнения операций и производительностью рабочих мест, предназначенных для осуществления данного технологического процесса при условии загрузки оборудования в соответствии с нормативными коэффициентами.

Количество операций, выполняемых на каждом рабочем месте, определяется по формуле:

$$n_i = \frac{K_{3,Н}}{K_{3,i}}, \quad (2)$$

где $K_{3,Н}$ – значение нормативного коэффициента загрузки рабочего места;
 $K_{3,i}$ – значение коэффициента загрузки рабочего места для данной операции.

На данном этапе принимают усредненные значения нормативного коэффициента загрузки рабочего места равными $K_{3,Н} = 0,75 \dots 0,85$. Коэффициент загрузки рабочего места для данной операции вычисляют по формуле:

$$K_{3,i} = \frac{M_{p,i}}{M_{np,i}}, \quad (3)$$

где $M_{p,i}$ – расчетное количество рабочих мест на каждой операции:

$M_{np,i}$ – принятое число рабочих мест на каждой операции, получаемое путем округления до ближайшего целого числа значения $M_{p,i}$.

На данном этапе расчетное число рабочих мест на каждой операции определяется по формуле:

$$M_{p.i} = \frac{T_{um.i}}{\tau \cdot K_{3.H}}, \quad (4)$$

где $T_{um.i}$ – штучная норма времени по каждой сборочной операции в минутах;

τ – действительный такт сборки в минутах.

Для определения значения штучного времени $T_{шт.i}$ по каждой сборочной операции можно воспользоваться нормировочными данными действующего на производстве или аналогичного технологического процесса, либо произвести укрупненное нормирование вновь разрабатываемого технологического процесса.

Величина такта выпуска рассчитывается по заданной программе по формуле:

$$\tau = \frac{60F_{\partial}}{N}, \quad (5)$$

где F_{∂} – действительный годовой фонд времени работы оборудования;

N – годовая программа выпуска.

Значения действительного фонда времени для одно-, двух- и трехсменной работы соответственно равны: 2030, 4015, 5465 часов.

Коэффициент закрепления операций $K_{3.O}$ определяют по формуле:

$$K_{3.O} = \frac{\sum n_i}{\sum M_{np.i}}. \quad (6)$$

По полученному значению коэффициента закрепления операций определяют тип производства.

Если $K_{3.i}$ операции оказывается выше нормативного, следует увеличить для данной операции количество рабочих мест. Если же по каким-то операциям $K_{3.i}$ значительно ниже нормативного, следует проанализировать возможность дозагрузки рабочего места другими, примерно равноценными по трудоемкости операциями. Тогда количество операций на данном рабочем месте

может быть увеличено, а в расчете нужно учитывать скорректированное значение.

Фактические значения коэффициента загрузки рабочего места будут определяться после длительной разработки технологического процесса.

7. Анализ действующего на заводе-изготовителе технологического процесса сборки заданной или аналогичной сборочной единицы (узла)

В этой части расчетно-пояснительной записки указывают последовательность сборки заданной или аналогичной сборочной единицы (узла) на заводе-изготовителе, организационные формы сборки, степень автоматизации и механизации действующего технологического процесса сборки, его трудоемкость, отмечаются недостатки конструкции сборочной единицы (узла) с точки зрения удобства выполнения сборочных работ и снижения трудоемкости сборки.

8. Анализ технологии выполнения типовых соединений детали

В данной части расчетно-пояснительной записки указывают наиболее рациональные технологические методы и средства выполнения типовых соединений, входящих в данную сборочную единицу, намечаются пути механизации и автоматизации сборочных работ.

9. Разработка последовательности сборки и составление технологической схемы сборки

Последовательность сборки сборочной единицы (узла) в основном определяется ее конструктивными особенностями и заложенными в конструкции методами получения требуемой точности замыкающих звеньев. Общие указания последовательности сборки сборочных единиц состоят в следующем:

- 1) По чертежам и прилагаемой к ним спецификации необходимо выявить все составные части сборочной единицы и отдельно входящие в нее детали.

2) Общую сборку сборочной единицы и сборку ее составных частей следует начинать с установки на сборочном стенде (в сборочном приспособлении) или на конвейере основной базовой детали.

3) В первую очередь необходимо монтировать составные части и детали сборочной единицы, выполняющие наиболее ответственные функции в ее работе.

4) Смонтированные в первую очередь составные части и детали сборочной единицы не должны мешать установке последующих ее составных частей и деталей.

5) При наличии в сборочной единице параллельно связанных размерных цепей сборку следует начинать с установки тех ее составных частей и деталей, размеры или относительные положения которых являются общими звеньями и принадлежат большему количеству размерных цепей.

Из многочисленных вариантов возможной последовательности сборки сборочной единицы лишь некоторые позволяют собрать сборочную единицу заданного качества при наименьших затратах средств производства и труда. Нахождение такого варианта представляет довольно сложную задачу, успешному решению которой в значительной степени способствует проведение размерного анализа сборочной единицы.

На этом этапе составляются технологические схемы сборки, графически отображающие структуру изделия (заданной сборочной единицы) и порядок его общей и узловой сборки. Сначала разрабатывают схему общей сборки изделия (заданной сборочной единицы), а затем схемы сборки входящих в них более мелких сборочных единиц (схемы сборки составных частей сборочной единицы). При составлении схем сборки устанавливают характер и место контрольных и вспомогательных операций. В процессе составления технологических схем сборки производится дальнейший анализ и отработка технологичности конструкции заданной сборочной единицы.

В качестве примера на рис. 1 и 2 приложения 1 представлены сборочный чертеж и технологическая схема сборки червячного редуктора.

10. Разработка операций сборки и испытания сборочной единицы (узла)

На этом этапе проектирования процесса сборки решаются следующие вопросы:

- а) установление содержания каждой операции путем расчленения на переходы;
- б) выбор инструментов, приспособлений и оборудования, средств механизации и автоматизации сборочных работ;
- в) определение норм времени на каждую операцию.

Эти вопросы решаются в соответствии с ранее составленными технологическими схемами сборки и принятым типом производства. При разработке операций сборки рекомендуется такая последовательность:

- 1) Записать переходы и приемы всего процесса сборки сборочной единицы (узла) в принятой последовательности.
- 2) Для каждого перехода и приема указать условия и факторы, влияющие на продолжительность сборки (размеры и масса деталей и составных частей сборочной единицы, характер посадки, оборудование, инструмент, приспособления и др.).
- 3) Определить время на выполнение каждого приема и перехода по нормативам, учитывая условия п. 2.
- 4) Переходы группировать в операции, причем для поточной сборки продолжительность операции (штучное время на операцию) должна равняться или быть кратной действительному темпу сборки.

Рекомендуется эту работу выполнять путем заполнения табл. 2.

При формировании сборочной операции определяют ее содержание, выявляют возможность совмещения переходов во времени, уточняют схему установки и закрепления базового элемента изделия, тип оборудования, приспособления и инструмента, устанавливают режимы работы сборочного оборудования, разряд работы и норму времени на операцию.

Таблица 2

№ п/п пере-хода	Содержание перехода	Оборудо-вание	Приспо-собле-ния	Инст-румент	Опера-тивное время $t_{оп}$, мин
1	2	3	4	5	6
1.	Установить корпус коробки передач поз.1 на установочные приспособления конвейера	Кран-балка $Q = 50$ кН	Грузоза-хватное	Монти-ровка	2,4
2.	Запрессовать подшипник сб. поз. 1 в корпус коробки передач поз.1	Пресс-скоба $Q = 10$ кН	Устано-вочное	Оправ-ка цен-трирую-щая	0,65

Сборочная операция должна выполняться на одном рабочем месте и представлять законченный этап сборки. Одним из признаков законченности этапа является то, что выполненная сборка не нарушается при изменении положения собираемого объекта или его транспортировке.

Различные варианты операций оценивают по производительности и себестоимости, сохраняя в основе технико-экономический принцип проектирования. Основные направления повышения производительности: устранение или сокращение пригоночных работ, рациональное построение технологического процесса сборки, его механизация и автоматизация.

В описании технологического процесса сборки указывают методы межоперационного контроля качества сборки, что особенно важно для тех операций, в которых обеспечивается выполнение специфических технологических требований, предъявляемых к сборочной единице (например, требования по геометрической или кинематической точности и др.). Методы контроля иллюстрируются эскизами. Процесс сборки также иллюстрируется эскизами, поясняющими последовательность сборки. Эскизы контрольных и сборочных опе-

раций включаются в записку, а наиболее характерные могут вноситься на листы чертежей (по согласованию с консультантом).

Разработанный технологический процесс сборки оформляется в технологических картах сборки. Если в пояснительной записке подробно показано расчленение процесса сборки на операции, переходы, приемы, на них указаны нормы времени, то в картах дается только укрупненный перечень операций с заполнением всех граф и с указанием норм времени на каждую операцию.

В расчетно-пояснительной записке проводятся технологические расчеты выполнения 2...3-х разнородных соединений (определение усилия запрессовки, температуры нагрева или охлаждения деталей при сборке с тепловым воздействием, усилия клепки, осевого усилия и момента при развальцовке и др.), на базе которых выбирается необходимое сборочное оборудование и проектируется соответствующая технологическая оснастка.

11. Нормирование сборочных работ и определение общей трудоемкости сборки сборочной единицы

Нормирование сборочных переходов и операций следует производить по общемашиностроительным нормативам времени на слесарно-сборочные работы для соответствующего типа производства [5].

Нормативы времени на слесарно-сборочные работы содержат нормы основного технологического и вспомогательного времени выполнения наиболее распространенных сборочных переходов.

Технологические нормы времени в условиях массового и крупносерийного производства устанавливаются расчетно-аналитическим методом.

При массовом производстве норма штучного времени на выполнение одной операции сборочной единицы определяется по формуле:

$$T_{шт} = t_0 + t_в + t_{об} + t_{пер}, \quad (7)$$

где t_0 – основное технологическое время в мин;

$t_в$ – вспомогательное время в мин;

$t_{об}$ – время обслуживания рабочего места в мин;

$t_{пер}$ – время перерывов на отдых и физические потребности рабочего в мин.

Время обслуживания рабочего места устанавливается в зависимости от вида сборочных работ в пределах 2...6 % от оперативного времени, представляющего собой сумму основного технологического и вспомогательного времени.

Время для перерывов на отдых и физические потребности рабочего устанавливаются в пределах 4...6 % оперативного времени. При конвейерной сборке рекомендуется устанавливать перерыв на 10 мин через каждые 1 час 40 минут работы.

Расчетная формула штучного времени на выполнение сборочной операции в массовом производстве имеет вид:

$$T_{шт} = (t_0 + t_э) \cdot \left(1 + \frac{\beta + \gamma}{100}\right), \quad (8)$$

где β и γ – процент от оперативного времени, соответствующий времени на обслуживание рабочего места и времени на отдых и физические потребности рабочего.

Общее время на сборку сборочной единицы равно:

$$T_{сб} = \sum_{i=1}^{i=n} T_{шт}, \quad (9)$$

где n – число сборочных операций.

При серийном производстве дополнительно определяется подготовительно-заключительное время $T_{п.з}$ на партию сборочных единиц и штучно-калькуляционное время $T_{шт.к}$:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{q}, \quad (10)$$

где q – количество сборочных единиц в партии.

Суммарная трудоемкость сборки сборочной единицы дает возможность определить количество необходимых рабочих мест или позиций, коэффициент трудоемкости сборочного процесса и другие технико-экономические показатели спроектированного технологического процесса.

12. Обоснование организационной формы сборки

Организационная форма сборки определяется:

- 1) выбранным технологическим методом сборки (сборка по принципу полной, частичной, групповой взаимозаменяемости, сборка с регулировкой и пригонкой);
- 2) типом производства;
- 3) трудоемкостью процесса;
- 4) размерами сборочной единицы и другими факторами.

В зависимости от этих факторов выбирается один из двух видов поточной сборки: стационарная (неподвижная) или подвижная. Стационарная сборка может осуществляться либо последовательно, либо параллельно. В последнем случае весь объем сборочных работ расчленяется по составным частям сборочных единиц, собираемым параллельно на разных рабочих местах, с последующей сборкой из составных частей всей сборочной единицы.

При поточной подвижной сборке устанавливается способ перемещения объекта от одного рабочего места к другому. При поточной подвижной сборке перемещение объекта осуществляется:

- 1) вручную (по верстаку, наклонному лотку-рольгангу, на тележках);
- 2) с помощью механических транспортирующих устройств. В этом случае транспортирующие устройства (распределительный конвейер) предназначены для межоперационного перемещения собираемых возле них объектов;
- 3) на конвейере с периодическим перемещением (пластинчатый конвейер, шаговый конвейер, тележки, ведомые по рельсовому пути замкнутой цепью). В этом случае сборку производят на конвейере в периоды его остановки на непрерывно движущемся конвейере, перемещающем собираемое изделие со скоростью, обеспечивающей возможность выполнения сборочных операций.

Поточную сборку при неподвижном объекте осуществляют на расположенных в линию неподвижных стендах. Каждый рабочий (бригада рабочих) выполняет операцию, переходя последовательно от одного стенда к другому.

13. Проектирование специального приспособления для сборки или испытания сборочной единицы

Для заданной операции разработанного технологического процесса студент-дипломник проектирует специальное приспособление для сборки или испытания сборочной единицы. Приспособления могут быть следующего типа: сборочные рабочие, сборочные контрольные, испытательные стенды, устройства для уравнивания деталей сборочных единиц, устройства для мойки, краски, сушки, для механической обработки после сборки, контрольные, для ремонтных работ, для автоматизации производственных процессов, в том числе роботы и манипуляторы, а также механизированный слесарно-сборочный инструмент.

Конструкция приспособления должна являться результатом самостоятельной творческой работы студента-дипломника. Не допускается, в частности, перечерчивание конструкций приспособлений, имеющихся на предприятиях.

Приступая к проектированию приспособления, необходимо ознакомиться с типовыми конструкциями приспособлений подобного назначения по литературе и нормам.

В расчетно-пояснительную записку должны войти: описание работы, принцип работы и необходимые точностные, кинематические, силовые и прочностные расчеты и обоснование выбранной конструкции приспособления, в том числе:

- 1) Обоснование выбора схемы базирования и закрепления базовой детали.
- 2) Расчет усилий и параметров силовых узлов приспособления.
- 3) Расчеты и обоснования конструктивных параметров приспособления.

Спроектированная технологическая оснастка выполняется в виде сборочных чертежей по ГОСТ 2.109-80.

На чертеже приспособления должны быть нанесены синим карандашом контуры сборочной единицы. Места выполняемых сопряжений соединяемых элементов сборочной единицы должны быть выделены красным карандашом. На чертеже необходимо показать элементы присоединения приспособления к стенду, конвейеру, выверочные базы, элементы примыкающих загрузочных и транспортных устройств.

На общем виде приспособления проставляются габаритные, присоединительные размеры (диаметры и длины концов штоков, к которым прикрепляются узлы, не показанные на чертеже), монтажные и другие размеры, приводятся технические условия на изготовление приспособлений, в которых содержатся сведения о зазорах, натягах и другие требования; помещается техническая характеристика приспособления, в которой указывают основные его параметры (усилие запрессовки, давление, силу закрепления, скорость и др.). Для контрольных приспособлений указываются контролируемые параметры.

14. Выводы и заключение по разделу

Эта часть расчетно-пояснительной записки должна содержать основные технико-экономические показатели разработанного технологического процесса (годовая программа выпуска, действительный годовой фонд рабочего времени оборудования и рабочего, общая трудоемкость сборочного процесса, технологическая себестоимость сборки, средний коэффициент загрузки рабочих мест, коэффициент трудоемкости сборочного процесса и др.) и соответствующие выводы.

Заключение должно содержать оценку результатов работы, в частности, с точки зрения их соответствия требованиям задания.

15. Общие требования к выполнению чертежей технологической части дипломного проекта

Все чертежи технологической части дипломного проекта выполняются в полном соответствии с ЕСКД.

Объем и содержание чертежей технологической части дипломного проекта согласовываются с консультантом.

Эскизы контрольных и сборочных операций выполняются с конструктивным изображением установочных и зажимных элементов приспособления и элементов примыкающих загрузочных и транспортных устройств.

Чертеж приспособления выполняется, по возможности, в масштабе 1:1, в достаточном количестве проекций, с дополнительными видами и сечениями, необходимыми для полного уяснения работы конструкции. Составляется спецификация сборочных единиц и деталей, входящих в технологическую оснастку.

16. Организация технологической части дипломного проектирования и руководство ею

В основу технологической части дипломного проекта принимается один из сборочных чертежей сборочной единицы (узла), разработанной в процессе выполнения конструкторской части проекта. Выбор сборочной единицы (узла) производится по согласованию с консультантом по технологической части. Все экономические расчеты ведутся под руководством консультанта по экономической части проекта. Консультант по экономической части дипломного проекта назначается кафедрой «Автомобили и тракторы».

17. Сроки выполнения технологической части дипломного проекта

Технологическая часть дипломного проекта оформляется после окончания конструкторской части проекта. Начало выполнения данной части дипломного

проекта определяется отдельным графиком после проектирования сборочной единицы, подлежащей технологической проработке.

18. Библиографический список

1. Зюзин, А.А. Проектирование технологических процессов сборки в 2-х частях [Текст]/ А.А. Зюзин, А.М. Козлов. – Липецк, 1999. – 241 с.
2. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения [Текст]: учебник для студентов машиностроит. спец. вузов/ А. Н. Ковшов. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.
3. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений [Текст]/ В. С. Корсаков – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
4. Мосталыгин, Г.П. Технология машиностроения [Текст]/ Г.П Мосталыгин, Н.Н Толмачевский. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные и слесарные работы по сборке машин. Массовое и крупносерийное производство [Текст]. – М.: Машиностроение, 1978.
6. Прогрессивные технологические процессы в автостроении. Механическая обработка, сборка [Текст]/ под ред. С.М. Степашкина. – М.: Машиностроение, 1980. – 320 с.
7. Проектирование технологии [Текст]/ под ред. Ю. М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: В 2-х т.: Т.1./ под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 694 с.
9. Технология автотракторостроения [Текст]/ Ф.В. Гурин [и др.] – М.: Машиностроение, 1981. – 344 с.
10. Технология машиностроения [Текст]: В 2-х т.: Т.1. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов/ В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский [и др.]; под ред. А.М. Дальского. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 564 с.

11. Технология машиностроения[Текст]: В 2-х т.: Т.2. Производство машин: учебник для вузов/ В.М. Бурцев, А.С. Васильев, О.Т. Деев и [др.]; под ред. Г.Н. Мельникова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 640 с.
12. Общие правила обеспечения технологичности конструкций изделия. [Текст]: ГОСТ 14201-83.– Взамен ГОСТ 14201-73; введен с 1.01.84.
13. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения. [Текст]: ГОСТ 3.1107-81 – Взамен ГОСТ 3.1107-73; введен с 1.07.82.
14. Основные требования к чертежам. [Текст]: ГОСТ 2.109-80 – Взамен ГОСТ 2.109-73; введен с 1.01.81.

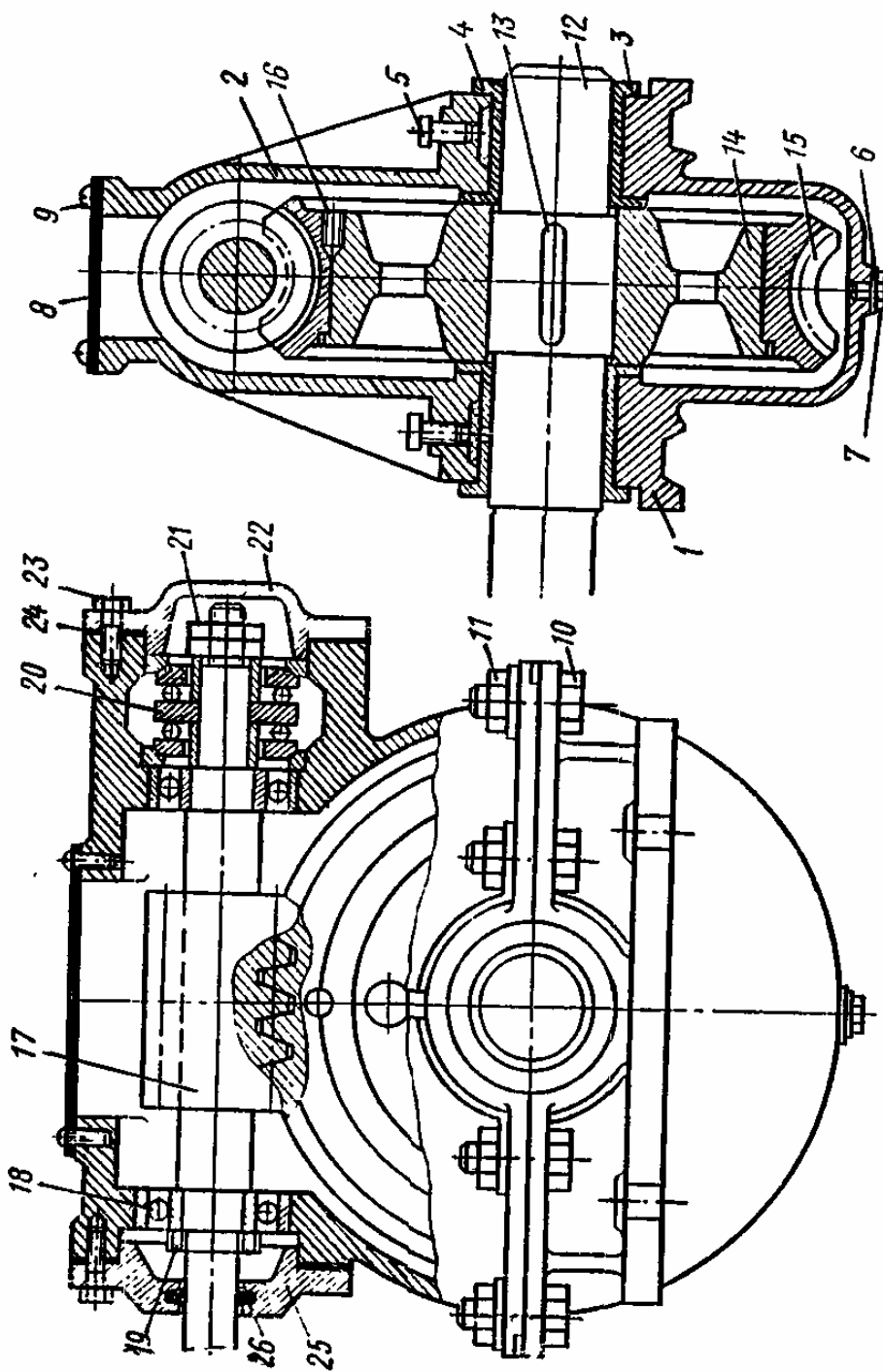


Рис. 1. Червячный редуктор

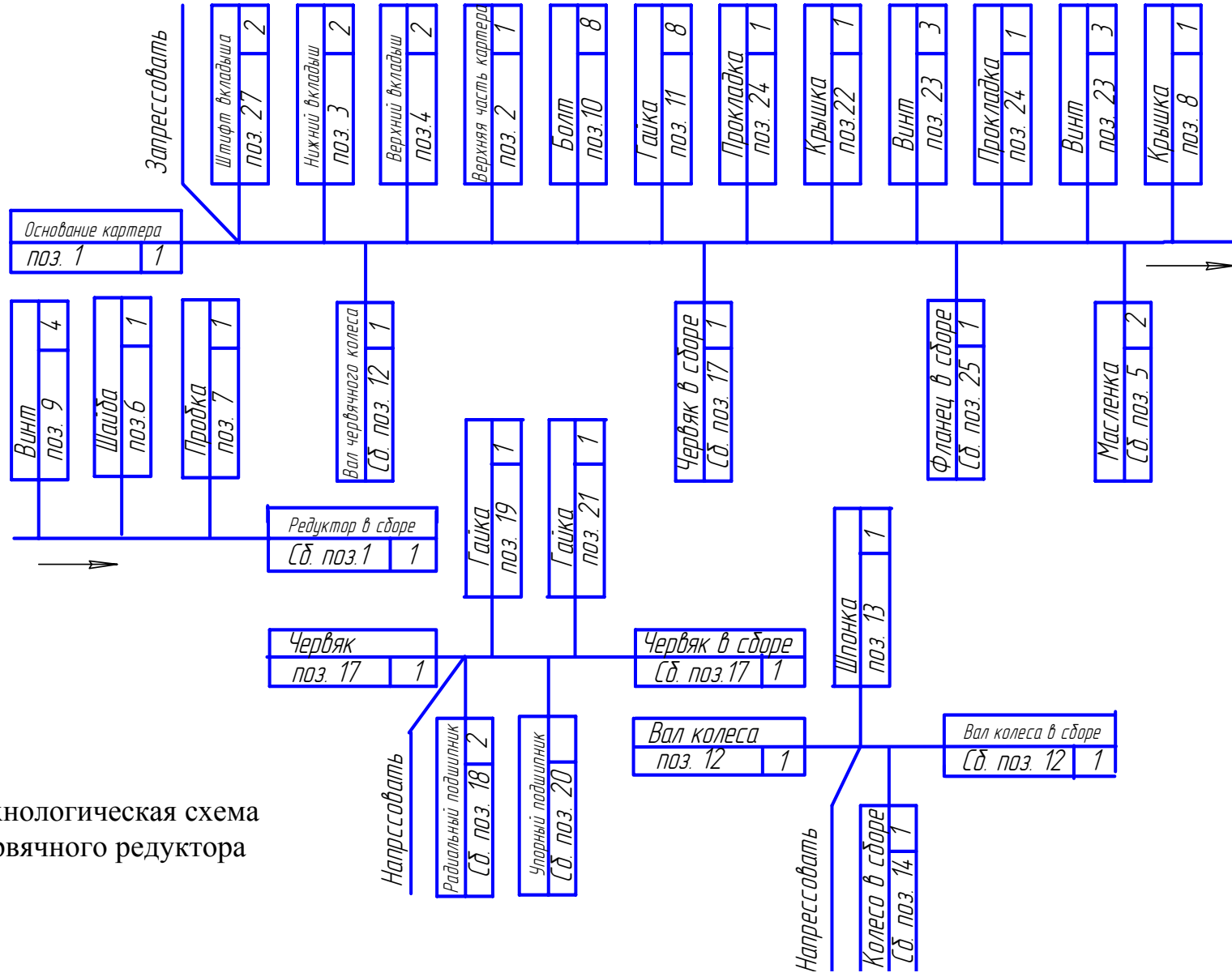


Рис. 2. Технологическая схема сборки червячного редуктора

Показатели технологичности конструкции изделия

Классификация показателей	Показатель	Расчетная формула	Примечание
1	2	3	4
Основные	Трудоемкость изготовления деталей T_u	$T_u = \sum T_{ie} + \sum T_{iД} + \sum T_{сб} + \sum T_{исп}$	$\sum T_{ie}$ – трудоемкость изготовления сборочных единиц; $\sum T_{iД}$ – трудоемкость изготовления деталей, не вошедших в сборочные единицы; $\sum T_{сб}$ – трудоемкость сборки изделия; $\sum T_{исп}$ – трудоемкость испытаний
	Уровень технологичности по трудоемкости изготовления $K_{y.m.u}$	$K_{y.m.u} = \frac{T_u}{T_{u.б}}$	$T_{u.б}$ – базовый (завоской) показатель трудоемкости изделия
	Технологическая себестоимость изделия $C_{m.u}$, руб.	$C_{m.u} = C_m + C_з + C_{ц.p}$	C_m – стоимость материалов, затраченных на изготовление изделия; $C_з$ – заработанная плата производственных рабочих; $C_{ц.p}$ – цеховые накладные расходы
	Уровень технологичности по себестоимости изготовления $K_{y.c.u}$	$K_{y.c.u} = \frac{C_{m.u}}{C_{б.m.u}}$	$C_{б.m.u}$ – базовый показатель технологической себестоимости изделия

1	2	3	4
Дополнительные	Удельная трудоемкость изготовления изделия, t_u	$t_u = \frac{T_u}{P}$	P – основной технический параметр изделия (мощность, производительность, точность, скорость и т. д.)
	Удельная технологическая себестоимость изготовления изделия, $C_{y.m.u.}$	$C_{y.m.u.} = \frac{C_{m.u.}}{P}$	
	Коэффициент сборности конструкции, $K_{сб}$	$K_{сб} = \frac{E}{E + Д}$	E – общее количество сборочных единиц; $Д$ – общее количество деталей, не вошедших в состав сборочных единиц
	Коэффициент повторяемости, $K_{пов}$	$K_{пов} = 1 - \frac{E_n + Д_n}{E + Д}$	E_n – количество наименований сборочных единиц; $Д_n$ – количество наименований деталей, не вошедших в состав сборочных единиц
	Коэффициент стандартизации, $K_{см}$	$K_{см} = \frac{E_{см} + Д_{см}}{E + Д}$	$E_{см}$ – количество стандартных, нормализованных и унифицированных сборочных единиц в изделии; $Д_{см}$ – количество стандартных, нормализованных и унифицированных, не вошедших в состав сборочных единиц (крепежные детали не учитываются)

1	2	3	4
	Коэффициент конструктивной преимущества, K_n	$K_n = \frac{E_3 + D_3}{E + D}$	E_3 – количество сборочных единиц, заимствованных из предшествующих конструкций; D_3 – количество деталей, не вошедших в состав сборочных единиц, заимствованных из предшествующих конструкций изделия
	Удельная материалоемкость изделия, $K_{у.м.и}$	$K_{у.м.и} = \frac{M}{P}$	M – масса изделия, кг
	Коэффициент использования материала изделия, $K_{и.м.и}$	$K_{и.м.и} = \frac{M}{M_m}$	M_m – масса материала, расходуемого на изготовление изделия
	Коэффициент применимости материала, $K_{п.м}$	$K_{п.м} = \frac{M_i}{M}$	M_i – суммарная масса данного материала в изделии
	Коэффициент эффективности взаимозаменяемости, $K_{в.з}$	$K_{в.з} = 1 - \frac{T_{np} + T_{н.с} + T_{м.о}}{T_{сб}}$	T_{np} – трудоемкость пригонных работ; $T_{н.с}$ – трудоемкость разборки повторной сборки; $T_{м.о}$ – трудоемкость механической обработки. Выполненной при сборке; $T_{с.б}$ – трудоемкость сборочных работ