

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»  
Кафедра сварочных, литейных и аддитивных технологий**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**к выполнению курсового проекта по дисциплине  
«Производство сварных конструкций»**



**Уфа 2022**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»  
Кафедра сварочных, литейных и аддитивных технологий

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

к выполнению курсового проекта по дисциплине  
«Производство сварных конструкций»

Учебное электронное издание сетевого доступа

© УГАТУ

Уфа 2022

Автор-составитель В. М. Бычков

Методические рекомендации к выполнению курсового проекта по дисциплине «Производство сварных конструкций» [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т ; [авт.-сост. : В. М. Бычков]. – Уфа : УГАТУ, 2022. – URL: [https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El\\_izd/2022-137.pdf](https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2022-137.pdf)

Рассмотрены основные вопросы проектирования новых вариантов технологического процесса изготовления сварной конструкции на машиностроительном предприятии с рациональным выбором технологии, оборудования и с оценкой экономической эффективности вариантов.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 15.03.01 Машиностроение по профилю «Оборудование и технология сварочного производства».

Рецензент канд. техн. наук, доцент Р. В. Никифоров

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat – текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор;

Автор-составитель *Бычков Владимир Михайлович*

Компьютерная верстка *Р. М. Мухамадиева*

Программирование и компьютерный дизайн *О. М. Толкачёва*

*Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.*

Подписано к использованию: 28.06.2022

Объем: 0,8 Мб.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

450008, Уфа, ул. К. Маркса, 12.

Тел.: +7-908-35-05-007

e-mail: rik@ugatu.su

## **ВВЕДЕНИЕ**

По дисциплине «Производство сварных конструкций» учебной программой предусмотрено выполнение студентами курсового проекта после изучения ряда специальных дисциплин.

Тема индивидуального задания на проект выдается студенту в начале производственной практики вместе с перечнем материалов по заданной теме, которые необходимо собрать и изучить во время практики. В качестве объектов курсового проектирования, как правило, выбираются сварные конструкции, но допускаются и конструкции с паяными соединениями, наплавкой или напылением поверхностей (далее «изделия»), изготавливаемые на машиностроительном предприятии.

## 1. ТЕМАТИКА И ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Задание на курсовой проект должно отражать производство реальных изделий, изготавливаемых на базовом предприятии с использованием сварки, наплавки, пайки, напыления и соответствовать его наименованию – «Разработка проектных вариантов технологического процесса изготовления изделия и технико-экономическое обоснование предлагаемого варианта».

Например:

– разработка проектных вариантов технологического процесса изготовления сварного корпуса камеры сгорания и технико-экономическое обоснование предлагаемого варианта;

– разработка проектных вариантов технологического процесса изготовления сварного корпуса подшипника с износостойкой наплавкой и технико-экономическое обоснование предлагаемого варианта;

– разработка проектных вариантов технологического процесса изготовления спрямляющего аппарата с применением сварки и пайки и технико-экономическое обоснование предлагаемого варианта;

– разработка проектных вариантов технологического процесса изготовления сварной створки сопла с применением плазменного напыления и технико-экономическое обоснование предлагаемого варианта.

Цель курсового проекта: выработка у студентов умения технически грамотно и экономически эффективно разрабатывать усовершенствованные варианты технологического процесса сварочного производства.

Задачами курсового проекта являются: определение перечня возможных способов сварки изделия и выбор проектных вариантов сварки, выбор сварочных материалов и режимов сварки, выбор основного и вспомогательного оборудования, экономическое сравнение вариантов технологического процесса, оформление технологической документации лучшего проектного варианта.

Проект тематически взаимосвязан с предшествующим проектом по разработке технологического оснащения.

Одной из вспомогательных задач проекта является углубление умения проводить информационный поиск в сети Интернет, в реферативном журнале «Сварка» и других книжных и журнальных фондах библиотеки УГАТУ для обоснования своих проектных решений.

## 2. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект, представляемый на защиту, должен содержать чертеж изделия и чертеж рабочего места в формате А3 или А2, плакат технического сравнения вариантов технологического процесса формата А3, плакат с итоговой таблицей экономического сравнения вариантов формата А3, расчетно-пояснительную записку формата А4.

Оформление чертежей, плакатов и пояснительной записки должно отвечать требованиям СТО УГАТУ 016-2007.

Методические указания по выполнению пояснительной записки и плакатов приведены ниже.

Пояснительная записка должна иметь следующие составляющие:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект;
- содержание;
- основную часть;
- список литературы;
- приложения.

Основная часть пояснительной записки должна содержать следующие разделы с ориентировочным объемом:

- введение – 1 стр.;
- описание изделия и требований к нему, оценка свариваемости материала изделия – 2–4 стр.;
- описание технологии изготовления изделия, принятой как вариант базовой технологии – 4–6 стр.;
- определение перечня возможных способов сварки изделия и выбор проектных вариантов сварки – 3–5 стр.;
- определение и выбор сварочных материалов и режимов сварки для проектных вариантов техпроцесса изготовления изделия – 4–6 стр.;
- определение и выбор основного и вспомогательного оборудования для проектных вариантов техпроцесса изготовления изделия – 5–7 стр.;
- определение методов и средств контроля свойств сварных соединений для проектных вариантов техпроцесса изготовления изделия – 2–3 стр.;
- определение затрат средств по базовому и проектным вариантам и выбор экономически более эффективного варианта – 4–6 стр.;
- описание технологии лучшего проектного варианта – 1–2 стр.;
- заключение – 1 стр.

Приложения оформляются как продолжение пояснительной записки. Приложения должны включать спецификацию на чертеж изделия и чертеж рабочего места изготовления изделия с выбранным в проекте оборудованием, полную распечатку экономического расчета вариантов технологического процесса, маршрутную и операционные технологические карты наиболее экономичного проектного варианта.

Плакаты выполняются по форме, приведенной в приложениях 1 и 2. Плакат сравнения технологических вариантов формата А3 должен обязательно содержать для базового и двух проектных вариантов наименование сравниваемых операций, марку материала изделия, вид сварного соединения, полное наименование способа сварки (наплавки, пайки, напыления), параметры режима процесса, основное и вспомогательное оборудование, технологическое оснащение, сварочные материалы.

## **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОЕКТА**

### **3.1. Введение**

Введение должно содержать задачи проектирования с привязкой их к изделию, а также возможные направления решения этих задач. Такими направлениями могут быть:

- исключение трудоемких ручных операций или сокращение их трудоемкости путем перехода на полуавтоматические или автоматические способы получения неразъемных соединений;
- применение более производительных способов сварки или способов с меньшим потреблением сварочных материалов;
- применение оборудования с меньшей стоимостью и/или с более высоким КПД и меньшими затратами на эксплуатацию по другим статьям;
- применение более быстродействующих приспособлений на сборочно-сварочной операции;
- оптимизация производственных затрат путем многовариантной проработки технологического процесса и экономического сравнения вариантов.

### **3.2. Описание изделия и требований к нему, оценка свариваемости материала изделия**

Описание изделия в пояснительной записке должно содержать перечень его составных частей со ссылками на чертеж изделия или его эскиз, представляемый в пояснительной записке. Основные элементы конструкции на чертеже изделия и эскизе должны иметь номера позиции, а в тексте пояснительной записки и спецификации чертежа изделия должны быть указаны их названия со ссылкой на номер позиции. Чертеж изделия выполняется на основе чертежа изделия предприятия базы практики, но с расшифровкой требований ОСТов и нормативных материалов предприятия на которые есть ссылки на чертеже изделия. Чертеж изделия и рабочего места выполняется в соответствии с требованиями СТО УГАТУ-016-2007.

В описании изготавливаемой конструкции указывается ее назначение, самостоятельное или в составе содержащего ее изделия. Обязательно указываются условия работы конструкции: область практического использования, рабочая среда, температурный режим

работы, требования к неразъемным соединениям (если они указаны на чертеже изделия), характер силовых нагрузок и т. п. Программа годового выпуска изделия назначается по согласованию с консультантом проекта, ориентируясь на действующее производство или на программу его перспективного развития.

Для заданной марки материала изделия на основе литературных данных определяется группа материала, к которой он относится в соответствии с его основой [15–19]. В сварных конструкциях основными группами являются: низкоуглеродистые, низколегированные или легированные стали, алюминиевые сплавы, титановые сплавы, сплавы с особыми физико-химическими свойствами – коррозионно-стойкие, жаростойкие и др.

Для установленной группы материалов с учетом требований к механическим свойствам определяется класс материала изделия: деформируемый, термически упрочняемый или не упрочняемый, литейный сплав и т. п.

Для группы и класса материалов, к которым относится материал изделия, по литературным данным [1–5, 7, 8, 11, 15–19, 30] оценивается его свариваемость рекомендуемыми способами сварки, которая, как правило, для сварных конструкций определяется как хорошая или удовлетворительная. В последнем случае в литературе рекомендуются дополнительные технологические операции для обеспечения надежности сварных соединений с учетом геометрии и назначения свариваемой конструкции.

Под свариваемостью понимается способность материала к образованию при данном технологическом процессе соединений с требуемыми свойствами. Кроме свойств основного материала, свариваемость определяется способом и режимом сварки, составом и свойствами присадочного материала, флюса, покрытия электродов или защитной атмосферы, конструктивными особенностями изделия.

Для материалов с удовлетворительной свариваемостью указываются технологические приемы получения качественных соединений, в частности рекомендуемые режимы термообработки.

### **3.3. Описание технологии изготовления изделия, принятой как вариант базовой технологии**

Способ сварки, применяемый на базе производственной практики, принимается в курсовом проектировании как базовый вариант.

В пояснительной записке приводится перечень и трудоемкость операций маршрутной технологии изготовления изделия, применяемой на предприятии где проходила производственная практика и принимаемой в качестве базового варианта для сравнения с проектными вариантами.

Под технологической операцией понимается часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. В свою очередь операция состоит из переходов, которые представляют собой действия внутри операции.

Вариант базовой технологии должен начинаться с операции комплектации и заканчиваться операцией контроля изготовленного сварного изделия. При количестве операций в маршрутной технологии более двадцати по согласованию с консультантом допускается их уменьшение, но с обязательным оставлением той части, где содержатся подготовительные, сварочные, слесарные, термические и контрольные операции, заменяемые в проектных вариантах.

В последовательном описании применяемых в базовой технологии слесарных, сборочно-сварочных, сварочных, термических, контрольных операций необходимо указывать выполняемые в операции переходы, применяемые виды и марки основного и вспомогательного оборудования, технологическую оснастку и инструмент, используемые сварочные и вспомогательные материалы.

Комплектовочная операция предусматривает материальное обеспечение по технологической цепочке изготовления изделия комплектующими деталями, узлами, материалами и др.

Подготовка поверхностей под сварку, наплавку, напыление, пайку включает работы по очистке поверхностей от окисных, жидкостных и др. пленок, а также любых загрязнений с целью создания благоприятных условий для образования непрерывной межатомной связи между соединяемыми деталями в процессе образования неразъемных соединений. Она чаще всего выполняется в слесарной операции маршрутной технологии.

Сборка конструкции должна обеспечить выполнение заданных чертежом или технологией размеров и технических требований. Как правило, сборочная операция предусматривает фиксацию деталей для предотвращения смещения, как при межоперационной транспортировке, так и в процессе получения неразъемного соединения. Фиксация обеспечивается либо конструкцией технологической оснастки, либо с использованием так называемых технологических прихваток, выполняемых сваркой на сборочно-сварочной операции.

На сборочно-сварочные и сварочные операции приводятся рисунки подготовки кромок под сварку и получаемого сварного соединения с размерами, а также перечень и числовые значения всех технологических параметров из операционных карт базовой технологии.

В пояснительной записке в конце этого раздела указываются также и выбранные для экономического расчета фиксированные значения каждого параметра технологического процесса – обычно среднее значение параметра, что необходимо для однозначного расчета экономической эффективности базового варианта.

### **3.4. Описание перечня возможных способов сварки изделия и выбор проектных вариантов сварки**

При выборе проектного способа сварки необходимо провести анализ соответствия технических возможностей способов сварки для заданного материала и геометрии сварного соединения, на основании которого составить полный перечень технически возможных способов сварки плавлением и давлением [20, 21, 1–6, 11, 12].

Рекомендуется вначале составить список способов, которые могут быть применены для сварки заданного материала.

Для сварки плавлением в этом перечне рассматриваются все дуговые способы сварки, плазменная сварка, электрошлаковая сварка, лазерная и электронно-лучевая сварка. В перечень рассматриваемых способов при необходимости включаются также способы контактной сварки и, по согласованию с консультантом проекта специальные способы сварки, пайки и напыления [29, 30, 33–37]. В случае когда для формирования шва необходим присадочный материал, он обязательно указывается в перечне способов сварки заданного изделия как сварка с присадочным материалом.

При составлении перечня способов указываются возможные уровни механизации каждого способа сварки – ручная, механизированная, автоматическая, в том числе и роботизированная.

Для способов механизированной и автоматической сварки плавящимся электродом возможны три разновидности процесса – с электродной проволокой сплошного сечения, с порошковой самозащитной проволокой и порошковой проволокой с газовой защитой.

Из составленного в пояснительной записке перечня затем последовательно исключаются способы, не обеспечивающие сварку заданного сварного соединения по пространственному положению, по толщине свариваемого металла, по виду сварного соединения с кратким указанием причин исключения для каждого способа со ссылками на источники информации в списке литературы.

Для оставшихся после исключения способов сварки в пояснительной записке кратко описываются преимущества и недостатки для каждого способа, и на их основе производится выбор двух проектных вариантов с обоснованием принятого решения.

При выборе способа сварки целесообразно учитывать возможность его механизации для заданного изделия, затраты на вспомогательные материалы, оценки трудоемкости выполнения сварочной операции и трудоемкости обработки изделия после сварки, оценки затрат на оборудование и его обслуживание, вероятность образования дефектов и требования к контролю сварных соединений.

Подраздел должен заканчиваться заключительным абзацем с указанием базового способа сварки и двух выбранных проектных способов сварки.

### **3.5. Определение и выбор сварочных материалов и режимов сварки для проектных вариантов техпроцесса изготовления изделия**

В связи с тем, что в изделии уже задан вид сварного соединения и его геометрия, проектные варианты сварки должны обеспечивать сохранение этих требований чертежа изделия.

Если сварное соединение в проектных вариантах может быть выполнено в соответствии с ГОСТом на тот или иной выбранный способ сварки, то в пояснительной записке приводятся рисунки подготовки кромок под сварку и получаемого сварного соединения с размерами по ГОСТ [44–51].

Если сварное соединение в проектных вариантах выполняется способом, не имеющим ГОСТа на сварные соединения, тогда рисунки подготовки кромок под сварку и получаемого сварного соединения с размерами выполняются по имеющимся в литературе рекомендациям или по аналогии со сварными соединениями, на которые имеется ГОСТ.

Как правило, заданный материал изделия и способ сварки определяют возможные сварочные материалы: марки покрытых электродов, марки электродных или присадочных проволок, марки флюсов, марки неплавящихся электродов, состав защитных газов и т. п. Обоснование выбора сварочных материалов должно содержать ссылки на источники информации, приведенные в списке использованных источников в конце пояснительной записки [1–5, 7–10, 13, 26–34].

Для многопроходной сварки производится предварительный расчет проходов по требуемому сечению шва и рекомендуемому сечению наплавленного металла за один проход. При определении числа проходов следует иметь в виду, что поперечное сечение металла, наплавленного за один проход покрытым электродами, в большинстве случаев составляет 20–30 мм<sup>2</sup>, а при автоматической сварке под флюсом и плавящимся электродом в защитном газе 30–70 мм<sup>2</sup>. После выбора режимов сварки можно уточнить количество проходов и время сварки. В программе экономического сравнения вариантов для многопроходных швов необходимо указывать их суммарную длину на изделии.

Режим выполнения технологического процесса определяет совокупность всех значений регулируемых параметров, необходимых для его осуществления и достижения цели выполняемой операции. Вид и количество параметров определяются конкретным способом сварки. Например, при автоматической аргодуговой сварке плавящимся электродом к параметрам режима относят: скорость сварки, величину сварочного тока, падение напряжения на дуге, диаметр и скорость подачи электродной проволоки, расход защитного газа определенного состава, устанавливаемый вылет проволоки из токоподводящего наконечника и внутренний диаметр сопла горелки, расход газа на дополнительную защиту зоны сварки.

При выполнении курсового проекта для каждого из выбранных проектных способов сварки необходимо указать в пояснительной записке технологические рекомендации по сварке, рекомендуемые сварочные материалы и диапазоны изменения всех необходимых параметров режима с обязательной ссылкой в скобках на номер источника информации в списке литературы.

Данные о параметрах режима и применяемых материалах можно найти в справочниках и книгах [1–13, 27–37], в журналах по сварочному производству, в сети ИНТЕРНЕТ. При отсутствии в литературе режимов сварки плавлением для заданной марки материала режимы определяются по данным для материала такого же класса или материала с близкими теплофизическими свойствами, приведя их значения для сравнения. Например, при отсутствии рекомендаций по дуговой сварке стали 15ХСНД, можно использовать рекомендации для сварки стали 20 и т. п.

Данные о параметрах режима обязательно должны быть выбраны не менее чем из двух справочников или рекомендуемых книг для проверки соответствия и выбора наиболее подходящего сочетания. Эти данные приводятся в пояснительной записке в виде таблиц со ссылкой на источник информации.

В случае, когда справочных и опытных данных недостаточно для проектного решения, для приближенного определения соотношения скорости сварки, тока и напряжения на дуге при сварке плавлением можно использовать программу MathCad и расчетные схемы подвижных сосредоточенных источников нагрева. Результаты расчетов приводятся в тексте пояснительной записки и обязательно сопоставляются с требуемыми размерами сварного шва.

В пояснительной записке в конце этого раздела для каждого из двух проектных способов сварки указываются в табличной форме выбранные для экономического расчета фиксированные значения каждого параметра в пределах рекомендуемого диапазона – например, среднее значение параметра.

### **3.6. Определение и выбор основного и вспомогательного оборудования для проектных вариантов техпроцесса изготовления изделия**

К сварочному оборудованию относят основное технологическое оборудование, обеспечивающее процесс сварки и его регулирование: источники питания, сварочные головки, установки для дуговой и плазменной сварки с комплектующими сварочными горелками или плазматронами, установки для лазерной и электронно-лучевой сварки. Для механизации сварочного производства применяют вспомогательное оборудование: вращатели, кантователи, колонны и др. [1–6, 13, 14, 22–23, 26–30, 36].

Для каждого из проектных вариантов сварки определяются технически возможные марки основного и вспомогательного оборудования, обеспечивающего требуемые параметры процесса. Для каждого проектного варианта нужно вначале выбрать два-три варианта оборудования, обеспечивающего рекомендуемые диапазоны режима сварки, и привести в пояснительной записке их назначение и полные технические характеристики. Затем выбирается один комплект оборудования наиболее целесообразный по техническим характеристикам и указывается, почему он выбран.

Для выбора оборудования рекомендуется использовать данные сети Интернет, причем при описании оборудования должна использоваться информация не менее чем двух сайтов с условием, что численные значения характеристик оборудования совпадают. В противном случае необходимо проверить данные на других сайтах. Ссылки на адрес сайта Интернет, с которого выбрана информация об оборудовании, также приводятся в списке использованных источников.

При выборе оборудования нужно иметь в виду, что в условиях единичного и мелкосерийного производства экономически эффективным, как правило, будет универсальное оборудование, а в крупносерийном и массовом производстве – специализированное, если оно выпускается. Основными критериями при выборе оборудования являются: соответствие технических характеристик технологическим требованиям, К.П.Д. и  $\cos \varphi$ , пригодность для механизации, наличие систем автоматизированного управления, производительность, масса, занимаемая площадь, стоимость приобретения и обслуживания.

Оборудование выбирается из числа марок, выпускаемых в настоящее время в России (предпочтительно) или за рубежом. В пояснительной записке приводятся критерии выбора, на основании которых оцениваются технически пригодные для разрабатываемых операций марки оборудования. Далее приводятся назначение и полные технические характеристики выбранного оборудования.

Описание применяемых нестандартных сборочно-сварочных приспособлений или другого технологического оснащения приводится в описании выбранного варианта технологического процесса изготовления изделия.

### **3.7. Определение методов и средств контроля свойств сварных соединений для проектных вариантов техпроцесса изготовления изделия**

Определение методов и средств контроля свойств сварных соединений для проектных вариантов техпроцесса выполняют, ориентируясь на операционные карты контроля геометрических параметров изделия и неразрушающего контроля неразъемных соединений (сварки, наплавки, пайки, напыления) и на справочную литературу [1, 2].

В пояснительной записке должно быть приведено описание и обоснование возможного метода неразрушающего контроля соединений изготавливаемого изделия даже в том случае, когда такой контроль не предусмотрен базовой технологией. Если такой контроль предусмотрен базовой технологией, то обосновываются его преимущества перед другими методами неразрушающего контроля или в проектном варианте предлагается его замена с обоснованием получаемых преимуществ.

Для предлагаемых проектных вариантов указываются принятые методы неразрушающего контроля соединений, технические характеристики контрольного оборудования, марки применяемых при контроле материалов, а также описывается порядок проведения контроля. Если выбранные методы контроля для проектных вариантов одинаковы, то они описываются в пояснительной записке один раз.

### **3.8. Определение затрат средств по базовому варианту и проектным вариантам, выбор экономичного проектного варианта**

Экономическое сравнение вариантов технологического процесса наиболее целесообразно выполнять на этапе предварительной разработки проекта. В этом случае до начала этапа окончательной проработки, где производится детальная и достаточно трудоемкая разработка проектируемого производства, имеется возможность исключить экономически убыточные предложения и выбрать наиболее эффективный из рассматриваемых вариантов.

Проектирование варианта технологического процесса изготовления по чертежу узла с неразъемными соединениями предполагает выбор способов обработки и их последовательности, выбор уровня механизации и типов оборудования в зависимости от типа производства и сложности обрабатываемых изделий, ориентировочное определение режимов обработки, выбор типоразмеров и количества оборудования, а затем детальную разработку лучшего из рассмотренных вариантов.

Экономическая эффективность технологического процесса в большинстве случаев может быть повышена при увеличении количества рассмотренных технически рациональных проектных вариантов. В данном курсовом проекте сравнение базового варианта технологического процесса должно производиться с двумя новыми вариантами.

Сопоставимыми вариантами технологического процесса считают такие, которые обеспечивают изготовление изделия одинакового качества в одни и те же сроки при сходных условиях труда и его безопасности.

Сравнение экономической эффективности вариантов технологического процесса изготовления сварной конструкции проводится на основе расчета приведенных затрат (З) на годовую программу выпуска:

$$З = С + E_H \times K,$$

где С – себестоимость годовой программы выпуска изделия, руб.;

К – капитальные вложения, руб.;

$E_H$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Капитальные вложения включают стоимость производственных зданий или их частей, заготовительного, сварочного, контрольного оборудования, а также внутрицехового транспорта, сборочно-сварочных приспособлений, оснастки и производственного инвентаря со сроком службы более одного года.

В общем случае технологическая себестоимость включает следующие составляющие:

- затраты на основные материалы;
- затраты на покупные комплектующие изделия;
- затраты на основную и дополнительную заработную плату производственных рабочих;
- затраты на вспомогательные материалы;
- затраты на содержание и эксплуатацию оборудования;
- затраты на технологическую оснастку;
- затраты на технологическую энергию;
- затраты на освоение производства изделия.

При экономическом сопоставлении вариантов технических решений при одинаковой годовой программе выпуска, как правило, учитывают затраты только по тем элементам затрат, которые различаются по вариантам.

Величина годовой экономии определяется по формуле:

$$\Delta = C_1 - C_2 + E_H \times (K_1 - K_2),$$

Где  $\Delta$  – величина годовой экономии,

$C_1, C_2$  – годовая себестоимость производства годового объема выпуска изделия или его части в каждом из сравниваемых вариантов соответственно,

$E_H$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений,

$K_1, K_2$  – объем удельных капиталовложений на производство годового объема выпуска изделия по каждому из сравниваемых вариантов соответственно.

Для проектов с частичной модернизацией технологических процессов срок окупаемости в настоящее время, как правило, не должен превышать три года. Поэтому рекомендуется в расчете принимать коэффициент  $E_H = 0,33$ .

Наиболее экономичный проектный вариант признается лучшим.

В расчетах при сопоставлении проектного варианта с базовым, можно исключить затраты на освоение нового варианта техпроцесса, поскольку при модернизации одной-двух операций технологического процесса их доля в общих затратах обычно мала.

Для сокращения трудоемкости экономического сравнения вариантов технологических процессов сварки, наплавки и пайки на выпускающей кафедре разработана специализированная программа **Экономика2.xls** для компьютеризированных расчетов приведенных затрат по базовому и двум проектным вариантам.

При работе с программой **Экономика2.xls** нужно ознакомиться с инструкцией пользователя на ее первой странице.

Программа позволяет проводить сравнение изменений в операциях сварки или пайки, а также в комплексе операций изготовления изделия, включающих изменения в операциях механической обработки, термообработки и контроля. Комплексные проектные варианты с изменением операций сварки, а также операций до и после сварки могут давать повышенный экономический эффект.

При расчете трудоемкости сварочных работ рекомендуется применять разработанную на выпускающей кафедре специализированную в области сварки программу **Расчет трудоемкости.xls**.

В экономическом расчете рекомендуется максимально использовать данные о технологическом процессе, собранные во время производственной практики на базовом предприятии. Если этих данных недостаточно, необходимо использовать данные сети ИНТЕРНЕТ для приближенного определения затрат по стоимости наиболее распространенных видов материалов, оборудования и др. В сложных случаях оценку затрат возможно выполнить на основе рекомендаций консультанта проекта.

Расчет экономической эффективности решений рекомендуется провести сразу после выбора технически рациональных вариантов изготовления изделия для того, чтобы определить, даст он экономию средств или нет. Если вариант убыточный, необходимо проанализировать составляющие затрат и реальные возможности их сокращения. Если, тем не менее, экономии не удастся получить, вариант исключается из дальнейшей детальной проработки. Рассмотренные варианты (в том числе и убыточные) кратко описываются в обосновании разработки технологического процесса. Из представляемых на защиту проектных вариантов технологического процесса экономически эффективными должны быть оба или, как минимум, один проектный вариант.

В результате экономического расчета с помощью программы **Экономика2.xls** создается файл отчета, содержащий таблицу сравнения вариантов по укрупненным показателям с экономическим эффектом проектных вариантов. Следом за этой таблицей в отчете приводятся затраты на производство одного изделия по сравниваемым вариантам с детальной расшифровкой всех исходных данных и составляющих затрат на производство для всех сравниваемых вариантов.

Распечатка отчета об экономическом сравнении вариантов включается в пояснительную записку проекта как приложение. Таблица сравнения вариантов по укрупненным показателям с полученным экономическим эффектом оформляется в виде плаката, распечатывается на принтере в формате А3.

### **3.9. Описание технологии лучшего проектного варианта**

Для наиболее экономичного проектного варианта в пояснительной записке приводится последовательность операций маршрутной технологии с пояснением работ, выполняемых на слесарных, сборочно-сварочных, сварочных, термических, контрольных операциях, с указанием выполняемых в операции переходов, применяемых видов и марок основного и вспомогательного оборудования, технологической оснастки и инструмента, используемые сварочные и вспомогательные материалы. Оформление маршрутной и операционных карт наиболее экономичного проектного варианта выполняется по формам, приведенным в методических указаниях [38]. Эти карты размещаются в приложении пояснительной записки проекта.

В описании выбранного проектного варианта необходимо указать со ссылкой на чертеж общего вида рабочего места изготовления изделия порядок сборки деталей под сварку и настройки оборудования при выполнении сварки.

### **3.10. Заключение**

В заключении кратко приводятся описание недостатков базового технологического процесса изготовления изделия и достоинства разработанного проектного варианта более экономичного по сравнению с базовым вариантом. В заключении обязательно указывается, за счет чего получены технические и экономические преимущества лучшего из проектных вариантов.

## 4. ЗАЩИТА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Работа над курсовым проектом должна проходить в соответствии с графиком учебного процесса и с защитой в установленные сроки, в соответствии с положением о курсовом проектировании УГАТУ. Проект защищается студентом на открытом заседании комиссии в составе 2–3 преподавателей, включая консультанта проекта. График защиты проектов и состав комиссий публикуется не позднее, чем за неделю до начала защиты.

В процессе защиты студент должен сделать доклад по существу проекта в течение 3–5 минут и ответить на вопросы членов комиссии. Оценка курсового проекта определяется уровнем обоснованности принятых решений, полнотой описания разработки проектных вариантов, правильностью расчета экономичности вариантов, качеством оформления проекта, содержанием ответов на вопросы при защите проекта.

Студенты, не представившие проекты в срок или получившие неудовлетворительную оценку при защите, допускаются к повторной защите в сроки, установленные деканатом.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сварка. Резка. Контроль: справочник: в 2 т. / под ред. Н. П. Алешина, Г. Г. Чернышева. М.: Машиностроение. Т. 1. 2004. 624 с.
2. Сварка. Резка. Контроль: справочник: в 2 т. / под ред. Н. П. Алешина, Г. Г. Чернышева М.: Машиностроение. Т. 2. 2004. 480 с.
3. Сварка в машиностроении: справочник: в 4 т. М.: Машиностроение, 1978. Т. 1 / под ред. Н. А. Ольшанского. 1978. 501 с.
4. Сварка в машиностроении: справочник: в 4 т. М.: Машиностроение, 1978. Т. 2 / под ред. А. И. Акулова. 1978. 462 с.
5. Сварка в машиностроении: справочник: в 4 т. М.: Машиностроение, 1978. Т. 3 / под ред. В. А. Винокурова. 1979. 567 с.
6. Сварка в машиностроении: справочник: в 4 т. М.: Машиностроение, 1978. Т. 4 / под ред. Ю. Н. Зорина. 1979. 512 с.
7. Сварка и свариваемые материалы: справочник. Т.1 / под ред. Э. Л. Макарова. М.: Metallurgia, 1991. 526с.
8. Сварка и свариваемые материалы: справочник. Т. 2 / под ред. В. М. Ямпольского. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. 574 с.
9. Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие: в 2 т. Т.1. Защитные газы и сварочные флюсы. / под ред. Н. Н. Потапова. М.: Машиностроение, 1989. 544 с.
10. Сварочные материалы для дуговой сварки: справочное пособие: в 2 т. Т.2. Сварочные проволоки и электроды. / под ред. Н. Н. Потапова. М.: Машиностроение, 1993. 768 с.
11. Гуревич С. М. Справочник по сварке цветных металлов. Киев: Наукова Думка, 1981. 608 с.
12. Справочник по сварке, пайке, склейке и резке металлов и пластмасс / под ред. Ноймана, Рихтера; пер. с нем. А. А.Шарапова; под ред. В. Н. Волченко. М.: Metallurgia, 1980. 463 с.
13. Справочник по пайке. / под ред. И. Е. Петрунина. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2003. 480 с.
14. Термическая обработка в машиностроении: справочник. / под ред. Ю. И. Лахтина и А. Г. Рахштадта. М.: Машиностроение, 1980. 783 с.

15. Марочник сталей и сплавов / под ред. А. С. Зубченко. М.: Машиностроение, 2011. 782 с.
16. Масленков С. В., Масленкова Е. А. Стали и сплавы для высоких температур: справочник. Кн. 1. М.: Metallurgia, 1991. 381 с.
17. Масленков С. В., Масленкова Е. А. Стали и сплавы для высоких температур: справочник. Кн. 2. М.: Metallurgia, 1991. 830 с.
18. Строение и свойства авиационных материалов / под ред. А. Ф. Беловой, В. В. Николенко. М.: Metallurgia, 1989. 368 с.
19. Химушин Ф. Ф. Жаропрочные стали и сплавы. М.: Metallurgia, 1969. 749 с.
20. Терещенко В. И. Выбор и применение способов сварки при изготовлении конструкций. Киев: Наукова думка, 1987. 190 с.
21. Ресурсосберегающие технологии в сварочном производстве / под ред. С. К. Павлюка. Минск: Высшая школа, 1989. 439 с.
22. Куркин С. А., Николаев Г. А. Сварные конструкции: технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: учебник для вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». М.: Высшая школа, 1991. 397 с.
23. Куркин С. А., Ховов В. М., Рыбачук А. М. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций. Атлас. М.: Машиностроение, 1989. 328 с.
24. Груздев Б. Л. Технологическая подготовка сварочного производства в машиностроении: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 15.02.02 Оборудование и технология сварочного производства. Уфа: УГАТУ, 2008. 239 с.
25. Виноградов В. С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении. М.: Машиностроение, 1981. 224 с.
26. Технология сварки плавлением и термической резки металлов: учеб. пособие / В. А. Фролов и др. М.: Альфа-М: Инфра-М, 2011. 448 с.
27. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением. Ростов н/Д.: Феникс, 2009. 345 с.
28. Милютин В. С., Катаев Р. Ф. Источники питания и оборудование для электрической сварки. М.: Академия, 2013. 368 с.

29. Абабков Н. В., Пимонов М. В. Технология и оборудование контактной сварки: учеб. пособие. Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. 264 с.

30. Технология и оборудование контактной сварки / под общ. ред. Б. Д. Орлова. М.: Машиностроение, 1986. 351 с.

31. Груздев Б. Л. Свариваемость аустенитных жаропрочных сталей и сплавов: учеб. пособие для студентов направления подготовки бакалавров и магистров 15.03.01 «Машиностроение». Уфа: УГАТУ, 2014. 77 с.

32. Сварка разнородных металлов и сплавов / В. Р. Рябов и др. М.: Машиностроение, 1984. 239 с.

33. Квасницкий В. Ф. Сварка и пайка жаропрочных сплавов в судостроении. Л.: Судостроение, 1986. 221 с.

34. Гржимальский Л. Л., Ильевский И. И. Технология и оборудование пайки. М.: Машиностроение, 1979. 240 с.

35. Лившиц Л. С., Хакимов А. Н. Металловедение сварки и термическая обработка, сварных соединений. М.: Машиностроение, 1989. 333 с.

36. Сидоров А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М.: Машиностроение, 1987. 189 с.

37. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление; пер. с японск. В. Н. Попова; под ред. В. С. Степина, Н. Г. Шестеркина. М.: Машиностроение, 1985. 240 с.

38. Груздев Б. Л. Методические указания по оформлению технологической документации при курсовом и дипломном проектировании. Уфа: УГАТУ, 2012. 39 с.

39. ГОСТ 2.312-72 ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.

40. ГОСТ 2.313-82 ЕСКД. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений.

41. ГОСТ 2601-84. Сварка металлов. Основные понятия. Термины и определения.

42. ГОСТ 17325-79. Пайка. Термины и определения.

43. ГОСТ 11979-93. Сварка металлов. Обозначения основных положений сварки плавлением.

44. ГОСТ 5264-80. Швы сварных соединений. Ручная электродуговая сварка. Основные типы и конструктивные элементы.

45. ГОСТ 8713-79. Швы сварных соединений. Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом. Основные типы и конструктивные элементы.

46. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

47. ГОСТ 14806-80. Швы сварных соединений. Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов. Основные типы и конструктивные элементы.

48. ГОСТ 23518-79. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

49. ГОСТ 16037-80. Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

50. ГОСТ 15878-79. Сварные соединения, выполняемые контактной электросваркой. Основные типы и конструктивные элементы.

51. ГОСТ 19249-73. Соединения паяные. Основные типы и параметры.

52. ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная.

53. ГОСТ 7871-75. Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов.

54. ГОСТ 10157-79. Аргон газообразный и жидкий.

55. ГОСТ 8050-85. Двуокись углерода газообразная и жидкая.

56. ГОСТ 8505-80. Бензин для промышленно-технических целей. Технические требования.

57. ГОСТ 2768-84. Ацетон технический.

58. ГОСТ 3242-79. Швы сварных соединений. Методы контроля качества.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**Таблица сравнения технологических вариантов  
(ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ)**

Параметры	Варианты		
	Базовый	Проектный 1	Проектный 2
Операции	015.Сварка	015.Сварка	015.Сварка
Материал изделия	12Х1Н10Т	12Х1Н10Т	12Х1Н10Т
Вид сварного соединения	Стыковое – С4 по ГОСТ 14771-76, толщина кромок 1,4 мм	Стыковое – С4 по ГОСТ 14771-76, толщина кромок 1,4 мм	Стыковое – С4 по ГОСТ 14771-76, толщина кромок 1,4 мм
Способ сварки	Автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся электродом без присадки	Автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся электродом без присадки в импульсном режиме	Автоматическая плазменная сварка без присадки
Параметры режима сварки	$I_{св}=115-160(138)A$ $U_{св}=10-12(11)В$ $v_{св}=16-22(19) м/ч$ $q_{зо}= 5-9(7) л/мин$	$I_{св\ имп}=220-280(250)A$ $I_{св\ баз}= 20-40(30)A$ $t_{имп}= 0,15-0,45(0,3) с$ $t_{паузы}= 0,15-0,45(0,3) с$ $U_{св}=11-15(13)В$ $v_{св}=20-30(25) м/ч$ $q_{зо}=7-10(8,5) л/мин$	$I_{св}=220-280(280)A$ $U_{св}=23-28(28)В$ $v_{св}=45-60(60) м/ч$ $q_{по}=2-3(3) л/мин$ $q_{зо}=12-18(18) л/мин$
Оборудование: – источник питания; – установка специализированная с малогабаритным вращателем	ВСВУ-315 УСВ-1	Форсаж 315 АД УСВ-1	ВСВУ-315 УСВ-1
Технологическая оснастка	Приспособление со схемой прижатия деталей при сварке с помощью болтов. Горелка специальная	Приспособление со схемой прижатия деталей при сварке пневмоприводом. Горелка специальная	Приспособление со схемой прижатия деталей при сварке пневмоприводом. Плазматрон
Сварочные и расходные материалы	Аргон сорт 1 ГОСТ 10157-79 Электрод ВЛ-10 диаметром 2 мм	Аргон сорт 1 ГОСТ 10157-79 Электрод ВЛ-10 диаметром 2 мм	Аргон сорт 1 ГОСТ 10157-79 Электрод ВЛ-10 диаметром 2 мм Сменное сопло диаметром 3 мм

Примечание. В скобках значения параметров режима принятые в экономических расчетах.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**Таблица сравнения экономических вариантов  
(ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ)**

Показатель	Базовый	Проектный 1	Проектный 2
Себестоимость годовой программы выпуска 3000 штук, (руб.)	2038494	2017555	1996230
в том числе:			
1. Основные материалы	1918890	1918890	1918890
2. Вспомогательные материалы	1112	2657	2657
3. Содержание и эксплуатация оборудования	6455	5575	4107
4. Содержание и эксплуатация технологической оснастки	212	603	452
5. Электроэнергия для технологических целей	3150	2890	4918
6. Заработная плата	108675	86940	65205
Сумма стоимости капитальных вложений, (руб.)	146000	188895	186165
Нормат. коэф. вложений	0,33	0,33	0,33
Приведенные затраты на годовую программу выпуска, (руб.)	2086674	2079890	2057664
Годовой экономический эффект, (руб.)	–	6784	29010