

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Машины и автоматизация сварочного производства»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАЗДЕЛА  
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ВКР)  
«ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ СВАРНОЙ КОНСТРУКЦИИ»

Ростов-на-Дону  
ДГТУ  
2020

УДК 621.791

Составитель: А.Л. Черногоров

Методические указания для выполнения раздела выпускной квалификационной работы (ВКР) «Технологичность сварной конструкции» / Сост. А.Л. Черногоров; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2020. – 14 с.

Раскрыта суть понятия - технологичность изделия и приведено основное содержание работ при отработке сварной металлоконструкции на технологичность. Представлены количественные и качественные показатели технологичности сварных конструкций.

Предназначены для обучающихся направлений подготовки по программе бакалавриата 15.03.01 Машиностроение, профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

УДК 621.791

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Машины и автоматизация  
сварочного производства» канд. техн. наук, доцент Д.В. Рогозин

---

В печать 19.11.2019 г.

Формат 60×84/16. Объем 0,9 усл. п. л.

Тираж 50 экз. Заказ № 241

---

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный  
технический университет, 2020

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Вопросы, связанные с минимизацией затрат при изготовлении изделий, играют ключевую роль при организации производственного процесса. При этом наиболее важными среди них являются: снижение трудовых, материальных и энергетических затрат, сокращение сроков выпуска готовых изделий, улучшение условий труда. В области сварочного производства резервы поиска решения этих задач кроются в оптимальном проектировании металлоконструкций, разработки передовых сварочных технологий, применения хорошо свариваемых материалов, рациональной организации производства. Решение этих важных технических задач связано с понятием «Технологичность».

В соответствии с ГОСТ 14.205-83 [2]: **Технологичность конструкции изделия (технологичность)** - это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

В зависимости от области проявления различают производственную, эксплуатационную и ремонтную технологичность конструкции изделия (рис. 1).



Рис. 1. Виды технологичности

## 2. ОТРАБОТКА ИЗДЕЛИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

Достижение высоких показателей технологичности изделия осуществляется на основе взаимосвязанного решения конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт при сохранении необходимого качества изделия. Такая совокупность мероприятий называется **отработкой изделия на технологичность**.

Отработку изделия на технологичность, полученную в качестве задания к проекту, следует начинать с детального изучения исходных данных, определяющих вид изделия, объем выпуска и тип производства (рис. 2). Вид изделия определяет главные конструктивные и технологические признаки, обуславли-

вающие основные требования к технологичности конструкции. Объем выпуска и тип производства определяют степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов. Кроме этого, изучается перспективность данного изделия, степень его новизны, опыт данного предприятия и предприятий с аналогичным производством, возможность применения новых оригинальных технологий.

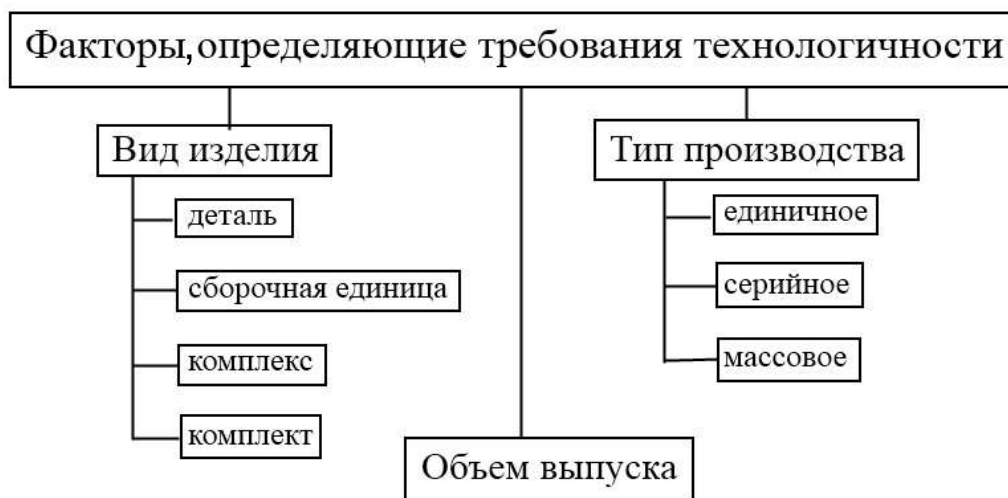


Рис. 2. Главные факторы, определяющие требования технологичности

С учетом этих данных выбираются критерии оценки технологичности конструкции, методы их расчета и сравнительной оценки с базовыми или нормативными показателями. По принятым критериям выявляются и оцениваются свойства конструкции изделия с позиции экономии затрат по ее выпуску, ремонту и эксплуатации, сокращению сроков выпуска, улучшению условий труда в процессе производства. Анализ подобного рода носит название - **анализ технологичности конструкции изделия**. Принятые при этом критерии оценки технологичности называются - **показателями технологичности**.

На основе проведенного анализа делается заключение о целесообразности выпуска рассматриваемого изделия данными технологическими приемами. Если полученный уровень технологичности удовлетворяет требованиям, предъявляемым к выпуску аналогичных изделий, изделие считается пригодным для запуска в производство. В противном случае изыскиваются дополнительные мероприятия с целью повышения технологических качеств конструкции. Обычно такие мероприятия связаны с изменением конструктивного оформления изделия, корректировкой технологии его изготовления.

При отработке изделия на технологичность следует руководствоваться следующими **принципами**:

- необходимо соблюдать технологическую преемственность, заключающуюся в максимальном использовании технологии и оснастки, применявшихся при изготовлении ранее выпускавшейся продукции. Применение этого принципа основано на типизации технологических процессов и элементов его оснащения;

- предусматривать возможность применения комплексной механизации и автоматизации производства, в том числе, в условиях малой серийности и частой смены изготавливаемых объектов. Данный принцип основывается на унификации и стандартизации элементов технологической оснастки, подборе оборудования (специального в условиях крупносерийного и массового производства и универсального при мелкосерийном производстве), применении агрегатирования;
- осуществлять разбивку металлоконструкции на сборочные единицы, обеспечивающую параллельную организацию работ по их изготовлению.
- увязывать технологичность отдельных элементов с технологичностью изделия в целом.

### 3. ВИДЫ ОЦЕНКИ И ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Оценка технологичности изделия предусматривает определение целого ряда показателей, характеризующих потенциальную возможность улучшения конструктивных, технологических и эксплуатационных свойств изделия. Классификация показателей технологичности представлена на рис. 3.



Рис. 3. Классификация показателей технологичности изделия

Оценки технологичности конструкции изделия может быть двух видов: качественной и количественной.

Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно на основе опыта исполнителя. Такая оценка допустима на всех стадиях проектирования, когда осуществляется выбор лучшего конструктивного решения и не требуется определения степени различия технологичности рассматриваемых вариантов. Качественная оценка при сравнении вариантов конструкции в процессе проектирования предшествует и определяет целесообразность количественной оценки. Обычно она проводится самим конструктором в процессе проектирования металлоконструкции.

Качественные оценки технологичности, как правило, не могут быть выражены точно числовыми значениями. В процессе проведения такой оценки оперируют понятиями: плохо, хорошо, лучше.

При проектировании сварных металлоконструкций пользуются следующими качественными показателями технологичности.

*Простота конструкции.* Оценивается количество сборочных единиц и деталей, входящих в изделие, подсчитывается количество сварных швов. Изделие считается технологичным, если на завершающей стадии его сборки и сварки оно состоит не более, чем 5...7 сборочных единиц и деталей. В свою очередь, каждая из сборочных единиц, входящих в готовое изделие, также должна состоять из небольшого числа элементов и т. д. В случае несоблюдения этого требования необходимо разработать иную компоновку изделия и разбивку его на сборочные единицы.

*Отсутствие необходимости (или необходимость) использования уникального специального оборудования для выполнения заготовительных операций.* Использование подобного рода оборудования требует значительных материальных затрат и может быть оправдано только в условиях массового производства, рассчитанного на длительную перспективу. В условиях серийного и единичного производства применение нестандартного оборудования для заготовительных операций нецелесообразно.

*Свариваемость материала конструкции.* Оценивается технологическая прочность в процессе кристаллизации металла шва (склонность к образованию горячих трещин) и в процессе фазовых и структурных превращений в твердом состоянии (склонность к холодным трещинам). При этом используются как расчетные методы, например, расчет эквивалентного содержания углерода  $C_{\text{ЭКВ}}$ , так и экспериментальные лабораторные испытания образцов сварных соединений. Если по результатам подобного рода исследований обнаруживается опасность возникновения в сварном соединении горячих или холодных трещин сварная конструкция признается нетехнологичной.

*Необходимость проведения дополнительных мероприятий в процессе сварки по повышению технологической прочности сварных соединений конструкции.* Если материал сварной конструкции относится к группе трудносвариваемых материалов или свариваемых ограниченно, разрабатывается ком-

плекс специальных мероприятий по предотвращению возникновения холодных и горячих трещин. Среди таких мер наиболее трудоемкими являются предварительный и сопутствующий подогрев. Введение их в технологический процесс снижают общий уровень технологичности изделия.

*Необходимость проведения послесварочной термообработки.* Оценивается структура фазового состава шва. По результатам подобного анализа и справочным данным с целью регулирования структуры металла сварных соединений принимается решение о необходимости проведения послесварочной термообработки изделия. С этих позиций наиболее технологичными следует считать изделия, позволяющие избежать подобной обработки.

*Удобство сборки.* Под удобством сборки понимается обеспечение возможности быстрой установки комплекта деталей и съем изделия с приспособления, удобная фиксация деталей относительно друг друга, возможность использования простых зажимов и фиксаторов, доступность мест выполнения прихваток, обеспечение наиболее выгодного порядка сборки и правильного порядка наложения сварных швов, возможность механизации и автоматизации процесса сборки и т.п.

*Сложность сборочно-сварочной оснастки.* С этих позиций конструкция изделия считается технологичной, если для ее сборки и сварки не требуется большое число кантовок; надежное и равномерное прижатие деталей может быть обеспечено малым количеством прижимов и фиксаторов; имеется возможность установки прижимов для фиксации нескольких деталей одновременно; число прихваток и швов, выполняемых в вертикальном положении, было как можно меньше; применяемая оснастка была бы проста в работе и ремонте.

*Протяженность и конфигурация сварных швов.* Этот показатель влияет на длительность выполнения процесса сварки, утомляемость и удобство выполнения сварных швов, возможность автоматизации и механизации процесса сварки. Изделие считается наименее технологичным, если оно содержит протяженные криволинейные сварные швы.

*Пространственная ориентация сварных швов и возможность сварки в нижнем положении.* Этот показатель, главным образом, влияет на качество сварного соединения; требуемую квалификацию рабочих-сварщиков; выбор способов и видов сварки, в том числе, механизированных и автоматизированных.

*Возможность механизации и автоматизации процесса сварки.* Наиболее легко поддаются механизации и автоматизации протяженные прямолинейные и кольцевые сварные швы. Короткие швы со сложной ориентацией могут быть выполнены сварочным роботом. Однако, применение последнего наиболее рационально в условиях массового и крупносерийного производства. Механизация и автоматизация процесса сварки имеет важное значение в повышении общего уровня технологичности изделия.

*Обзорность.* Доступность для наблюдения мест стыковки свариваемых деталей определяет удобство выполнения сварных швов, возможность кон-

троля качества сварки и, в целом, положительно влияет на технологичность изделия.

*Доступность мест сварки.* Данный показатель определяет возможность и удобство попадания сварочной головки в место стыка или электродов при контактной сварке, и т.п.

*Необходимость переналадки оборудования;* Подобная необходимость возникает при производстве изделий, имеющих сварные швы, выполняемые на разных режимах на одном рабочем месте. Потребность в переналадке оборудования снижает технологичность изделия и допускается только в условиях мелкосерийного и единичного производства.

*Возможность возникновения сварочных деформаций и их величина.* Остаточные сварочные деформации вызывают необходимость правки сварной конструкции и тем самым удорожают ее производство.

*Время сварки.* Значительное время сварки снижает производительность труда при производстве сварных конструкций. Наилучшие показатели технологичности при производительных быстротекущих процессах.

Качественная оценка технологичности, несмотря на ее кажущуюся простоту, позволяет сделать наиболее глубокий и полный анализ технологических свойств конструкции. Именно такой анализ зачастую является единственным возможным при принятии конкретных решений при конструировании отдельных сборочных единиц и деталей.

Качественная оценка обязательна для всех стадий технологической подготовки производства независимо от степени детализации изделия.

Количественная оценка технологичности конструкции выражается численными значениями системы показателей и характеризует степень удовлетворения требований к технологичности конструкции. Количественную оценку применяют для всего изделия в целом, либо для достаточно сложных сборочных единиц, состоящих из большого количества узлов и деталей.

Различают базовые (исходные) показатели технологичности и достигнутые при разработке изделия (см. рис. 3).

Состав базовых показателей технологичности, их оптимальные значения и предельные отклонения определяются для однотипных изделий отраслевыми стандартами и другими нормативными документами. При проектировании конструкции конкретного изделия оптимальные базовые показатели оговариваются в техническом задании на разработку изделия и подлежат обязательному исполнению. Базовые показатели являются абсолютными показателями.

Показатели технологичности конструкции, достигнутые при разработке изделия могут определяться как абсолютные, либо как показатели уровня технологичности. Показатели уровня технологичности конструкции (относительные показатели), представляют собой отношение значений показателей технологичности разрабатываемого изделия к соответству-



ющим значениям базовых показателей. Эти показатели должны вноситься в стандарты или технические условия на конкретное изделие.

Номенклатура количественных показателей технологичности устанавливается отраслевыми стандартами или стандартами предприятий.

Система количественных показателей, рекомендуемых в курсовых и дипломных проектах, включает в себя:

**Трудоемкость изготовления изделия** (общая трудоемкость) - суммарные затраты труда (в нормо-часах на конструкцию) для выполнения технологических процессов изготовления изделия -

$$T_{\text{и}} = \frac{T_{\text{под}}}{N} + T_{\text{и.эл}} + T_{\text{сб.св}} + T_{\text{отд}}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{под}}$  - затраты времени на конструкторскую и технологическую подготовку производства;

$T_{\text{и.эл}}$  - затраты времени на изготовление элементов, входящих в сварную конструкцию (на выполнение заготовительных работ, механическую и термическую обработку, кузнечно-штамповочные работы и т.д.);

$T_{\text{сб.св}}$  - затраты времени на сборочно-сварочные работы;

$T_{\text{отд}}$  - затраты времени на правку, окраску и другие отделочные работы;

$N$  - объем партии изделий.

Допускается выполнять упрощенный расчет по формуле:

$$T_{\text{и}} \approx T_{\text{сб.св}}, \quad (2)$$

где в качестве  $T_{\text{сб.св}}$  принимается оперативное время сборочно-сварочных операций -  $t_{\text{оп}}$  [ 3 ].

Если в процессе отработки изделия на технологичность вносимые изменения существенным образом влияют на величину  $T_{\text{и.эл}}$ , то расчет  $T_{\text{и}}$  осуществляется по формуле (2), параметр  $T_{\text{и.эл}}$  подлежит расчету как дополнительный показатель, но оценивается самостоятельно от  $T_{\text{и}}$ .

**Уровень технологичности по трудоемкости** характеризует сокращение (увеличение) трудоемкости в результате внедренных мероприятий

$$K_{\text{у.т}} = \frac{T_{\text{и}}}{T_{\text{би}}}, \quad (3)$$

где  $T_{\text{би}}$  - трудоемкость базового изделия (трудоемкость изделия, полученного в качестве задания к проекту, рассчитываемая по формуле (2) );

**Стоимость основного металла**, из которого изготавливается сварная конструкция -

$$C_{\text{м}} = \sum G_{\text{м.д}} \cdot q_{\text{ос.м}}, \quad (4)$$

где  $G_{\text{м.д}}$  - масса исходного металла (заготовки), необходимая для изготовления данной детали, входящей в сварную конструкцию;

$q_{ос.м}$  - стоимость исходного металла для изготовления деталей сварной конструкции.

**Стоимость сварочных материалов** (электродов, флюса, сварочной проволоки, защитного газа и т.п.)

$$C_{св.м} = \sum G_{св.м} \cdot q_{св.м}, \quad (5)$$

где  $G_{св.м}$  - расход данного сварочного материала (нормы расхода сварочных материалов [4];

$q_{св.м}$  - стоимость используемых сварочных материалов.

**Стоимость электрической энергии**, расходуемой в процессе изготовления изделия -

$$C_{эл} = \mathcal{E} \cdot q_{эл}, \quad (6)$$

где  $\mathcal{E}$  - расход электрической энергии [4];

$q_{эл}$  - стоимость электрической энергии.

**Технологическая себестоимость изделия** - часть себестоимости, определяемая суммой затрат на осуществление технологических процессов изготовления изделия -

$$C_T = C_M + C_{св.м} + C_{эл} + Z_{осн} + \frac{A + C_{рем}}{N}, \quad (7)$$

где  $A$  - амортизация оборудования;

$C_{рем}$  - стоимость ремонта;

$Z_{осн}$  - основная заработная плата производственных рабочих с доплатами к тарифу, определяемая по формуле:

$$Z_{осн} = \sum t_{раб} \cdot q \cdot \gamma_{доп}, \quad (8)$$

где  $t_{раб}$  - затраты времени на выполнение данной технологической операции;

$q$  - средняя часовая тарифная ставка рабочих;

$\gamma_{доп}$  - коэффициент, учитывающий доплаты к тарифу (допускается принимать  $\gamma_{доп} = 1.4$ ).

Допускается выполнять упрощенный расчет по формуле:

$$Z_{осн} = T_{и} \cdot q_T \cdot \gamma_{доп}. \quad (9)$$

**Уровень технологичности по себестоимости** - характеризует сокращение (увеличение) себестоимости изготовления сварной металлоконструкции в результате внедренных мероприятий -

$$K_{ус} = \frac{C_T}{C_{бт}}, \quad (10)$$

где  $C_{бт}$  - себестоимость базового изделия (себестоимость изделия, полученного в качестве задания к проекту, рассчитываемая по формуле (4));

**Удельная трудоемкость изготовления изделия** - отношение трудоемкости изготовления изделия к величине его полезного эффекта или к номинальному значению основного параметра -

$$t_T = \frac{T_{\text{и}}}{P}, \quad (11)$$

где **P** - нормативное значение основной технической характеристики изделия (мощность, грузоподъемность, объем, вес, прочность, производительность и т.д.). В общем случае рекомендуется в качестве **P** принимать чистый вес сварной конструкции **G<sub>ч</sub>**.

**Общий расход металла** (черная масса) - потребность основного металла с учетом отходов при изготовлении входящих деталей и окончательной обработки сварной металлоконструкции, а так же наплавляемого металла с учетом потерь на угар, разбрызгивание, огарки и т.п. -

$$G_{\text{об.р}} = \sum G_{\text{м.д}} + \sum G_{\text{пр}}, \quad (12)$$

где **G<sub>пр</sub>** - расход сварочной проволоки, электродов, металлических добавок во флюс и т.д.

**Коэффициент использования металла** -

$$K_{\text{и.м}} = \frac{G_{\text{с.к}}}{G_{\text{об.р}}}, \quad (13)$$

где **G<sub>с.к</sub>** - масса сварной конструкции, изготовленная на данном заводе (чистая масса).

**Удельная (конструктивная) материалоемкость изделия** -

$$M_y = \frac{G}{P}, \quad (14)$$

где **G** - масса машины, поступающая в эксплуатацию (рабочая масса);

**P** - наиболее характерный показатель работоспособности машины (мощность, производительность, грузоподъемность и т.п.).

**Технологическая материалоемкость** -

$$M_T = \frac{G_{\text{с.к}}}{P}, \quad (15)$$

**Коэффициент применяемости материалов** -

$$K_{\text{п.м}} = \frac{G_{\text{м}}}{G_{\text{с.к}}}, \quad (16)$$

где **G<sub>м</sub>** - масса данного материала в сварной конструкции.

**Коэффициент соотношения длины сварных швов и массы конструкции** -

$$K_{\text{д.м}} = \frac{L_{\text{св}}}{G_{\text{с.к}}}, \quad (17)$$

где **L<sub>св</sub>** - общая длина сварных швов.

**Коэффициент соотношения массы наплавленного металла к массе конструкции** (относительный расход наплавленного металла) -

$$K_{н.м} = \frac{G_{н.м}}{G_{с.к}}, \quad (18)$$

где  $G_{н.м}$  - масса наплавленного металла при выполнении сварных швов конструкции (чистая масса).

**Коэффициенты механизации и автоматизации сварочных работ:**

- по протяженности сварных швов -

$$K_{м.п.ш} = \frac{L_{св.а}}{L_{св}}, \quad (19)$$

где  $L_{св.а}$  - длина сварных швов, выполненных автоматической сваркой;

- по массе наплавленного металла -

$$K_{м.м} = \frac{G_{н.м.а}}{G_{н.м}}, \quad (20)$$

где  $G_{н.м.а}$  - масса металла, наплавленного автоматической сваркой.

Показатели технологичности: трудоемкость изготовления изделия ( $T_{и}$ ), уровень технологичности по трудоемкости ( $K_{у.т}$ ), технологическая себестоимость изделия ( $C_{т}$ ), уровень технологичности по себестоимости ( $K_{у.с}$ ), - являются основными показателями; все остальные приведенные критерии являются дополнительными.

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ ВКР, ОТРАЖАЮЩИХ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ИЗДЕЛИЯ**

Вопросы технологичности изготавливаемых изделий должны освещаться в нескольких разделах пояснительной записки, содержание которых и глубина проработки зависит от логической части, в которой они находятся.

В части анализа исходных данных должен быть включен раздел «Анализ технологичности конструкции изделия». В этом разделе должна быть проанализирована технологичность сварной металлоконструкции, полученная студентом в качестве задания к проекту. Анализ технологичности проводится по следующим направлениям:

- технологичность свариваемых материалов;
- технологичность с позиции операций заготовительного цикла;
- технологичность с позиции сборки;
- технологичность с позиции сварки;
- технологичность с позиции контроля качества сварки.

При этом преимущественно следует использовать соответствующие качественные показатели технологичности (см. п. 3).

По каждому из аспектов технологичности делается вывод о рациональности соответствующих конструктивных форм и проектных решений. Элементы конструкции, признанные как нетехнологичные или, по крайней мере, такими, которые могут быть улучшены с позиции минимизации затрат на производство данной сварной конструкции, подлежат доработке. Даются рекомендации по усовершенствованию конструкции изделия и намечаются пути их реализации.

В этой же части пояснительной записки (для проектов, в задания которых входят изделия, изготавливаемые в условиях реального производства) следует ввести раздел **«Критический анализ базовой технологии изготовления изделия»**. В данном разделе описывается в повествовательной форме технологический процесс изготовления сварного изделия, изученный в ходе конструкторско-технологической или преддипломной практики. В описании следует указать наиболее узкие места в технологической цепи, описать недостатки существующей технологии и в общем виде наметить пути их преодоления.

В части разработки основных технических решений, связанных с изготовлением сварной металлоконструкции, перед изложением основных технологических вопросов следует ввести раздел **«Мероприятия по совершенствованию технологичности конструкции изделия»**. В разделе подробно освещаются изменения, вносимые в конструкцию изделия и технологию его изготовления. При этом затрагиваются вопросы, не только связанные с уменьшением трудовых, энергетических и материальных затрат на изготовление изделия, но и решением проблем, связанных с повышением качества сварной металлоконструкции, повышением ее работоспособности, улучшением условий труда рабочих основных сварочных специальностей.

В завершающей части пояснительной записки проекта, после того, как проведены все необходимые расчеты, связанные с нормированием технологического процесса сборки и сварки и определением расхода материалов и электроэнергии, вводится раздел **«Количественные показатели технологичности конструкции изделия»**. В данном разделе производится расчет количественных показателей технологичности изделия, предусмотренные в п. 3. Результаты расчетов заносятся в сводные таблицы и на их основе делается окончательный вывод относительно результатов, достигнутых в данном проекте, связанных с повышением технологичности изделия.

## Литература.

1. ГОСТ 14.201-83. Единая система технологической подготовки производства. Общие правила отработки конструкции изделия на технологичность.
2. ГОСТ 14.205-83. (СТ СЭВ 2063-79) Единая система технологической подготовки производства. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения.
3. Софьянников В.А. Нормирование времени технологических процессов сварки: метод. указания / В.А. Софьянников. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2005. – 24 с.
4. Софьянников В.А. Нормирование расхода материалов и электроэнергии для электрической сварки плавлением и наплавки: метод. указания / В.А. Софьянников. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2005. – 20 с.
5. Софьянников В.А. Оформление маршрутной карты на технологический процесс сварки: метод. указания / В.А. Софьянников. – Ростов н/Д: ДГТУ, 2005. – 20 с.
6. Евченко В.М. Нормирование материалов и электроэнергии для электрической сварки плавлением и наплавки / В.М. Евченко. – Ростов н/Д, 1994. – 28 с.
7. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении / В.С. Виноградов. – М.: Машиностроение. 1981. – 224 с.
8. Ахумов А.В. Организация и планирование машиностроительного производства: справочник / А.В. Ахумов. – Л., Машиностроение, 1972. – 218 с.
9. Барташев Л.В. Техничко-экономические расчеты при проектировании и производстве машин / Л.В. Барташев. – М., Машиностроение, 1973. – 384 с.
10. Севбо П.И. Комплексная механизация и автоматизация сварочного производства / П.И. Севбо. – Киев: Техника, 1974. – 415 с.
11. Сварка в машиностроении: справочник. В 4-х т. Т. 3 / Под ред. В.А. Винокурова. – М.: Машиностроение, 1979. – 567 с.